



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

# **Análisis del impacto de los intermediarios en los sistemas de innovación: Una propuesta desde el modelado basado en agentes**

**Walter Lugo Ruiz Castañeda**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Minas, Departamento de Ingeniería de la Organización  
Medellín, Colombia

2016



# **Análisis del impacto de los intermediarios en los sistemas de innovación: Una aproximación desde el modelado basado en agentes**

**Walter Lugo Ruiz Castañeda**

Tesis como requisito parcial para optar al título de:  
**Doctor en Ingeniería – Industria y Organizaciones**

Director:

Jorge Robledo Velásquez, Ph.D.

Línea de Investigación:

Dinámicas sociales y políticas públicas

Grupo de Investigación:

Innovación y Gestión Tecnológica

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Minas, Departamento de Ingeniería de la Organización

Medellín, Colombia

2016



*A mi amado hijo, por ser fuente inagotable de inspiración*

*A mis adorados padres, por su valioso ejemplo y apoyo*

*En memoria de mi querida abuela Marta*



## Agradecimientos

Quiero agradecer especialmente a mi director, el Doctor Jorge Robledo Velásquez, Doctor en Estudios de Política Científica y Tecnológica de la *Science Policy Research Unit* de la Universidad de Sussex, y Profesor del Departamento de Ingeniería de la Organización, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, por su valiosa enseñanza, orientación, paciencia y confianza para la elaboración de la presente tesis, y por su consejo y ejemplo que han enriquecido mi vida personal y académica.

De igual modo a la tutora de mi pasantía doctoral, la Doctora Gabriela Dutrénit, Doctora en Política Científica y Tecnológica de la *Science Policy Research Unit* de la Universidad de Sussex, y Profesora Titular de la Universidad Autónoma Metropolitana – Xochimilco, por su apoyo para la validación de mi modelo, al poner a mi disposición toda la información y productos resultantes del proyecto de investigación titulado: "Mejorando la Administración del Conocimiento en el Sistema de Innovación Agropecuario mediante el Fortalecimiento de las Capacidades de las Fundaciones Produce, el SNITT e Institutos de Investigación", realizado en la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco y financiado por el Fondo Sectorial SAGARPA-CONACYT (Núm. 2006-C01-48511). Y por facilitar y hacer parte de las reuniones con el equipo de investigadores que hicieron parte del proyecto: el Doctor José Alexandre Oliveira Vera-Cruz, Doctor en Política Científica y Tecnológica de la *Science Policy Research Unit* de la Universidad de Sussex, y Profesor Titular de la Universidad Autónoma Metropolitana – Xochimilco, y el Doctor Javier Ekboir, Doctor en Economía Agrícola de la Universidad de California Davis, y Coordinador del *Institutional Learning and Change Initiative* de Bioversity International. A quienes también agradezco sus comentarios, observaciones y recomendaciones que me ayudaron a entender el Sistema de Innovación Agropecuario Mexicano y realizar una adecuada validación del modelo.

También por el valioso aporte del Doctor Laures Klerkx, Doctor en Estudios de Innovación y Comunicación de la Universidad Wageningen, y Profesor Asociado del *Knowledge, Technology and Innovation Group* de la Universidad Wageningen. En primer lugar, al darle un aval a mi problema de investigación, especialmente al ser el Doctor Klerkx un experto en el tema de intermediarios de innovación y uno de los autores más citados en el asunto; luego, al orientar mi búsqueda y brindarme bibliografía clave para la construcción del estado del arte de las diferentes aproximaciones para medir el impacto de los intermediarios de innovación, y por último, por enlazarme con los investigadores del Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM) de la Universidad Autónoma de Chapingo, quienes tienen un conocimiento profundo del actuar de las Fundaciones Produce (intermediarios del Sistema de Innovación Agropecuario Mexicano) y del sector agropecuario mexicano, quienes fueron los expertos empleados para aplicar la técnica de validación de cara, pieza de la validación operacional del modelo, a quienes también les manifiesto mis agradecimientos por su disposición y oportunos comentarios, especialmente a su Director el Doctor Vinicio Horacio Santoyo Cortés, Doctor en Geografía Agrícola de la Universidad de Aix–Marsella, y al Doctor Jorge Aguilar Ávila, Doctor en Problemas Económicos Agroindustriales del CIESTAAM de la Universidad Autónoma Chapingo.

Igualmente, quiero reconocer las importantes recomendaciones que recibí de la Doctora Claudia Patricia Álvarez Barrera, Doctora Internacional en Creación y Gestión de Empresas de la Universidad Autónoma de Barcelona, y Profesora-Investigadora del Departamento de Organización y Gerencia de la Universidad EAFIT; del Doctor Iván Alonso Montoya Restrepo, Doctor en Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, y Profesor del Departamento de Ingeniería de la Organización, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, y del Doctor Jose Javier Aguilar Zambrano, Doctor en Ingeniería de Sistemas Industriales de la Universidad de Estrasburgo, y Profesor del Departamento de Diseño Industrial, Facultad de Artes, Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá; quienes fueron mis evaluadores en el examen de calificación. Donde la orientación que le dieron a sus preguntas, fue clave para la futura formulación de la propuesta doctoral.

De forma similar, en el proceso de evaluación de la propuesta doctoral, fueron vitales las inquietudes y correcciones de la Doctora Luz Alexandra Montoya Restrepo, Doctora en

Ciencias Económicas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, y Profesora del Departamento de Ingeniería de la Organización, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, y del Doctor Jorge Eliécer Córdoba Maquilón, Doctor en Ingeniería de Sistemas de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín, y Profesor de la Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.

Es mi deseo manifestar mi gratitud a mi compañero del doctorado Candidato a Doctor Santiago Quintero Ramírez, Profesor-Investigador de la Universidad Pontificia Bolivariana, quien en una primera instancia y sin ningún tipo de egoísmo, compartió su extenso material bibliográfico y conocimientos conmigo, y en la etapa final del doctorado, fue un socio para la construcción del modelo conceptual y computacional, gracias a las productivas reuniones, que junto con nuestro Director Doctor Jorge Robledo Velásquez, sosteníamos para discutir y formular nuestros respectivos modelos, los cuales fueron enriquecidos por los aportes de cada cual. Para finalmente, con el apoyo del estudiante de Maestría en Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá, Ingeniero Hans Sebastian Osorio Torres, desarrollar nuestros respectivos modelos computacionales.

Por último, pero irremplazables en mi corazón, quiero agradecer a mi hijo por su amor, ternura, paciencia, sacrificio y apoyo incondicional, y a mis padres por facilitar todo este proceso y por su ejemplo, que ha sido fundamental para tener la constancia y disciplina que se requieren.

Este trabajo pudo realizarse gracias al apoyo y financiación de COLCIENCIAS.



## Resumen

Precisar el impacto de los intermediarios es complejo, dada la dificultad de atribución de su aporte en el desempeño del sistema de innovación, especialmente cuando se hace frente a un sistema complejo adaptable conformado por agentes heterogéneos que se relacionan contingentemente y co-evolucionan en el tiempo. Estas características generan la necesidad de un análisis dinámico y longitudinal, que se ha suplido en esta tesis mediante un modelo basado en agentes; este modelo permite simular varios escenarios, en los que se realizan cambios en el actuar de los intermediarios y en las capacidades de innovación de los agentes, con el fin de comparar los comportamientos, en especial el desempeño de los agentes y del sistema de innovación. Mediante el análisis de estos resultados, se puede concluir que el impacto de los intermediarios en el desempeño del sistema de innovación depende de las capacidades de difusión y vinculación presentes en el resto de los agentes que componen el micro-mundo; dicho impacto es mayor cuando estas capacidades son escasas y menor en el caso contrario. Por otra parte, los intermediarios aportan en la disminución de los costos de transacción presentes en el micro-mundo, propiciando y, en algunos casos, orquestando la conformación del sistema de innovación; además, contribuyen a mejorar los resultados económicos del sistema, gracias al aprovechamiento de más oportunidades de innovación y a una mayor eficiencia de los agentes debido a su especialización producto del aprendizaje por la interacción y por el hacer.

**Palabras clave:** Intermediarios de innovación, sistemas de innovación, capacidades de innovación, costos de transacción, co-evolución, sistemas complejos adaptables, modelación basada en agentes.

## Abstract

Specifying the impact of intermediaries is complex, given the difficulty of attribution of their contribution to the performance of the innovation system, especially when facing a complex adaptive system made up of heterogeneous agents that relate contingently and co-evolve over time. These characteristics generate the need for a dynamic and longitudinal analysis, which has been achieved in this thesis by an agent-based model. This model can simulate various scenarios in which changes are made to the actions of intermediaries and to the innovation capabilities of the agents, in order to compare behaviors, especially the performance of agents and innovation system. By analyzing these results, it can be concluded that the impact of intermediaries in the performance of the innovation system depends on the capabilities of diffusion and linkage of the agents that make up the micro-world; such impact is higher when these capabilities are scarce and lower in the opposite case. On the other hand, intermediaries contribute to the reduction of transaction costs present in the micro-world, by promoting and, in some cases, orchestrating the formation of the innovation system; also, they contribute to improving the economic performance of the system by leveraging opportunities for innovation and increasing agent efficiency through specialization stemming from learning by interacting and doing.

**Keywords:** Innovation intermediaries, innovation systems, innovation capabilities, transaction costs, co-evolution, complex adaptive systems, agent-based model.

# Contenido

|   | Pág.         |
|---|--------------|
| <b>Resumen .....</b>  | <b>XI</b>    |
| <b>Lista de figuras .....</b>   | <b>XVI</b>   |
| <b>Lista de tablas .....</b>  | <b>XVIII</b> |
| <b>Lista de Símbolos y abreviaturas .....</b>   | <b>XXI</b>   |
| <b>Introducción .....</b>   | <b>1</b>     |
| <b>1. Los intermediarios de innovación y la dificultad para el análisis de su impacto en los sistemas de innovación .....</b> | <b>7</b>     |
| 1.1 Introducción .....  | 7            |
| 1.2 Innovación.....   | 9            |
| 1.2.1 Proceso de innovación.....  | 9            |
| 1.2.2 Modelos de innovación .....   | 10           |
| 1.3 Sistemas de innovación .....  | 11           |
| 1.3.1 Sistema nacional de innovación.....   | 13           |
| 1.3.2 Sistema regional de innovación .....  | 14           |
| 1.3.3 Sistema sectorial de innovación.....  | 14           |
| 1.3.4 Sistema tecnológico de innovación.....  | 14           |
| 1.3.5 Redes de innovación.....  | 15           |
| 1.4 Intermediarios de innovación .....  | 16           |
| 1.4.1 Intermediación en la transferencia y difusión de tecnología .....   | 17           |
| 1.4.2 Intermediación en la gestión de la innovación .....   | 19           |
| 1.4.3 Intermediación en las organizaciones de servicios intensivos en conocimiento ( <i>KIBS</i> ).....                       | 21           |
| 1.4.4 Intermediación en el emprendimiento universitario, <i>IEBT</i> y parques científicos y tecnológicos.....                | 22           |
| 1.4.5 Intermediación en la innovación abierta.....  | 24           |
| 1.4.6 Intermediación en los sistemas de innovación.....   | 25           |
| 1.4.7 Intermediación en las redes sociales .....  | 27           |
| 1.5 Estado del arte de los esfuerzos por analizar el impacto de los intermediarios de innovación.....                         | 31           |
| 1.5.1 Resultados de la inversión pública.....   | 31           |
| 1.5.2 Desempeño de la Internet como intermediario de innovación .....   | 32           |
| 1.5.3 Orquestación de las redes de innovación por un intermediario sistémico.....   | 33           |
| 1.5.4 Triple hélice .....   | 35           |
| 1.5.5 Impacto en los recursos y capacidades empresariales .....   | 35           |

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| 1.5.6     | Desempeño de acuerdo a la estructura organizacional.....   | 35        |
| 1.6       | Problema, pregunta e hipótesis de investigación .....  | 36        |
| 1.6.1     | Problema.....  | 36        |
| 1.6.2     | Pregunta de investigación.....   | 37        |
| 1.6.3     | Hipótesis .....  | 37        |
| 1.7       | Propuesta metodológica .....   | 38        |
| 1.8       | Síntesis .....   | 42        |
| <b>2.</b> | <b>Conceptualización del sistema para la construcción del modelo .....</b>   | <b>43</b> |
| 2.1       | Introducción .....   | 43        |
| 2.2       | Comprensión del fenómeno.....  | 44        |
| 2.2.1     | ¿Cuál es la pregunta que se está explorando? .....   | 44        |
| 2.2.2     | ¿Qué se quiere modelar? .....  | 44        |
| 2.2.3     | ¿Qué ideas se requieren examinar?.....   | 44        |
| 2.2.4     | ¿Cuáles detalles del sistema son esenciales y cuáles no son<br>considerados? .....   | 46        |
| 2.2.5     | ¿Cómo el modelo ayuda a la comprensión del fenómeno?.....  | 47        |
| 2.3       | Relación de las anteriores respuestas con la teoría .....  | 48        |
| 2.3.1     | Intermediarios de innovación .....   | 48        |
| 2.3.2     | La relación entre recursos, capacidades, competencias nucleares y<br>aprendizaje.....  | 49        |
| 2.3.3     | Sistemas de innovación .....   | 50        |
| 2.3.4     | Redes sociales de innovación .....   | 51        |
| 2.3.5     | Sistemas complejos adaptables .....  | 51        |
| 2.3.6     | Exploración y explotación .....  | 52        |
| 2.3.7     | Costos de transacción .....  | 53        |
| 2.3.8     | Modelos de interacción entre agentes heterogéneos para la innovación.....  | 54        |
| 2.4       | Hipótesis para la construcción del modelo conceptual.....  | 59        |
| 2.5       | Síntesis .....   | 64        |
| <b>3.</b> | <b>Formulación del modelo de interacción entre agentes para analizar el impacto<br/>de los intermediarios en los sistemas de innovación.....</b> | <b>67</b> |
| 3.1       | Introducción .....   | 67        |
| 3.2       | Supuestos fundamentales .....  | 69        |
| 3.3       | Modelo conceptual.....   | 72        |
| 3.3.1     | Oportunidades de innovación y entorno competitivo .....  | 73        |
| 3.3.2     | Agentes competidores .....   | 74        |
| 3.3.3     | Búsqueda.....  | 74        |
| 3.3.4     | Co-evolución .....   | 75        |
| 3.3.5     | Recompensa .....   | 75        |
| 3.3.6     | Muerte de los agentes .....  | 76        |
| 3.3.7     | Costos de Transacción .....  | 76        |
| 3.4       | Reglas de decisión .....   | 77        |
| 3.5       | Parámetros .....   | 80        |
| 3.6       | Parametrización.....   | 83        |
| 3.7       | Verificación del modelo.....   | 83        |
| 3.7.1     | Creación de Oportunidades de Innovación.....   | 85        |
| 3.7.2     | Creación de agentes competidores .....   | 86        |
| 3.7.3     | Creación de vínculos .....   | 88        |
| 3.7.4     | Aprendizaje .....  | 90        |
| 3.7.5     | Co-evolución .....   | 90        |

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| 3.7.6     | Desempeño del sistema.....   | 92         |
| 3.7.7     | Costos de Transacción .....  | 94         |
| 3.8       | Síntesis .....   | 95         |
| <b>4.</b> | <b>Validación conceptual y operacional del modelo.....</b>   | <b>97</b>  |
| 4.1       | Introducción .....   | 97         |
| 4.2       | Validación conceptual .....  | 97         |
| 4.2.1     | Supuestos .....  | 98         |
| 4.2.2     | Reglas .....   | 109        |
| 4.3       | Validación operacional.....  | 116        |
| 4.3.1     | Elección de valores para los parámetros iniciales del micromundo a validar .....                                     | 117        |
| 4.3.2     | Análisis de sensibilidad .....   | 124        |
| 4.3.3     | Aproximación histórica amigable .....  | 127        |
| 4.3.4     | Validez de cara .....  | 146        |
| 4.4       | Síntesis .....   | 149        |
| <b>5.</b> | <b>Análisis del impacto de los intermediarios a través de la comparación del comportamiento de escenarios.....</b>   | <b>151</b> |
| 5.1       | Introducción .....   | 151        |
| 5.2       | Escenarios .....   | 151        |
| 5.2.1     | Escenario problema .....   | 152        |
| 5.2.2     | Escenario problema con un intermediario.....   | 152        |
| 5.2.3     | Escenario sin intermediarios pero con capacidades de difusión y vinculación distribuidas en todo el micromundo ..... | 152        |
| 5.2.4     | Escenario con intermediarios y con capacidades de difusión y vinculación distribuidas en todo el micromundo .....    | 153        |
| 5.3       | Resultados .....   | 153        |
| 5.4       | Análisis.....  | 160        |
| 5.5       | Síntesis .....   | 165        |
| <b>6.</b> | <b>Conclusiones y recomendaciones.....</b>   | <b>167</b> |
| 6.1       | Conclusiones .....   | 167        |
| 6.2       | Recomendaciones .....  | 171        |
| <b>A.</b> | <b>Anexo: Análisis estadístico de los escenarios con y sin Fundación Produce.</b>                                    | <b>173</b> |
| <b>B.</b> | <b>Anexo: Análisis estadístico de los escenarios utilizados para analizar el impacto de los intermediarios .....</b> | <b>185</b> |
| <b>C.</b> | <b>Anexo: Código del modelo computacional.....</b>   | <b>209</b> |
|           | <b>Bibliografía .....</b>  | <b>241</b> |

## Lista de figuras

| Pág.                |   |     |
|---------------------|---|-----|
| <b>Figura 3-1:</b>  | Modelo conceptual. ....   | 73  |
| <b>Figura 3-2:</b>  | Diagrama de flujo del modelo. ....  | 78  |
| <b>Figura 3-3:</b>  | Distribución aleatoria de las Oportunidades de Innovación en el Entorno Competitivo. ....   | 85  |
| <b>Figura 3-4:</b>  | Asignación aleatoria de magnitudes del Vector de Atributos, volatilidad y ciclo de vida de 3 Oportunidades de Innovación. ....      | 86  |
| <b>Figura 3-5:</b>  | Asignación aleatoria de magnitudes del Vector de Capacidades y stock de excedentes de 3 agentes competidores. ....                  | 87  |
| <b>Figura 3-6:</b>  | Vínculos entre Oportunidades de Innovación y agentes competidores. .  | 89  |
| <b>Figura 3-7:</b>  | Relacionamiento entre agentes competidores para aprovechar una oportunidad de innovación usando sus capacidades de innovación. .... | 89  |
| <b>Figura 3-8:</b>  | Número de agentes competidores por cada tipología. ....   | 91  |
| <b>Figura 3-9:</b>  | Capacidades promedio de los agentes competidores del sistema. ....  | 91  |
| <b>Figura 3-10:</b> | Desempeño individual del agente 28 después de 25 períodos. ....   | 92  |
| <b>Figura 3-11:</b> | Número de agentes competidores, Oportunidades de Innovación y Oportunidades de Innovación aprovechadas por los agentes. ....        | 93  |
| <b>Figura 3-12:</b> | Desempeño económico del sistema. ....   | 93  |
| <b>Figura 3-13:</b> | Número y tipo de vínculo o transacciones del sistema. ....  | 94  |
| <b>Figura 3-14:</b> | Magnitud de cada Costo de Transacción del sistema. ....   | 94  |
| <b>Figura 4-1:</b>  | Comportamiento de los vínculos entre agentes competidores por escenario. ....   | 129 |
| <b>Figura 4-2:</b>  | Comportamiento de los Costos de Transacción entre agentes competidores por escenario. ....  | 131 |
| <b>Figura 4-3:</b>  | Comportamiento de los Costos de Transacción promedio por vínculo por escenario. ....  | 131 |
| <b>Figura 4-4:</b>  | Comportamiento del número de agentes sobrevivientes por escenario. ....   | 134 |
| <b>Figura 4-5:</b>  | Comportamiento del número de Oportunidades de Innovación por escenario. ....  | 135 |
| <b>Figura 4-6:</b>  | Comportamiento del número de Oportunidades de Innovación aprovechadas por escenario. ....   | 136 |
| <b>Figura 4-7:</b>  | Comportamiento del porcentaje de Oportunidades de Innovación aprovechadas por escenario. ....                                       | 136 |
| <b>Figura 4-8:</b>  | Comportamiento del stock de excedentes por escenario. ....  | 138 |
| <b>Figura 4-9:</b>  | Comportamiento de los beneficios por escenario. ....  | 138 |

---

|                     |  |     |
|---------------------|--|-----|
| <b>Figura 4-10:</b> | Comportamiento de los costos de mantenimiento por escenario.....                             | 139 |
| <b>Figura 5-1:</b>  | Comportamiento de los vínculos entre agentes competidores por escenario. ....                | 154 |
| <b>Figura 5-2:</b>  | Comportamiento de los Costos de Transacción entre agentes competidores por escenario.....    | 154 |
| <b>Figura 5-3:</b>  | Comportamiento de los Costos de Transacción promedio por vínculo por escenario. ....         | 155 |
| <b>Figura 5-4:</b>  | Comportamiento del número de agentes sobrevivientes por escenario.....                       | 155 |
| <b>Figura 5-5:</b>  | Comportamiento del número de Oportunidades de Innovación por escenario. ....                 | 156 |
| <b>Figura 5-6:</b>  | Comportamiento del número de Oportunidades de Innovación aprovechadas por escenario.....     | 156 |
| <b>Figura 5-7:</b>  | Comportamiento del porcentaje de Oportunidades de Innovación aprovechadas por escenario..... | 158 |
| <b>Figura 5-8:</b>  | Comportamiento del stock de excedentes por escenario.....                                    | 158 |
| <b>Figura 5-9:</b>  | Comportamiento de los beneficios por escenario.....  | 159 |
| <b>Figura 5-10:</b> | Comportamiento de los costos de mantenimiento por escenario.....                             | 159 |

## Lista de tablas

| Pág. |                    |  |
|------|--------------------|--|
|      | <b>Tabla 2-1:</b>  | Comparación de los elementos principales de cada modelo..... 61  |
|      | <b>Tabla 3-1:</b>  | Parámetros, sus valores y lógica para definirlos..... 84   |
|      | <b>Tabla A-1:</b>  | Promedio de vínculos por período de los escenarios con y sin <i>FP</i> . ..... 173                                       |
|      | <b>Tabla A-2:</b>  | <i>ANOVA</i> para el número de vínculos por escenario con y sin <i>FP</i> ..... 174                                      |
|      | <b>Tabla A-3:</b>  | Promedio de los Costos de Transacción por período de los escenarios con y sin <i>FP</i> . ..... 174                      |
|      | <b>Tabla A-4:</b>  | <i>ANOVA</i> para los Costos de Transacción por escenario con y sin <i>FP</i> . .... 175                                 |
|      | <b>Tabla A-5:</b>  | Promedio de los Costos de Transacción promedio por vínculo por período de los escenarios con y sin <i>FP</i> . ..... 176 |
|      | <b>Tabla A-6:</b>  | <i>ANOVA</i> para los Costos de Transacción promedio por vínculo por escenario con y sin <i>FP</i> . ..... 176           |
|      | <b>Tabla A-7:</b>  | Promedio de los agentes sobrevivientes por período de los escenarios con y sin <i>FP</i> . ..... 177                     |
|      | <b>Tabla A-8:</b>  | <i>ANOVA</i> para el número de agentes que sobreviven por escenario con y sin <i>FP</i> . ..... 177                      |
|      | <b>Tabla A-9:</b>  | Promedio del stock de excedentes de los escenarios con y sin <i>FP</i> . ..... 178                                       |
|      | <b>Tabla A-10:</b> | <i>ANOVA</i> para el stock de excedentes por escenario con y sin <i>FP</i> . ..... 178                                   |
|      | <b>Tabla A-11:</b> | Promedio de los beneficios de los escenarios con y sin <i>FP</i> . ..... 179   |
|      | <b>Tabla A-12:</b> | <i>ANOVA</i> para los beneficios por escenario con y sin <i>FP</i> . ..... 180   |
|      | <b>Tabla A-13:</b> | Promedio de los costos de mantenimiento de los escenarios con y sin <i>FP</i> . ..<br>..... 180                          |
|      | <b>Tabla A-14:</b> | <i>ANOVA</i> para los costos de mantenimiento de los escenario con y sin <i>FP</i> .....<br>..... 181                    |
|      | <b>Tabla A-15:</b> | Promedio de Oportunidades de Innovación de los escenarios con y sin <i>FP</i> . ..<br>..... 181                          |
|      | <b>Tabla A-16:</b> | <i>ANOVA</i> para las Oportunidades de Innovación por escenario con y sin <i>FP</i> . .<br>..... 182                     |
|      | <b>Tabla A-17:</b> | Promedio de Oportunidades de Innovación aprovechadas de los escenarios con y sin <i>FP</i> . ..... 182                   |
|      | <b>Tabla A-18:</b> | <i>ANOVA</i> para las Oportunidades de Innovación aprovechadas de los escenario con y sin <i>FP</i> . ..... 183          |
|      | <b>Tabla A-19:</b> | Promedio del % de Oportunidades de Innovación aprovechadas de los escenarios con y sin <i>FP</i> ..... 184               |
|      | <b>Tabla A-20:</b> | <i>ANOVA</i> para el % de Oportunidades de Innovación aprovechadas por escenario con y sin <i>FP</i> . ..... 184         |

|                    |  |     |
|--------------------|--|-----|
| <b>Tabla B-1:</b>  | Promedio de vínculos por período de los escenarios. ....   | 186 |
| <b>Tabla B-2:</b>  | <i>ANOVA</i> para el número de vínculos por escenario. ....  | 186 |
| <b>Tabla B-3:</b>  | Diferencias absolutas entre medias del número de vínculos de los escenarios. ....  | 187 |
| <b>Tabla B-4:</b>  | Promedio de los Costos de Transacción por período de los escenarios. .   | 188 |
| <b>Tabla B-5:</b>  | <i>ANOVA</i> para los Costos de Transacción por escenario. ....  | 189 |
| <b>Tabla B-6:</b>  | Diferencias absolutas entre medias de los Costos de Transacción de los escenarios. ....  | 190 |
| <b>Tabla B-7:</b>  | Promedio de los Costos de Transacción promedio por vínculo por período de los escenarios. ....                                       | 190 |
| <b>Tabla B-8:</b>  | <i>ANOVA</i> para los Costos de Transacción promedio por vínculo por escenario. ....   | 191 |
| <b>Tabla B-9:</b>  | <i>ANOVA</i> para los Costos de Transacción promedio por vínculo por escenario hasta el período 11. ....                             | 191 |
| <b>Tabla B-10:</b> | Diferencias absolutas entre medias de los Costos de Transacción promedio de los vínculos de los escenarios hasta el período 11. .... | 192 |
| <b>Tabla B-11:</b> | Promedio de número de agentes por período de los escenarios. ....  | 193 |
| <b>Tabla B-12:</b> | <i>ANOVA</i> para el número de agentes por escenario. ....   | 194 |
| <b>Tabla B-13:</b> | Diferencias absolutas entre el número de agentes de los escenarios. ....   | 195 |
| <b>Tabla B-14:</b> | Promedio del stock de excedentes de los escenarios. ....   | 195 |
| <b>Tabla B-15:</b> | <i>ANOVA</i> para el stock de excedentes por escenario. ....   | 196 |
| <b>Tabla B-16:</b> | Diferencias absolutas entre medias del stock de excedentes de los escenarios. ....   | 197 |
| <b>Tabla B-17:</b> | Promedio de los beneficios de los escenarios. ....   | 197 |
| <b>Tabla B-18:</b> | <i>ANOVA</i> para los beneficios por escenario. ....   | 198 |
| <b>Tabla B-19:</b> | Diferencias absolutas entre medias de los beneficios por escenario. ....   | 199 |
| <b>Tabla B-20:</b> | Promedio de los costos de mantenimiento de los escenarios. ....  | 199 |
| <b>Tabla B-21:</b> | <i>ANOVA</i> para los costos de mantenimiento de los escenario. ....   | 200 |
| <b>Tabla B-22:</b> | Diferencias absolutas entre medias de los costos de los escenarios. ....   | 201 |
| <b>Tabla B-23:</b> | Promedio de Oportunidades de Innovación de los escenarios. ....  | 201 |
| <b>Tabla B-24:</b> | <i>ANOVA</i> para las Oportunidades de Innovación por escenario. ....  | 202 |
| <b>Tabla B-25:</b> | Diferencias absolutas entre medias de las Oportunidades de Innovación de los escenarios. ....  | 203 |
| <b>Tabla B-26:</b> | Promedio de Oportunidades de Innovación aprovechadas de los escenarios. ....   | 203 |
| <b>Tabla B-27:</b> | <i>ANOVA</i> para las Oportunidades de Innovación aprovechadas por escenario. ....   | 204 |
| <b>Tabla B-28:</b> | Diferencias absolutas entre medias de las Oportunidades de Innovación aprovechadas de los escenarios. ....                           | 205 |
| <b>Tabla B-29:</b> | Promedio del porcentaje de Oportunidades de Innovación aprovechadas de los escenarios. ....  | 205 |
| <b>Tabla B-30:</b> | <i>ANOVA</i> para el porcentaje de Oportunidades de Innovación aprovechadas por escenario. ....                                      | 206 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Tabla B-31:</b> Diferencias absolutas entre medias de los porcentajes de Oportunidades de Innovación aprovechadas de los escenarios..... | 207 |
|---|-----|

## Lista de Símbolos y abreviaturas

### Símbolos con letras latinas

| Símbolo        | Término  | Unidad SI | Definición  |
|----------------|--|-----------|-------------|
| $B$            | Beneficios                                     | 1         | Ec. 3.3     |
| $C$            | Costos   | 1         | Ec. 3.3     |
| $CC$           | Costo de sostener una capacidad                | 1         | Ec. 3.5     |
| $CCV$          | Costo de mantenimiento de un VC                | 1         | Ec. 3.5     |
| $CMD$          | Promedio de los cuadrados dentro de los grupos | 1         | Ec. B.1     |
| $CT$           | Costos de transacción                          | 1         | Ec. 3.3     |
| $IA$           | Ingreso del atributo                           | 1         | Ec. 3.4     |
| $K$            | Valor máximo de la capacidad                   | 1         | Sección 3.5 |
| $M$            | Cantidad de posiciones de un vector            | 1         | Ec. 3.5     |
| $N$            | Tamaño del grupo                               | 1         | Ec. B.1     |
| $PA$           | Magnitud del atributo                          | 1         | Ec. 3.4     |
| $PC$           | Magnitud de la capacidad                       | 1         | Ec. 3.5     |
| $q.(v_1, v_2)$ | Multiplicador para la prueba de Tukey          | 1         | Ec. B.1     |
| $SE$           | Stock de excedentes                            | 1         | Ec. 3.3     |
| $T$            | tiempo   | año       | Sección 3.5 |
| $t_{ilc}$      | Tiempo de ciclo de vida de las innovaciones    | año       | Sección 3.5 |
| $v_1$          | Número de grupos                               | 1         | Ec. B.1     |
| $v_2$          | Grados de libertad                             | 1         | Ec. B.1     |

### Símbolos con letras griegas

| Símbolo  | Término                              | Unidad SI | Definición |
|----------|--------------------------------------|-----------|------------|
| $A$      | Error para el nivel de significancia | 0,01      | Ec. B.1    |
| $\delta$ | Factor de des-aprendizaje            | 0,1       | Ec. 3.2    |
| $\gamma$ | Factor de aprendizaje                | 0,1       | Ec. 3.1    |
| $\mu$    | Media                                | 1         | Ec. 3.4    |
| $\sigma$ | Desviación estándar                  | 0,1       | Ec. 3.4    |

### Subíndices

| Subíndice | Término             |
|-----------|---------------------|
| K         | Posición del vector |
| T         | tiempo              |

## Abreviaturas

| Abreviatura | Término  |
|-------------|--|
| A           | Habilidad en el modelo <i>SKIN</i>   |
| C           | Capacidad en el modelo <i>SKIN</i>   |
| CDT         | Centros de Desarrollo Tecnológico  |
| CIESTAAM    | Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial |
| CRP         | Centros Regionales de Productividad  |
| CT          | Costos de transacción  |
| dDaI        | De derecha a izquierda   |
| E           | Experticia en el modelo <i>SKIN</i>  |
| EC          | Entorno competitivo  |
| FP          | Fundaciones produce  |
| FPNL        | Fundación produce de Nuevo León  |
| IEBT        | Incubadoras de Empresas de Base Tecnológica  |
| I+D         | Investigación y Desarrollo Experimental  |
| KIBS        | <i>Knowledge Intensive Business Services</i>   |
| MBA         | Modelación basada en agentes   |
| OI          | Oportunidades de innovación  |
| OTRI        | Oficinas de transferencia de resultados de investigación   |
| OTT         | Oficinas de transferencia de tecnología  |
| RD          | Dirección de la investigación en el modelo <i>SKIN</i>   |
| SCA         | Sistemas Complejos Adaptables  |
| SI          | Sistema de innovación  |
| SKIN        | <i>Simulating Knowledge Dynamics in Innovation Networks</i>  |
| SNI         | Sistema Nacional de Innovación   |
| SRI         | Sistema Regional de Innovación   |
| SSI         | Sistema Sectorial de Innovación  |
| SSRIS       | <i>Self-Sustaining Regional Innovation System</i>  |
| STI         | Sistema Tecnológico de Innovación  |
| U-E-E       | Universidad-Empresa-Estado   |
| v           | Volatilidad  |
| VA          | Vector de atributos  |
| VC          | Vector de capacidades  |

## Introducción

La innovación como factor fundamental para el desarrollo y la competitividad se ha entendido como un proceso social complejo, para el cual se han propuesto modelos que han tenido como objetivo entender y mejorar el proceso de convertir las ideas en innovaciones. Tales modelos han evolucionado desde ópticas lineales hasta enfoques sistémicos que han tenido en cuenta la participación de agentes heterogéneos; donde algunos de ellos se ubican en etapas intermedias del proceso, conectando a los que tienen el rol de producir conocimiento con los que producen valor en el mercado. La literatura sobre estos agentes intermediarios ha aportado información sobre el proceso de mediación del conocimiento, los diferentes tipos de actores y las funciones que cumplen. Sin embargo, todavía no se entiende bien cómo estos agentes intermediarios impactan en el desempeño de los sistemas de innovación.

En el caso colombiano, una de las preocupaciones de política de innovación ha sido “diversificar, ampliar y consolidar las capacidades institucionales para el desarrollo científico y tecnológico” (Robledo, 2010, p. 44), donde una de las estrategias consiste en apoyarse en instituciones que funcionan como mecanismos de interfaz entre las capacidades científicas e investigativas y las capacidades tecnológicas y productivas (Robledo, 2010). Se pueden identificar entonces Centros de Desarrollo Tecnológico (*CDT*), Centros Regionales de Productividad (*CRP*) e Incubadoras de Empresas de Base Tecnológica (*IEBT*), entre otros, quienes “han sido apoyados por Colciencias desde 1995 a través del proyecto “Apoyo a Centros Tecnológicos”, que busca promover el fortalecimiento institucional de estas entidades” (Corporación Andina de Fomento, 2004, p. 3). En el proyecto se encuentra claridad en los roles de estos intermediarios; sin embargo, los resultados no han sido satisfactorios y se han encontrado más debilidades que fortalezas y, en general, una limitada articulación entre los diferentes agentes del Sistema de Innovación (*SI*), restringiendo un aumento significativo de la competitividad del país y las regiones que puede provenir de la utilización del conocimiento (Corporación Andina de Fomento, 2004; Cataño, Botero, Vanegas, Castro, & Ibarra, 2008; Acevedo,

2009; COLCIENCIAS, 2009). Estos pobres resultados dan lugar a que la Corporación Andina de Fomento (2004, p. 6) manifieste que: “se requiere contar con una objetiva evaluación de impacto y de resultados de la actuación de los Centros”.

De manera similar, en la literatura que se presenta en el capítulo 1 sobre intermediación en innovación, se evidencia la necesidad de encontrar una metodología para analizar el impacto de los intermediarios en el desempeño de los sistemas de innovación. Esto ha sido reconocido como un problema complejo por las dificultades que hay en la atribución de su aporte, por lo que la metodología propuesta debe de tener la capacidad de facilitar un análisis dinámico y longitudinal del sistema en el que opera el intermediario. Estas condiciones para el análisis son primordiales para medir su impacto y tener argumentos para la búsqueda y justificación de financiamiento público y/o privado para la implantación de estos agentes en los sistemas de innovación que, según lo encontrado en varios trabajos, facilitan el proceso de innovación que es fundamental para aumentar la competitividad del sistema.

Reconociendo la importancia del fenómeno de la intermediación y las dificultades expuestas anteriormente, el objetivo de esta tesis doctoral es proponer un modelo de simulación basado en agentes que permita analizar el impacto de los intermediarios en el desempeño provocado por el relacionamiento de agentes heterogéneos en los sistemas de innovación. Para lograr el cumplimiento de este objetivo se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Analizar las principales tendencias y teorías relacionadas con los intermediarios de innovación.
- Identificar los agentes, propiedades y mecanismos del Sistema de Innovación.
- Proponer un modelo de simulación basado en la interacción de agentes, que permita mostrar las relaciones encontradas en la teoría de intermediarios y los sistemas de innovación.
- Validar el modelo usando técnicas de validación que permitan la confirmación de los supuestos y reglas utilizadas en el modelo.
- Analizar escenarios con diferentes interacciones y capacidades de innovación entre agentes, buscando analizar el impacto de los intermediarios en el desempeño del Sistema de Innovación.

En el modelo elaborado se resalta la capacidad de los intermediarios para cerrar brechas entre agentes generadores de ideas y conocimiento, por una parte, y los usuarios de éste y productores de valor en el mercado, por otra, facilitando, además, la conformación del Sistema de Innovación, propiciando la especialización gracias al aprendizaje por interacción y por el hacer, lo cual es fundamental para el desempeño innovador. La heterogeneidad de los agentes es tomada en cuenta y se representa principalmente en la diferencia de sus capacidades de innovación, donde los intermediarios son reconocidos por sus capacidades de difusión y vinculación, las cuales promueven la disminución de los Costos de Transacción (*CT*) que se generan en las relaciones, facilitando la creación de puentes, la firma de contratos y la generación de confianza, entre otros beneficios.

Ahora, la condición para que un sistema se considere de innovación, es que por medio de las diferentes interacciones entre agentes, se debe de generar, difundir y usar conocimiento y tecnología (Carlsson, Jacobsson, Holmén, & Rickne, 2002). Estos propósitos son alcanzados a través de las capacidades que aportan los agentes que interactúan en el sistema para suplir necesidades de un Entorno Competitivo (*EC*). Estas capacidades son las que tipifican a cada agente y los hace heterogéneos, pudiéndose considerar las capacidades como complementarias cuando se realizan alianzas estratégicas que crean mayores rentas relacionales (Teece, 1988). Específicamente, las capacidades que se requiere combinar para el proceso de innovación se pueden distribuir entre las tres funciones principales de los sistemas de innovación así:

- Generación: Capacidades de Investigación y Desarrollo Experimental.
- Difusión: Capacidades de Difusión y Vinculación.
- Uso: Capacidades de Producción y Mercadeo.

Sin embargo, existen otras capacidades que también son importantes en el proceso de innovación, pero estas se pueden considerar transversales en todo el Sistema de Innovación y son difíciles de ubicar en una función específica; estas capacidades son: la capacidad de absorción, la capacidad de gestión de recursos, la capacidad de dirección estratégica, la capacidad de aprendizaje, la capacidad de organización, entre otras.

Desde la postguerra se han desarrollado modelos orientados a ayudar al entendimiento del proceso de innovación, desde visiones reduccionistas como los enfoques lineales de primera generación hasta los modelos sistémicos de quinta generación (Rothwell, 1994).

Estos últimos entienden el proceso de innovación como sistémico y resaltan la importancia del aprendizaje en redes. Sin embargo, los mecanismos responsables de la conformación de los sistemas de innovación no son fáciles de comprender, principalmente por la complejidad de los procesos dinámicos y por la heterogeneidad de los actores que intervienen (Gilbert, Pyka, & Ahrweiler, 2001). Basándose en lo anterior, los sistemas de innovación se pueden considerar como Sistemas Complejos Adaptables (SCA). Estos últimos se conciben como un arreglo de agentes interactuantes descritos por reglas, las cuales cambian al acumular experiencia (Holland, 2004). Se encuentra entonces, que una opción recurrente para representar este tipo de sistemas es a través de la modelación basada en agentes (*MBA*), por ser una herramienta potente para obtener información de la dinámica del sistema que es afectada cuando los agentes son heterogéneos y el relacionamiento en la red tiene sus características propias (Rahmandad & Sterman, 2008). Entre los modelos desarrollados usando *MBA*, algunos han simulado el efecto de las capacidades, el aprendizaje y el relacionamiento entre agentes para la innovación y/o desempeño del sistema. Este trabajo examina algunos de estos modelos y discute por qué son insuficientes para comprender el proceso de innovación dentro de un Sistema de Innovación y, en especial, para analizar el impacto de los intermediarios en dichos sistemas de innovación.

Como aporte principal del trabajo, se propone un modelo que reconoce la dificultad de relacionamiento entre agentes heterogéneos para aprovechar las Oportunidades de Innovación (*OI*) que surgen en un Entorno Competitivo; tales agentes cuentan con diferentes capacidades de innovación, donde su problema para interactuar se manifiesta en los Costos de Transacción que dependen de las brechas formadas por la diferencia entre las capacidades de los agentes que están interactuando. En este contexto, los intermediarios de innovación contribuyen con el relacionamiento entre los generadores y usuarios de conocimiento, bajando los Costos de Transacción e influyendo en la orquestación y desempeño del Sistema de Innovación.

La estructura de capítulos del trabajo se basa en la metodología empleada, la cual es adaptada del proceso de modelación de Sterman (2000); donde, en el Capítulo 1, se define el problema de investigación, mediante la construcción de un marco teórico que permite distinguir los campos de investigación que han abordado el fenómeno de la intermediación y un estado del arte que permite encontrar limitantes en las diferentes

aproximaciones que han buscado analizar el impacto de los intermediarios; con el propósito de orientar la investigación e identificar los comportamientos problemáticos que presentan variaciones a lo largo del tiempo. En el Capítulo 2, se realiza la conceptualización del sistema, donde se da respuesta a unas preguntas iniciales y se compara las ideas resultantes de este proceso con la teoría, para finalmente obtener los distintos elementos que integran el sistema y la relación entre ellos.

Con las bases anteriores, en el Capítulo 3, se puede realizar la formulación del modelo, donde se definen los supuestos, reglas y parámetros del modelo conceptual; con el cual se puede realizar la programación del modelo computacional y verificar su funcionamiento. Luego, en el Capítulo 4, se realiza la validación del modelo, tanto conceptual como operacionalmente, utilizando varias técnicas de validación que permiten validar la estructura y comportamiento del modelo desde dos frentes, el teórico y el empírico.

Para finalizar, en el Capítulo 5, se analiza el comportamiento del modelo, a través de la simulación de diferentes escenarios que permiten comparar el comportamiento de los agentes y el sistema, modificando el actuar de los intermediarios y las capacidades de los agentes del micro-mundo. Finalmente se pueden presentar unas Conclusiones, que recogen los principales aportes del trabajo y dan cuenta del cumplimiento de los objetivos de la tesis y unas Recomendaciones, que orientan las posibilidades de trabajo futuro que puede tener de base el modelo desarrollado.



# 1. Los intermediarios de innovación y la dificultad para el análisis de su impacto en los sistemas de innovación

## 1.1 Introducción<sup>1</sup>

En este capítulo se introduce la innovación como área de interés investigativo, entendiéndose como un proceso que se ha tratado de explicar con diferentes modelos a través del tiempo, pasando de los modelos lineales a los sistémicos. Este último enfoque manifiesta y enmarca un Sistema de Innovación como área problemática de investigación, el cual está conformado por agentes heterogéneos que interactúan. Dicha heterogeneidad puede generar brechas de diferente dimensiones (Parjanen, Melkas, & Outila, 2011), que dificultan el relacionamiento entre los agentes del sistema, generando unos altos Costos de Transacción (Coase, 1937; Williamson, 1993; Batterink, Wubben, Klerkx, & Omta, 2010), especialmente entre los agentes productores de nuevo conocimiento y los generadores de valor en el mercado. La interacción y funcionamiento de esta variedad de agentes que conforman los sistemas de innovación, ha hecho que se desarrollen diferentes rutinas organizacionales gracias al aprendizaje colectivo en las organizaciones (Cyert & March, 1999). Este aprendizaje se produce al solucionar problemas de una forma repetitiva, desarrollando diferentes tipos de capacidades; las cuales pueden ser exploratorias, en el caso de las rutinas de los agentes enfocados a la investigación, otras de explotación, para las firmas que están más orientadas a la comercialización (Nelson & Winter, 1982), y otras de difusión como es el caso de los intermediarios de innovación.

---

<sup>1</sup> Una versión anterior de este capítulo fue presentado y enriquecido con los comentarios recibidos en el XV Congreso Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica (ALTEC 2013) “Las nuevas condiciones y espacios para el desarrollo científico, tecnológico e industrial y la cooperación internacional”, Oporto, Portugal, 27-31 de octubre de 2013.

Ahora, la literatura, que se presenta a continuación en este capítulo, sobre los agentes intermediarios resalta su capacidad de cerrar brechas, sirviendo de enlace entre los generadores de ideas y conocimiento, por una parte, y los usuarios de éste y productores de valor en el mercado, por otra, facilitando, además, la conformación de redes entre actores heterogéneos, que son fundamentales para el proceso innovador. Igualmente, se manifiesta que son reconocidos por su neutralidad, imparcialidad e independencia, lo cual facilita el relacionamiento y negociación de los derechos de propiedad a través de la disminución de los Costos de Transacción, la creación de puentes, la firma de contratos y la generación de confianza, entre otros; propiciando el aprendizaje y co-evolución de los agentes que conforman el Sistema de Innovación.

En las diferentes perspectivas con que la literatura, que se presenta posteriormente, ha abordado el fenómeno de la intermediación, se ha encontrado la necesidad de analizar el impacto que generan los intermediarios en los diferentes agentes con los que tiene relación y especialmente en el sistema en el que están inmersos. Sin embargo, también se reconoce que este análisis es un problema complejo, dadas las dificultades que hay en la atribución de su aporte en el proceso de innovación; considerando que tal valoración deberá tener la capacidad de facilitar un análisis dinámico y longitudinal del sistema en la que opera el intermediario, siendo esto primordial para estudiar su impacto en los sistemas de innovación y tener argumentos para demostrar su valor, pudiendo justificar su creación y el otorgamiento de financiamiento público y privado.

En este capítulo se presenta en primer lugar un marco teórico, que aborda la importancia de la innovación entendiéndola como un proceso que se ha tratado de entender a través del tiempo con modelos que expresen sus dinámicas y busquen mejorar su desempeño; luego estos modelos confluyen en los sistemas de innovación como el enfoque más adecuado para pensar el proceso de innovación, y después se aborda al intermediario como un agente de los sistemas de innovación, el cual se analiza desde diferentes ópticas, resaltando al final, la importancia de evaluar su aporte. Luego, se presenta el estado del arte de cómo se ha intentado medir los aportes de los intermediario de innovación, resaltando metodologías, resultados y limitaciones de estos trabajos. Todo esto con el objeto de entender y presentar el problema de investigación, para finalmente proponer una metodología apropiada que pueda contestar la pregunta de investigación.

## 1.2 Innovación

Uno de los primeros autores en señalar a la innovación como motor principal del cambio y crecimiento fue Schumpeter (1934), que a diferencia de otros economistas no centró su estudio en el equilibrio sino en la evolución del fenómeno económico, según él generado por una destrucción creativa que entiende la innovación como un proceso para buscar la utilización económica de las invenciones, alterando los mecanismos de competencia al situar el fenómeno como la más importante fuente de ganancia de las firmas y generador del desarrollo económico. Nelson y Winter (1982), retoman el trabajo de Schumpeter con respecto a su mirada evolutiva, integrando el enfoque darwiniano de los genes que ellos llamarían rutinas y el lamarkiano de procesos de adaptación, entendiendo la innovación como la ruptura de las rutinas existentes.

Próxima a los tipos de innovación que propuso Schumpeter, la definición de innovación según el manual de Oslo (OECD, 2005), la reconoce como una novedad significativa en la empresa que puede ser de producto, proceso, método de mercadeo y/o método organizacional que tenga un impacto social y/o económico. Este impacto es reconocido por Robledo y Ceballos (2008) cuando manifiestan que la innovación es un “fenómeno social, originado en la interacción de actores diversos, cuya dinámica es responsable de la producción y transformación del conocimiento científico y tecnológico en riqueza económica, bienestar social y desarrollo humano” (p. 129).

### 1.2.1 Proceso de innovación

La innovación se entiende como un proceso, que explicado de una forma simple y lineal parte de una idea, invención o necesidad que activa el proceso, luego sufre una transformación por una serie de actividades realizadas por uno o más agentes, y finaliza con un producto, proceso o método nuevo que es adoptado por un grupo. Sin embargo, desde una perspectiva más sistémica el proceso de innovación puede ser visto según Lundvall (2007), “como una intrincada interacción entre micro y macro fenómenos, donde las macro-estructuras condicionan las micro-dinámicas y viceversa” (p. 101, traducción del autor), generando un contexto dinámico caracterizado por la co-evolución y la auto-organización. Entre estos dos puntos de vista, se pueden encontrar una variedad de modelos que han tratado de caracterizar el proceso de innovación, los cuales son agrupados conceptualmente por Rothwell (1994) en cinco generaciones.

## 1.2.2 Modelos de innovación

En un esfuerzo por disminuir los costos, reducir el tiempo, hacer operativo y entender el proceso de innovación se ha planteado una variedad de modelos de innovación que siguiendo a Roussel, Saad y Erickson (1991), Rothwell (1994), Miller y Morris (1998), Chiesa (2001) y Nobelius (2004), se pueden entender en 5 generaciones:

- **1<sup>ra</sup> Generación:** adoptada después de la segunda guerra mundial, donde los avances científicos se vuelven relevantes para obtener una ventaja competitiva, la cual fue evidenciada en la guerra. El proceso se entiende lineal y como de empuje de la tecnología (*technology push*), en el que el proceso va desde el generador del conocimiento hasta el explotador en una sola vía pasando por las siguientes actividades: investigación básica, diseño e ingeniería, producción, marketing y finaliza con las ventas.
- **2<sup>da</sup> Generación:** a partir de la segunda mitad de la década del sesenta toma gran importancia el mercado, lo cual se ve reflejado en los modelos de innovación, que aunque siguen entendiendo el proceso como lineal, ahora lo jalona la necesidad identificada en el mercado (*Marketing pull*), pasando luego por el desarrollo de la solución, producción y finaliza con la comercialización.
- **3<sup>ra</sup> Generación:** a finales de la década del setenta, el inicio de una fuerte crisis económica conllevó a que las organizaciones tomarán con más cuidado el proceso de innovación, teniendo en cuenta que este proceso conlleva un alto nivel de incertidumbre y se debía de alguna forma asegurar las inversiones; por lo que se plantearon modelos con un alto contenido de retroalimentaciones entre las diferentes etapas del proceso, así como con los estados actuales de la ciencia y el mercado, adoptando modelos articulados y mixtos como el de Marquis y el de Kline (Kline & Rosenberg, 1986).
- **4<sup>ta</sup> Generación:** en la década de los ochenta, la preocupación de las firmas empieza a ser cómo llegar más rápido con nuevos productos al mercado (*time to market*); sin embargo, la experiencia con los modelos de 3ra generación, con su exceso de retroalimentaciones y controles entre actividades, no era el apropiado para el contexto; además, al observar el desempeño japonés en el lanzamiento al mercado

de nuevos productos con mucha rapidez y éxito; por lo que se realizó un esfuerzo por modelar las características de ese proceso, proponiendo modelos integrados como el de Takeuchi y Nonaka (1986), donde se solapan las actividades, se involucran las diferentes áreas de la compañía y los proveedores estratégicos en el proceso de innovación.

- **5<sup>ta</sup> Generación:** en la década del noventa las empresas ya no sólo involucran en el proceso de innovación a los proveedores sino también a clientes, competidores, distribuidores, universidades, centros de investigación, centros de desarrollo tecnológico, incubadoras de empresas de base tecnológica, entre otros; generando modelos de redes o sistémicos como el de Trott (2005), en el que se da gran importancia al aprendizaje y se utilizan recursos tanto internos como externos para lograr la innovación. La más notoria diferencia con los otros modelos es que se concibe que el proceso de innovación se da dentro de una red, donde los diferentes actores proporcionan su experticia para que se de la innovación; en esta manera de entender el proceso de innovación el riesgo se distribuye entre los diferentes actores y se genera un aprendizaje en el sistema que lo potencia para innovaciones futuras.

A partir de la 5ta generación se ha entendido la importancia del sistema o la red para lograr un entorno de innovación abierta (Chesbrough, 2006), el cual busca compartir los recursos y distribuir los riesgos del proceso de innovación entre varios actores, optimizando los resultados del proceso. Sin embargo, este relacionamiento no es sencillo, ya que por las rutinas de exploración o de explotación (Nelson & Winter, 1982) que han asumido los diferentes actores del sistema, se dificulta su relación, el cual se ha tratado de entender a partir del enfoque de sistema de innovación.

### 1.3 Sistemas de innovación

Según lo anterior se puede decir que “la innovación es un proceso social no lineal y dinámicamente complejo, cuyos resultados son inciertos, en el que participan múltiples actores con respuestas y comportamientos no conocidos a priori” (Robledo, 2010, p. 42). Por lo que el enfoque sistémico se ha considerado como el más adecuado para abordar el proceso de innovación. De hecho, se ha observado que desde los años ochenta (Freeman, 1982; Lundvall, 1985; Freeman, 1987) esta aproximación de los sistemas de

innovación ha tenido una gran difusión. Lundvall, Johnson, Andersen & Dalum (2002), reconocen este comportamiento y plantean que una forma de crear unas bases para el sistema y estudiar su evolución puede ser considerándolos “como los resultados de un juego schumpeteriano donde agentes heterogéneos siguen estrategias diferentes en términos de innovación, imitación, adaptación, etc.” (p. 222, traducción del autor).

Lundvall, Vang, Joseph, & Chaminade (2009) reconocen la difusión del enfoque y lo explican por la contribución que ha dado al desarrollo de teoría en varias cuestiones importantes como son: la interacción de los procesos económicos con las instituciones políticas y las normas, la sustitución de los modelos de comportamiento tradicionales basados en la racionalidad, la evolución endógena de las preferencias en políticas públicas, las teorías de la institución relacionadas con las características específicas de la comunidad, la heterogeneidad de las firmas, la resolución de problemas de interacción donde los fines y los medios co-evolucionan con los fines descubiertos y transformados en el proceso, y la necesidad metodológica de ir más allá del individuo y la selección racional.

El desarrollo teórico y conceptual en la perspectiva de los sistemas de innovación ha sido influenciado por diferentes escuelas de pensamiento. Las principales contribuciones a la comprensión de este enfoque han venido de la economía evolutiva (Nelson & Winter, 1982), la economía institucional (Nelson, 1992), las nuevas economías regionales (Storper, 1995), la economía del aprendizaje (Foray & Lundvall, 1996; Lundvall & Johnson, 1994), la economía de la innovación (Dosi, Freeman, Nelson, Silverberg, & Soete, 1988) y la teoría de red (Hakansson, 1987).

Es claro que un sistema de innovación está compuesto por un conjunto de componentes o agentes (organizaciones e instituciones) claramente definidos por un límite que los distingue del ambiente, que pueden conformar sub-sistemas, que interactúan entre sí y con el ambiente y cuyo comportamiento produce un determinado resultado de interés. Para que las relaciones entre agentes sean sistémicas, debe haber cierto grado de interdependencia operativa y de gestión (Mostafavi, Abraham, DeLaurentis, & Sinfield, 2011), haciendo las relaciones sean contingentes; otras características definidas por Maier (1998) como distintivas, son la distribución geográfica, el comportamiento emergente, la evolución y el desarrollo.

Esta mirada sistémica se ha dado desde diferentes enfoques. Las primeras aproximaciones fueron las de Freeman (1982; 1987), Lundvall (1985; 1988; 1992), Nelson (1993) y Edquist (1997) que se concentraron en el nivel nacional, llamándolo Sistema Nacional de Innovación (*SNI*). A partir de este enfoque se han desarrollado otros como son el Sistema Regional de Innovación (*SRI*) (Cooke, 1992; Cooke, Gomez, & Etxebarria, 1997; Morgan, 1997; Asheim & Gertler, 2004; Asheim, Coenen, Moodysson, & Vang, 2007; Chaminade & Vang, 2007), Sistema Sectorial de Innovación (*SSI*) (Carlsson & Stankiewicz, 1991; Breschi & Malerba, 1997; Edquist, 1997; Malerba, 2002; 2004), Sistema Tecnológico de Innovación (*STI*) (Hughes, 1984; Carlsson & Stankiewicz, 1991; 1995; Callon, 1992) y Redes de innovación (Powell, 1990; Freeman, 1991; DeBresson & Amesse, 1991; Johansson, 1991; Cooke, 1992; Midgley, Morrison, & Roberts, 1992; Perrow, 1993; Van de Ven, 1993). A continuación se da una breve descripción de cada enfoque:

### 1.3.1 Sistema nacional de innovación

Esta perspectiva busca explicar las diferencias en el crecimiento económico entre países, indagando en las dinámicas nacionales de sus redes de instituciones que permiten innovar y propiciar un aprendizaje colectivo. Lundvall et al. (2009) proponen una definición que sintetiza la perspectiva de los trabajos originales de Freeman y Lundvall donde integran la visión estrecha (*Science-Technology-Innovation*) y amplia (*Doing, Using and Interacting*) del sistema de innovación, considerando al *SNI* como:

un sistema abierto, evolutivo y complejo que abarca las relaciones dentro y entre las organizaciones, las instituciones y las estructuras socio-económicas que determinan la velocidad y dirección de la innovación y de la construcción de la competencia que emana de los procesos basados en la ciencia y en el aprendizaje basado en la experiencia. (p. 6, traducción del autor)

Sin embargo, en un mundo cada vez más globalizado y de dinámicas regionales y sectoriales dramáticamente más diversas que las diferencias nacionales (Lundvall et al., 2009; Robledo, 2010), el enfoque de *SNI* se queda corto y le da paso a otras perspectivas.

### **1.3.2 Sistema regional de innovación**

Este enfoque se centra en el perfil local de las interacciones, reconociendo la proximidad como un factor que facilita el relacionamiento. De igual manera, esta perspectiva toma fuerza al tener en cuenta las diferencias entre países y regiones en cuanto a tamaño y dotaciones humanas, sociales, financieras y físicas, que han seguido diferentes trayectorias tecnológicas y estrategias de intervención política (Padilla-Pérez, Vang, & Chaminade, 2009). Este sistema está compuesto por otros subsistemas (Doloreux, 2002): firmas (explotadores), instituciones (normas que regulan el comportamiento del *SRI*), infraestructura de conocimiento (exploradores), y orientación política (destinada a mejorar el desempeño innovador del *SRI*). Brindando un nivel de agregación meso que puede mediar entre la dinámica micro y macro (Lundvall et al., 2009). El buen funcionamiento del *SRI* se identifica por un alto nivel de capacidades tecnológicas de las organizaciones que conforman el sistema, la buena interacción entre los subsistemas, así como la intensidad, densidad y amplitud de sus flujos con el resto del mundo (Padilla-Pérez et al., 2009).

### **1.3.3 Sistema sectorial de innovación**

Se considera como un sistema “compuesto por un conjunto de agentes que llevan a cabo las interacciones del mercado y no mercado para la creación, desarrollo y difusión de nuevos productos sectoriales” (Malerba, 2005, p. 65, traducción del autor). Este sistema se enfoca en la naturaleza, estructura, organización y dinámicas de innovación y producción en sectores conformados por los siguientes elementos claves o bloques de construcción: actores (firmas y otros agentes), redes, instituciones (incluyendo regímenes políticos), tecnologías, y conocimiento (Malerba, 2002; 2005).

### **1.3.4 Sistema tecnológico de innovación**

Siguiendo a Carlsson y Stankiewicz (1995), estos sistemas son considerados como una red de agentes que interactúan en una tecnología específica y bajo una infraestructura institucional que involucra una generación, difusión y utilización de la tecnología. En estos sistemas se enlaza la interacción de tres tipos de redes: las relaciones comprador-proveedor, las redes para la resolución de problemas y las redes informales (Carlsson et al., 2002); Ahora, para la aplicación de esta aproximación plantean los siguientes supuestos básicos: El sistema es un conjunto que brinda la unidad de análisis (supuesto

compartido con los otros enfoques); el sistema es dinámico (evoluciona en el tiempo); el sistema puede identificar, asimilar y explotar oportunidades tecnológicas globales (haciendo un especial énfasis en la capacidad de absorción (Cohen & Levinthal, 1990)), y cada actor del sistema opera con racionalidad limitada (reconociendo el aporte de Simon (1957)).

### **1.3.5 Redes de innovación**

Desde la definición del *SNI* de Freeman (1987) se hace mención a las redes de instituciones públicas y privadas que interactúan para iniciar, importar, modificar y difundir tecnologías. Por lo tanto las redes de innovación pueden ser entendidas como las relaciones de cooperación entre firmas y otros actores que buscan la innovación (Batterink et al., 2010). Así mismo, son consideradas como la evolución de las relaciones dinámicas y contingentes de unidades heterogéneas en conocimientos y habilidades (Gilbert et al., 2001). Esta evolución de las redes de innovación debe de ser entendida desde la perspectiva de Nelson y Winter (1982), que fusiona los conceptos *schumpeterianos* de la economía evolutiva del cambio endógeno, con los elementos conductuales y organizacionales de Cyert y March (1999) y Simon (1955); planteando un contexto de variación, selección e histórico que captura las dinámicas de innovación que impactan el crecimiento, el comercio y el cambio tecnológico (Dosi et al., 1988). El tema central en el análisis de redes pone de manifiesto que la innovación es una construcción social (Gilbert et al., 2001). Denyer, Munir, Neely, Pittaway y Robertson (2004) encuentran que los principales beneficios que ofrecen las redes para la innovación son: el riesgo compartido, el acceso a la obtención de nuevos mercados y tecnologías, ingreso rápido de productos al mercado, habilidades complementarias puestas en común, salvaguardar los derechos de propiedad cuando los contratos no son posibles, y actuar como vehículo clave para la obtención y acceso al conocimiento externo.

Como ya se mencionó, este relacionamiento de agentes heterogéneos que subsisten en los diferentes enfoques de sistemas de innovación no es sencillo. Las diferentes rutinas asumidas por los actores han generado brechas que dificultan su entendimiento y relación. Para menguar este efecto, la literatura ha incluido en los sistemas de innovación un agente intermediario que tiene como función cerrar estas brechas. Llevando a cabo

actividades mediadoras en las diferentes etapas o fases identificadas en los modelos de innovación expuestos, con el fin de facilitar el proceso de innovación.

## 1.4 Intermediarios de innovación

El surgimiento de estos agentes puede tener diferentes explicaciones, sin embargo, se puede decir que por lo general nacen cuando no existe o no se percibe una adecuada conexión entre actores relevantes, lo cual puede suceder por fallas del mercado o de los sistemas de innovación (Smits & Kuhlmann, 2004; Johnson, 2008). Estos agentes intermediarios o *brokers* en el proceso de innovación han recibido una gran variedad de nombres o roles en la literatura, tales como: Agentes de cambio (Hägerstrand, 1952; Rogers, 1962), terceras partes (Mantel & Rosegger, 1987), firmas intermediarias (Watkins & Horley, 1986; Stankiewicz, 1995), *brokers* (Gould & Fernandez, 1989; Burt, 1992; Carrara & Duhamel, 1995; Hargadon & Sutton, 1997; Provan & Human, 1999; Albors, Sweeney, & Hidalgo, 2005), servicios empresariales intensivos en conocimiento (más conocidos como *KIBS* por sus siglas en inglés de *Knowledge Intensive Business Services*) (O'Farrell & Moffat, 1991; Miles et al., 1995; O'Farrell & Wood, 1999; Miles, 2000; Den Hertog, 2000; Bettencourt, Ostrom, Brown, & Roundtree, 2002; Wood, 2002), agencias de difusión (Berry, Brown, & Goel, 1991), organizaciones de frontera (Braun, 1993; Guston, 1996; 1999; Cash, 2001; Kelly, 2003), agentes de innovación (Bidault & Fischer, 1994), puentes (Bessant & Rush, 1995; McEvily & Zaheer, 1999; Folke, Hahn, Johansson, & Olsson, 2006; Sapsed, Grantham, & DeFillippi, 2007), organizaciones de superestructura (Lynn, Reddy, & Aram, 1996), *Bricoleurs* (Turpin, Garrett-Jones, & Rankin, 1996), *brokers* de tecnología (Morgan & Crawford, 1996; Bryant & Reenstra-Bryant, 1998), *brokers* de conocimiento (Hargadon, 1998; Abbate & Coppolino, 2011; Malik, 2012), intermediarios de información (Popp, 2000), Llaves de frontera (*boundary spanner*) (Swan, Scarbrough, & Robertson, 2002; Williams, 2002; Burt, 2004), intermediarios sistémicos (Van Lente, Hekkert, Smits, & Van Waveren, 2003; Klerkx & Leeuwis, 2009), catalizadores (Smits & Kuhlmann, 2004; Candemir & Van Lente, 2007), intermediarios de innovación (Howells, 2006; Klerkx & Leeuwis, 2008), orquestador de la red de innovación (Dhanaraj & Parkhe, 2006; Batterink et al., 2010), *brokers* virtuales de conocimiento (Prandelli, Sawhney, & Verona, 2006), *brokers* de innovación (Winch & Courtney, 2007), *innomediarios* (Li, Shyu, & Yang, 2009), intermediarios sistémicos (Klerkx & Leeuwis, 2008; 2009), intermediarios tecnológicos (Clarysse, Knockaert, &

Spithoven, 2010), *gatekeepers* (Graf, 2011) *brokers* de soluciones (Feller, Finnegan, Hayes, & O'Reilly, 2012) y capitalistas de innovación (Bacon, Nambisan, & Throckmorton, 2012), entre otros.

Esta variada terminología se puede explicar por los diferentes campos de investigación en los que se ha enfocado cada trabajo. Algunas revisiones que han tenido como objetivo clasificar estos enfoques son las de Howells (2006), Winch y Courtney (2007), y Roxas, Piroli y Sorrentino (2011). A continuación, teniendo en cuenta estos trabajos, se va a proponer y complementar las categorías previamente identificadas; con el fin de distinguir los límites del área problema y desentrañar el problema de investigación. Las categorías son:

#### **1.4.1 Intermediación en la transferencia y difusión de tecnología**

En este ámbito se analiza los agentes que están ubicados entre las fuentes y los adoptantes de la innovación, y cómo juegan un papel de enlace (Rogers, 1962; Powell, Koput, & Smith-Doerr, 1996; Morgan & Crawford, 1996; Bryant & Reenstra-Bryant, 1998), traductor (Pawlowski & Robey, 2004; Howells, 2006; Göktepe, 2006; Klerkx & Leeuwis, 2009) y reductor de información asimétrica (Göktepe, 2006), que influyen en la velocidad y dirección de la difusión. El primer enfoque que se dio a los intermediarios fue el de *agentes de cambio* (Hägerstrand, 1952; Rogers, 1962), quienes tenían por objeto aumentar la velocidad de la difusión y la aceptación de nuevos productos. Luego Watkins y Horley (1986), hacen un análisis prospectivo del rol que tendrán los intermediarios en la transferencia de tecnología entre grandes y pequeñas firmas. Posteriormente Mantel y Rosegger (1987), discuten la necesidad de unas terceras partes para el proceso de difusión de tecnologías que cumplen las funciones de soportar la toma de decisiones, definir estándares y especificaciones, y evaluar tecnologías. Desde el punto de vista de las directrices que se deben seguir para administrar los patrocinios del gobierno orientados a I+D, Berry et al. (1991), proponen unas *agencias de difusión* que se deben de utilizar para identificar las estrategias adecuadas de transferencia de tecnología para innovaciones específicas. Del mismo modo, Seaton y Cordey-Hayes (1993) revisan el papel de empresas de tecnología de defensa como intermediarias para la explotación de tecnología. Otro trabajo con una visión prospectiva es el de Shohert y Prevezer (1996) quienes exploran el objeto de los intermediarios en el proceso de transferencia de

tecnología, en especial el de formalizar la colaboración informal. Un vistazo diferente es el de Turpin et al. (1996), quienes llaman a los intermediarios *Bricoleurs*, los cuales buscan desarrollar nuevas aplicaciones con tecnologías por fuera de su campo inicial de desarrollo. La utilización de la Internet para apoyar las actividades de intermediación en innovación es estudiada por Prandelli et al. (2006), quienes introducen el concepto de *brokers virtuales de conocimiento*, quienes permiten a las firmas ampliar su alcance en cuanto a la relación con sus clientes, habilitando un diálogo más rico debido a la percepción de su neutralidad.

A pesar de las bondades identificadas en la intermediación enfocada a la transferencia y difusión de tecnología de los anteriores estudios, este proceso puede fallar. Las causas principales de fracaso, según Aoyama (2006), se dan cuando el programa de transferencia de tecnología se impone por la alta dirección, se tiene una pobre evaluación, y la brecha entre los proveedores y solicitantes es demasiado ancha para llenar. En ocasiones, la percepción de que el aporte del intermediario es mínimo, puede ser provocado por la tensión existente entre tener una participación técnica o simplemente de catalizador del proceso de cooperación entre actores (Kuada & Sørensen, 2005). En este sentido, Williams (2002), dice que el intermediario es legitimado para su intervención cuando demuestra su conocimiento técnico; sin embargo, esta habilidad le puede dificultar tener una mirada integral, propiciando un *bloqueo mental* que entorpece la consecución de soluciones; además, al poseer un alto dominio técnico, los exploradores lo pueden considerar como una competencia. Un temor que despierta los agentes intermediarios, es que se pierdan las relaciones, los flujos y la interacción directa existente entre exploradores y explotadores (Göktepe, 2006). Estas afirmaciones son difíciles de refutar desde un punto de vista objetivo, como lo manifiestan Lavis, Robertson, Woodside, McLeod y Abelson (2003), puesto que la poca evaluación del proceso de transferencia de tecnología, va de la mano con los pocos modelos existentes para el análisis del impacto de los intermediarios de innovación.

A pesar de la falta de evaluación de la intermediación en el proceso de transferencia y difusión de tecnología, se puede rescatar el trabajo de Grimaldi (2008), que con la ayuda de la teoría de juegos muestra que la creación de un mercado de innovaciones es bastante improbable, dado el comportamiento desleal del comprador, haciendo que el vendedor esté reacio a negociar; por lo que encuentra que la solución a esto es a través

de un tercero que haga parte de la negociación y pueda garantizar el flujo de ideas entre los diferentes actores. Entonces, si el intermediario juega un papel donde aporta nuevas habilidades y competencias para que se dé el puente entre los agentes extremos, facilitando la transferencia y difusión de tecnología, entonces sí tiene razón de ser. Por lo que, se debe tener en cuenta que el intermediario no pretenda reemplazar las relaciones informales que ya se han creado entre los exploradores y explotadores; sin embargo, no todos los actores tienen las mismas capacidades de relacionamiento y de innovación, por lo tanto el intermediario deberá actuar como facilitador, especialmente entre los agentes que presentan más debilidades en estos sentidos (Göktepe, 2006). Con respecto a lo anterior se debe de hacer especial énfasis en el tipo de cliente y de contexto en el que se interviene, entendiendo el tipo de decisiones y el ambiente en el que viven y trabajan los tomadores de decisiones en el mercado, para ofrecerle mensajes que sean procesables y tengan valor para ellos (Lavis et al., 2003), siendo importante adoptar un enfoque más *marketing pull* que de *technology push*. En otras palabras, la intermediación requiere no sólo la traducción sino también reducir la *ambigüedad causal* (Szulanski, 1996; Bechky, 2003). Entendiendo esta *ambigüedad causal* como la incapacidad para identificar las razones para el éxito o el fracaso de una capacidad en un nuevo escenario (Szulanski, 1996).

### **1.4.2 Intermediación en la gestión de la innovación**

Este enfoque es cercano al del primer grupo; sin embargo, se centra en el análisis del intermediario como organizaciones y en las actividades que están involucrados. En sus acciones se les atribuye no solo la función de enlaces, sino también la de almacenadores y manipuladores del conocimiento, que transforman las ideas y el conocimiento transferido (Hargadon & Sutton, 1997; Howells, 2006; Roxas et al., 2011), así como generadores de nuevas ideas (Boutellier, Daiber, Friesike, & Muhdi, 2011). También se les reconoce su contribución a la imparcialidad en la articulación de la demanda, su fácil accesibilidad para los emprendedores, su proximidad cognitiva y cultural con usuarios finales y proveedores del conocimiento, su construcción de capacidades en los demandantes y proveedores para cooperar en el proceso de innovación, su desarrollo de conceptos innovadores que no están amarrados a las fuerzas del mercado y las agendas políticas actuales (Klerkx & Leeuwis, 2008), su aporte en la construcción colectiva de capacidades de absorción a nivel inter-organizacional (Clarysse et al., 2010), sus

servicios de vigilancia tecnológica para que las firmas tengan acceso al conocimiento externo para su proceso de innovación (Malik, 2012), y su ayuda a la solución de problemas políticos en el desarrollo de una tecnología en un territorio (Hall & Kingiri, 2012). Estos aportes van encaminados a generar confianza y normas comunes de transparencia y reciprocidad que facilitan el aprendizaje organizacional, reduciendo los costos de transacción involucrados en el intercambio de conocimientos (Dyer & Singh, 1998). Precisamente uno de los problemas más difíciles de franquear en este tipo de intercambios es el de la medición del valor intangible de los conocimientos recibidos por una empresa cliente, siendo éste, otro de los trabajos donde los intermediarios actúan como facilitadores (Millar & Choi, 2003). Se subraya entonces la necesidad de coordinar el soporte de los intermediarios con los recursos y actividades internas de las firmas intervenidas (Lichtenthaler & Ernst, 2008). Como lo demuestran Shyu y Yang (2011) al estudiar el papel y la tipología de intermediación en el contexto del régimen tecnológico y el modelo de servicios, haciendo especial hincapié en las diferentes funciones en cada categoría.

Las anteriores contribuciones generan un problema, identificado y nombrado por Klerkx, Hall y Leeuwis (2009) como ambigüedad en las funciones, presentándose cuando estas se traslapan con aquellas que en algún momento han ejercido otros actores; por lo tanto, pueden ser vistos como competidores y no como facilitadores, repercutiendo esto en que pueden ganarse la antipatía de entes que hacen parte de la estructura científica que se requieren como socios en la red. Otros problemas detectados por Klerkx y Leeuwis (2008), que se pueden considerar comunes para el proceso de gestión de la innovación en que intervienen los intermediarios, son: la presión de los accionistas o financiadores para alcanzar sus objetivos, la invisibilidad y la inconmensurabilidad del valor del servicio, imágenes poco claras de los roles de los intermediarios, mediación demasiado limitada (sólo en ciertas etapas del proceso de innovación, por lo general en las primeras cuando la inversión es pública), poca coherencia de la política, cambios de gobierno, y expectativas diferentes de los socios cooperadores.

A pesar de estos problemas, existen argumentos como los de Beckett y Hyland (2011) que abogan por la existencia de unas estructuras de comunicación y aprendizaje entre firmas que expandan sus límites permitiendo la innovación. De igual manera Dobbins et al. (2009), encuentran que un *broker* de conocimiento proporciona un vínculo entre los

productores de investigación y usuarios finales mediante el desarrollo de un entendimiento mutuo de los objetivos y las culturas, colaborando con los usuarios finales para identificar las tareas y los problemas para los cuales se requieren soluciones, y facilita la identificación, acceso, evaluación, interpretación y traducción de resultados de investigación en políticas y prácticas locales. Una conclusión decisiva es la de Boon, Moors, Nahuis y Vendeberg (2008), al hallar que la interacción entre usuarios y productores organizados a través de intermediarios o consorcios parecen ser las herramientas más importantes para la articulación de la demanda y el aprendizaje interactivo. Además las fallas sistémicas y del mercado pueden ser demasiado grandes, o los Costos de Transacción muy considerables; requiriendo la intervención de los intermediarios de innovación (Klerkx & Leeuwis, 2008).

### **1.4.3 Intermediación en las organizaciones de servicios intensivos en conocimiento (*KIBS*)**

La intermediación en innovación también ha sido explorada en actividades de servicios; en particular, se ha relacionado con las *KIBS* (O'Farrell & Moffat, 1991; Miles et al., 1995; Miles, 2000; O'Farrell & Wood, 1999; Bettencourt et al., 2002; Wood, 2002) y las firmas consultoras (Pilorget, 1993). Se incluyen las *KIBS*, reconociendo que entre estas hay empresas que llevan a cabo su propia *I+D* y desarrollan e introducen en el mercado sus propias innovaciones. Sin embargo, en ocasiones, las *KIBS* están comprometidas con funciones que soportan el cambio innovador de sus firmas clientes (Bessant & Rush, 1995) y se reconoce su papel en los sistemas de innovación como intermediarios y puentes de innovación (Howells, 1999; Czarnitski & Spielkamp, 2000; Muller & Zenker, 2001; Smedlund & Toivonen, 2007; Doloreux & Muller, 2009). Especialmente, estudios como los de Chiesa, Frattini y Manzini (2008) y Chiaroni, Chiesa, De Massis y Frattini (2008), enfocados en las empresas que ofrecen servicios técnicos y científicos, demuestran que estos actores sirven como puentes tecnológicos a lo largo de las etapas del ciclo de vida de la industria de uso intensivo de tecnología, conectando fuentes de conocimiento con las organizaciones beneficiarias, las que utilizan la tecnología transferida para innovar en sus productos. Otros trabajos se han centrado en analizar los efectos de estas organizaciones como mediadores, por ejemplo: el de Wei y Zhu (2009), que emplean una investigación longitudinal en el estudio de casos para investigar por qué y cómo la incrustación de *KIBS* impacta en la evolución de la estructura de red del

clúster industrial; de forma similar Belso-Martínez, Mas-Verdu y Molina-Morales (2011), confirman que los *KIBS*, considerados como recursos externos, ejercen una influencia positiva en el desempeño de las empresas innovadoras a través de su efecto mediador.

Gracias a este enfoque, se puede obtener claridad sobre los procesos y dinámicas de la negociación de servicios de transferencia de conocimiento, mediante la identificación y el análisis de los diferentes mecanismos de transferencias de conocimiento para las empresas de servicio, especialmente cuando actúan como intermediarios (Kallio, Konttinen, Rilla, Smedlund, & Van Der Have, 2011). En este sentido, Amara, Doloreux y Landry (2012), exploran la magnitud y los determinantes del intercambio de conocimientos entre las *KIBS* y sus clientes, y Huggins (2011), busca comprender mejor la evolución y crecimiento de las *KIBS* y la naturaleza de sus redes y mercados. Otra orientación alternativas que han tenido estos estudios, sin apartarse del tema de la mediación, es la de Bacon et al. (2012), quienes hablan de *capitalistas de innovación*, los cuales son intermediarios de innovación que median las interacciones entre grandes empresas y fuentes externas de innovación, especializándose en buscar nuevas y prometedoras ideas de inventores independientes u otras fuentes, interviniendo en esas ideas para transformarlas en conceptos listos para el mercado. Por último, se cuenta con el trabajo de Nieto y Rodríguez (2012), quienes analizan teórica y empíricamente el papel mediador en la innovación, revelando que la colaboración afecta positivamente a la internacionalización de la innovación a través de las *KIBS*. Sin embargo, esta perspectiva no resuelve los problemas ya identificados en las categorías de transferencia y difusión de tecnología y en la de gestión tecnológica, especialmente respecto a la dificultad de analizar el aporte de los *KIBS* o empresas consultoras, cuando cumplen el rol de intermediarias, en los resultados de innovación finales de sus clientes, dado el problema de atribución.

#### **1.4.4 Intermediación en el emprendimiento universitario, *IEBT* y parques científicos y tecnológicos**

Esta perspectiva se enfoca en la universidad emprendedora, que debe incorporar a sus funciones la difusión de tecnologías (Clarke, 1998; Siegel, 2006), actividad que usualmente realiza a través de sus oficinas de transferencia de resultados de investigación (*OTRI*), *IEBT* y parques científicos y tecnológicos (Etzkowitz, Webster, Gebhart, & Terra, 2000; Rothaermel, Agung, & Jiang, 2007). El propósito es cumplir la 3<sup>a</sup>

*misión* que se le ha asignado a la universidad: generar impacto económico y social en los entornos en los que hace presencia (Gibbons et al., 1994). En esta perspectiva, la actividad empresarial es un paso en la evolución del sistema universitario, que complementa la formación y la investigación (Etzkowitz et al., 2000). Para ello, algunos autores reconocen a las *OTRI* como la puerta de enlace principal entre la universidad y la industria (Jones-Evans & Klofsten, 1999; Debackere & Veugelers, 2005), siendo su función primordial y tradicional la difusión y transferencia de tecnología. Otros, como Montoro-Sánchez, Mora-Valentín y Ortiz-de-Urbina-Criado (2011), determinan los efectos de los desbordamientos de conocimiento en la innovación y colaboración entre empresas ubicadas en parques científicos y tecnológicos. Balkin, Gianiodis, Markman y Phan (2005), por su parte, estudian las mejores características que deben de tener las *IEBT* y los parques tecnológicos para realizar una buena transferencia de tecnología en las empresas nacientes.

Con respecto a los parques científicos, Hansson, Husted y Vestergaard (2005), hacen varias críticas al respecto y concluyen que los parques científicos fallan en atraer y desarrollar empresas de alta tecnología, y no han cumplido su papel como aceleradores del crecimiento económico regional. Apoyados en el estudio realizado por Westhead (1997), quien comparó a las empresas de base tecnológica incubadas en parques con las que no, el resultado fue que no había diferencias estadísticamente significativas entre los resultados en cuanto a la intensidad de *I+D*, el gasto de *I+D* y la capacidad de investigación para introducir nuevos productos y patentes. Uno de los peligros más importantes detectados por Hansson et al., (2005), es que el intermediario (en este caso, el parque) institucionalice y consolide una baja interacción entre las universidades y la industria, como resultado de asignarle la función de transferencia de tecnología a un intermediario. Esto puede generar en los otros actores una actitud de indolencia para promover las interacciones entre exploradores y explotadores, dando la ilusión de cerrar la brecha, cuando en realidad la están manteniendo.

Argumentos como el anteriormente expuesto hacen dudar de la relevancia de los intermediarios, sin embargo esto puede ser relativo como se aprecia en el trabajo de Konttinen, Nieminen y Suvinen (2010), quienes analizan el papel de los intermediarios y sus necesidades, usando el concepto de la triple hélice (Etzkowitz & Leydesdorff, 1997) como punto de partida teórico para el análisis empírico; el resultado es que se justifica la

intervención de políticas para apoyar la conformación de intermediarios, siempre y cuando la relación Universidad-Empresa-Estado (*U-E-E*) no esté funcionando bien. Aquí se puede observar que la red de relaciones adquiere importancia, tal como lo hallan Albino, Carbonara, Petruzzelli y Rotolo (2010), cuando investigan cómo el desempeño de aprendizaje de las universidades y la estructura de red afectan la capacidad de recopilar y difundir el conocimiento, y por tanto es necesaria una actuación como *gatekeepers* del conocimiento por parte de las universidades para mejorar los resultados. Por lo que se puede utilizar para este fin una variada gama de modos de comercialización de tecnología por parte de las universidades, la cual es desarrollada por Markman, Siegel y Wright (2008) en la siguiente taxonomía: modelos internos (*OTRI*), enfoque cuasi internos (*IEBT*), investigación universitaria en parques, *clusters* regionales, *spin-off* y *start-ups* académicas, licencias, contratos de investigación y consultoría, capital de riesgo corporativo, y la ciencia y la innovación abierta.

#### **1.4.5 Intermediación en la innovación abierta**

Término acuñado por Chesbrough (2006), donde la estrategia de innovación empresarial se basa en la utilización de recursos internos y externos para innovar, así como la utilización de canales propios y ajenos para llevar al mercado las innovaciones. Poniendo de manifiesto la necesidad de firmas intermediarias que resuelvan problemas de *I+D* en el proceso de innovación (Sieg, Wallin, & von Krogh, 2010). De manera similar, a los intermediarios, se les reconoce un papel importante al permitir el uso más amplio de las estrategias de innovación abierta, gracias a su capacidad de adquirir, recombinar y vender conocimientos especializados y tecnologías (Colombo, Dell'Era, & Frattini, 2011). Con respecto al montaje de plataformas de innovación, las cuales son indispensables en la perspectiva de la innovación abierta, los trabajos de Lichtenthaler y Ernst (2008) y Lichtenthaler y Von Nell (2011), subrayan el potencial de los intermediarios de innovación basados en la Internet como plataforma para las transacciones de tecnología. De manera similar Feller et al., (2012), examinan al *broker de soluciones* desde el ámbito de las redes de innovación, colaboración abierta y mercados electrónicos, para identificar tres procesos: movilidad de conocimiento, apropiación y estabilidad, que se discuten como necesarios para *orquestrar* la colaboración abierta.

Aunque se reconoce lo prolífico y la atención que ha recibido el término, dados los trabajos que lo han utilizado desde que fue acuñado, se encuentra que aún es un marco teórico incipiente si se compara con el de los sistemas de innovación o redes de innovación que se exponen a continuación; además que los resultados no han sido los mejores como se puede observar en los trabajos de Lichtenthaler y Ernst (2008) y Lichtenthaler y Von Nell (2011).

#### **1.4.6 Intermediación en los sistemas de innovación**

En este enfoque se reconoce la importancia de un agente puente entre actores que tienen diferente información y conocimiento (Bessant & Rush, 1995). Estos agentes puente pueden ayudar a compensar las debilidades del sistema de innovación, a través de la corrección de las fallas del mercado y las políticas públicas (Carlsson & Stankiewicz, 1991). Este reconocimiento de organizaciones intermediarias en los sistemas de innovación se da inicialmente en los *STI*, donde asumen el rol de ayudar a la adopción de soluciones a la medida de las necesidades individuales de las firmas (Carlsson & Stankiewicz, 1991; Stankiewicz, 1995). Luego, Lynn et al., (1996), identifican un grupo de agentes que ayudan a enlazar y transformar relaciones entre redes y sistemas de innovación, dándoles el nombre de empresas de *superestructura*. Mientras que para aportar a la formulación de políticas se les ha reconocido como *organizaciones de frontera* (Braun, 1993; Guston, 1996; 1999; Cash, 2001; Kelly, 2003). Se debe tener en cuenta que antes de la intervención del intermediario, este debe de entender muy bien las debilidades del sistema que pretende subsanar, así como elegir el tipo de innovación (radical o incremental) en que centrará sus esfuerzos (Klerkx et al., 2009). Es por ello que se les reconoce como *intermediarios sistémicos*, los cuales tiene como principal diferencia con respecto a las otras perspectivas, según Klerkx et al. (2009), que va más allá de las empresas y redes de empresas, interviniendo en las arquitecturas de innovación de nivel superior que implican una compleja relación de participantes empresariales, gubernamentales y sociales.

Sin embargo, a pesar de este reconocimiento hecho al intermediario sistémico en los sistemas de innovación, su aporte presenta problemas. Según Klerkx et al. (2009), estos problemas emergen cuando los intermediarios son diseñados con anticipación y se establecen de forma preconcebida, con indicadores y esquemas de entrada y salida

prescritos. Sin embargo, los que han surgido de forma *auto-organizada*, resultado de la experimentación y adaptación, logran ajustarse mejor a los entornos regionales y sectoriales. Esto puede ser explicado por el fenómeno de co-evolución descrito por Aoyama (2006), en el cual todos los actores que intervienen en el proceso cambian por el aprendizaje y las capacidades de innovación que obtienen de su interacción. Otra dificultad que pueden tener los intermediarios y que logra afectar su imparcialidad ya antes mencionada como característica fundamental para su credibilidad, es su dependencia de fuentes de financiación, generalmente proveniente de entes públicos con objetivos e intereses particulares, las cuales pueden deteriorar la independencia que debe demostrar el mediador, especialmente cuando hay una negociación de por medio (Klerkx & Leeuwis, 2008; 2009; Klerkx et al., 2009).

Otros trabajos que encuentran útil e incluso necesario el rol del intermediario en el Sistema de Innovación son por ejemplo los de: Doloreux, Hommen y Larson (2006), que examinan el papel que desempeñan los parques científicos en la promoción del desarrollo regional. Posteriormente Doloreux y Melançon (2009), conservando el mismo enfoque, elaboran un estudio que examina el rol de las organizaciones de apoyo a la innovación en su adquisición y difusión de ideas, soluciones y conocimientos a través del *STI*. De forma similar Chen, Shyu y Yang (2008) y Hall, Klerkx y Leeuwis (2009), examinan su actuación en la creación de capacidades de innovación en los *cluster* regionales de conocimiento y sistemas de innovación respectivamente. Con respecto a la estructura interna del sistema de *clusters* del conocimiento, Ma, Tian y Wu (2009), distinguen las funciones de los *gatekeepers* de tecnología como determinantes en la adquisición y creación de conocimiento. Mientras que Klerkx y Leeuwis (2009), destacan su trabajo en la formación y mantenimiento de las redes y sistemas de innovación. Desde el punto de vista público Li et al. (2009), plantean un *innomediario* que fomenta la difusión de tecnología construyendo un ambiente de innovación abierta en los *SNI* y *SRI*. Con respecto al desempeño, Rosenkopf, Unger y Upham (2010), enfocan su nivel de análisis en comunidades de innovación, que pueden suplir a las firmas intermediarias en un grado superior, centrándose en los grupos de colaboración en ciencia y tecnología; mientras que, Dobon, Mas-Verdu y Soriano (2010), examinan el rol de los intermediarios en el desempeño y la innovación regional. Sin embargo, Van Lente et al. (2003), reconocen que aunque es útil e incluso necesario el rol del intermediario, no es suficiente

para el buen desempeño del sistema, el cual sigue dependiendo de la composición del mismo, o en otras palabras de los actores empresariales y científicos que lo componen.

### 1.4.7 Intermediación en las redes sociales

La literatura sobre el tema ha sido inspirada por los trabajos de los sociólogos Granovetter (1973) y Burt (1992), quienes concentraron sus trabajos en la fuerza de los lazos débiles y los agujeros estructurales, respectivamente, que están presentes en las redes sociales dada la heterogeneidad de los diferentes actores, los cuales al ser conectados presentan un potencial importante para que se dé la innovación. Estos lazos débiles y agujeros estructurales se pueden entender como brechas en las redes sociales que pueden ser de diferentes dimensiones, tales como las identificadas por Frantsi, Harmaakorpi y Parjanen (2010) y complementadas por Parjanen et al. (2011): geográficas, cognitivas, comunicativas, organizacionales, funcionales, culturales, sociales y temporales. Estas brechas dificultan la efectiva combinación de hardware, software y orgware que debe existir para que se dé la innovación (Smits, 2002). Justificando la existencia de intermediarios de innovación que tienen como función principal cerrar estas brechas mencionadas en las redes de innovación. Los análisis se enfocan, especialmente, en el grado de centralidad y fuerza del enlace que tiene el *broker* en la red para facilitar el proceso de transferencia de tecnología entre participantes heterogéneos (Freeman, 1978; Winch & Courtney, 2007). Un ejemplo es el trabajo de Hargadon y Sutton (1997), inspirado en los agujeros estructurales de Burt (1992), donde encuentran que las firmas en una situación estructural de *brokerage* son más efectivas, al tener acceso a ideas de fuentes externas que pueden ser combinadas creativamente en nuevos productos y servicios. Expresado de otra forma, los *brokers* son agentes que facilitan la difusión en un sistema social, trayendo nuevas ideas externas al sistema (Aldrich & von Glinow, 1992). En algunos casos estos *brokers* han tenido un enfoque más especializado, como por ejemplo el tecnológico identificado por Proban y Human (1999), en el que actúan cerrando brechas de información y conocimiento en redes industriales. Y en otros más amplios, que se centran en los conceptos de distancias, proximidades, capacidades de absorción y el *brokerage* de conocimiento en relación con el desempeño innovador de las redes regionales de innovación (Melkas, Parjanen, & Uotila, 2011).

Este enfoque presenta retos, como los identificados por Suvinen, Konttinen y Nieminen (2010), quienes realizan un estudio en diferentes redes sectoriales donde los intermediarios han asumido roles muy diferentes, ya sea respecto a su cercanía a exploradores o explotadores, o respecto a los procesos de desarrollo de la aglomeración y de sus estructuras internas, ya sea *bottom-up* o *top-down*. En dichos estudios demuestran que en los distintos casos el papel de los intermediarios ha sido limitado. Con respecto al tipo de sector o cliente al que se enfoque el intermediario, es casi obvio que se tendrán mejores resultados al centrarse en los que poseen mejores capacidades de absorción y actúan en ambientes más dinámicos para innovar; sin embargo, en este contexto los intermediarios no ayudarían a reducir las brechas entre los jugadores, sino que ayudarían a aumentar esa distancia (Roxas et al., 2011).

Para entender mejor la importancia del intermediario en la red se debe de entender cuándo se produce un *fallo en la red*, lo cual sucede cuando las actividades de los diferentes actores están mal coordinadas por la falta de interacción entre ellos (Autio, Kanninen, & Gustafsson, 2008). Del mismo modo, se debe de tener presente que las redes se caracterizan por las normas de reciprocidad y confianza que difícilmente surgen espontáneamente, requiriendo un esfuerzo deliberado para crear conexiones entre los actores, facilitando la acumulación de capital social (Nahapiet & Ghoshal, 1998). Por lo tanto, la orientación que se debe dar al intermediario en redes está centrada en su aporte comunitario (Autio et al., 2008), lo cual se logra a través, no solo de los conocimientos del intermediario, sino del trabajo comunitario que se fortalece gracias a la característica de formación de redes en la que intervino el intermediario de innovación. Sin embargo, sigue existiendo un problema para medir los efectos comunitarios, generalmente por falta de una manera de evaluarlos, por lo que se deben de suponer y se convierten en un acto de fe (Autio et al., 2008).

A pesar de estas dificultades, la perspectiva de intermediarios en las redes ha tenido una amplia diversidad de aproximaciones, además de las ya presentadas, por ejemplo: Callon (1980; 1994), identifica el importante rol del intermediario para iniciar cambios en las redes científicas. Van der Meulen y Rip (1998), ubican unos agentes entre el nivel de políticas y el operacional. McEvily y Zaheer (1999), se centran en el rol de instituciones regionales que ayudan a firmas con redes pobres y escasos lazos a mejorar estas falencias. Wolpert (2002), trata los *brokers* de conocimiento que facilitan el intercambio

de información entre empresas con el fin de innovar. Pérez-Pérez y Montoro-Sánchez (2003), encuentran una contribución importante de las empresas *hi-tech* como catalizadoras en la creación y transferencia de conocimiento en redes de innovación. Dahlander (2006), se centra en cómo las empresas tratan de gestionar o participar en redes de innovación como parte del negocio, enfocándose en miembros de las firmas que trabajan haciendo los contactos en la red, ejerciendo roles de intermediarios; teniendo similitudes con el trabajo de Pawloski y Robey (2004), al interior de empresas grandes, donde los profesionales de tecnologías de información desempeñan un papel de intermediarios; y al de Klerkx y Proctor (2012), con los agentes de tierra, ecologistas y veterinarios que desarrollan y optimizan conocimientos mediante su participación en diferentes tipos de redes agrícolas.

De forma similar Folke et al. (2006), han identificado al intermediario como una *organización puente*, la cual ha creado espacios para la generación de confianza, conocimiento, aprendizaje colaborativo, formación de preferencias y resolución de conflictos, aquí el intermediario ha mejorado la capacidad social para responder a cambios imprevisibles y ha desarrollado una trayectoria hacia la resiliencia para contar con un sistema socio-ecológico conveniente. Sapsed et al. (2007), argumentan que el dilema que enfrentan las firmas con respecto a la innovación disruptiva puede ser remediado por el rol mediador de las organizaciones puente al asegurar una red más amplia. Boon et al. (2008), encuentran que la interacción entre usuarios y productores organizados a través de intermediarios o consorcios parecen ser las herramientas más importantes para la articulación de la demanda y aprendizaje interactivo. Dobbins et al. (2009), hallan que un *broker de conocimiento* proporciona un vínculo entre los exploradores y explotadores mediante el desarrollo de un entendimiento mutuo de los objetivos y las culturas, colaborando con los usuarios finales para identificar las tareas y los problemas para los cuales se requieren soluciones, facilitando la identificación, acceso, evaluación, interpretación y traducción de resultados de investigación en políticas y prácticas locales.

Investigaciones como las de Duysters y Kirkels (2010), retoman la dirección del trabajo de Hargadon y Sutton (1997), buscando identificar el actuar de los intermediarios en un ambiente dinámico (red de pymes de alta tecnología), aportando un tratamiento cuantitativo de los agentes de una red real, para medir la centralidad y densidad de la

red. Li, Liu, Wang y Wu (2010), realizan un trabajo con datos suministrados por un parque científico para investigar la relación entre la densidad del *cluster*, la búsqueda externa y los resultados de innovación de empresas de alta tecnología. Daiber, Enkel y Gassmann (2011), analizan el papel de los intermediarios en el proceso de innovación entre industrias, entendiendo a los intermediarios como instituciones externas que soportan a las firmas en sus actividades de innovación, siendo utilizados con frecuencia para llenar brechas entre las diferentes industrias; esta perspectiva se centra en las capacidades que debe de tener un intermediario para lograr el éxito en el inicio de una innovación entre industrias. Nambisan y Sawhney (2011), combinan las ideas de desarrollo de productos y la teoría de redes para describir la naturaleza de los procesos de orquestación de una firma *hub* en la centralidad de una red de innovación. Por último, Graf (2011), argumenta que los *clusters* exitosos se caracterizan por la existencia de *gatekeepers* que generan novedad, mediante el uso de los conocimientos locales y externos, en su estudio aplican el análisis de redes sociales para hallar las diferencias estructurales entre sistemas de innovación y estudiar las características de los *gatekeepers* en las mismas, encontrando finalmente que la capacidad de absorción de los *gatekeepers* es más importante que su tamaño.

Se puede apreciar que en los diferentes campos de investigación acá presentados, existen evidentes superposiciones en los enfoques. Sin embargo, las perspectivas de sistemas de innovación y redes sociales presentan un marco teórico con mayores posibilidades de análisis y comprensión del fenómeno, puesto que reconocen la heterogeneidad de los diferentes actores que componen el sistema o red de innovación y las brechas de múltiples dimensiones que se dan entre los diferentes actores. Esto abre la necesidad de un intermediario que propenda por cerrar tales brechas, habilitando a los diferentes actores para que accedan a un efectivo flujo de información y conocimiento que les facilite innovar. Por otra parte, en diferentes trabajos presentados en los campos mostrados anteriormente, se ha puesto en duda y condicionado el aporte de los intermediarios; estos trabajos tienen en común que han identificado la necesidad de analizar la contribución de los intermediarios de una manera objetiva, para tener la seguridad de demostrar la pertinencia del mediador de innovación. El crecimiento de este tipo de agentes en todo el mundo y la inversión tanto pública como privada que ello provoca ha incrementado esta necesidad, por lo que en los últimos años varios estudios

han abordado el problema y se le ha tratado de dar solución desde diferentes perspectivas.

## **1.5 Estado del arte de los esfuerzos por analizar el impacto de los intermediarios de innovación**

El problema de medir y evaluar el aporte de los intermediarios de innovación ha sido abordado desde diferentes enfoques. A continuación se presentan varias de estas perspectivas, teniendo en cuenta la diferente orientación de cada una, su tratamiento, los resultados y las limitaciones encontradas, lo cual servirá para orientar la formulación del problema y la pregunta de investigación, así como la propuesta metodológica.

### **1.5.1 Resultados de la inversión pública**

Un grupo de trabajos se caracterizan por la necesidad de medir los resultados de la inversión pública en programas que tienen como objetivo promover la innovación a partir del relacionamiento de diferentes actores en los sistemas y redes de innovación, en estos casos el programa se considera como un intermediario de innovación. En esta dirección, Autio et al. (2008), buscan distinguir el aprendizaje a nivel de empresa que se deriva de las adicionalidades de primer orden (inversión directa en *I+D*) y de segundo orden (inversión en el relacionamiento, para construir una comunidad) en las intervenciones de la política de innovación. Esto lo hacen mediante el planteamiento de cuatro medidas de aprendizaje en dos campos: aprendizaje tecnológico, tanto directo como indirecto, y organizacional, que incluye mercados e internacionalización; así, obtienen un cambio en el énfasis en la investigación de los sistemas de innovación de uno descriptivo por uno predictivo, e identifican a la comunidad que se ha construido como el predictor de los cuatro tipos de aprendizaje considerados. Sin embargo, queda pendiente entender cómo la construcción de la comunidad puede tener resultados no deseados como, por ejemplo, la reducción en la exploración que se percibe.

En cuanto a Peutz y Stultiëns (2010), evalúan la intervención de un *oficial de innovación*, el cual estimula la innovación en las pymes, mediante la superación de la falta de tiempo y de personal calificado. Los datos se obtienen por medio de un cuestionario electrónico y con entrevistas en profundidad de tres estudios de caso. Al procesar los datos descubren que las funciones del oficial son diversas, pero se hace énfasis en los

contactos externos para lograr la innovación. A pesar de este hallazgo, la subjetividad que implica las preguntas del cuestionario, donde el impacto no es comprobable, resultan pareciéndose a una evaluación del servicio.

Por otro lado, Roxas et al. (2011), modelan una función de producción para los *brokers* de transferencia de tecnología, para comparar su desempeño e investigar la influencia de factores externos sobre su eficacia. Para ello, utilizan el método de análisis envolvente de datos para evaluar el desempeño de las organizaciones que conforman la red de centros de enlace para la innovación, hallando orientaciones para mejorar el rendimiento de los programas de intermediación para la innovación en cuanto a visibilidad, conocimiento, detección y relaciones a largo plazo; sin embargo, sólo cubren un período de tiempo, presentando una fotografía donde lo importante es la *transferencia* y no el impacto que se genera después de ella.

Por su parte, Cumming y Fischer (2012), examinan la eficiencia de los servicios de asesoramiento empresarial con financiación pública, respecto a los resultados empresariales. Se basan en la teoría de evolución de las capacidades dinámicas para desarrollar su hipótesis de que tales servicios mejoran las ventas, la innovación, las finanzas y las alianzas; y encuentran una relación significativa entre las horas de asesoría con las ventas y las finanzas, así como con las patentes y alianzas después de hacer ajustes para controlar la endogeneidad. Lamentablemente, el no tener datos antes de la intervención no permite tener resultados comparables que evidencien la magnitud de la contribución.

### **1.5.2 Desempeño de la Internet como intermediario de innovación**

La preocupación de estos trabajos se enmarcan en el concepto de la innovación abierta y las plataformas que deben de ser creadas para facilitarla; especialmente, se concentran en la utilización de la Internet como plataforma e intermediario ideal para el mercado de tecnología. Al respecto, Lichtenthaler lidera varios estudios centrado en los comercializadores de tecnología, resaltando el de Lichtenthaler y Ernst (2008), quienes buscan averiguar sobre el desempeño de los mercados de la Internet para tecnologías; en el estudio entrevistan a los gerentes de tecnología y propiedad intelectual de firmas que son potenciales licenciatarios y licenciantes de los mercados de la Internet,

obteniendo información de la limitada tasa de éxito de estos mercados sobre el número de transacciones tecnológicas. Al final, encuentran que aún falta comprender el efecto cultural para entender cabalmente los resultados limitados de este tipo de mercados.

### **1.5.3 Orquestación de las redes de innovación por un intermediario sistémico**

En el trabajo de Klerkx y Leeuwis (2009), se le reconoce al intermediario sistémico las funciones de articulación de la demanda, de formación de redes y de gestión del proceso de innovación. Estas funciones son puestas a prueba en el trabajo de Batterink et al. (2010), quienes buscan entender el proceso de orquestación de las redes de innovación que se ocupan de acercar las pymes y los institutos de investigación; mediante un estudio exploratorio a través de estudios de caso, optan por un enfoque cualitativo e inductivo para llegar a proposiciones teóricas. En su trabajo logran identificar las funciones principales de los intermediarios de innovación para lograr la orquestación de la red: iniciación de la innovación, composición de la red y gestión del proceso de innovación; sin embargo, el alcance de las conclusiones es muy restringido, ya que la generalización de la propuesta está limitada por el tamaño y el alcance de la muestra.

Otro aporte en esta dirección es el de Kock y Gözübüyük (2011), quienes analizan si una red de una empresa en particular evoluciona o no con el tiempo, al ser utilizado un intermediario de innovación; estos autores buscan medir el antes y el después de los lazos fuertes y débiles de una red de una empresa que decide participar en sistemas de innovación abierta utilizando un intermediario. Como se trata de un *Working Paper*, aún no se presentan los resultados; sin embargo, una fortaleza de su enfoque es la comparación que se propone en el tiempo entre el antes y el después de la intervención; como limitación de su alcance, sólo se plantea medir el comportamiento de los lazos de red, dejando por fuera otras características estructurales de la red que pueden ser importantes para tener en cuenta.

Un trabajo muy revelador es el de Nishimura y Okamuro (2011) que, aunque podría considerarse en el ámbito de la inversión pública, su aporte en la perspectiva de la orquestación de redes se considera más valioso. En su trabajo, identifican las diferencias en la formación de redes y en el desempeño de quienes participan o no en los proyectos

de *cluster* industriales; utilizan el modelo de diferencias en diferencias (especificación econométrica) para analizar el grado de colaboración *U-E-E* antes y después de la participación en el proyecto de *cluster* industrial. Como resultando, encuentran que los participantes de los *cluster* que explotan los programas de apoyo amplían la red *U-E-E*; además, llegan a un resultado muy similar al de Autio et al. (2008), respecto a que los apoyos indirectos tienen un impacto más amplio y fuerte que los directos en *I+D*. Sin embargo, no logran identificar completamente el efecto de cada programa de apoyo y los resultados difieren entre *clusters* y zonas; además, el estudio no cuenta con un control de calidad de los resultados.

Otra mirada se evidencia en Spithoven y Knockaert (2011), quienes estudian el papel de los centros de negocio en las capacidades de red de sus residentes, así como el impacto en su desempeño, centrándose específicamente en medir el desarrollo de las siguientes capacidades de red: actividades de coordinación, habilidades relacionales, conocimiento de los asociados y la comunicación interna. Encuentran que las capacidades de red de los residentes de centros de negocio están más desarrollados que los no residentes, originándose a partir de un mecanismo de selección donde los centros atraen a los residentes con mayor capacidades de red. Sin embargo, el estudio necesita de un análisis longitudinal para hacer seguimiento a los residentes, sus capacidades de red y cómo las iniciativas del centro de negocio o de terceras partes pueda afectar estas capacidades.

Por su parte, Comacchio, Bonesso y Pizzi (2012), intentan demostrar el papel de los centros de transferencia de tecnología en la expansión de los límites entre la industria y las universidades; las variables que utilizan para dar cuenta de este rol son los proyectos conjuntos, la cualificación del capital humano interno y externo, las actividades de investigación, y los socios de *I+D*. Los resultados del trabajo destacan el impacto de las redes a nivel organizacional, aumentando su probabilidad de acceder a información calificada. Sin embargo, a pesar de estos avances, no se tiene en cuenta el papel de las capacidades de las firmas, ni la posición en la red de los actores.

### **1.5.4 Triple hélice**

Bajo esta perspectiva se encuentra el trabajo de Suvinen et al. (2010), quienes analizan el papel y las necesidades de los diferentes tipos de intermediarios de innovación para influir en la comercialización de la investigación. Para ello, utilizan el concepto de triple hélice como punto de partida teórico para el análisis empírico, asignando a los intermediarios como parte del gobierno o de la empresa según su financiación. El estudio encuentra que el contexto de cada aglomeración tiene mucho que ver con los resultados del intermediario y su comportamiento. Sin embargo, queda en evidencia que la capacidad analítica del concepto de triple hélice es limitado y debe ser complementado con los intermediarios de innovación y los efectos culturales.

### **1.5.5 Impacto en los recursos y capacidades empresariales**

En este caso, los estudios se orientan hacia la percepción individual de algunos actores que han tenido relación con intermediarios de innovación. Un ejemplo es el trabajo de Dalziel y Parjanen (2011), quienes buscan medir el impacto de los intermediarios de innovación mediante la utilización de un modelo lógico, que sirve para identificar un conjunto de indicadores que evalúan el rendimiento de los financiadores y tomadores de decisiones. Con el trabajo, logran demostrar una relación estadísticamente significativa entre el impacto en los recursos y capacidades de la empresa y su desempeño en el mercado; no obstante, las respuestas que se obtienen de las empresas son muy subjetivas y no resuelven el problema de atribución.

### **1.5.6 Desempeño de acuerdo a la estructura organizacional**

Desde esta perspectiva se analiza la forma del trabajo interno del intermediario y cómo influye esto en sus resultados. En esta dirección apunta el trabajo de Hülsbeck, Lehmann y Starnecker (2011), quienes buscan analizar empíricamente el funcionamiento de las oficinas de transferencia de tecnología (*OTT*) en Alemania; para ello, utilizan el número de divulgaciones de invenciones como una medida del desempeño, y analizan cómo la varianza en el desempeño puede ser explicada por las diferentes estructuras organizacionales y variables de las *OTT*. Concluyen que el rendimiento de la *OTT* es principalmente una función del tipo de división del trabajo dentro de la *OTT* y la intensidad de la investigación de la universidad a la que pertenece; no obstante, se dejan

muchos actores por fuera del estudio que también son intermediarios, y no se tiene en cuenta las relaciones con diferentes redes que comparten flujos de información y conocimiento.

Del análisis de las anteriores perspectivas que buscan evaluar las actividades de los intermediarios, se identifican sesgos con respecto a la importancia que se le atribuye a estos agentes, ya que en la mayoría de los trabajos es a ellos mismos a los que se les aplica las encuestas, dejando por fuera a otros actores con los que se han relacionado. Además, en los casos en que se ha tenido en cuenta a estos actores interconectados por el intermediario, se percibe una alta subjetividad que pone en duda la validez de los estudios. Otra dificultad encontrada en la mayoría de trabajos es que siguen siendo una fotografía que no muestra un análisis longitudinal y dinámico del fenómeno, indispensable para detectar el comportamiento co-evolutivo que tienen los agentes gracias a su relacionamiento en un sistema o red, así como para evidenciar afectaciones de su desempeño individual y grupal.

## **1.6 Problema, pregunta e hipótesis de investigación**

### **1.6.1 Problema**

La literatura de modelos de innovación presenta el proceso de innovación dentro de un sistema. En este sistema de innovación interactúan múltiples agentes heterogéneos, donde uno de ellos, la literatura lo reconoce como un agente que cumple un rol de intermediación que facilita el proceso de innovación a través de su actuar como puente entre brechas de diferentes dimensiones. A este *broker* se le reconoce diferentes atributos que son importantes para facilitar el proceso de innovación; sin embargo, por el problema de atribución, se han identificado limitaciones para analizar su impacto en los sistemas de innovación que justifique su existencia e implantación a través de inversión pública y/o privada.

La conclusión es que, actualmente, *no se dispone de un modelo adecuado para analizar el impacto de los intermediarios de innovación en el desempeño del sistema de innovación, donde los agentes heterogéneos que lo conforman se están relacionando y co-evolucionando en el tiempo. Entonces, al estar los sistemas de innovación*

*adaptándose en el tiempo, se entiende la necesidad de un análisis dinámico y longitudinal.*

Se reconoce, entonces, que el Sistema de Innovación es un SCA, en el cual la conducta depende de las interacciones de los agentes que se desarrollan, adaptan, compiten y cooperan en el sistema (Holland, 2004). Por lo que la dinámica del sistema emerge a partir del comportamiento agregado de los agentes, gracias a sus interacciones (Kiesling, Günther, Stummer, & Wakolbinger, 2012). Lo anterior conduce a que en el modelo se deben definir las estructuras, relaciones y reglas de agentes exploradores, explotadores, intermediarios, las posibles combinaciones de estos y el entorno competitivo, con el fin de conocer el comportamiento del sistema y poder inferir su desempeño. Y así, poder experimentar con diferentes disposiciones de los intermediarios, permitiendo analizar su impacto en el desempeño del Sistema de Innovación.

Para tal resultado se pretende dar respuesta a la siguiente pregunta de investigación:

### **1.6.2 Pregunta de investigación**

¿Cómo analizar el impacto de los intermediarios en el desempeño de los sistemas de innovación desde un marco evolutivo de interacción entre agentes?

### **1.6.3 Hipótesis**

*Mediante un modelo de simulación basado en agentes es posible analizar el impacto de los intermediarios en los sistemas de innovación, teniendo en cuenta la relación entre agentes heterogéneos en sus capacidades, sus proceso de aprendizaje, los efectos de localización y complementariedad, sus Costos de Transacción presentes en las relaciones, y sus resultados al tratar de aprovechar las Oportunidades de Innovación del Entorno Competitivo.*

Reconociendo la importancia que tiene la innovación para el desarrollo y la competitividad, se quiere con este estudio facilitar el entendimiento del fenómeno de la intermediación en los sistemas de innovación, a través de un modelo con el que se pueda analizar su impacto en el desempeño de los sistemas de innovación y justificar la implementación e inversión en este tipo de agentes que pueden ayudar a mejorar los

resultados de dichos sistemas. Especialmente cuando se entiende el desempeño como una preocupación central en los sistemas de innovación que están explorando constantemente orientaciones de política y estrategias para ello.

## 1.7 Propuesta metodológica

Se ha identificado la dificultad en el análisis del impacto de los intermediarios en el desempeño de un Sistema de Innovación, dado el problema de atribución, así como la evolución en el tiempo del sistema y de los agentes que la conforman e interactúan. Esta evolución lleva a analizar el problema desde la perspectiva económica evolucionaria, en la cual la preocupación fundamental es analizar el proceso de cambio económico, especialmente el cambio generado de forma endógena (Bleda, 2001). Esta aproximación permite acercarse a las interacciones dinámicas y no lineales entre agentes heterogéneos, así como a los procesos de generación de variedad en diversos niveles de los sistemas económicos (Montoya, 2010). Desde esta perspectiva, los agentes son considerados como dispositivos con capacidad programada y con aprendizaje basado en *ensayo-error* (Montoya, 2010). Este aprendizaje del agente es local y en las cercanías de las actividades previas, debido a las restricciones que impone su repertorio de rutinas (Teece, 1988). En cuanto a la evolución, se caracteriza de manera genérica por ser un proceso de *auto-transformación*, cuyos elementos básicos son la generación endógena de novedad y su diseminación contingente (Witt, 2008).

Entonces, en la economía evolucionaria se reconoce la emergencia de *nuevas instituciones*, lo cual enriquece la variedad de los sistemas de innovación, tanto en agentes como en relaciones, variedad fundamental para una mejor adaptación del sistema. Ahora, entendiendo la evolución como un proceso de auto-transformación (como lo propone Witt, 2008) con su generación endógena de novedad y diseminación contingente, se observa su íntima relación con la red de innovación definida por Gilbert et al. (2001), como la evolución de la relación dinámica y contingente de unidades heterogéneas, evidenciando una dependencia de la variedad presente en las redes y los comportamientos (novedosos) de los agentes que la conforman. Se infiere que la restricción manifestada por Teece (1988), de un aprendizaje local y en las cercanías de actividades previas, debido a las restricciones de las rutinas, puede ser superada (en cierta medida) si se hace parte de un Sistema de Innovación donde se puede presentar

el aprendizaje de otras rutinas, gracias a la variedad y especialización de otros agentes pertenecientes al sistema, que propician la creatividad, flexibilidad y novedad que requiere la innovación. Los intermediarios, según sus roles antes analizados, tienden a generar cambios en las características de un Sistema de Innovación, propiciando el cambio endógeno al generar variedad que favorece el proceso de selección y especialización, los cuales se entienden como indispensables para la innovación.

Sin embargo, los procesos por los que los sistemas están formados, así como su papel en la innovación, no son fáciles de comprender, principalmente por la complejidad de los procesos dinámicos y por los actores heterogéneos que intervienen (Gilbert et al., 2001). Por lo tanto, se pueden considerar estos sistemas de innovación como SCA compuestos por agentes interactuantes descritos por reglas que cambian al acumular experiencia (Holland, 2004). Este proceso de adaptación provoca que ni los flujos, ni los sistemas permanezcan inmutables a través del tiempo y que se acumule experiencia (Holland, 2004). Esta adaptación es la que le da surgimiento a la complejidad y hace que los SCA sean tan intrincados, originando la recomendación de Holland (2004) de utilizar modelos computacionales, que tienen la característica de estar bien definidos y contar con mecanismos manipulables, y que permiten la búsqueda de los patrones y leyes que los rigen mediante complejas exploraciones que no son posibles con los sistemas reales.

En el caso que se quiere abordar, el modelo debe ser capaz de realizar un análisis que pueda describir las características formales, las propiedades estructurales, la evolución temporal y los efectos de las redes (Galaso, 2011). Con respecto al análisis del impacto del intermediario, el modelo debe permitir encontrar la atribución de relaciones causales que vinculen recursos y acciones con los resultados (Albornoz & Alfaraz, 2008). Estos resultados dan lugar a modificaciones que afectan a los agentes y a las estructuras sociales (Albornoz & Alfaraz, 2008). Además el modelo debe permitir enfocar el análisis en un sistema con un gran número de objetos activos (Borshchev & Filippov, 2004).

Según las anteriores condiciones, se trata de un problema complejo y cuya dinámica en el tiempo es importante, por lo que el modelo de simulación es la mejor respuesta para un caso como este, donde se requiere hacer análisis y sacar conclusiones sobre el comportamiento de un SCA (Borshchev & Filippov, 2004). Los modelos de simulación que se han encontrado en la literatura pueden ser clasificados en cuatro grandes

paradigmas: 1) simulación discreta o basada en eventos, utilizada para un estado de abstracción medio-bajo, para un grado de detalle medio-alto, para un nivel meso-micro y para una categoría táctica-operacional; 2) simulación continua o dinámica de sistemas, utilizada para un estado de abstracción alto, para un grado de detalle bajo, para un nivel macro y para una categoría estratégica; 3) simulación para sistemas dinámicos, para un estado de abstracción bajo, para un grado de detalle alto, para un nivel micro y para una categoría operacional, y 4) sistemas basados en agentes, que cubre todos los estados de abstracción, detalle, niveles y categorías (Borshchev & Filippov, 2004).

Al analizar las características que se han detallado en los sistemas de innovación, se encuentra que la mejor opción es utilizar la *MBA*, por su aplicación en amplios rangos de abstracción, detalle, nivel y categoría, como argumentan Borshchev y Filippov (2004). Además, la *MBA* se ha reconocido dentro de las técnicas de simulación más útiles para las ciencias sociales. El objetivo de la simulación basada en agentes no es proporcionar una representación precisa de algún proceso empírico, sino enriquecer el conocimiento de procesos que pueden aparecer en gran variedad de aplicaciones (Axelrod, 2005). Igualmente, la *MBA* se considera como una herramienta potente para obtener información de la dinámica del sistema, que es afectada cuando los agentes son heterogéneos y el relacionamiento en la red tiene sus características propias (Rahmandad & Sterman, 2008). Utilizando la *MBA*, se puede observar el comportamiento de diferentes tipos de redes al darle ciertos atributos a los agentes como, por ejemplo, características exploradoras, explotadoras y de relacionamiento (según muestran Rahmandad y Sterman (2008), con algunos agentes más propensos a contraer y contagiar una enfermedad por su comportamiento), donde estos últimos se pueden asumir como los intermediarios que conectan a grupos de exploradores y explotadores.

Otra de las razones para escoger la *MBA* es su utilización de una aproximación *bottom-up*, dada su capacidad de modelar complejos fenómenos emergentes, tales como la difusión de una innovación en un sistema socio-económico (Kiesling et al., 2012). Este enfoque *bottom-up* “puede incorporar fácilmente a conductores de nivel micro de adopción, la racionalidad limitada, la información imperfecta y heterogeneidad de los individuos en términos de atributos, comportamientos y vínculos en la red social” (Kiesling et al., 2012, p. 192, traducción del autor). En este caso, se considera al agente como una entidad de toma de decisiones autónoma, que interactúa con otros agentes y

con su ambiente dadas sus normas de comportamiento y conducta adaptativa (Kiesling et al., 2012).

Teniendo claro el porqué de la escogencia de la *MBA* para el trabajo de investigación, se propone una metodología adaptada de los pasos del proceso de modelación de Sterman (2000):

**Fase I:** Definición del problema. Para el desarrollo de esta etapa, es necesario definir un propósito claro para enfocar la investigación. El proceso de construcción de un modelo comienza con la identificación de comportamientos problemáticos los cuales presentan variaciones a lo largo del tiempo. Esto es precisamente lo que se plasmó en este capítulo.

**Fase II:** Conceptualización del sistema. En esta etapa se definen los distintos elementos que integran la descripción del sistema, así como las influencias que se producen entre ellos. Se define además la frontera del sistema, es decir, que es considerado endógeno y qué es exógeno.

**Fase III:** Formulación del modelo. En esta etapa son especificadas las relación en el modelo, y también se especifican los supuestos y reglas de decisión. Luego se estiman cuales van a ser los parámetros y sus condiciones iniciales. Y antes de que el modelo pueda ser utilizado como herramienta de análisis éste debe ser verificado.

**Fase IV:** Validación del modelo. Es el proceso que establece confianza en la validez y utilidad del modelo. En esta etapa se ponen a prueba los supuestos y reglas de decisión del modelo, así como el comportamiento del modelo. La validación del modelo conceptual se interesa en garantizar que el modelo este correctamente sustentado, especialmente en sus supuestos y reglas de decisión. Por otra parte, la validación operacional busca que el comportamiento resultante capture la dinámica del sistema real estudiado.

**Fase V:** Análisis del comportamiento del modelo. Se realiza un análisis de sensibilidad como medio para un mejor entendimiento del modelo y para localizar los parámetros sensibles en el modelo. En esta etapa es definida una base para la comparación de los

comportamientos. Posteriormente se plantean otros escenarios y se estudia el resultado de los cambios, comparando los diferentes resultados.

## 1.8 Síntesis

En este capítulo se reconoce el fenómeno de la innovación como un proceso social, el cual se ha descrito en el tiempo a través de modelos, donde los más actuales reconocen la necesidad de que este proceso se desarrolle dentro de un sistema. Este sistema de innovación cuenta con múltiples actores, donde uno de ellos cumple un rol de intermediario, el cual se considera que facilita el proceso de innovación al cerrar brechas de diferentes dimensiones entre agentes heterogéneos. Al examina varios campos de investigación usados para abordar el fenómeno de la intermediación en innovación, se encuentra argumentos a favor y en contra del desarrollo de tales agentes, siendo la dificultad para analizar el impacto de la intermediación la principal barrera para llegar a un acuerdo. Este se considera un problema complejo dadas las dificultades de atribución del impacto, lo que explica la aparición de estudios que buscan contribuir a resolver este problema metodológico. Sin embargo, los resultados muestran que aún no existe un modelo que permita analizar el impacto en el desempeño del sistema de una forma dinámica y longitudinal, ni se tiene en cuenta la co-evolución de los diferentes agentes que conforman el sistema. Al final del capítulo se propone una metodología para hacer frente a este problema, mediante el modelado del Sistema de Innovación, considerado como un SCA que puede ser simulado mediante la *MBA*.

## 2. Conceptualización del sistema para la construcción del modelo

### 2.1 Introducción<sup>2</sup>

La literatura revisada en el capítulo anterior reconoce que precisar el impacto de los intermediarios es complejo, dada la dificultad de atribución de su aporte al sistema de innovación. Además, el análisis del sistema debe ser de carácter dinámico y longitudinal, para poder obtener así una mejor aproximación al impacto de los intermediarios. Una metodología de análisis para hacer frente a este problema es la *MBA*, la cual es adecuada para abordar *SCA* que se desarrollan en el tiempo. No obstante, la revisión de la literatura revela un esfuerzo apenas incipiente en el desarrollo de modelos conceptuales construidos para analizar el problema del impacto de los intermediarios en la perspectiva de la *MBA*. En este capítulo se presenta el proceso de construcción de un modelo conceptual para este propósito, que posteriormente sirva de fundamento al desarrollo de un modelo de simulación basado en agentes.

En el capítulo se recurre metodológicamente a un proceso de tres etapas propuesto por Wilensky (1999), para la construcción del modelo conceptual, el cual comprende una primera etapa donde se enfrentan unas preguntas iniciales, cuyas respuestas dan claridad sobre cómo el modelo ayudará a la comprensión del fenómeno. En la segunda etapa las ideas o respuestas que se obtuvieron en la primer etapa se contrastan con la teoría, buscando que el modelo refleje de una forma adecuada los conceptos que lo soportan teóricamente. En la tercera etapa, a partir de los resultados de las etapas

---

<sup>2</sup> Una versión anterior de este capítulo fue presentada y enriquecida con los comentarios recibidos en el XVI Congreso Latino-Iberoamericano de Gestión Tecnológica (ALTEC 2015) “Innovación más allá de la tecnología”, Porto Alegre, Brasil, 19-22 de octubre de 2015.

anteriores, se formulan las hipótesis que permitirán la construcción del modelo conceptual.

## **2.2 Comprensión del fenómeno**

Esta etapa de la construcción del modelo es muy valiosa para dar claridad sobre cómo el modelo ayudará a la comprensión del fenómeno. Para darle cumplimiento a este objetivo se formulan las siguientes preguntas:

### **2.2.1 ¿Cuál es la pregunta que se está explorando?**

¿Cómo analizar el impacto de los intermediarios en el desempeño de los sistemas de innovación desde un marco evolutivo de interacción entre agentes?

### **2.2.2 ¿Qué se quiere modelar?**

El comportamiento de un Sistema de Innovación que emerge de la interacción entre agentes heterogéneos que se da en el contexto de un entorno competitivo que los afecta, donde se pueda experimentar con los agentes intermediarios para analizar su impacto en el desempeño del sistema.

### **2.2.3 ¿Qué ideas se requieren examinar?**

**Las características de los sistemas de innovación señaladas por Edquist (1997) y la importancia de la cercanía geográfica.**

La perspectiva adoptada para el modelo es la de la dinámica de un Sistema de Innovación en general, en vez de estar enmarcada desde una aproximación nacional, regional, sectorial o tecnológica. Por tanto, se busca analizar las características comunes de estos diferentes acercamientos, para ello se acoge la propuestas de Edquist (1997) de sistemas de innovación, donde: las innovaciones y el aprendizaje son el centro de la perspectiva; su naturaleza holística e interdisciplinaria; la inclusión natural de una perspectiva histórica; las diferencias entre sistemas y la no-optimización; su énfasis en la interdependencia y la no-linealidad; la incorporación de tecnologías de producto y las innovaciones organizacionales; el rol central de las instituciones; su naturaleza conceptualmente difusa; y el trabajo con marcos conceptuales en lugar de teorías

formales. Adicional a estas características, se agrega la importancia de la localización o cercanía geográfica (Lundvall & Johnson, 1994; Asheim & Gertler, 2004).

**El papel de las capacidades de innovación de los agentes, las cuales se requieren para que el Sistema de Innovación funcione adecuadamente.**

Las capacidades que requiere el Sistema de Innovación para realizar sus funciones de generar, difundir y usar conocimiento y tecnología estarán distribuidas entre los diferentes agentes que lo conforman. Estas capacidades han sido clasificadas por varios autores y se les ha dado la connotación de capacidades tecnológicas, de innovación y/o de innovación tecnológica (Kim, 1997; Ernst, Mytelka, & Ganiatsos, 1998; Guan & Ma, 2003; Yam, Guan, Pun, & Tang, 2004; Wang, Lu, & Chen, 2009). Para el modelo propuesto en el presente trabajo, las capacidades de innovación con que cuentan y se diferencian los agentes se clasifican y definen como:

*En la función de generación de conocimiento y tecnología:*

- Capacidades de Investigación: Capacidad del agente para generar y adaptar conocimiento y tecnologías
- Capacidad de Desarrollo: Capacidad del agente para desarrollar experimentalmente productos, procesos, métodos de mercadeo y formas de organización.

*En la función de difusión de conocimiento y tecnología:*

- Capacidad de Difusión: Capacidad del agente para identificar y evaluar conocimiento y tecnología potencialmente útiles y darlos a conocer dentro del agente o a otros agentes.
- Capacidad de Vinculación: Capacidad del agente para establecer vínculos útiles con otros agentes para transferir conocimiento y tecnología.

*En la función de uso de conocimiento y tecnología:*

- Capacidades de Producción: Capacidad del agente para operar y mantener su infraestructura productiva de forma eficiente; así como adaptar y mejorar la tecnología de producción existente.
- Capacidades de Mercadeo de la Innovación: Capacidad del agente para identificar necesidades presentes y futuras del mercado, desarrollar nuevos productos,

establecer canales de distribución, prestar servicios al cliente y publicitar la innovación.

**Los tipos de agentes, las reglas que definen su comportamiento y su evolución como respuesta a las oportunidades y retos cambiantes del ambiente.**

El modelo consta de dos diferentes tipos de agentes: el primero se denomina Entorno Competitivo, siendo donde se generan las Oportunidades de Innovación. El segundo se agrupa los agentes competidores, de los que existen varias clases: unos están encargados de explorar y generar nuevo conocimiento (centros de investigación, laboratorios, universidades, etc.) y otros de explotarlo (firmas). Lo que se busca es que en el modelo estos agentes interactúen así: Primero, los agentes competidores buscarán aprovechar las Oportunidades de Innovación que se generan en el Entorno Competitivo, ya sea de forma individual o mediante la interacción con otros agentes, utilizando sus capacidades de innovación. Se debe aclarar que las reglas de interacción entre los agentes depende de la localización geográfica, en primera medida, y luego de la complementariedad de sus capacidades; esto será ampliado más adelante. Segundo, al lograr aprovechar una Oportunidades de Innovación, los agentes competidores aprenden aumentando aquellas capacidades que fueron utilizadas y des-aprenden disminuyendo aquellas capacidades que no; de esta manera los agentes co-evolucionan, gracias a la interacción con las Oportunidades de Innovación del Entorno Competitivo y con los otros agentes competidores con que interactúan. Tercero, los agentes que logran aprovechar las Oportunidades de Innovación son premiados por el Entorno Competitivo, aumentando de esa forma su *energía* (usando una metáfora biológica) para poder sobrevivir en el sistema.

#### **2.2.4 ¿Cuáles detalles del sistema son esenciales y cuáles no son considerados?**

**Esenciales:**

- La co-evolución de los agentes heterogéneos, la cual se da al interactuar los agentes competidores.
- La racionalidad limitada del Entorno Competitivo y los agentes competidores, fundamental para que el comportamiento del modelo se ajuste más a la realidad.
- Los Costos de Transacción existentes en todas las relaciones que se dan entre agentes competidores.

- La aleatoriedad, la cual está presente en muchos de los parámetros del modelo y en las relaciones que se generan entre todos los agentes.
- La interacción entre el Entorno Competitivo y los agentes competidores, y entre agentes competidores mediante cooperación y/o competencia.
- Que se pueda evidenciar cuáles agentes *ganan* y cuáles *pierden* en la dinámica que se genera en el Sistema de Innovación.
- La diferenciación de los agentes según sus capacidades, quedando enmarcados en una tipología de agente competidor.
- La medición del desempeño del Sistema de Innovación, que permita comparar los resultados de los diferentes escenarios.
- El tener un Entorno Competitivo dinámico que busca ser satisfecho por los agentes competidores, dándole al modelo una dinámica de jalonamiento del mercado.

**No considerados:**

- La herencia y reproducción, con que cuentan generalmente los agentes en los SCA.
- La posibilidad de imitación, la cual, por lo general, se tiene en cuenta en los modelos de difusión de las innovaciones.
- No se hace diferenciación entre enlaces débiles y fuertes, tal como se consideran en algunos trabajos de redes sociales.
- No se priorizan los relacionamientos con otros agentes a partir del éxito o fracaso de relacionamientos anteriores, eliminando en el agente la memoria de relaciones pasadas, dándole más peso a las reglas de ubicación y complementariedad que a la de experiencias previas.

### **2.2.5 ¿Cómo el modelo ayuda a la comprensión del fenómeno?**

- Permite, mediante un análisis dinámico y longitudinal, analizar cómo impactan los intermediarios en el desempeño del Sistema de Innovación, pudiendo contribuir a entender el efecto específico de los intermediarios y resolver el problema de atribución que es recurrente en la literatura sobre intermediación. También es importante resaltar que el impacto no solo depende del intermediario, sino también, de las diferentes características que puede tener el sistema, por lo cual, el modelo también debe de posibilitar analizar el impacto de los intermediarios en varios escenarios definidos por determinadas características de interés del sistema; en este

sentido, las características que se consideran más importantes para el análisis son las capacidades de difusión y vinculación con las que cuenta el sistema en el que actúan los intermediarios.

- Posibilita analizar el efecto de ciertas políticas públicas en el papel de los intermediarios y el comportamiento del Sistema de Innovación.
- Muestra cómo todos los tipos de agentes, para poder sobrevivir, deben satisfacer necesidades del Entorno Competitivo, ya sea de forma individual o interactuando con otros agentes, donde una tipología de los agentes son los intermediarios.
- Introduciendo diferencias respecto a otros estudios que solo muestran una foto del fenómeno de la intermediación, así como de otros modelos de interacción entre agentes heterogéneos para la innovación que no tienen en cuenta la dificultad en el relacionamiento de los diferentes tipos de agentes.

## **2.3 Relación de las anteriores respuestas con la teoría**

### **2.3.1 Intermediarios de innovación**

El objetivo de la intermediación es cerrar brechas de diferentes dimensiones (Parjanen et al., 2011) existentes entre los agentes de los sistemas de innovación. Estas brechas pueden ser: geográficas, cognitivas, comunicativas, organizacionales, funcionales, culturales, sociales, temporales, sistémicas y de información (Howells, 2006; Klerkx & Leeuwis, 2009; Roxas et al., 2011; Parjanen et al., 2011), dichas fisuras generan unos altos Costos de Transacción (Coase, 1937; Batterink et al., 2010; Williamson, 1993) entre los agentes productores de nuevo conocimiento (Exploradores) y los generadores de valor en el mercado (Explotadores). Las brechas que los intermediarios pretenden cerrar en el modelo son las que se dan entre la exploración y la explotación.

Se considera, entonces, que los intermediarios aparecen cuando no existe o no se percibe una adecuada conexión entre actores relevantes, lo cual puede suceder por fallas sistémicas o del mercado (Smits & Kuhlmann, 2004; Johnson, 2008). Esta literatura sobre los agentes intermediarios, revisada en el capítulo 1, resalta su capacidad para la conformación de redes entre actores heterogéneos, que son fundamentales para el proceso innovador, lo cual se representa en el modelo que se propone, donde los intermediarios cierran las brechas al construir puentes entre exploradores y explotadores.

Por lo tanto, el intermediario busca garantizar flujos de información y conocimiento que de otra manera serían muy difíciles de propiciar, agregando valor a las redes en las que están inmersos (Burt, 1992; Hargadon & Sutton, 1997; Ahuja, 2000).

### **2.3.2 La relación entre recursos, capacidades, competencias nucleares y aprendizaje**

La relación entre recursos, capacidades, competencias nucleares y aprendizaje que se utiliza en el modelo es adoptada desde la perspectiva de la empresa basada en recursos, donde los recursos son entendidos, siguiendo a Grant (1991), como todo tipo de activos, tangibles e intangibles, tanto físicos, como intelectuales y culturales a los que una empresa tenga acceso o no pero que debería conseguir para lograr sus objetivos corporativos. Las capacidades, por su parte, hacen uso de los recursos con el fin de realizar alguna tarea o actividad (Hafeez, Zhang, & Malak, 2002); mientras que “las competencias nucleares (*core competences*) son capacidades que posibilitan a la empresa el despliegue de sus recursos de forma que le generen ventajas competitivas” (Robledo, 2013, p. 125). Por su parte el aprendizaje se puede entender como las dinámicas en que la empresa acumula capacidades y, por ende, competencias nucleares (Robledo, 2013).

Ahora, desde el punto de vista de los sistemas de innovación, el aprendizaje “juega un rol principal en el desarrollo del sistema, al convertirse en el elemento clave de su conectividad” (Archibugi, Howells, & Michie, 1999, p. 5, traducción del autor). “Mientras que la absorción tiene lugar a nivel de la empresa y contribuye a la formación de sus capacidades tecnológicas, la difusión se refiere a las repercusiones más amplias para la economía” (Ernst et al., 1998, p. 16, traducción del autor). Donde en “la economía del aprendizaje, el aprendizaje interactivo es la clave para el rendimiento económico de las empresas, regiones y naciones” (Lundvall, 2007, p. 21, traducción del autor). Teniendo en cuenta que en dicha economía del aprendizaje “el éxito de individuos, firmas, regiones y países se refleja, más que nada, en su habilidad para aprender” (Lundvall, 2007, p. 37, traducción del autor).

Las capacidades del modelo se pueden considerar como dinámicas, gracias a la acumulación y des-acumulación que presentan por el aprendizaje y des-aprendizaje

respectivamente. Sustentado esto desde el punto de vista teórico, al hacer alusión a una definición temprana del término capacidad dinámica, donde se entendió como la “capacidad de la empresa para integrar, construir y reconfigurar competencias internas y externas para hacer frente a entornos que cambian rápidamente” (Teece , Pisano , & Shuen , 1997, p. 516, traducción del autor). Donde las competencias son entendidas como “los patrones corrientes de práctica y aprendizaje” (Teece et al., 1997, p. 518, traducción del autor). Entonces, “mediante la alteración de la base de recursos de la organización, las capacidades dinámicas podrían abrir nuevas alternativas estratégicas o "camino" para la empresa” (Helfat, 1997) citado en (Helfat et al., 2007, p. 2, traducción del autor).

### **2.3.3 Sistemas de innovación**

Freeman (1987, p. 1, traducción del autor) define el concepto como "la red de instituciones de los sectores público y privado cuyas actividades e interacciones inician, importan, modifican y difunden nuevas tecnologías". También se considera que,

los sistemas de innovación se pueden definir de varias maneras: pueden ser de carácter nacional, regional, sectorial o tecnológico. Todos ellos implican la creación, difusión y uso del conocimiento. Los sistemas están conformados por agentes, las relaciones entre éstos y sus características o atributos. (Carlsson et al., 2002, p. 233, traducción del autor)

Para el modelo, se adopta la propuesta de Edquist (1997), de considerar el enfoque general de Sistema de Innovación y sus características comunes , las cuales ya se consideraron en el apartado 2.2.3 y se complementa con la importancia de la localización o cercanía geográfica (Lundvall & Johnson, 1994; Asheim & Gertler, 2004).

De forma similar, en el modelo propuesto se busca que el sistema siga la lógica de Lundvall et al. (2002) donde el sistema de innovación se pueden considerar “como los resultados de un juego schumpeteriano donde diferentes agentes siguen estrategias diferentes en términos de innovación, imitación, adaptación, etc.” (p. 222, traducción del autor). Cabe aclarar que estas estrategias se pueden considerar en la *MBA* como reglas de decisión.

### 2.3.4 Redes sociales de innovación

El tema central en el análisis de redes pone de manifiesto que la innovación es una construcción social (Gilbert et al., 2001) y que las redes suministran a las firmas un acceso rápido y flexible a recursos que están por fuera de sus competencias distintivas (Cowan & Jonard, 2009). Denyer et al. (2004) encuentran que los principales beneficios que ofrecen las redes para la innovación son el riesgo compartido, el acceso a la obtención de nuevos mercados y tecnologías, el ingreso rápido de productos al mercado, habilidades complementarias puestas en común, salvaguardar los derechos de propiedad cuando los contratos no son posibles, y actuar como vehículo clave para la obtención y acceso al conocimiento externo. Prácticamente, todos estos beneficios se pueden ver representados en la reducción de costos. En el modelo propuesto, esto se puede visualizar mediante la especialización de los agentes gracias al aprendizaje y desaprendizaje que se produce al interactuar con otros agentes; además, es la forma *práctica* de hacer que los agentes prefieran actuar a través de interacciones que de una forma individual. Este punto es de vital importancia en el funcionamiento del modelo.

Se comparte y se busca aplicar en el modelo la afirmación de König, Battiston y Schweitzer (2009, pp. 190-191, traducción del autor), donde:

La evolución de la propia red debe hacerse de manera endógena, donde la evolución de la estructura de los enlaces depende de la experiencia de los agentes al utilizar los enlaces disponibles para ellos. En este marco los individuos aprenden y adaptan su comportamiento y esto a su vez conduce a una evolución de la estructura de la red. La economía se convierte entonces en una *red en evolución compleja*.

### 2.3.5 Sistemas complejos adaptables

Los sistemas complejos evolucionan por “la combinación de las condiciones iniciales, múltiples interacciones, tendencias de largo plazo y variaciones aleatorias, tanto en los agentes como en las interacciones” (Ekboir, Dutrénit, Martínez, Torres, & Vera-Cruz, 2006, p. 6). De forma similar se reconoce la co-evolución de los agentes en estos sistemas complejos cuando estos se ven afectados por “la combinación de las condiciones iniciales, múltiples interacciones, tendencias de largo plazo y variaciones aleatorias, tanto en los agentes como en las interacciones” (Ekboir et al., 2006, p. iii). Otras características importantes de este tipo de sistemas son la autoorganización y la

aleatoriedad, las cuales “impiden a un agente individual controlar el proceso así como predecir la evolución del sistema” (Ekboir et al., 2006, p. iii).

Es claro, entonces, que los procesos que conforman los sistemas, así como su papel en la innovación, no son fáciles de comprender, principalmente por la complejidad dinámica de tales procesos y por la heterogeneidad de los actores que en ellos intervienen (Gilbert et al., 2001). Por lo tanto, se pueden considerar a los sistemas de innovación como SCA los cuales se entienden como sistemas compuestos por agentes interactuantes descritos por reglas, los cuales cambian al acumular experiencia (Holland, 2004), ocasionando que ni los flujos ni los sistemas permanezcan inmutables a través del tiempo, dados los cambios provocados por el proceso de adaptación a medida que pasa el tiempo y se acumula experiencia (Holland, 2004). Esta adaptación es la que le da surgimiento a la complejidad y hace que los SCA sean tan intrincados, originando la recomendación de Holland (2004), de utilizar modelos computacionales que tienen la característica de estar bien definidos y contar con mecanismos manipulables, que permiten la búsqueda de los patrones y leyes que los rigen, mediante complejas exploraciones que no son posibles con los sistemas reales. Básicamente, esta última recomendación motiva la utilización de la *MBA*, que debe acopiar las características principales de los SCA.

### 2.3.6 Exploración y explotación

Gilsing y Nootboom (2006), subrayan que las firmas transitan por un ciclo de exploración-explotación en los sistemas de innovación, donde los agentes pasan de tener unas características de explorador a unas de explotador, para luego regresar a la exploración y así sucesivamente. Las características claves de cada etapa como lo presentan Gilsing y Nootboom (2006), son las siguientes:

- **Exploración:** La *I+D* busca la innovación radical, teniendo una orientación hacia la tecnología y existe gran cantidad de conocimiento tácito; las redes son densas, abiertas, informales, con lazos flexibles y de alta frecuencia de interacción; y se genera una divergencia en el conocimiento.
- **Explotación:** La *I+D* busca la innovación incremental, teniendo una orientación hacia los productos y el proceso y hay gran cantidad de conocimiento explícito; las redes no

son densas, las alianzas son formales, estables y con baja frecuencia de interacción; y se genera una convergencia en el conocimiento.

### **2.3.7 Costos de transacción**

A pesar de la gran cantidad de literatura sobre los beneficios y el grado de interacción entre organizaciones, el éxito no se puede dar por sentado. Los costos asociados a la realización de colaboraciones para el desarrollo de productos se examinan con menos frecuencia. Los costos pueden ser bastante considerables y no siempre acompañada de los beneficios de la colaboración para el resultado global del proceso de desarrollo de productos. (Vinding, 2007, p. 258, traducción del autor)

Uno de tales costos relacionados con la interacción entre diferentes agentes son los Costos de Transacción.

En cuanto a la naturaleza de las relaciones entre los socios de la red, la confianza es el factor más importante en términos económicos, puesto que la confianza opera al mismo tiempo en el lado de los costos y los rendimientos: por un lado, una cooperación entre dos agentes que ha tenido éxito baja los Costos de Transacción en términos de encontrar un socio adecuado y la coordinación de las actividades; por otra parte, una asociación que funcione bien hace que sea más fácil encontrar nuevos componentes de conocimiento y aumentar el rendimiento económico (Beckenbanch, Briegel, & Daskalakis, 2009).

Sin embargo, desde la teoría de los Costos de Transacción, una red de innovación se considera como una forma híbrida de organización industrial entre jerarquías y mercados, la cual tarde o temprano va a desaparecer (Pyka, Gilbert, & Ahrweiler, 2009). Estos autores encuentran que esta afirmación tiene evidencias empíricas que la contradicen, como es el caso de la industria de la biotecnología.

Con respecto a los intermediarios, ellos brindan aportes que van encaminados a generar confianza y normas comunes de transparencia y reciprocidad que facilitan el aprendizaje organizacional, reduciendo los Costos de Transacción involucrados en el intercambio de conocimientos (Dyer & Singh, 1998). Por ello, La confianza para Beckenbanch et al. (2009), es la causa y el efecto para la red de innovación. Además,

el aprendizaje interactivo está profundamente arraigado en la vida social. El resultado de los procesos de aprendizaje dependerá de las relaciones sociales, como la confianza, autoridad y reconocimiento. Por lo tanto, el contexto social y socio-económico debe ser tenido en cuenta al analizar la formación de relaciones de la red. (Lundvall & Christensen, 2007, p. 4, traducción del autor)

### **2.3.8 Modelos de interacción entre agentes heterogéneos para la innovación**

La revisión de la literatura arrojó la identificación de tres propuestas principales de modelos basados en agentes, los cuales buscan aumentar la comprensión de los efectos que tienen en la innovación la interacción de diferentes tipos de agentes, estos modelos se reconocen como fuentes útiles para formular una nueva propuesta que permita analizar el impacto de los intermediarios en los sistemas de innovación: el modelo *SKIN* (*Simulating Knowledge Dynamics in Innovation Networks*), el modelo de hiper-ciclos y el modelo *SSRIS* (*Self-Sustaining Regional Innovation System*), los cuales se revisarán a continuación respecto a sus principales supuestos y limitaciones, serán integrados y superados respectivamente, para la formulación de una nueva propuesta de modelo.

#### **Modelo *SKIN*:**

Una aproximación que ha recibido mucha atención en la literatura es la del modelo *SKIN* desarrollado originalmente en su concepción teórica por Gilbert et al. (2001), para ser refinado, complementado y modificado en trabajos posteriores como los de Ahrweiler, Pyka y Gilbert (2004); Gilbert, Ahrweiler y Pyka (2007); Pyka, Gilbert y Ahrweiler (2007); Pyka y Scholz (2008); Pyka et al. (2009); Ahrweiler, Pyka y Gilbert (2011), y Triulzi, Scholz y Pyka (2011). El funcionamiento del modelo apunta a las posibilidades que tienen los actores de ampliar su base de conocimientos, pudiéndolo hacer gracias al aprendizaje que se obtiene al realizar proyectos de *I+D* por cuenta propia o cooperando con otros agentes. La base de conocimientos de los agentes es descrita por un vector que contiene unidades de conocimiento llamadas *kenes*. Cada *kene*, es representado por un vector  $[C-A-E-RD]$ , está compuesto por una capacidad (*C*), que es un dominio de conocimiento o una disciplina tecnológica; una habilidad (*A*), la cual se refiere a la destreza particular en esa *C*; una experticia (*E*) adquirida por la utilización de la *C*, y una dirección de la investigación (*RD*), la cual indica si la investigación es básica o aplicada.

La dinámica del modelo es la siguiente: los agentes tienen un presupuesto de inversión en proyectos de *I+D*, el cual es asignado como un porcentaje de las ventas obtenida por los agentes en la etapa anterior. Los agentes pueden ser universidades o centros de investigación, pymes y grandes empresas, las cuales deciden si hacer su gasto del presupuesto de *I+D* en proyectos individuales o colaborativos. Los resultados de estos proyectos tienen una probabilidad de éxito, que depende de la distancia entre las *C* de los *kenes* utilizados. Cuando estos *kenes* son cercanos (dominio de conocimiento similar) la probabilidad de éxito es mayor y se considera como una innovación incremental con beneficios inferiores; mientras que si los *kenes* son lejanos (dominio de conocimiento diferente) su probabilidad de éxito es menor y se entiende como una innovación radical con beneficios superiores. Cuando el proyecto es exitoso se obtiene una patente; si la consigue una universidad o centro de investigación, obtendrá beneficios por el licenciamiento y un aumento en *A* y en *E* de las respectivas capacidades *C* del *kene*, lo cual le puede significar mayores recursos por patrocinios privados y/o inversión pública. En el caso de ser una patente otorgada a una o varias empresas, estas obtendrán unos beneficios gracias a la explotación de la patente, la cual aumenta las ventas y por ende la asignación de presupuesto para proyectos de *I+D*. El aprendizaje de los agentes se ve reflejado en el aumento de la *A* y la *E* de las capacidades *C* de los *kenes* que son utilizados y, de forma similar, en el caso de proyectos conjuntos, se aprende de los *kenes* aportados por los socios.

A pesar de la utilidad del modelo *SKIN* para analizar las relaciones de colaboración entre agentes heterogéneos, especialmente a través de los experimentos de simulación y la comparación de resultados de diferentes escenarios, dos de sus supuestos son controvertibles y producen un comportamiento sesgado del sistema. El primero de estos supuestos es el de la probabilidad de éxito de los proyectos de *I+D*, la cual se asigna de acuerdo a la distancia entre las *C* de los *kenes* de los colaboradores involucrados en el proyecto. Este supuesto remite estrictamente a una probabilidad técnica del proyecto y desconoce qué tan cerca o lejos podría estar el proyecto de satisfacer una demanda del mercado. En otras palabras, el modelo es predominantemente de tipo *technology push*, lo cual lo aparta de la mayoría de las dinámicas de innovación que tienen un componente significativo de *market pull*, como lo pone de manifiesto la tendencia actual de privilegiar los modelos de innovación articulados, integrados y sistémicos sobre los modelos lineales (Rothwell, 1994).

El segundo supuesto problemático es la representación que hace el modelo del aprendizaje interactivo, en el que los agentes se van apropiando de las capacidades que aportan los otros agentes que interactúan con ellos en los proyectos. Este comportamiento genera, a medida que los agentes acumulan experiencia colaborativa, una tendencia hacia la homogeneidad de las capacidades de los agentes, lo cual va en contravía de la co-especialización identificada por Teece (1986) y que se ha observado en la co-evolución de los agentes del sistema (Aoyama, 2006). Esta co-especialización impulsa el establecimiento de redes de colaboración, contrario a la tendencia identificada en el modelo *SKIN* de promover la autosuficiencia de capacidades de los agentes por aprendizajes mutuos.

### **Modelo de hiper-ciclos**

Otra aproximación que también ha sido útil para representar la dinámica de interacción entre agentes heterogéneos es la del modelo de hiper-ciclos de Padgett, donde se hace una metáfora de los procesos auto-catalíticos de la química con la producción económica. Los conceptos teóricos que soportan el modelo son el de hiper-ciclos de Eigen y Schuster (1979) y el de auto-catálisis de Kauffman (1996; 2000). El modelo fue introducido por Padgett (1997) y refinado, complementado y modificado por Padgett, Lee y Collier (2003); Padgett, McMahan y Zhong (2009), y Watts y Binder (2012), entre otros. El modelo se centra en los procesos de producción y aprendizaje entre agentes. En el proceso de producción, los agentes poseen capacidades de producción que transforman productos en otros productos y conforman cadenas productivas mediante la interacción con sus agentes vecinos. El proceso inicia con un insumo que ingresa del entorno, el cual es transformado por agentes que interactúan como una cadena productiva que entrega al entorno un producto final. Estas cadenas se regulan mediante la activación y evolución de los conjuntos de capacidades distribuidas a través de las firmas. El proceso de aprendizaje resultante es del tipo aprender haciendo (*learning-by-doing*), que quiere decir que cada capacidad utilizada se refuerza y la que no es olvidada, ocasionando una presión de selección en la evolución del sistema de producción, que origina unos lazos que se auto-refuerzan.

El modelo de hiper-ciclos, a diferencia del modelo *SKIN*, introduce el entorno como el validador del proceso de producción, lo cual es más aproximado a la realidad. Sin

embargo, una de las limitaciones más relevantes del modelo de Padgett es que el entorno siempre está pidiendo el mismo producto, contrario a lo que pasa en un entorno real, donde los productos tienen ciclos de vida cada vez más cortos (Bayus, 1997; Terwiesch & Bohn, 2001; Krishnan & Ulrich, 2002; Carrillo & Franza, 2006) y el ingreso de nuevos productos innovadores es más acelerado (Zirger, 1996; Griffin, 2002; Chen, Damanpour, & Reilly, 2010). Por tanto, este supuesto debilita al modelo en un contexto donde se quiere simular sistemas de innovación. Otro supuesto que difícilmente conversa con la realidad es el de limitar la relación de los agentes solo con sus vecinos; aunque muchos autores de la literatura de sistemas de innovación resaltan la importancia de la localización o cercanía geográfica (Lundvall & Johnson, 1994; Asheim & Gertler, 2004; Asheim & Isaksen, 2002), también se debe reconocer que los agentes, al no encontrar en su cercanía capacidades complementarias, inician una búsqueda de esta complementariedad en agentes heterogéneos más distantes (Sakakibara, 1997; Hagedoorn, Link, & Vonortas, 2000; Belderbos, Carree, Diederer, Lokshin, & Veugelers, 2004). Por tanto, la relación de los agentes solo con sus vecinos inmediatos no es una condición válida y limita la capacidad del modelo para representar un Sistema de Innovación.

### **Modelo SSRIS:**

Para finalizar la revisión de los modelos, se explora el modelo *SSRIS* propuesto por un grupo de investigadores de la Universidad Federico II de Nápoles. Este modelo tiene su base conceptual en el modelo de sistema de aprendizaje organizacional de Schwandt y Marquardt (2000), del cual se extraen cuatro bloques de construcción para crear los subsistemas del modelo conceptual (Zollo, Crescenzo, & Ponsiglione, 2011; Iandoli, Palumbo, Ponsiglione, Tortora, & Zollo, 2013): productores de conocimiento o exploradores, productores de valor en el mercado o explotadores, mediadores de innovación o catalizadores, y creador de marcos y reglas o regulador. Se resalta en este modelo conceptual que se tiene en cuenta el rol que cumplen los agentes intermediarios, los cuales no son mencionados en los modelos anteriores. En este modelo conceptual los subsistemas o agentes interactúan entre ellos y con actores externos. Sus características son las siguientes: los exploradores suministran conocimiento, los explotadores proveen valor económico, los catalizadores enlaces, y el regulador provee el marco formal y las reglas informales. A partir de este marco conceptual, Ponsiglione, Quinto y Zollo (2014) proponen el modelo *SSRIS* basado en agentes donde se apoyan

en algunas ideas del modelo *SKIN* y del de hiper-ciclos expuestos anteriormente. En esta propuesta solo existen dos tipos de agentes: un Entorno Competitivo y unos agentes competidores. Los agentes competidores buscan suplir las necesidades del entorno competitivo a través de sus capacidades, las cuales identifican al agente competidor como explorador o explotador. Las principales características del modelo son: 1) un Entorno Competitivo que por cada período de tiempo tiene una necesidad que requiere ser satisfecha por agentes competidores a través de sus capacidades; 2) unos agentes competidores que poseen unas capacidades; 3) el Entorno Competitivo compara su necesidad con las capacidades que tienen los agentes competidores y selecciona al agente que tiene las capacidades más cercanas para satisfacer su necesidad mediante un vínculo; 4) el agente competidor seleccionado por el Entorno Competitivo busca otros agentes competidores que tengan las capacidades que a él le hacen falta para satisfacer la necesidad del Entorno Competitivo; 5) si entre todos los agentes competidores del mundo virtual no se logra satisfacer la necesidad del Entorno Competitivo, éste cambia su necesidad acercándose a las capacidades de los agentes competidores; 6) al satisfacer la necesidad, los agentes competidores obtienen beneficios del Entorno Competitivo para seguir sobreviviendo; y 7) tanto el Entorno Competitivo, como los agentes competidores aprenden al modificar sus necesidades y capacidades respectivamente. De esta manera, los autores plantean un modelo auto-sostenible donde tanto los agentes competidores como el Entorno Competitivo se ajustan mediante el aprendizaje para obtener beneficios y suplir sus necesidades respectivamente. Es de anotar que el aprendizaje se manifiesta en el cambio de capacidades de los agentes competidores y de las necesidades del Entorno Competitivo.

Aunque se reconoce la importancia de introducir la representación del Entorno Competitivo, se encuentran dos carencias fundamentales en los supuestos del modelo *SSR/S*: 1) Por período de tiempo se cuenta con una sola necesidad generada por el Entorno Competitivo para todos los agentes competidores; caso muy diferente a lo que sucede en el mundo real, donde a cada instante son múltiples las necesidades que surgen en el Entorno Competitivo. 2) En el modelo se supone que el Entorno Competitivo compara su necesidad con todas las capacidades que poseen los agentes competidores; esto equivale a representar un sistema donde la información siempre está disponible, lo cual viola una de las dimensiones de la racionalidad limitada altamente acogido por la

economía evolucionaria (Simon, 1956; Simon, 1957; Winter, 2000; Nonaka, Von Krogh, & Voelpel, 2006).

Además de estas limitaciones referidas a la representación del Entorno Competitivo, existe otra limitación en la representación de las capacidades de los agentes competidores, pues se considera que estos poseen o no determinadas capacidades (la representación es binaria: existe o no existe la capacidad) y su carácter es explorador o explotador. Es decir, el modelo no da la posibilidad a los agentes competidores de tener capacidades en diferentes niveles de madurez, lo cual es un supuesto básico en la representación de las diferentes etapas de acumulación de capacidades por aprendizaje (Dodgson, 1993; Kim, 1997; Hobday, 1997; Ernst et al., 1998; Lundvall, 2007; Lundvall & Vinding, 2007; Lund, 2007; Helfat et al., 2007). Finalmente, aunque en el modelo conceptual se hace referencia a los agentes intermediarios y al agente regulador, su actuar en el modelo de simulación no es explícito, lo que genera otra limitación del modelo *SSRIS*.

## 2.4 Hipótesis para la construcción del modelo conceptual

Los sistemas de innovación emergen gracias a la interacción entre agentes. En los modelos revisados anteriormente los elementos que se pueden extraer como más importantes para que se propicie esta interacción son:

- Unas capacidades complementarias, las cuales motivan a los agentes a interactuar para lograr resultados que por sí solos no serían capaces de obtener.
- Unas necesidades que deben de ser satisfechas por los agentes, ya sea de forma individual o interactuando con otros, donde aportan sus capacidades para: (a) en el caso del modelo *SKIN* desarrollar proyectos de *I+D* a partir de un presupuesto, (b) en el caso del modelo de hiper-ciclos procesar un producto en una cadena productiva, y (c) en el caso del modelo *SSRIS* suplir una necesidad dinámica de un Entorno Competitivo.
- Una ubicación, que define la topología de red en el caso del modelo de hiper-ciclos, y que da su carácter de regional al modelo *SSRIS*.

- Un aprendizaje, que permite que los agentes acumulen sus capacidades, mostrando la co-evolución que se presenta cuando los agentes interactúan.
- Unos beneficios, que garantizan la supervivencia de los agentes y los motivan a suplir las necesidades del Entorno Competitivo, ya sea de forma individual o interactuando con otros.

La interacción entre estos elementos es la siguiente: las necesidades del Entorno Competitivo activan a los agentes competidores, los cuales tratan de satisfacer estas necesidades con sus capacidades. Cuando un agente no logra satisfacer la necesidad con sus capacidades, siendo lo más común en todos los modelos revisados, busca otros agentes con capacidades complementarias para interactuar con ellos y satisfacer esa necesidad. Esta búsqueda de agentes complementarios puede ser por su localización, como en el caso del modelo de hiper-ciclos, o en su misma región, como en el caso del modelo *SSRiS*. Al satisfacer la necesidad los agentes obtienen un beneficio que les permite su supervivencia.

Un problema conceptual común de los modelos revisados, es que ninguno plantea la dificultad de interacción entre agentes, exceptuando el punto de vista geográfico en el caso del modelo de hiper-ciclos y en alguna medida por la distancia en el conocimiento dada la probabilidad de éxito de los proyectos de *I+D* que se presenta en el modelo *SKIN*; de manera similar, esta dificultad en la interacción también se ha querido manifestar mediante la orientación de investigación (modelo *SKIN*) y la orientación hacia la exploración o explotación (modelo *SSRiS*), pero la operatividad del problema no se hace explícita en estos modelos. Sin embargo, existe entre los agentes heterogéneos brechas de diferentes dimensiones (Parjanen et al., 2011), dichas fisuras generan unos altos Costos de Transacción (Coase, 1937; Batterink et al., 2010; Williamson, 1993), especialmente entre los agentes productores de nuevo conocimiento y los generadores de valor en el mercado. En el modelo que se propone en el presente trabajo se busca introducir estos Costos de Transacción y afinar la relación de los elementos utilizados en los modelos anteriores.

En la Tabla 2-1 se pueden comparar los elementos más importantes de los modelos revisados y cómo se propone que sean en el modelo planteado, esto con el fin de iniciar la formulación del modelo conceptual que se presenta en el siguiente capítulo.

**Tabla 2-1:** Comparación de los elementos principales de cada modelo.

| Modelo | Representación del Agente  | Entorno  | Interacciones   | Aprendizaje   | Medición del Desempeño   |
|--------|--|--|---|---|--|
| SKIN   | <p>Vector compuesto de <math>n</math> <i>kenes</i>: <math>\{[c_1 a_1 e_1 rd_1], [c_2 a_2 e_2 rd_2], \dots, [c_n a_n e_n rd_n]\}</math>.</p> <p><i>Posición</i>: Dominio del conocimiento dado por <math>C</math>, donde la distancia significa lo incremental (cercano) o radical (lejano) de la innovación al combinar los <i>kenes</i> propios o ajenos.</p> <p><i>Magnitud</i>: <math>C</math> puede ir de 1 a 100 y significa el dominio del conocimiento, <math>A</math> toma valores de 1 a 10 y representa el nivel de habilidad en <math>C</math>, <math>E</math> va de 1 a 10 y simboliza la experiencia acumulada en <math>C</math>, y <math>RD</math> toma valores entre 1 y 10 ejemplificando la dirección de la investigación en <math>C</math>, donde cerca de 1 denota investigación básica y cerca de 10 investigación aplicada.</p> | <p>Únicamente se manifiesta en la probabilidad de éxito que tiene cada proyecto para obtener una patente, el cual depende de la distancia entre los <i>kenes</i> utilizados, donde se puede obtener una innovación incremental o radical</p> | <p>Pueden ser entre pymes, grandes empresas y universidades, quienes combinan sus <i>kenes</i> en proyectos de <math>I+D</math> que son financiados gracias a sus presupuesto de <math>I+D</math> que provienen de un % de sus ventas del período anterior. Cada agente aprende de los <i>kenes</i> que son utilizados en el proyecto. La dificultad para el relacionamiento se da en la orientación de la investigación.</p> | <p>Por una parte se modela el aprendizaje por el hacer (<i>learning-by-doing</i>), al aumentar cada <i>kene</i> una unidad en su <math>E</math> al ser utilizado; y el aprendizaje por interacción (<i>learning-by-interacting</i>), al adquirir un <i>kene</i> que no se tenía, el cual fue aportado en un proyecto conjunto por otro agente; cabe anotar que este nuevo <i>kene</i> que aprende el agente inicia con una <math>E</math> de 1.</p> | <p>Se analiza por el nivel del presupuesto para la <math>I+D</math>, el cual equivale a un % de las ventas que se obtienen por nuevos productos fruto de las patentes, en el caso de las pymes y grandes empresas, y por los licenciamientos de las patentes, en el caso de las universidades.</p> |

Tabla 2-1: (Continuación)

| Modelo       | Representación del Agente  | Entorno  | Interacciones   | Aprendizaje  | Medición del Desempeño   |
|--------------|--|--|---|--|--|
| Híper-ciclos | <p><i>Vector de pares de capacidades:</i> {[a b], [d e], ..., [a c]}.</p> <p><i>Posición:</i> la 1<sup>a</sup> posición significa el tipo de producto que puede procesar el agente y la 2<sup>a</sup> posición significa el tipo de producto que entrega el agente a otro agente vecino o al entorno.</p> <p><i>Magnitud:</i> representa el número de capacidades que se requieren para llevar un producto final al entorno, generalmente en sus modelos utilizan hasta 5 capacidades.</p> | <p>Brinda a los agentes el insumo inicial y recibe el producto final de los híper-ciclos, siendo el mismo para todos los períodos de la simulación</p> | <p>Los agentes solo interactúan con sus vecinos, para generar cadenas productivas que generan una presión de selección al reforzar las capacidades y originando que los lazos se fortalezcan. La dificultad en el relacionamiento se da en la localización, pues solo se vincula con sus vecinos.</p> | <p>El aprendizaje se manifiesta al mantener las capacidades que se usan, mientras que las que no se utilizan se olvidan. En el modelo, cuando un agente olvida todas sus capacidades este muere.</p> | <p>Se analiza por la generación de híper-ciclos que garantizan un buen desempeño económico al poder transformar insumos en productos para el EC.</p> |

**Tabla 2-1:** (Continuación)

| Modelo | Representación del Agente   | Entorno  | Interacciones   | Aprendizaje  | Medición del Desempeño  |
|--------|---|--|---|--|---|
| SSR/IS | <p><i>Vector de capacidades:</i> [a b ... n].</p> <p><i>Posición:</i> no tiene ningún significado especial, simplemente sirve para comparar vectores entre agentes y <i>EC</i> posición por posición.</p> <p><i>Magnitud:</i> puede ser en cada posición de -1, 0, 1, donde -1 significa que es una capacidad exploradora, 1 que la capacidad es explotadora y 0 que no se cuenta con la capacidad.</p> | <p>Es un <i>EC</i> que lanza un mensaje que busca ser aprovechado con las capacidades de los agentes competidores del micromundo, este mensaje compara su vector con el de todos los agentes y se va ajustando hasta que puede ser aprovechado.</p> <p>Se manifiesta mediante un vector colmado de -1 y 1.</p> | <p>La relación se da por la complementariedad en sus capacidades, no existe algo que restrinja la vinculación entre agentes, especialmente porque los agentes conocen todas las capacidades de los otros, incluyendo el <i>EC</i>, violando el supuesto de racionalidad limitada.</p> | <p>El aprendizaje se manifiesta entre el <i>EC</i> y los agentes competidores al modificar sus vectores (necesidades y capacidades respectivamente), hasta que el mensaje del <i>EC</i> es aprovechado por los agentes competidores.</p> | <p>Se analiza a través del auto-sostenimiento del sistema regional de innovación, el cual se logra cuando se ajustan las necesidades del <i>EC</i> con las capacidades de los agentes que compiten y se relacionan en el sistema.</p> |

Tabla 2-1: (Continuación)

| Modelo           | Representación del Agente   | Entorno  | Interacciones  | Aprendizaje  | Medición del Desempeño   |
|------------------|---|--|--|--|--|
| Modelo propuesto | <p><i>Vector de capacidades:</i> [a b c d e f].</p> <p><i>Posición:</i> Significa lo exploradora o explotadora que es la capacidad de innovación, siendo la posición izquierda del vector donde se ubican las capacidades exploradoras, la derecha las explotadoras y en el centro las de difusión.</p> <p><i>Magnitud:</i> Las capacidades toman valores entre 0 y 9, significando el nivel en que se encuentra desarrollada cada capacidad, siendo 0 su inexistencia, de 1 a 3 básica, de 4 a 6 media y de 7 a 9 alta o cercana a la frontera del conocimiento.</p> | <p>Es un <i>EC</i> en donde se generan múltiples <i>OI</i> en cada período, las cuales serán aprovechadas por los agentes a través de sus capacidades, ya sea de forma individual o mediante la interacción con agentes complementarios. Las <i>OI</i> son necesidades del <i>EC</i> que se manifiestan por medio de un Vector de Atributos (<i>VA</i>).</p> | <p>La relación se da primero por localización y luego por complementariedad de sus capacidades para aprovechar las <i>OI</i> del <i>EC</i>; sin embargo, de acuerdo a la tipología de cada agente que se encuentre en la relación, existe un <i>CT</i> que depende de la brecha entre ellos. Los agentes co-evolucionan gracias al aprendizaje por interacción y por el hacer. Además, su búsqueda de socios por localización le adiciona una racionalidad limitada a los agentes.</p> | <p>El aprendizaje se presenta por el hacer y por la interacción, el primero se manifiesta al aumentar o disminuir una capacidad con un factor de aprendizaje o des-aprendizaje que se activa por el uso o no de la capacidad, mientras que el segundo se manifiesta al elegir cuales capacidades se usan o no al interactuar con las <i>OI</i> y con otros agentes competidores.</p> | <p>Se analiza a través de las <i>OI</i> aprovechadas por los agentes competidores, los cuales logran esto mediante la utilización de sus capacidades y la vinculación con agentes complementarios y el aprendizaje; lo cual se vera reflejado en el desempeño económico del sistema, resultado de la suma de los beneficios y la resta de los costos del mantenimiento de las capacidades y los <i>CT</i> resultantes de cada período.</p> |

## 2.5 Síntesis

En este capítulo se presenta la conceptualización del sistema, mediante el seguimiento de un proceso de tres etapas propuesto por Wilensky (1999), el cual ayuda a definir las bases necesarias para la construcción del modelo conceptual del sistema. Estas bases permiten identificar los elementos principales para analizar el impacto de los intermediarios en los sistemas de innovación. Los cuales, al ser integrados en un modelo, permitirán hacer análisis comparativos, dinámicos y longitudinales, con los cuales se

estará en capacidad de examinar el impacto de los intermediarios en el desempeño y conformación del Sistema de Innovación.



# **3. Formulación del modelo de interacción entre agentes para analizar el impacto de los intermediarios en los sistemas de innovación**

## **3.1 Introducción**

Para que un sistema se considere de innovación, este debe de generar, difundir y usar conocimiento y tecnología (Carlsson et al., 2002). Estos propósitos son alcanzados a través de las capacidades que aportan los agentes que interactúan en el sistema para suplir necesidades de un *EC*. Estas capacidades son las que diferencian a cada agente y los hace heterogéneos, pudiéndose considerar las capacidades como complementarias cuando se realizan alianzas estratégicas que crean mayores rentas relacionales (Teece, 1988). Específicamente, las capacidades que se requiere combinar para el proceso de innovación se pueden distribuir entre las tres funciones principales de los sistemas de innovación así:

- Generación: Capacidades de Investigación y Desarrollo Experimental
- Difusión: Capacidades de difusión y vinculación
- Uso: Capacidades de Producción y Mercadeo.

Sin embargo, existen otras capacidades que también son importantes en el proceso de innovación, pero estas se pueden considerar transversales en todo el Sistema de Innovación y son difíciles de ubicar en una función específica; estas capacidades son: la capacidad de absorción, la capacidad de gestión de recursos, la capacidad de dirección estratégica, la capacidad de aprendizaje, la capacidad de organización, entre otras. La combinación de capacidades que posee un agente son las que lo tipifican y habilitan para generar innovaciones, ya sea por él mismo o mediante la interacción con agentes complementarios. En específico, los intermediarios de innovación tendrían altas

capacidades para cumplir la función de difusión en los sistemas de innovación, facilitando la interacción entre los agentes generadores y usuarios de conocimiento.

Desde la postguerra se han desarrollado modelos orientados a ayudar al entendimiento del proceso de innovación, desde visiones reduccionistas como los enfoques lineales de primera generación hasta los modelos sistémicos de quinta generación (Rothwell, 1994). Estos últimos entienden el proceso de innovación como sistémico y resaltan la importancia del aprendizaje en redes. Sin embargo, los mecanismos responsables de la conformación de los sistemas de innovación no son fáciles de comprender, principalmente por la complejidad de los procesos dinámicos y por la heterogeneidad de los actores que intervienen (Gilbert et al., 2001). Basándose en lo anterior, los sistemas de innovación se pueden considerar como *SCA*. Estos últimos se conciben como un arreglo de agentes interactuantes descritos por reglas, las cuales cambian al acumular experiencia (Holland, 2004). Al pensar los sistemas de innovación como *SCA*, se encuentra que una opción recurrente para representarlos es a través de la *MBA*, por ser una herramienta potente para obtener información de la dinámica del sistema que es afectada cuando los agentes son heterogéneos y el relacionamiento en la red tiene sus características propias (Rahmandad & Sterman, 2008).

Entre los modelos desarrollados usando *MBA*, algunos han simulado el efecto de las capacidades, el aprendizaje y el relacionamiento entre agentes para la innovación y/o desempeño del sistema. El capítulo anterior examinó algunos de estos modelos y discute por qué son insuficientes para comprender el proceso de innovación dentro de un Sistema de Innovación y, en especial, para analizar el impacto de los intermediarios en dichos sistemas de innovación. Como aporte principal de este capítulo, se propone un modelo que considera la dificultad de relacionamiento entre agentes heterogéneos para aprovechar las Oportunidades de Innovación que surgen en un Entorno Competitivo; tales agentes cuentan con diferentes capacidades de innovación, donde su problema para interactuar se manifiesta en los Costos de Transacción que dependen de las brechas formadas por la diferencia entre las capacidades de los agentes que están interactuando. En este contexto, los intermediarios de innovación se distinguen por sus capacidades de difusión y vinculación; además, contribuyen con el relacionamiento entre los generadores y usuarios de conocimiento, bajando los Costos de Transacción e influyendo en el desempeño del sistema.

El contenido de este capítulo se distribuye así: en el apartado 3.2 se presenta la propuesta de modelo de interacción entre agentes para el análisis del impacto de los intermediarios en los sistemas de innovación, empezando con unas consideraciones o supuestos fundamentales para, a partir de ellos, proponer en el apartado 3.3, un modelo conceptual. En el apartado 3.4 se plantea cuál sería la lógica de la simulación a partir de las reglas de decisión. Mientras que en el apartado 3.5 se definen los parámetros del modelo. Luego, en el apartado 3.6 se realiza la parametrización inicial del modelo. Y se finaliza con el apartado 3.7 donde se comenta y presenta cómo conjuntamente con el proceso de parametrización se realizó la verificación del modelo.

## **3.2 Supuestos fundamentales**

Para poder analizar el impacto de los intermediarios en los sistemas de innovación a través de un modelo de simulación, se debe tener en cuenta que un sistema de innovación emerge de la interacción entre agentes heterogéneos (Edquist, 1997). Dicho modelo debe de permitir realizar experimentos con los agentes intermediarios para poder analizar su impacto en el desempeño del sistema.

La perspectiva adoptada aquí es la de sistema de innovación propuesta por Edquist (1997), repasada en el capítulo anterior, a la cual se le adiciona la importancia de la localización o cercanía geográfica. Las capacidades que requiere el sistema de innovación para realizar sus funciones de generar, difundir y usar conocimiento y tecnología, están distribuidas entre los diferentes agentes que lo conforman, tal como se asignaron en el capítulo anterior, y que tipifican a los agentes como se expone a continuación.

Las capacidades se distribuyen entre los agentes del sistema, así: los agentes explotadores poseen capacidades de producción y/o mercadeo de la innovación, los agentes intermediarios tienen capacidades de difusión y/o vinculación, los agentes exploradores ostentan capacidades de investigación y/o desarrollo. Estos agentes se pueden considerar como agentes especializados en una función de los sistemas de innovación. Sin embargo, el modelo permite que los agentes puedan ejercer varias funciones, por lo que existen agentes que se pueden clasificar así: introductores o

porteros, son los que tienen capacidades para explotar e intermediar; representantes o gestores, son los que pueden explorar e intermediar; integrados, son los que consiguen explorar, intermediar y explotar; ambidiestros, son los agentes que exploran y explotan, y los agentes de desarrollo incipiente, que son los agentes que no se distinguen por una alta capacidad en ninguna función de los sistemas de innovación.

Para que los agentes competidores antes mencionados se puedan considerar como competentes, sus capacidades deben de ser validadas por un Entorno Competitivo. En el modelo propuesto, el Entorno Competitivo es representado por necesidades que requieren ser satisfechas por los agentes, los cuales deben contar con unas capacidades mínimas para poder cumplir con los atributos que demanda cada necesidad, dándole al modelo un comportamiento *market pull*. Estos atributos se manifiestan en vectores que representan innovaciones, los cuales se denominan Oportunidades de Innovación. Los valores de los atributos en cada posición del Vector de Atributos determinan los tipos de Oportunidades de Innovación de la siguiente manera:

- Explotadoras, requieren capacidades de producción y/o mercadeo para ser satisfechas; por ejemplo, el Entorno Competitivo se requiere mejoras en la comercialización, tiempos de entrega, calidad y costos, entre otros; dichas mejoras se pueden realizar a partir de innovaciones incrementales, bien sea en el proceso productivo, en el producto y/o en sus canales de distribución.
- Difusoras, las Oportunidades de Innovación del Entorno Competitivo requieren capacidades de difusión y/o vinculación para ser satisfechas, por ejemplo, en el estado de la técnica ya existe la solución y también existen las capacidades productivas y de mercadeo; sin embargo, no se ha aplicado en el sistema porque no se ha realizado la difusión de dicha tecnología; dichas difusiones puede ser realizadas por intermediarios que se encargan de transferir nuevos conocimientos para que se utilicen en problemas prácticos.
- Exploradoras, requieren capacidades de investigación y/o desarrollo para ser satisfechas; por ejemplo, el Entorno Competitivo requiere un nuevo o mejorado conocimiento de tipo tecnológico que solo se puede satisfacer a partir de una invención o patente que dé solución a un problema tecnológico que no se puede lograr con el estado actual de la técnica.

- Explotadoras-difusoras, las Oportunidades de Innovación del Entorno Competitivo requieren capacidades de explotación y difusión; por ejemplo, en el estado de la técnica ya existe su solución mas no se ha difundido y llevado al mercado tal conocimiento; dichos requerimientos pueden ser suplidos por agentes explotadores que tengan capacidades altas en vigilancia e inteligencia competitiva que les permita apropiarse dichos conocimientos y, en algunos casos, se pueden realizar mediante la interacción con otros agentes intermediarios que tengan tales capacidades de difusión como *CDT*, *OTRI*, entre otros.
- Exploradoras-difusoras, las *IO* del Entorno Competitivo requieren capacidades de generación y difusión de conocimiento para ser aprovechadas; por ejemplo, el entorno requiere un nuevo o mejorado conocimiento que sea satisfecho a partir de una invención o mejora en el estado actual de la técnica; tal requerimiento puede ser suplido a través del desarrollo de un nuevo o mejorado producto y su procedimiento y, como resultado de ello, podrían obtenerse diversas formas de protección de la propiedad intelectual e industrial para su posterior difusión y uso como un registro de diseño, marca y lema comercial, una patente o modelo de utilidad, un circuito o trazado integrado, un registro de denominación de origen, una publicación científica y un libro u obra literaria.
- Exploradoras-difusoras-explotadoras, requieren capacidades de generación, difusión y uso de conocimiento para ser satisfechas; por ejemplo, el Entorno Competitivo requiere satisfacer un nuevo o mejorado conocimiento, su posterior difusión y explotación a partir de una invención o mejora en el estado actual de la técnica; tal requerimiento puede ser suplido a través del desarrollo de todas las etapas del proceso de innovación.
- Exploradoras-explotadoras, requieren de capacidades de generación y explotación de conocimiento para ser satisfechas; por ejemplo, el Entorno Competitivo requiere satisfacer un nuevo o mejorado conocimiento y su posterior explotación a partir de una invención o mejora en el estado actual de la técnica; tal requerimiento puede ser suplido a través de una protección industrial de secreto industrial, protegiendo tal conocimiento con fines de mantener una ventaja competitiva.
- Primarias, que requieren capacidades básicas de generación, difusión y uso de conocimiento para ser satisfechas; por ejemplo, la necesidad no requiere de altas capacidades para ser satisfecha; sin embargo, se requiere de unas capacidades de innovación medias y/o básicas por parte de los agentes para lograrlo.

Para finalizar, una consideración significativa y que distingue la propuesta de otros modelos, es la de reconocer la dificultad en la interacción entre agentes producto de la brecha que se genera por su heterogeneidad; especialmente, entre los generadores de ideas y conocimiento, y los usuarios de este y productores de valor en el mercado, causando altos Costos de Transacción que influyen en el desempeño de los agentes y el sistema. Estos Costos de Transacción dependen de la tipología de los agentes que están interactuando, sustentándose esta afirmación en el planteamiento de Williamson (1985), quien sostiene que siempre que los activos son específicos en un grado no trivial, en el caso del modelo las capacidades de innovación que hacen que los agentes competidores sean heterogéneos, hay un incremento en la incertidumbre, la cual ocasiona que las brechas contractuales sean mayores. En esta dirección, los agentes intermediarios que poseen altas capacidades de difusión y vinculación, generan confianza y, por ende, disminuyen los Costos de Transacción en las interacciones en las que están involucrados. De forma similar, los agentes introductores o porteros, representantes o gestores, e integrados que también cuentan con capacidades de difusión y vinculación, pueden generar Costos de Transacción bajos o medios dependiendo de los agentes con que estén interactuando. Por último, los agentes que no poseen capacidades de difusión o de vinculación como los exploradores, explotadores y agentes de desarrollo incipiente, generan unos Costos de Transacción altos en sus interacciones con agentes diferentes.

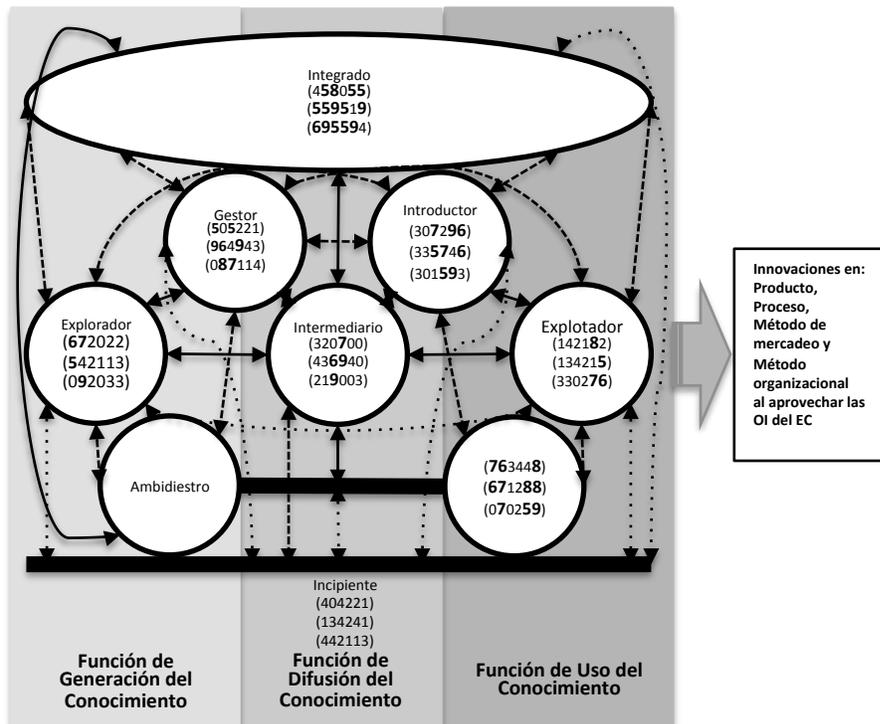
### **3.3 Modelo conceptual**

Los supuestos que rigen el modelo que permite analizar el impacto de los intermediarios en el Sistema de Innovación pueden ser observados gráficamente en la Figura 3-1, donde se puede apreciar las diferentes tipologías de agentes según sus capacidades, ejemplos de vectores de capacidades de cada tipología de agente, la función que cumplen en el Sistema de Innovación según sus capacidades, los diferentes vínculos que se pueden generar, el Costo de Transacción que se asigna a cada vínculo, y cómo esta relación contingente entre agentes puede aprovechar Oportunidades de Innovación que están presentes en el Entorno Competitivo mediante la innovación en producto, proceso, método de mercadeo u organizacional. A continuación se introduce cada uno de los supuestos:

### 3.3.1 Oportunidades de innovación y entorno competitivo

Las Oportunidades de Innovación del Entorno Competitivo son las que activan el proceso de innovación. Siendo precisamente este comportamiento el que le otorga al modelo un enfoque de jalonamiento del mercado (*market-pull*) presente en los modelos de innovación a partir de la segunda generación (Rothwell, 1994), marcando una diferencia importante con el modelo *SKIN* y su limitación al respecto.

**Figura 3-1:** Modelo Conceptual



**Notas:**

- ↔ Vínculos con costos de transacción bajos
- · — · Vínculos con costos de transacción medios
- Vínculos con costos de transacción altos

**Capacidades de innovación resaltadas:** Las que tipifican al agente

Estas Oportunidades de Innovación poseen un Vector de Atributos que consta de seis posiciones ( $VA = [a_1 a_2 a_3 a_4 a_5 a_6]$ ); cada posición significa la capacidad que se requiere para satisfacer dicho atributo; numerando las posiciones de izquierda a derecha, el atributo requiere para ser satisfecho capacidades de: 1) investigación, 2) desarrollo, 3)

difusión, 4) vinculación, 5) producción y 6) mercadeo; cada posición puede poseer una magnitud de cero a nueve, significando el cero que no se requiere ninguna capacidad y nueve simboliza que se requiere en esa posición una capacidad máxima o en la frontera de la tecnología para satisfacer el atributo. Las Oportunidades de Innovación también poseen una volatilidad ( $v$ ) que representa el tiempo que permanecen en el sistema sin que sean aprovechadas antes de desaparecer, mostrando cómo las Oportunidades de Innovación pueden migrar a otros sistemas y se desaprovechan por falta de capacidades. Por otra parte, las Oportunidades de Innovación también poseen un ciclo de vida, el cual determina el tiempo en el que entregan a los agentes sus beneficios, siguiendo un comportamiento *gaussiano* característico de las curvas de difusión de las innovaciones (Rogers, 2003).

### 3.3.2 Agentes competidores

Los agentes competidores del Sistema de Innovación, buscan aprovechar las Oportunidades de Innovación del Entorno Competitivo por ellos mismos o mediante la interacción con otros agentes; esto lo hacen a través de su Vector de Capacidades ( $VC$ ) que consta de seis posiciones, al igual que el Vector de Atributos de las Oportunidades de Innovación ( $VC = [c_1 c_2 c_3 c_4 c_5 c_6]$ ). La forma en que aprovechan las Oportunidades de Innovación es de la siguiente manera: primero buscan suplir los atributos explotadores (mercadeo y producción) y por último los exploradores (desarrollo e investigación), siguiendo la orientación a suplir necesidades de corto plazo por parte de los agentes explotadores y de largo plazo de los agentes exploradores expuestos en el ciclo de exploración-explotación de Gilsing y Nooteboom (2006).

### 3.3.3 Búsqueda

La búsqueda de agentes por parte las Oportunidades de Innovación para ser aprovechadas se inicia por localización y luego por el nivel de sus capacidades. De forma similar, cuando un agente logra identificar una oportunidad de innovación y no es capaz por él mismo de aprovecharla, inicia la búsqueda de otro agente, primero por localización y después por complementariedad en sus capacidades. Este supuesto le da importancia a la localización geográfica sin ser un limitante como pasa en el modelo de híper-ciclos. En esta dirección, se está introduciendo una limitación a la racionalidad de los agentes, pues estos no buscan al agente que complemente óptimamente la necesidad de

capacidades, sino al que esté más cercano, que al menos tenga una capacidad igual o superior a la requerida por la oportunidad de innovación. Con este supuesto se supera el limitante de racionalidad perfecta identificada en el modelo *SSR/IS*.

### 3.3.4 Co-evolución

La co-evolución de los agentes se presenta en la acumulación o des-acumulación de las capacidades que se da gracias al aprendizaje o des-aprendizaje que se presenta por la interacción (*by-interacting*) y por el hacer (*by-doing*) (Lundvall, 2007). Gracias a que las capacidades son dinámicas, se puede decir que la variación en ellas es intencional (Helfat et al., 2007), lo que quiere decir que cuando los agentes aprovechan las Oportunidades de Innovación, ya sea de forma individual o mediante la interacción con otros, las capacidades que se están usando se acumulan y las que no se des-acumulan con un factor de aprendizaje y de des-aprendizaje que se establece para el sistema y depende de su marco contextual que acelera o restringe el aprendizaje (Lund, 2007).

Este contexto de aprendizaje planteado por Lund (2007), es donde puede tener efecto la política pública, tanto para promoverlo como para restringirlo; donde, las acciones encaminadas a promover el aprendizaje están relacionadas con: incrementar la interacción entre agentes y su entorno, definir estrategias dirigidas al desarrollo de nuevos productos, promover las actividades de prueba y error como parte del proceso, incentivar la gestión por proyectos, entre otros. Ahora, para evitar restringir el aprendizaje, es conveniente: eliminar las barreras que limiten la interacción entre agentes y su entorno, evitar las ambigüedades estratégicas, impedir los planes poco realistas, prescindir de rutinas obsoletas, disminuir la desconfianza, entre otros.

### 3.3.5 Recompensa

Cuando los agentes logran aprovechar una oportunidad de innovación se benefician de ella de acuerdo a su aporte y a la magnitud de los atributos presentes en el Vector de Atributos y al ciclo de vida de la innovación. Esta recompensa la reciben los agentes competidores que primero logran aprovechar la oportunidad de innovación. Por este supuesto es que se considera que los agentes están en un ambiente competitivo que solo premia a aquellos que con sus capacidades logran obtener una ventaja competitiva (Prahalad & Hamel, 1990).

### 3.3.6 Muerte de los agentes

Los agentes cuentan con un stock de excedentes que los mantiene vivos, el cual se incrementa con los beneficios otorgados por las Oportunidades de Innovación aprovechadas y disminuye por los costos de mantenimiento de las capacidades y por los Costos de Transacción involucrados en las interacciones con otros agentes. Al final de cada período, los agentes que tengan un stock de excedentes igual o menor a cero morirán.

### 3.3.7 Costos de Transacción

Los Costos de Transacción se presentan por las brechas que existe entre los agentes que están interactuando (Batterink et al., 2010). Sin embargo, algunos agentes con capacidades de difusión y vinculación logran cerrar estas brechas como es el caso de los intermediarios de innovación. Por lo anterior, a la tipología de agentes que se aprecia en la Figura 3-1 y a sus relaciones se les asigna un Costo de Transacción bajo, medio o alto, así:

- *Bajo*: Entre agentes del mismo tipo (explorador-explorador, explotador-explotador, etc), agentes que interactúen con un intermediario (explorador-intermediario, explotador-intermediario, etc), agentes que interactúan con un agente que contenga las capacidades de su mismo tipo más unas capacidades adicionales de difusión y vinculación (explorador-representante o gestor, explotador-introductor o portero).
- *Medio*: Entre agentes que poseen capacidades lejanas en las funciones del sistema de innovación, como son de generación y de uso del conocimiento, pero al menos uno de ellos contiene capacidades de la función de difusión (explorador-introductor o portero, explotador-representante o gestor, etc); agentes que comparten capacidades en una misma función pero uno de ellos también posee de otra alejada (explorador-ambidiestro, explotador-ambidiestro, etc); entre un intermediario y un agente de desarrollo incipiente por las bajas capacidades en todas las funciones del agente de desarrollo incipiente.
- *Alto*: Entre agentes con capacidades de funciones alejadas (explorador-explotador); entre cualquier agente, excepto un intermediario, y un agente de desarrollo incipiente dadas sus bajas capacidades de este último, y entre ambidiestros por sus pocas capacidades en la función de difusión.

### 3.4 Reglas de decisión

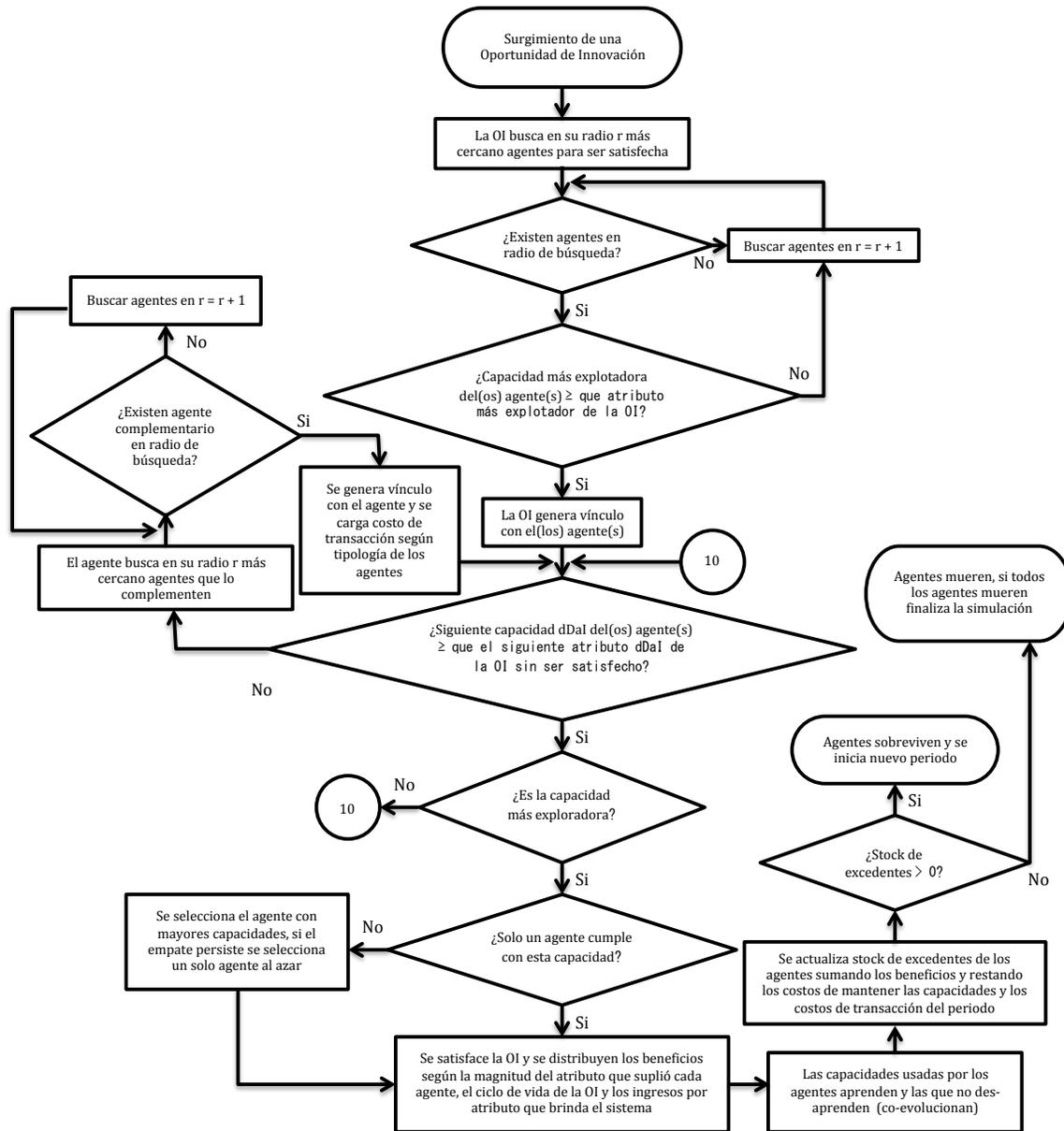
Las reglas de decisión del modelo de simulación se pueden apreciar en el diagrama de flujo presentado en la Figura 3-2, donde se puede apreciar cómo la localización juega un papel fundamental al ser la primera regla de búsqueda de agentes. Luego, la complementariedad en las capacidades es la regla que define si se realiza el vínculo o no. Esta búsqueda se rige por ir de la explotación a la exploración o de Derecha a Izquierda en el vector de atributos de las Oportunidades de Innovación (*dDaI*). Cada agente pertenecerá a una tipología de acuerdo a las capacidades con que cuente y esta tipología determina el Costo de Transacción que se presenta en cada vínculo entre agentes. Cuando una oportunidad de innovación es aprovechada, esta reparte unos beneficios entre los agentes o agente que suplieron sus atributos de acuerdo a la capacidad que involucró y a la magnitud de cada atributo y el ciclo de vida de la innovación. Estos beneficios se suman al stock de excedentes de cada agente por período, al cual se le restarán los costos de mantener las capacidades y los Costos de Transacción de cada uno de los vínculos. Los agentes que deterioren su stock de excedentes hasta cero morirán y desaparecerán del sistema. Los agentes que suplan una la oportunidad de innovación aprenden acumulando las capacidades que utilizaron y des-acumulan las que no mediante el des-aprendizaje.

- **Localización:** Es la regla que le indica a las Oportunidades de Innovación y a los agentes con qué prioridad deben hacer la búsqueda de agentes para realizar los enlaces.

Esta búsqueda se inicia por localización y luego por comparación de los atributos de las Oportunidades de Innovación con las capacidades de los agentes. Este comportamiento ocasiona que, cuando un agente logra identificar una oportunidad de innovación y no es capaz por él mismo de suplirla, debido a que no cumple con todas las capacidades en todas las posiciones que satisfagan los atributos de la oportunidad de innovación, entonces inicia la búsqueda de otro agente, primero por localización y después por complementariedad en sus capacidades. En esta dirección, se está introduciendo una limitación a la racionalidad de los agentes, pues estos no buscan el agente que complemente óptimamente la necesidad de

capacidades, sino al que esté más cercano, que al menos tenga una capacidad igual o superior a la necesidad de la oportunidad de innovación.

**Figura 3-2:** Diagrama de flujo del modelo



- **Complementariedad:** Esta regla es la que define si se realiza el vínculo o no.

Los agentes existentes en el mundo virtual buscan aprovechar las Oportunidades de Innovación del Entorno Competitivo, ya sea por ellos mismos o mediante la

interacción con otros agentes. Éste grupo de agentes del mundo virtual está formado por un grupo de organizaciones e instituciones, públicas y privadas, involucradas directamente en el proceso de innovación que se distribuyen en varios subgrupos: los agentes explotadores, los agentes exploradores, los agentes intermediarios de innovación y las combinaciones entre estos tipos de agentes, y por las relaciones que establecen entre ellos.

- **De explotación a exploración:** Es la regla de búsqueda de agentes para suplir las Oportunidades de Innovación y de agentes complementarios, que va de la explotación a la exploración o de Derecha a Izquierda.
- **Clasificación o tipología de los agentes competidores:** Es la regla que clasifica a cada agente y lo matricula en una tipología de acuerdo a las capacidades con que cuenta, es de anotar que esta tipología determina el Costo de Transacción que se presenta en cada vínculo entre agentes.
- **Asignación de beneficios:** La regla de repartir los beneficios entre los agentes que aprovechan las Oportunidades de Innovación, tiene en cuenta la capacidad que involucró cada agente y la magnitud de cada atributo del Vector de Atributos, así como el ciclo de vida de la innovación.

El ciclo de vida determina el período de tiempo que el Entorno Competitivo premia a los agentes que aprovechen una oportunidad de innovación, mediante el otorgamiento de los beneficios, donde la magnitud con que se entregan los beneficios en el tiempo sigue un comportamiento gaussiano.

- **Acumulación del stock de excedentes:** Esta regla operativa permite que los beneficios se sumen al stock de excedentes de cada agente por período, al cual se le restan los costos de mantener las capacidades y los Costos de Transacción de cada uno de los vínculos.
- **Supervivencia de los agentes:** La regla de supervivencia dice que los agentes que lleguen a tener un stock de excedentes igual o menor a cero morirán y desaparecerán del sistema.

- **Aprendizaje:** La regla de aprendizaje sigue la siguiente lógica: los agentes que aprovechan una oportunidad de innovación aprenden acumulando las capacidades que utilizaron y des-acumulan en las que no mediante el des-aprendizaje.

El modelo *operacionaliza* las dinámicas de aprendizaje observadas desde la perspectiva del crecimiento de las firmas a partir de sus recursos (*Resource Based View*) (Penrose, 1959; Wernerfelt, 1984; Barney, 1991) y las capacidades (Teece & Pisano, 1994; Teece et al., 1997; Bell, 1984), representando la posibilidad de competir a los agentes a partir de ciertas capacidades distintivas o competencias nucleares (Prahalad & Hamel, 1990).

Teniendo en cuenta que el aprendizaje se manifiesta en las cercanías de las actividades previas de las firmas (Teece, 1988), el modelo considera que aquellos agentes que utilicen sus capacidades reforzarán éstas gracias a la experiencia y al premio o recompensa otorgado por el Entorno Competitivo; de igual forma, aquellas capacidades no utilizadas se debilitarán hasta que el agente las pierda. En otras palabras, se evidencia el aprendizaje por el hacer (*learning-by-doing*).

### 3.5 Parámetros

Los parámetros del modelo que deben definirse para poder realizar las simulaciones son los siguientes:

- **Número inicial de Oportunidades de Innovación:** Este parámetro es el número de Oportunidades de Innovación iniciales en el modelo, estas representan la cantidad de innovaciones que requiere el Entorno Competitivo, se asume que a mayor cantidad de Oportunidades de Innovación el Entorno Competitivo es más rico y está más dispuesto a premiar a los agentes que innoven. En el modelo, las Oportunidades de Innovación nacen con Vector de Atributos de seis posiciones con magnitud aleatoria de cero a nueve cada una; de igual manera, la ubicación geográfica también se asigna de forma aleatoria al surgir las Oportunidades de Innovación en el Entorno Competitivo.

- **Número inicial de agentes competidores:** Este parámetro representa el número de agentes competidores iniciales del sistema, los cuales nacen con Vector de Capacidades de seis posiciones con magnitud aleatoria de cero a nueve cada una; de igual manera, la ubicación geográfica también se asigna de forma aleatoria al surgir el agente competidor. La tipología del agente la define la magnitud de las capacidades en cada posición, lo que quiere decir que en el modelo la tipología del agente se asigna de manera aleatoria.
- **Tasa de nacimiento de las Oportunidades de Innovación:** Esta rata significa la renovación por período de las Oportunidades de Innovación del Entorno Competitivo. De forma similar al número de Oportunidades de Innovación, esta variable depende de qué tan dinámico o no sea el Entorno Competitivo.
- **Factor de aprendizaje:** Este factor significa la velocidad a la que los agentes del sistema son capaces de acumular capacidades. Este parámetro afecta la Ecuación (3.1), donde:  $K$  es la magnitud o valor máximo que puede tomar la capacidad,  $\gamma$  denota el factor de aprendizaje, y  $t$  es el tiempo de uso de la capacidad:

$$\frac{K}{1 + e^{-\gamma t}} \quad (3.1)$$

- **Factor de des-aprendizaje:** De forma similar al factor anterior, denota la velocidad a la que los agentes del sistema des-acumulan capacidades. Este parámetro afecta la Ecuación (3.2), donde:  $K$  y  $t$  significan lo mismo que en la Ecuación 1 y  $\delta$  denota el factor de des-aprendizaje:

$$\frac{K}{1 + e^{\delta t}} \quad (3.2)$$

- **Stock de excedentes máximo:** Este parámetro se puede considerar como los recursos económicos máximos con los que puede nacer un agente en el sistema, siendo este recurso el que le permite sobrevivir. Este valor se actualiza cada período para cada agente y para el sistema aplicando la Ecuación (3.3), donde:  $SE_t$  es el stock de excedentes del sistema en el período  $t$ ,  $SE_{t-1}$  es el stock de excedentes del sistema en el período  $t-1$ ,  $B_t$  son los beneficios del sistema en el período  $t$ ,  $C_t$  es el

costo de mantenimiento de las capacidades del sistema en el periodo  $t$ , y  $CT_t$  son los Costos de Transacción del sistema en el período  $t$ .

$$SE_t = SE_{t-1} + B_t - C_t - CT_t \quad (3.3)$$

- **Tiempo máximo de ciclo de vida de las innovaciones:** Las Oportunidades de Innovación nacen con un  $t_{ilc}$ , el cual significa el tiempo en que se benefician los agentes que aprovechen las Oportunidades de Innovación. Al inicio del modelo de simulación se asigna el tiempo máximo y se establece aleatoriamente un valor a cada oportunidad de innovación que surge en el Entorno Competitivo, desde uno hasta el valor máximo asignado.
- **Volatilidad máxima de las Oportunidades de Innovación:** Se asigna un tiempo máximo en el que las Oportunidades de Innovación permanecen en el Entorno Competitivo sin ser satisfechas; luego de este período las Oportunidades de Innovación desaparecen. En el modelo de simulación se asigna la volatilidad máxima en años y se establece aleatoriamente un valor a cada oportunidad de innovación que surge en el Entorno Competitivo, desde uno hasta el valor máximo asignado.
- **Ingreso por atributo:** Este parámetro asigna el premio que brinda el Entorno Competitivo para cada posición del vector de atributos de las Oportunidades de Innovación. La magnitud de los atributos por posición y el  $t_{ilc}$  se relacionan para calcular los beneficios por período mediante la Ecuación (3.4), donde  $B_{kt}$  es el beneficio por atributo en un período,  $t$  es el período en el que se encuentra el  $t_{ilc}$ ,  $k$  es la posición en el vector,  $IA_k$  denota el ingreso del vector de atributos en la posición  $k$  del vector de atributos,  $PA_k$  es la magnitud del vector de atributos en la posición  $k$  del vector de atributos,  $\mu$  es la media de la función gaussiana (para el modelo tendrá un valor de  $t_{ilc}/2$ ) y  $\sigma$  es la desviación estándar (para el modelo tendrá un valor de  $t_{ilc}/6$ ) de la función gaussiana del  $t_{ilc}$ :

$$B_{kt} = IA_k * PA_k * e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (3.4)$$

- **Costo por capacidad:** Es el parámetro que ejemplifica que tan costoso es el mantenimiento de cada tipo de capacidad de un Vector de Capacidades de un agente. El costo de mantenimiento de un vector de capacidades (CCV) se calcula

usando la Ecuación (3.5), donde  $k$  es la posición en el Vector de Capacidades de un agente,  $m$  es la cantidad de posiciones del vector,  $CC_k$  denota el costo generado para sostener una capacidad en una posición  $k$  en un periodo de tiempo,  $PC_k$  es la magnitud del vector de capacidades en la posición  $k$  de un agente y  $CCV$  es el costo de mantenimiento del vector de capacidades del agente.

$$\sum_{k=1}^m CC_k PC_k = CCV \quad (3.5)$$

- **Costo de transacción:** Se asignan tres niveles de costo al inicio de la simulación: bajo, medio y alto, los cuales se asignan a cada vínculo entre agentes según el tipo de agente, como ya se explicó anteriormente.

### 3.6 Parametrización

A continuación se eligen los valores para los parámetros del modelo, los cuales serán la base desde la que se realizarán las simulaciones de los diferentes escenarios que permitirán hacer un análisis del impacto de los intermediarios en el desempeño del Sistema de Innovación.

Los valores de los parámetros del modelo y la lógica para definirlos se pueden apreciar en la Tabla 3-1.

### 3.7 Verificación del modelo

Según Sargent (2005), la verificación del modelo busca asegurar que la implementación del programa informático del modelo computarizado sea correcto, es decir, que no contenga errores de programación. Para lograr esto se aplica la técnica de validación de trazas, la cual consiste en un seguimiento de los comportamientos de las entidades a través de cada submodelo y del modelo general, con el fin de determinar si los supuestos y reglas definidas si se están cumpliendo.

**Tabla 3-1:** Parámetros, sus valores y lógica para definirlos

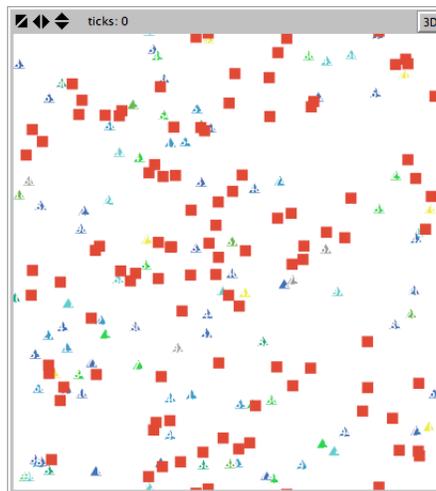
| Parámetro  | Valor     | Observación   |
|--|-----------|---|
| Número inicial de <i>OI</i>                        | 100       | Valor que se iguala al número de agentes iniciales para analizar que tanto influyen en su supervivencia y como se comporta esta cantidad en el tiempo.  |
| Número inicial de agentes competidores             | 100       | Igual al número de <i>OI</i> para ver que tan eficientes son para suplir las necesidades del <i>EC</i> y que porcentaje es capaz de sobrevivir en el tiempo.  |
| Tasa de nacimiento de las <i>OI</i>                | 18%       | Este valor fue elegido después de varias simulaciones, siendo el porcentaje mínimo de renovación de las <i>OI</i> para tener un mundo estable en el tiempo, pues se requiere reemplazar a las <i>OI</i> que mueren por no ser suplidas ( <i>v</i> ) y las que cumplen con su ciclo de vida.   |
| Tasa de nacimiento de los agentes                  | 4%        | Este valor equivale al emprendimiento que existe en el sistema, el valor de 4% significa que si en el sistema el 25% de los 100 agentes competidores iniciales sobreviven, puede haber una renovación de al menos un agente por período. El valor es congruente con la densidad de nuevas empresas mostrado por el grupo del Banco Mundial: Doing Business para el año 2012 (Doing Business, 2013), en el cual economías como Belice (4,31), Costa Rica (3,55), Perú (3,83) y Chile (5,69) tienen valores similares a el 4 utilizado; aunque hay otras muy por debajo como Argentina (0,47), Bolivia (0,56) y México (0,88); otras no tanto como Brasil (2,17), Colombia (2) y Uruguay (2,98); u otras muy por encima como Panamá (14,1).   |
| Factor de aprendizaje                              | 0,3       | Valor acorde con los resultados empíricos de los estudios del comportamiento de las capacidades tecnológicas realizados en Asia por Hobday (1997) y Kim (1997). El valor del factor que se acomoda a estos datos empíricos es el de 0,3 el cual significa que se puede llegar de una capacidad básica a una avanzada en 37 años, lo cual concuerda con los estudios antes mencionados.  |
| Factor de des-aprendizaje                          | 0,3       | Se le dio un valor igual al del aprendizaje para equilibrarlos en el sistema, pues no habría un argumento plausible para que fueran distintos.  |
| Stock excedentes máximo de                         | 270       | Se calculó el valor a partir del siguiente razonamiento: como las capacidades son asignadas aleatoriamente a todos los agentes en todas las posiciones con valores de cero (0) a nueve (9), las capacidades van a tener en promedio para los agentes el valor de 4,5, por lo que una magnitud de 4,5 por 6 capacidades de longitud del vector de capacidades da un valor de 27; este valor significa que si cada magnitud de capacidad tiene un costo de mantenimiento de uno (1), entonces 27 sería el costo total promedio de las capacidades en un período para un agente promedio. sin embargo, para el sistema estándar se considera el costo de mantenimiento de las capacidades de dos (2), por lo que el costo promedio de mantenimiento de un agente por período sería de $2 \times 27 = 54$ . Además de esto se le asigna aleatoriamente un stock de excedentes a cada agente, por lo que se debe de elegir el valor máximo de dicho stock, el cual se considera que debería de ser el valor de mantenimiento de un agente por cinco (5) años, ósea $54 \times 5 = 270$ . |
| Tiempo máximo de ciclo de vida de las innovaciones | 10        | Este valor se asigna a las <i>OI</i> de forma aleatoria, el valor máximo de 10 años limita la posibilidad de que algunos productos puedan tener una duración mayor en el mercado, sin embargo es poco probable dado el nivel de competencia de los sistemas económicos actuales.  |
| Volatilidad máxima de las <i>OI</i>                | 5         | Este valor también se adjudica de manera aleatoria y se selecciona un valor máximo de 5 años, este valor parece excesivo, sin embargo las necesidades latentes pueden durar mucho tiempo hasta que aparece una innovación que logre suplirla, por eso se seleccionó un valor de 5 años, que al ser aleatorio conlleva esa emergencia que se le quiere dar al modelo.  |
| Ingreso atributo por                               | 10        | Es importante que el valor del ingreso supere varias veces lo que cuesta mantener la capacidad, esto es indispensable para motivar a los agentes a competir por estos ingresos. El ingreso es 5 veces mayor al costo, sin embargo, se debe de tener en cuenta que muchas veces los agentes aprovechan <i>OI</i> con capacidades superiores a las necesidades o atributos, es por esto que se requiere, para que el modelo se equilibre, una diferencia de este estilo.  |
| Costo por capacidad                                | 2         | El valor se asigna mayor a 1 para poder a futuro hacer experimentos de política. Es de anotar que el valor tanto en los ingresos como en los costos se da igual en todas las posiciones, porque no existe argumentos para decir lo contrario y puede ser fuente de experimentos para un trabajo futuro.   |
| Costo de transacción: Bajos, Medios y Altos        | 1, 5 y 10 | Los valores se asignan calificando de uno (1) a diez (10) el <i>CT</i> que se genera en cada vínculo, dependiendo de la tipología de los agentes que lo forman, donde 1 es bajo, 5 es medio y 10 es alto.   |

La programación del modelo se realizó en la plataforma NetLogo 5.1.0, dicha programación consiste en la construcción de varios procedimientos, los cuales pueden ser observados en el Anexo C, se puede decir que dichos procedimientos son equivalentes a los submodelos a los que se les debe de hacer seguimiento para poder verificar el modelo. Por consiguiente, para aplicar la técnica de verificación, primero se nombra y revisa la lógica de cada procedimiento, y luego se comprueba si el comportamiento del modelo corresponde con el raciocinio del procedimiento:

### 3.7.1 Creación de Oportunidades de Innovación

En el procedimiento se plantea que aparezcan con una ubicación aleatoria en el Entorno Competitivo, con un Vector de Atributos de seis posiciones que tendrán una magnitud aleatoria de cero a nueve en cada posición, además de contar con unos tiempos de volatilidad y ciclo de vida aleatorios.

**Figura 3-3:** Distribución aleatoria de las Oportunidades de Innovación en el Entorno Competitivo.

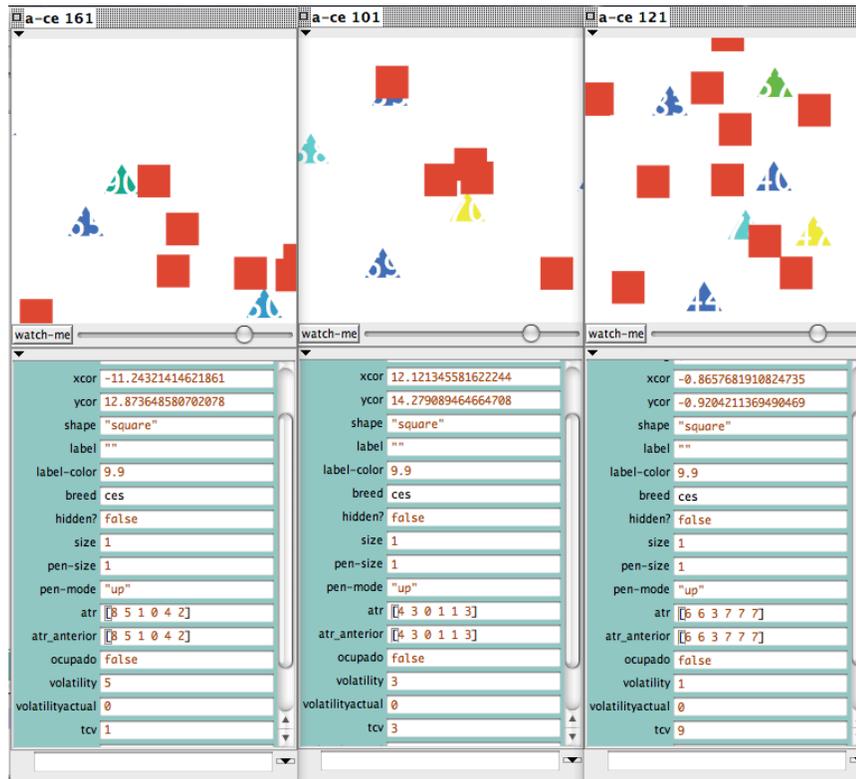


Fuente: Interfaz del modelo en NetLogo 5.1.0.

Al crear el micromundo se puede observar como las Oportunidades de Innovación se ubican de forma aleatoria en el Entorno Competitivo, tal como se puede apreciar en la Figura 3-3, donde las Oportunidades de Innovación son representadas por cuadrados rojos. De forma similar, al observar varias Oportunidades de Innovación (a-ce) en la Figura 3-4, se puede apreciar cómo están asignados sus atributos (atr) de forma

aleatoria, así como su volatilidad (volatility), ciclo de vida (tvc) y ubicación (xcor y ycor). Encontrándose que el procedimiento cumple con su finalidad.

**Figura 3-4:** Asignación aleatoria de magnitudes del Vector de Atributos, volatilidad y ciclo de vida de 3 Oportunidades de Innovación.



Fuente: Interfaz del modelo en NetLogo 5.1.0.

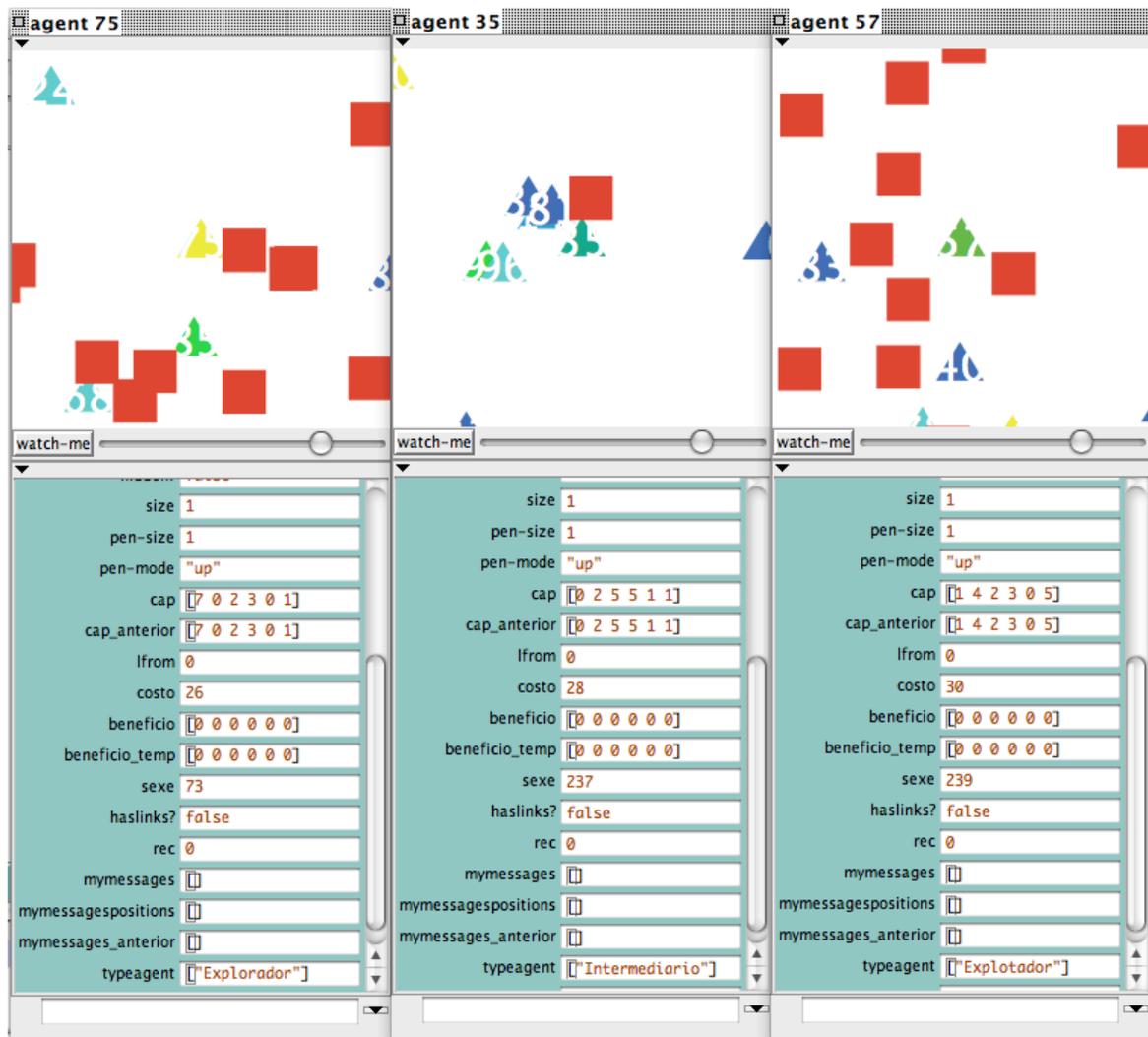
### 3.7.2 Creación de agentes competidores

En el procedimiento se plantea que aparezcan con una ubicación aleatoria en el Entorno Competitivo, con un Vector de Capacidades de seis posiciones que tendrán una magnitud aleatoria de cero a nueve en cada posición, además de contar con un stock de excedentes inicial, un costo de mantenimiento de sus capacidades y una tipología de agente según sus capacidades de innovación.

Al crear el micromundo se puede observar cómo los agentes competidores se ubican de forma aleatoria en el Entorno Competitivo, tal como se puede apreciar en la Figura 3-3, donde los agentes competidores son representados por triángulos y su tipología por el color de cada triángulo. De forma similar, al observar varios agentes competidores

(agent) en la Figura 3-5, se puede apreciar cómo están asignadas sus capacidades (cap) de forma aleatoria y de acuerdo a esta combinación de capacidades se tipifica el agente (typeagent), así como su costo de mantenimiento (costo) y su stock de excedentes (sexe). Hallándose que el procedimiento cumple con su finalidad y quedando verificado el procedimiento.

**Figura 3-5:** Asignación aleatoria de magnitudes del Vector de Capacidades y Stock de excedentes de tres agentes competidores.



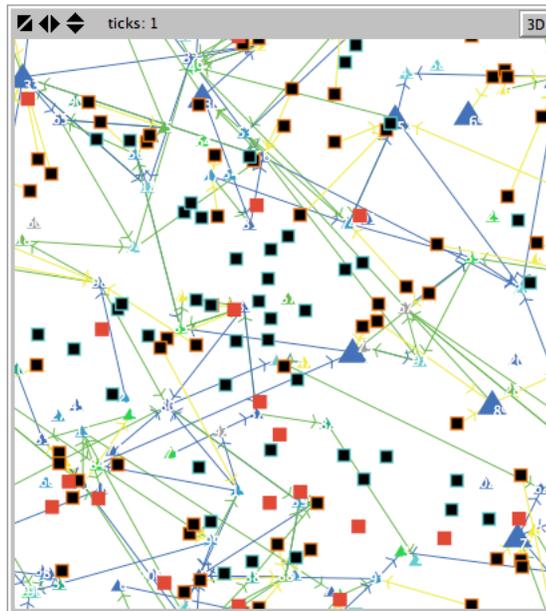
Fuente: Interfaz del modelo en NetLogo 5.1.0.

### 3.7.3 Creación de vínculos

Este procedimiento se crea con el propósito de hacer cumplir las reglas de localización y complementariedad, además de ordenar la búsqueda de agentes complementarios de Derecha a Izquierda.

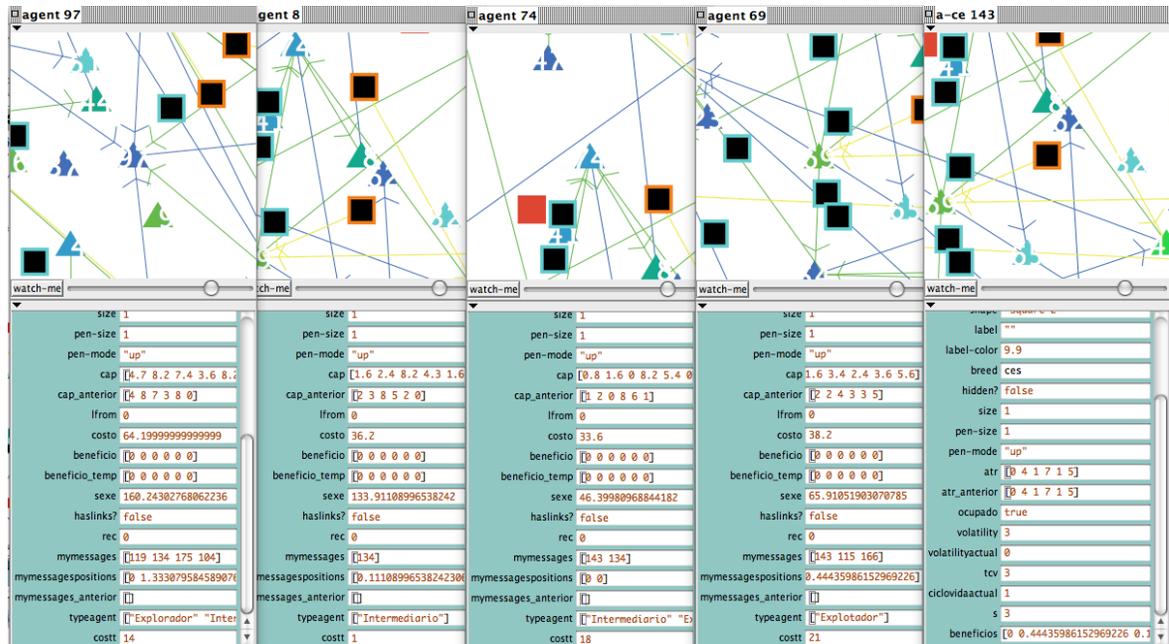
La conformación de vínculos se puede observar en la Figura 3-6, donde se aprecia la variedad de vínculos que se generan al seguir las reglas de localización, complementariedad y de Derecha a Izquierda. De forma complementaria se puede observar en la Figura 3-7, cómo se relacionan varios agentes competidores para aprovechar una oportunidad de innovación específica al utilizar sus capacidades de innovación: El vector de la oportunidad de innovación 143 (a-ce 143) es [0 4 1 7 1 5], el primer agente que hace contacto con él es el 69 (agent 69) el cual es un explotador con Vector de Capacidades [2 2 4 3 3 5], quien con su capacidad de mercadeo de 5 (posición 6 del Vector de Capacidades) es capaz de suplir el atributo 6 con magnitud de 5 de la oportunidad de innovación 143; de forma similar, la capacidad de producción del agente 69 (posición 5 del Vector de Capacidades) con magnitud de 3, es capaz de suplir el atributo 5 con magnitud 1 de la oportunidad de innovación; sin embargo, su capacidad de vinculación (posición 4 del Vector de Capacidades) es insuficiente, ya que la oportunidad de innovación requiere una capacidad de 7 en esa posición para ser aprovechada y el agente 69 solo cuenta con una capacidad de 3, por lo que inicia la búsqueda de un agente que lo complemente, primero por localización y luego por complementariedad. El agente 69 se vincula con el agente introductor 74 (agent 74) con Vector de Capacidades [1 2 0 8 6 1], el cual aporta la magnitud de 8 que tiene en la posición 4 (capacidad de vinculación) para poder aprovechar la oportunidad de innovación 143; luego el agente 74 debe de vincularse con otro agente que pueda suplir la posición 3 del Vector de Atributos de la oportunidad de innovación, ya que su magnitud es de cero en su capacidad de difusión (posición 3) y se requiere al menos de un 1. Es acá cuando se vincula con el agente intermediario 8 (agent 8) quien aporta esta capacidad. Quien, por último, debe encontrar otro agente que aporte las capacidades de investigación y desarrollo que hacen falta para aprovechar la oportunidad de innovación 143, por lo que se vincula con el agente integrado 97 (agent 97) que aporta sus capacidades de *I+D* (posiciones 1 y 2) de 4 y 8 respectivamente para suplir los atributos 1 y 2 del Vector de Atributos de la oportunidad de innovación 143 de 0 y 4 respectivamente. Del comportamiento anterior se puede verificar el buen funcionamiento de la creación de vínculos.

**Figura 3-6:** Vínculos entre Oportunidades de Innovación y agentes competidores.



Fuente: Interfaz del modelo en NetLogo 5.1.0.

**Figura 3-7:** Relacionamiento entre agentes competidores para aprovechar una oportunidad de innovación usando sus capacidades de innovación



Fuente: Interfaz del modelo en NetLogo 5.1.0.

### 3.7.4 Aprendizaje

El procedimiento tiene la función de hacer que los agentes aprendan, acumulando capacidades en las capacidades de innovación utilizadas, y des-aprendan, des-acumulando capacidades en las capacidades de innovación que no se utilizan. Este comportamiento hace que los agentes competidores co-evolucionen al aprovechar Oportunidades de Innovación por sí mismos o relacionándose con otros agentes competidores. Adicionalmente, se requiere que el aprendizaje o des-aprendizaje se comporte con un factor que asigna una velocidad a la acumulación o des-acumulación de la capacidad de acuerdo al nivel en que se encuentra en el momento de ser usada o no.

Este comportamiento se puede apreciar en la Figura 3-7, donde cada agente expone el comportamiento requerido de acuerdo a la utilización o no de sus capacidades: El agente 69 que usa su capacidad de mercadeo (posición 6), pasa de una magnitud de 5 (cap\_anterior) a una de 5,6 (cap) acumulando capacidades, similarmente sucede con su capacidad de producción (posición 5), pasando de 3 (cap-anterior) a 3,6 (cap). Mientras que su capacidad de vinculación (posición 4) que no es utilizada, pasa de una magnitud de 3 (cap-anterior) a 2,4 (cap) des-acumulando capacidades. De forma similar, se puede apreciar como todos los agentes que se vinculan para aprovechar la oportunidad de innovación 143 aprenden y des-aprenden en las capacidades que usan y en las que no. También se puede ver el efecto del factor de aprendizaje y la magnitud de las capacidades, por ejemplo en el caso del agente 74 que aporta su capacidad de vinculación (posición 4) de 8 (cap\_anterior), aprende y pasa a ser de 8,2 (cap), aumentando en un 0,2 su magnitud, mientras que como se vio en el caso del agente 69, en la capacidad de mercadeo aumento en 0,6, demostrando el comportamiento en S de la curva de aprendizaje, donde mientras más cerca se este de 0 o 9 en la magnitud de la capacidad, la velocidad del cambio es menor, mientras que al estar más alejado de los valores extremos, el cambio es mayor. Quedando verificado el aprendizaje que se quiere de los agentes competidores.

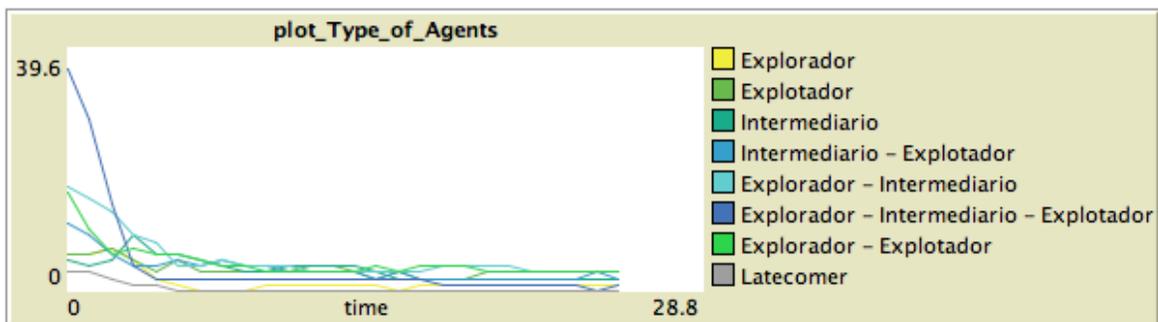
### 3.7.5 Co-evolución

Gracias al aprendizaje y des-aprendizaje que genera acumulación o des-acumulación de capacidades respectivamente, los agentes cambian al aprovechar las Oportunidades de

Innovación y al interactuar con otros agentes; esto se debe ver reflejado en la tipología de agentes y en las capacidades presentes en el micromundo.

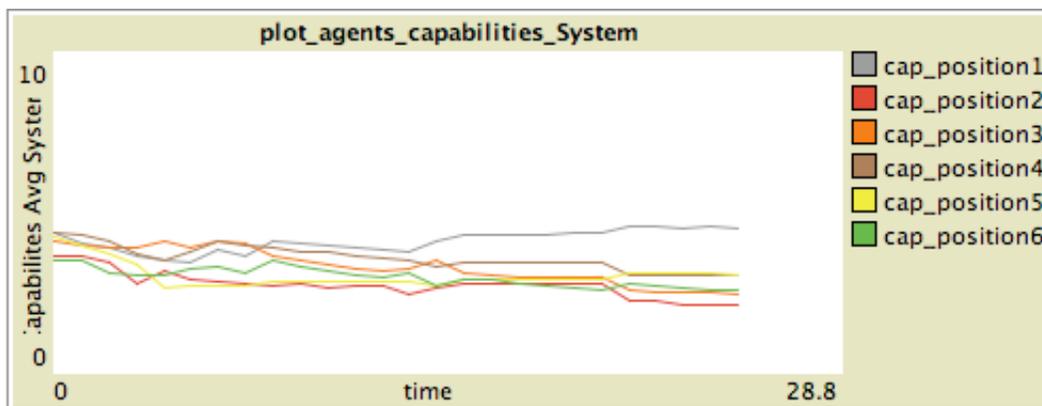
Este comportamiento de co-evolución, que ya se evidenció en el aprendizaje individual de los agentes en el apartado anterior, también se puede apreciar en el comportamiento agregado del sistema, el cual se puede apreciar en la Figura 3-8, donde se presenta el comportamiento del número de agentes competidores de cada tipo en cada período, lo que muestra cómo no es constante por varios motivos: el aprendizaje, la muerte y el nacimiento de agentes; sin embargo, con respecto a la co-evolución, se observa que en períodos donde el número de agentes se mantiene constante, la tipología cambia por causa de la co-evolución de estos agentes. Ahora, en la Figura 3-9, se puede apreciar también cómo varía cada capacidad promedio presente en el micromundo, demostrando que la co-evolución se está presentando adecuadamente y queda verificada.

**Figura 3-8:** Número de agentes competidores por cada tipología.



Fuente: Interfaz del modelo en NetLogo 5.1.0.

**Figura 3-9:** Capacidades promedio de los agentes competidores del sistema.



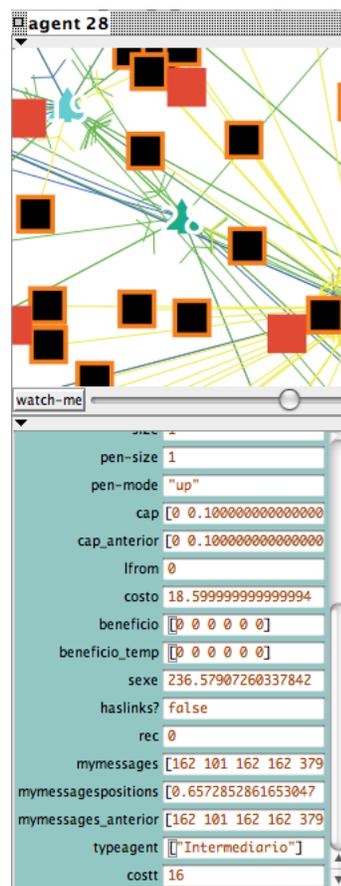
Fuente: Interfaz del modelo en NetLogo 5.1.0.

### 3.7.6 Desempeño del sistema

El modelo debe de tener la capacidad de presentar cuáles agentes competidores ganan y cuáles pierden, así como el comportamiento agregado de los agentes. Como lo que se busca es simular un Sistema de Innovación, es vital poder presentar el comportamiento innovador del sistema; también, se supone que un Sistema de Innovación debe mostrar un buen desempeño económico, siendo importante que el sistema pueda demostrar este comportamiento.

De forma individual, tal como se ve en la Figura 3-10, cada agente competidor muestra en cada período su stock de excedentes (sexe), el costo de mantenimiento de sus capacidades (costo), los beneficios que obtiene de cada Oportunidades de Innovación que está aprovechando (mymessagespositions) y los Costos de Transacción (costt), en este caso se presentan los del agente 28 (agent 28).

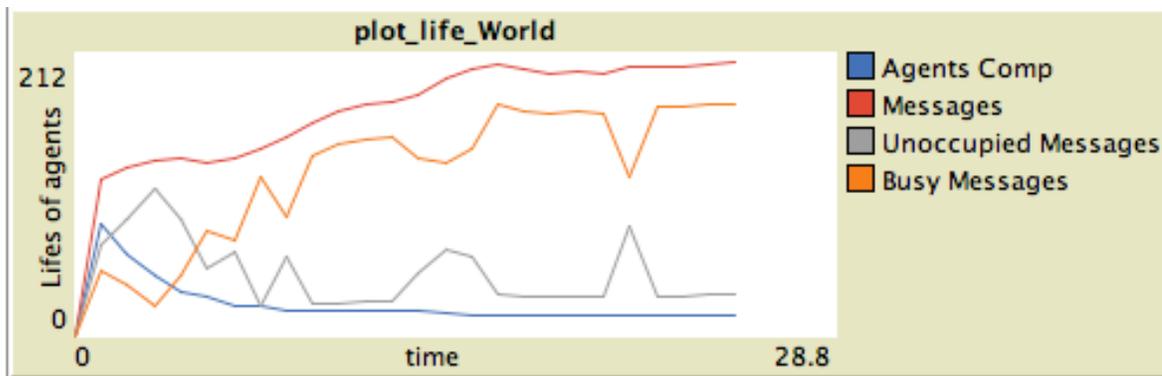
**Figura 3-10:** Desempeño individual del agente 28 después de 25 períodos



Fuente: Interfaz del modelo en NetLogo 5.1.0.

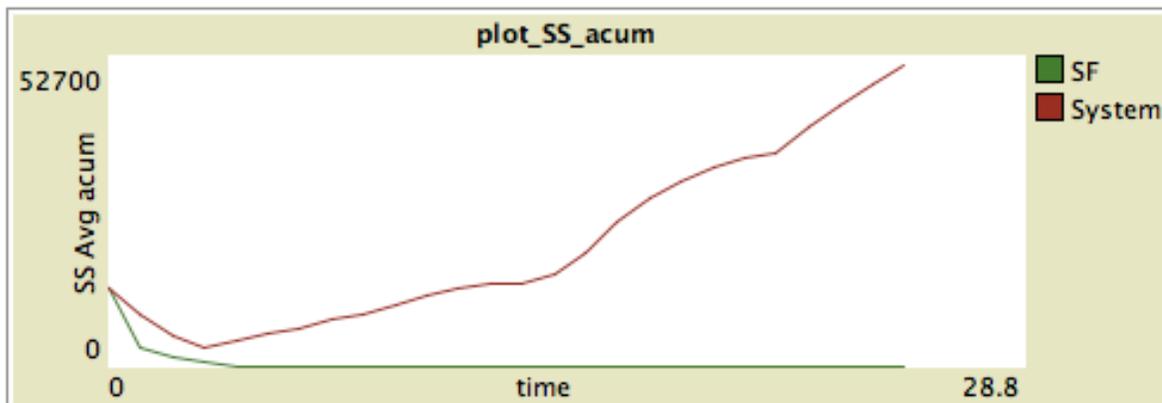
De forma agregada, como se muestra en la Figura 3-11, se puede ver el número de agentes que sobrevive en el micromundo después de 25 períodos (curva azul), el número de Oportunidades de Innovación existentes en el Entorno Competitivo (curva roja) y el número de Oportunidades de Innovación que son aprovechadas por los agentes (curva naranja), lo que muestra el desempeño innovador del sistema. Mientras que la Figura 3-12, muestra el desempeño económico del sistema, mostrando el stock de excedentes acumulados en el sistema de innovación después de 25 períodos (curva roja), donde al comparar las dos gráficas, se ve cómo al ser un sistema que aprovecha las Oportunidades de Innovación se obtiene un crecimiento económico en el tiempo. De esta forma se verifica el comportamiento del desempeño del sistema.

**Figura 3-11:** Número de agentes competidores, Oportunidades de Innovación y Oportunidades de Innovación aprovechadas por los agentes.



Fuente: Interfaz del modelo en NetLogo 5.1.0.

**Figura 3-12:** Desempeño económico del sistema.



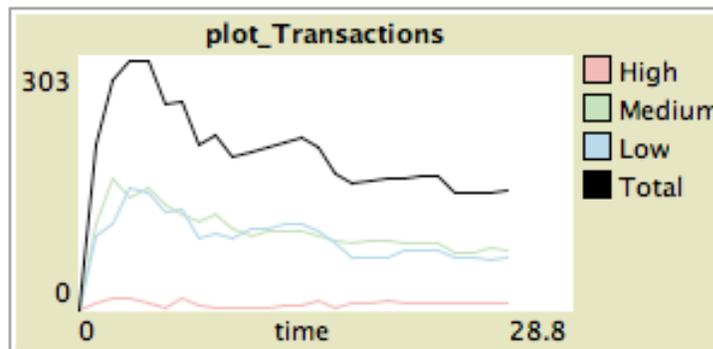
Fuente: Interfaz del modelo en NetLogo 5.1.0.

### 3.7.7 Costos de Transacción

Estos Costos de Transacción además de afectar el comportamiento individual y agregado visto anteriormente, también es importante observarlo por separado, con el fin de analizar posibles comportamientos emergentes provocados por los intermediarios y por las capacidades con que cuenta el micromundo.

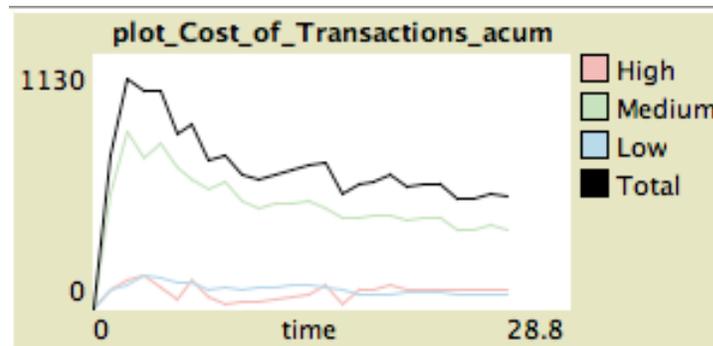
En la Figura 3-13, se puede observar el número y tipo de vínculos presentes en el micromundo en cada período; la tipología de los vínculos pueden tener Costos de Transacción bajos (Low), medios (Medium) y altos (High). De forma similar, en la Figura 3-14 se muestra el cálculo de los costos de transacción bajos, medios, altos y totales, presentes en el sistema en cada período. De esta manera queda verificado el comportamiento esperado de los costos de transacción.

**Figura 3-13:** Número y tipo de vínculo o transacciones del sistema.



Fuente: Interfaz del modelo en NetLogo 5.1.0.

**Figura 3-14:** Magnitud de los Costos de Transacción del sistema.



Fuente: Interfaz del modelo en NetLogo 5.1.0.

### 3.8 Síntesis

Con el enfoque metodológico de la *MBA* y considerando los sistemas de innovación como *SCA*, el modelo conceptual construido demuestra potencial para explicar cómo los agentes competidores, mediante sus propias capacidades de innovación o interactuando con agentes competidores que poseen capacidades complementarias, aprovechan Oportunidades de Innovación del Entorno Competitivo. Además, el modelo está en capacidad de mostrar cómo dichas interacciones entre agentes intermediarios, exploradores, explotadores y sus diferentes combinaciones, se ven afectadas por Costos de Transacción que dependen de las capacidades de difusión y vinculación de los agentes que interactúan.

Se cimentaron los elementos necesarios para realizar la programación de un *MBA* que permita identificar la atribución de los intermediarios en los sistemas de innovación. Al estar integrados en un modelo conceptual, estos elementos posibilitan hacer análisis comparativos, dinámicos y longitudinales, con los cuales se está en capacidad de examinar el impacto de los intermediarios en el desempeño y conformación del Sistema de Innovación. Para cumplir con lo anterior, el modelo de simulación tiene la capacidad de recrear diferentes escenarios que permiten analizar al intermediario como posible punto de apalancamiento que genere un desempeño diferenciado en el Sistema de Innovación.

El paso a seguir es el de realizar la validación del modelo, para luego analizar los comportamientos de los diferentes escenarios que se diseñen para explicar el impacto de los intermediarios en el Sistema de Innovación.



## 4. Validación conceptual y operacional del modelo

### 4.1 Introducción

El primer elemento que se debe tener en cuenta para validar cualquier modelo es el propósito del mismo; en este caso, la razón de ser del modelo es ayudar al entendimiento del fenómeno de la intermediación en los sistemas de innovación, mediante el análisis del impacto de estos agentes en el desempeño del Sistema de Innovación.

Luego de tener claridad en el propósito del modelo se puede proceder con su validación. Al respecto, se encuentra que existen varios paradigmas para el proceso de validación del modelo; para este caso se decide seguir la recomendación de Sargent (2005) de realizar un proceso simplificado, en el cual se requiere realizar dos validaciones: una del modelo conceptual y otra operacional. Adicionalmente, Sargent (2005) describe varias técnicas de validación y recomienda que al menos dos técnicas se deben de usar en cada validación. A continuación se procede a realizar las validaciones del modelo conceptual en el apartado 4.2 y del modelo operacional en el apartado 4.3.

### 4.2 Validación conceptual

Para validar el modelo conceptual las dos técnicas de validación que se utilizarán son: 1) *El método histórico del racionalismo*, donde se busca comprobar que los supuestos subyacentes de un modelo son ciertos; esto se hace a partir de premisas que se desprenden de deducciones lógicas, basadas en la teoría, para desarrollar el modelo válido. 2) *La aproximación histórica amigable*, donde el enfoque utiliza los estudios de casos históricos específicos de una industria para los parámetros, interacciones y reglas de decisión de los agentes del modelo; en este enfoque un *buen* modelo es el que puede generar múltiples hechos estilizados observados en una industria, orientándose específicamente al comportamiento, reglas de decisión y las interacciones de los agentes

y el entorno en el que operan; esta técnica se basa principalmente en relatos, siendo lo ideal tener varios relatos o casos.

Específicamente, para la aproximación histórica amigable, se va a utilizar la base conceptual del proyecto de investigación titulado "Mejorando la Administración del Conocimiento en el Sistema de Innovación Agropecuario mediante el Fortalecimiento de las Capacidades de las Fundaciones Produce, el SNITT e Institutos de Investigación", realizado en la Universidad Autónoma Metropolitana-Xochimilco y financiado por el Fondo Sectorial SAGARPA-CONACYT (Núm. 2006-C01-48511). El equipo estuvo conformado por los investigadores Alexandre O. Vera-Cruz, René Caballero, Alma Rocha, Gabriela Dutrénit, y Javier Ekboir. De este proyecto se desprenden varios estudios de casos que facilitan la aplicación de la técnica y todos ellos tienen un mismo sustento teórico, siendo este último utilizado para esta validación conceptual.

En la aplicación de las dos técnicas de validación elegidas se busca legitimar los supuestos y las reglas de decisión utilizadas en el modelo conceptual. Entonces, a continuación se especifican los supuestos y las reglas de decisión, con su respectiva validación a partir del *método histórico del racionalismo* y de la *aproximación histórica amigable*.

### **4.2.1 Supuestos**

La descripción de los supuestos se pueden observar en el capítulo 3, en este apartado se hace énfasis en la validación de ellos por las técnicas elegidas.

#### **Oportunidades de innovación:**

*Método histórico del racionalismo:* El modelo se apoya en un enfoque de jalonamiento del mercado (*market-pull*) presente en las generaciones de modelos de innovación descritos por Rothwell (1994), donde se aplica este enfoque desde la segunda hasta la quinta generación; siendo también uno de los pilares del mercadeo desde la "Miopía del Marketing" de Levitt (1960).

*Aproximación histórica amigable:* Este supuesto tiene relación con la siguiente afirmación: "Las empresas son hoy la mayor fuente de innovaciones" (Ekboir et al., 2006,

p. 230), donde parte de su éxito depende “de su capacidad interna de aprovechar las oportunidades económicas y tecnológicas” (Ekboir et al., 2006, p. 230).

Ahora, con respecto al intermediario de innovación, que en este caso son las Fundaciones Produce (*FP*), según se puede extraer del proyecto de investigación utilizado para la validación histórica amigable, estas *FP* han inducido cambios en el Sistema de Investigación Agropecuario en México, en especial al generar esquemas para transformarlo de un sistema dirigido por la oferta a uno más dirigido por las demanda de los productores agrícolas y pecuarios.

De lo anterior, se puede observar cómo el Entorno Competitivo se ha convertido en un actor importante en la transformación del sector agropecuario, cuyas Oportunidades de Innovación incluyen estándares de calidad, especificaciones sanitarias y características de los envases, entre otros, dándole a las Oportunidades de Innovación unos atributos explícitos. Estas transformaciones le Implican a la mayoría de los agricultores una inversión en maquinaria y equipo, el uso de servicios especializados, estandarización de prácticas, incorporación de nuevas tecnologías y más recientemente, agricultura de precisión (Echenique, Jordán, & Gómez, 2007). Todo lo anterior se puede Traducir en capacidades necesarias para cumplir con los requerimientos de estas Oportunidades de Innovación, donde estas capacidades las deben de acumular los agentes productores o buscar otros agentes que las puedan complementar. De lo anterior, en la mayoría de los casos de estudio utilizados para la validación se encuentra que, ampliar el acceso al conocimiento y a nuevas tecnologías, especialmente de producción y mercadotecnia, es lo más prioritario para la supervivencia de los agricultores, especialmente cuando se considera a la innovación como el núcleo de este proceso (Dutrénit, Rivera-Huerta, & Vera-Cruz, 2016). Los argumentos anteriores sustentan también la regla de Derecha a Izquierda que se presentará posteriormente.

#### **Vector de atributos de las oportunidades de innovación:**

*Método histórico del racionalismo:* El modelo se basa en la premisa de que el proceso de innovación incluye diferentes actividades, que van desde la concepción de la idea, la *I+D*, pasando por la transferencia, y finalizando en la producción y comercialización de los bienes y servicios (OECD, 2005).

Para realizar las actividades anteriormente mencionadas los agentes requieren recursos, capacidades y competencias; por ello, la relación entre recursos, capacidades, competencias nucleares y aprendizaje que fue utilizada en la concepción del modelo es en gran medida la que soporta teóricamente este supuesto.

Así, las capacidades que requiere el Sistema de Innovación para realizar sus funciones de generar, difundir y usar conocimiento y tecnología están distribuidas entre los diferentes agentes que lo conforman tal como se explicó en el capítulo 2, al definirse el papel de las capacidades de innovación de los agentes, las cuales se requieren para que el Sistema de Innovación funcione adecuadamente.

Se tiene en cuenta también que, a los agentes se les da la posibilidad de tener capacidades que se pueden considerar como nulas (magnitud de 0), básicas (magnitud de 1 a 3), medias (magnitud de 4 a 6) y avanzadas (magnitud de 7 a 9) las cuales se evidencian en las diferentes etapas de acumulación de capacidades por aprendizaje (Dodgson, 1993; Kim, 1997; Hobday, 1997; Ernst et al., 1998; Lundvall, 2007; Lundvall & Vinding, 2007; Lund, 2007; Helfat et al., 2007).

*Aproximación histórica amigable:* En el proyecto seguido para la validación, los investigadores también tienen en cuenta la relación que existe entre capacidades de innovación y aprendizaje cuando afirman que,

las capacidades de aprendizaje de las organizaciones surgen de la interacción de los recursos (individuos y capital fijo), los procesos (cómo se hacen las cosas) y los valores (incluida la cultura institucional y los objetivos). En las organizaciones nuevas las capacidades residen mayormente en los recursos, especialmente su gente. Con el tiempo, las capacidades de las organizaciones exitosas se transfieren a los procesos y los valores. Las capacidades para aprender son específicas a cada organización y contexto – se desarrollan a partir de inversiones y procesos idiosincrásicos, y otras organizaciones tienen dificultades para imitarlas o comprarlas. Capacidades que otorgan ventajas en un contexto pueden convertirse en discapacidades en otro. (Ekboir et al., 2006, p. iv)

Ahora, con respecto a las funciones de los agentes en el sistema de innovación, las actividades e interacciones de estos actores propician la generación, difusión y uso de conocimiento social o económicamente útil, es decir, a mejorar el desempeño innovador de las empresas y a mejorar procesos sociales (Freeman, 1987; Lundvall, 1992; Nelson,

1993). Este comportamiento se explica porque las capacidades llenan la brecha entre la intención y el resultado, y lo hacen especialmente cuando el resultado tiene que ver con la intención (Dosi, Nelson, & Winter, 2000). Entonces, en el proyecto usado en la validación también se reconoce que en los sistemas de innovación “las actividades e interacciones de estos actores contribuyen a la producción, difusión y uso de conocimiento social o económicamente útil, es decir, a mejorar el desempeño innovador de las empresas y a mejorar procesos sociales” (Ekboir et al., 2006, p. 230). Ahora, específicamente, con respecto al tipo de capacidades que debe de poseer el intermediario se tiene que,

la gran mayoría de los extensionistas tienen formación técnica relacionada con la agricultura. Sin embargo, si se acepta que la mayor dificultad de los productores agropecuarios (especialmente de los pequeños) es la acumulación de capital humano y social y la integración a redes de innovación, entonces, no es necesario que los extensionistas sepan de agricultura sino de cómo facilitar los procesos sociales y la acción colectiva. Es decir, los extensionistas deberían ser trabajadores sociales o educadores más que agrónomos o zootecnistas. Los agentes de extensión tradicionales, especialistas en temas técnicos, solo pueden ayudar a los productores que son capaces de absorber conocimiento externo y pueden usar los consejos del extensionista; en general, estos son los productores más grandes o los más innovadores. (Ekboir et al., 2006, p. 235)

#### **Volatilidad de las oportunidades de innovación:**

*Método histórico del racionalismo:* El tiempo para llegar al mercado (*time to market*) y la velocidad de la innovación (*innovation speed*) son los fundamentos que soportan este supuesto. El tiempo para llegar al mercado es la longitud de tiempo que transcurre desde que un producto es concebido hasta que está disponible para la venta. Y la velocidad de la innovación se puede considerar como una capacidad, la cual, cuando se combina con procesos centrales, puede dar una ventaja competitiva para una empresa (Sonnenberg, 1993; Kessler & Chakrabarti, 1996).

Estos fundamentos teóricos están inherentemente relacionados con el tiempo, donde este recurso se considera como escaso (Markman, Gianiodis, Phan, & Balkin, 2005). Siendo precisamente el sentido que se le quiere dar en el modelo con la  $v$ , donde al no ser aprovechadas a tiempo las Oportunidades de Innovación por los agentes por falta de capacidades, estas desaparecen del Entorno Competitivo, significando esto que la

oportunidad de innovación cambia o se traslada a otro sistema donde si pueda ser aprovechada en un menor tiempo.

*Aproximación histórica amigable:* En los casos de estudio revisados no se habla explícitamente del tiempo para el mercado o la velocidad de la innovación; sin embargo, implícitamente, cuando se habla de la necesidad de aumentar la competitividad del sector agropecuario mexicano a través de la innovación a partir de proyectos competitivos manejados por las FP, se está teniendo en cuenta el diseño y desarrollo de nuevos productos y procesos, donde siempre el tiempo es uno de los recursos más importantes para gestionar y clave para el éxito de las innovaciones.

#### **Ciclo de vida de las oportunidades de innovación:**

*Método histórico del racionalismo:* El modelo se apoya en la teoría del ciclo de vida de las innovaciones, donde el comportamiento gaussiano de los beneficios es característico de las curvas de difusión de las innovaciones (Rogers, 2003).

*Aproximación histórica amigable:* Partiendo de la premisa que todos los productos y/o procesos tienen un ciclo de vida, se podría considerar que los productos agrarios tendrían un ciclo de vida muy largo. Sin embargo, las innovaciones en producto, como la variación genética para el mejoramiento de semillas; o de proceso que pueden ser en el manejo agronómico, postcosecha, transformación y comercialización; cuentan con ciclos de vida cortos, especialmente por la dinámica del sector a nivel mundial dada su importancia económica y social.

#### **Aprovechamiento de las oportunidades de innovación por los agentes competidores:**

*Método histórico del racionalismo:* Se considera que, si bien anteriormente el éxito tecnológico y económico se asociaba a la capacidad individual de la empresa para realizar actividades de I+D, ahora este enfoque ha sido superado por análisis más elaborados que incluyen un conjunto más amplio y complejo de actividades, tales como la generación, modificación y transferencia de conocimiento, los procesos de aprendizaje tecnológico, y las interacciones y las complementariedades entre ciencia, tecnología y mercado. Así, un tema central es la interacción y los flujos de información y conocimiento entre los agentes del sistema.

En el modelo, este comportamiento de tratar de suplir primero los atributos explotadores (mercadeo y producción) y por último los exploradores (desarrollo e investigación), se puede explicar por la orientación a suplir necesidades de corto plazo por parte de los agentes explotadores y de largo plazo de los agentes exploradores, este comportamiento es expuesto en el ciclo de exploración-explotación de Gilsing y Nootboom (2006).

*Aproximación histórica amigable:* En los estudios de caso del proyecto utilizado para validar el modelo, esta orientación al mercado también se percibe en la conformación de las *FP*, cuando se afirma que las “Fundaciones Produce fueron vistas por las autoridades como un instrumento para transformar el sistema de investigación de uno dirigido por la oferta tecnológica a uno dirigido por la demanda” (Ekboir et al., 2006, p. 54). También la relación entre exploración y explotación para la innovación también se puede considerar un proceso evolutivo puesto que, “su dinámica está determinada por la interacción entre la exploración (incluida la variación y la selección) y la explotación por un lado, y entre las tendencias y los procesos aleatorios por el otro” (Ekboir et al., 2006, p. 202).

**Búsqueda de agentes por parte de una oportunidad de innovación para ser aprovechada:**

Esta búsqueda se inicia por localización y luego por comparación de los atributos de las Oportunidades de Innovación con las capacidades de los agentes tal como se expuso en el apartado 3.3.3 del capítulo 3.

*Método histórico del racionalismo:* Se encuentra que, con relación a la búsqueda por localización, muchos autores de la literatura de sistemas de innovación resaltan la importancia de la localización o cercanía geográfica (Lundvall & Johnson, 1994; Asheim & Gertler, 2004; Asheim & Isaksen, 2002). De forma similar, con respecto a una búsqueda más distante de esa complementariedad necesaria para suplir las Oportunidades de Innovación, también existen autores que defienden este comportamiento (Sakakibara, 1997; Hagedoorn et al., 2000; Belderbos et al., 2004). Ahora, en cuanto a la racionalidad limitada, ésta es altamente reconocida por la economía evolucionaria (Simon, 1956; Simon, 1957; Winter, 2000; Nonaka et al., 2006). También, el supuesto está sustentado en que “es más probable que un mercado basado

en agentes adaptables –agentes de limitada racionalidad, más que de perfecta racionalidad- exhiba una dinámica ‘natural’” (Holland, 2004, p. 99).

*Aproximación histórica amigable:* Teniendo el caso de la Fundación Produce de Nuevo León (FPNL) como ejemplo, se encuentra que ella ha establecido vínculos con instituciones de investigación de la región tales como las universidades de Tamaulipas, Autónoma de Nuevo León y la de Coahuila, el Tecnológico de Monterrey, la Universidad Antonio Narro, con institutos como el CINVESTAV y otras universidades del país e inclusive extranjeras como la Universidad de Texas. Mostrando como las *FP* buscan generar relaciones con agentes exploradores, incluso por fuera de su radio más cercano, esto ejemplifica como las reglas de localización y complementariedad, que se expondrán más adelante, están correctamente utilizadas, al tener más vínculos con los locales que con agentes exploradores lejanos, pero sin restringir esta posibilidad. Siendo congruente con que la transferencia de tecnología implica la búsqueda de soluciones en cualquier parte del mundo donde estén disponibles; algunos eventos de transferencia implican relacionarse con investigadores adscritos a universidades o institutos extranjeros, especialmente cuando en el ambiente local no se encuentran las capacidades requeridas, motivando la búsqueda en localizaciones más lejanas. Se tiene en cuenta que, el modelo de transferencia de tecnología de las *FP* enfatiza en la importancia de la comunicación entre los desarrolladores o buscadores de soluciones, y el demandante de esa solución.

#### **Co-evolución de los agentes competidores:**

*Método histórico del racionalismo:* El supuesto se sustenta en la importancia de las relaciones entre organizaciones, porque sustentan lo que se conoce como *aprendizaje interactivo*. Este tipo de aprendizaje se basa en el intercambio de conocimiento y en la colaboración de organizaciones, interacción que se ejecuta tanto a través de transacciones de mercado como mediante la colaboración y el establecimiento de redes (Edquist, 2001; 2004; Lundvall, 1985).

En el aprendizaje vía interacción y haciendo (Lundvall, 2007), y gracias a que las capacidades son dinámicas, se puede decir que la variación en ellas es intencional (Helfat et al., 2007), lo que quiere decir que cuando los agentes suplen las Oportunidades de Innovación, ya sea de forma individual o mediante la interacción con otros, las

capacidades que se están usando se acumulan y las que no se des-acumulan con un factor de aprendizaje y de des-aprendizaje que posee el sistema y depende de su marco contextual (Lund, 2007). La des-acumulación de capacidades, por el des-aprendizaje también se puede explicar desde la teoría de los SCA, cuando Holland (2004, p. 58) afirma que, la “realización de cambios en las habilidades del agente para reemplazar con nuevas opciones las partes a las que se asignaron bajos créditos”. De manera similar, Holland (2004, pp. 99-100) manifiesta que, “el aprendizaje, y los modelos internos imperfectos que produce, automáticamente generan dinámicas realistas sin la introducción de variables exógenas”; complementando con que el “proceso de la evolución especializa las condiciones de apareamiento selectivo basada en esos marbetes, de manera que los agentes puedan reaccionar a esta compatibilidad y a partir de allí incrementar su aptitud” (p. 166). Siendo lo anterior, lo que se observara más adelante en el análisis del comportamiento del modelo y de los agentes competidores que sobreviven y se han especializado gracias a la co-evolución. Se aprecia también que, cuando

la red se consolida, la importancia de los agentes catalizadoras disminuye, debido a que otros actores están más dispuestos a participar cuando los beneficios de la participación se hacen más claras, y las reglas de interacción son conocidas por todos los socios. (Ekboir & Vera-Cruz, 2012, p. 116)

Tal como se observará en algunos escenarios del capítulo 5, cuando el aporte de los intermediarios es insignificante en algunas variables de desempeño del Sistema de Innovación.

*Aproximación histórica amigable:* Los investigadores del proyecto que se toma de referencia para la validación tienen en cuenta que los sistemas complejos evolucionan por “la combinación de las condiciones iniciales, múltiples interacciones, tendencias de largo plazo y variaciones aleatorias, tanto en los agentes como en las interacciones” (Ekboir et al., 2006, p. 6). Entonces, en los estudios de caso realizados en varias FP, Ekboir et al. (2006), reconocen la co-evolución de los agentes cuando manifiestan que,

los sistemas complejos evolucionan por la combinación de las condiciones iniciales, múltiples interacciones, tendencias de largo plazo y variaciones aleatorias, tanto en los agentes como en las interacciones. La autoorganización y la aleatoriedad impiden a un agente individual controlar el proceso así como predecir la evolución del sistema. (p. iii)

De manera similar “la evolución de las Fundaciones resultó de las interacciones de diferentes actores, ninguno de los cuales pudo manejar el proceso a su voluntad” (Ekboir et al., 2006, p. 5). Ahora,

el aprendizaje se define como el proceso a través del cual las personas y organizaciones crean conocimiento y adquieren capacidades. Es un proceso complejo basado en la repetición, experimentación y selección, lo cual hace posible realizar las tareas mejor y más rápidamente, e identificar nuevas oportunidades. Los procesos de aprendizaje tienen un carácter gradual, acumulativo, sistémico e idiosincrásico. (Ekboir et al., 2006, p. 208)

En cuanto a la acumulación y des-acumulación consideran que:

El conocimiento es fruto de procesos de aprendizaje, y la aplicación del conocimiento retroalimenta los procesos de aprendizaje. El conocimiento ha sido reconocido como un componente esencial del capital humano; pero es una forma muy especial de capital porque crece con el uso y se deprecia si no se aplica. (Ekboir et al., 2006, p. 208)

### **Beneficios para los agentes competidores:**

*Método histórico del racionalismo:* Gracias a este supuesto es que se considera que los agentes están en un ambiente competitivo que solo premia a aquellos que con sus capacidades logran obtener una ventaja competitiva (Prahalad & Hamel, 1990). Este proceso equivale a la asignación de créditos que emplea Holland (2004, p. 58) cuando plantea que, “utilizar el éxito (o el fracaso) de los agentes para asignar créditos (premios) o penalizaciones a partes del sistema de desempeño” y el sistema de desempeño se considera como, “una manera uniforme de representar las habilidades de las diferentes clases de agentes, sin tomar en cuenta los cambios que pudieran ser producidos por la adaptación” (p. 58). En el caso del modelo se cumple la recomendación de Holland (2004) de asignación de crédito “cuando el medio ambiente produce una remuneración (recompensa, premio) por una acción” (p. 69).

*Aproximación histórica amigable:* El Entorno Competitivo que se ha querido conformar y la interacción entre agentes para aprovecharlo, se han querido enmarcar en un sistema de interacción entre agentes, tal cual se encuentra en los casos de estudio del agro mexicano donde,

cada uno de estos agentes define sus propias estrategias, reaccionando a las acciones de otros agentes y a cambios en el ambiente en el que opera. Es decir, el sistema se caracteriza por una gran cantidad de unidades de decisión y múltiples mecanismos de interacción y retroalimentación. (Ekboir et al., 2006, p. 6)

**Stock de excedentes de los agentes competidores:**

*Método histórico del racionalismo:* Con Holland (2004, p. 24) se justifica este supuesto cuando afirma que: “la experiencia guía los cambios en la estructura del organismo de manera que, con el paso del tiempo éste hace mejor uso del medio ambiente para alcanzar sus propios fines”. De forma similar, afirma que: la “mayor parte del esfuerzo de modelación para cualquier SCA se centra en seleccionar y representar los estímulos y las respuestas, debido a que los comportamientos y las estrategias de los agentes componentes son determinados por dichos estímulos y respuestas” (p. 25).

*Aproximación histórica amigable:* La búsqueda para obtener mejores resultados, que en este caso sería aumentar el stock de excedentes, lo trata de hacer cada agente con sus propias estrategias o reglas; sin embargo, al entrar en interacción con otros agentes, la decisión que toma uno afecta a los otros y a su entorno. Tal como manifiestan Ekboir et al. (2006, pp. 190-191),

cada uno de estos agentes define sus propias estrategias, reaccionando a las acciones de otros agentes y a cambios en el ambiente en el que opera; a su vez, cada agente trata de modificar el ambiente para su beneficio. Es decir, el sistema se caracteriza por una gran cantidad de unidades de decisión y múltiples mecanismos de interacción y retroalimentación.

Y específicamente cuando se refieren a las *FP*, plantean que éstas,

pueden ser analizadas como un sistema complejo porque (a) son parte de y tratan de operar sobre un sistema amplio (el de innovación) en el que participan un gran número de diferentes actores (incluyendo varias secretarías del gobierno federal y de gobiernos estatales, el SNITT, instituciones de investigación y extensión, organismos multilaterales, productores, empresas privadas y consejos de cadenas), cada uno de los cuales tiene sus objetivos propios; (b) la diversidad de fundaciones con un sistema de gobernabilidad laxo permite una gran variación en los estilos de trabajo que convergen por mecanismos de autoorganización; y (c) las acciones de las fundaciones operan sobre el sistema de innovación por mecanismos que no son bien entendidos. (Ekboir et al., 2006, p. 193)

**Costos de transacción de los vínculos entre agentes competidores:**

*Método histórico del racionalismo:* Al hablar de Costos de Transacción se está haciendo referencia a que toda transacción económica provoca costos antes de completarse o no la transacción, especialmente los que tienen que ver con la búsqueda de información, las

asimetrías del mercado y sistémicas, la prevención del oportunismo, entre otros (Williamson, 1993). Los Costos de Transacción se presentan por las brechas que existe entre los agentes que están interactuando (Batterink et al., 2010). Por su parte Holland (2004, p. 58), manifiesta que, “hay una característica de los SCA que nos impide aplicar con todo rigor dicho marco de trabajo: los agentes de los diferentes sistemas, que aún dentro de un mismo sistema exhiben diferencias reales”. Esto sucede con la asignación del costo de transacción por tipología de agente, pues no necesariamente todas las relaciones entre los mismos tipos de agentes tengan el mismo valor, sin embargo éstas diferencias reales se salen del alcance de los SCA tal cual lo manifiesta Holland (2004).

*Aproximación histórica amigable:* Primero que todo, se encuentra que las transacciones son necesarias, puesto que para innovar se requiere una gran variedad de recursos, los cuales, difícilmente los posee en su totalidad un solo agente. Por esta razón, las organizaciones necesitan cada vez más cooperar y compartir información y habilidades, mediante la conformación de redes. Permitiendo las redes el intercambio de conocimientos, habilidades y recursos entre los diferentes agentes que conforman sistemas a nivel local, regional, nacional e internacional (Rycroft & Kash, 1999; Christensen & Raynor, 2003). Sin embargo, “la integración a redes no es fácil por problemas de implementación de la acción colectiva: la dificultad para acordar e implementar reglas de interacción, y la necesidad de crear confianza y de evitar comportamientos oportunistas” (Ekboir et al., 2006, p. 15).

En particular, la vinculación academia-sector productivo, identificada en los estudios de caso del sector agropecuario mexicano, evidencia comportamientos similares con aquellos desarrollados en otras industrias, así como algunas especificidades: Tienen en común que existe un mercado de conocimiento que tienen una oferta y una demanda, y de que existen dificultades para el relacionamiento asociado a las rutinas de investigadores y empresarios. Las especificidades más importantes del sector serían que existe una multitud de productores individuales (campesinos), hay diferentes tipos de organizaciones productivas (asociaciones y cooperativas) pero pocas son empresas, se desarrolla poca actividad de *I+D* por parte del sector productivo, hay una importante presencia de distribuidores, entre otros. Sin embargo, se puede considerar que el sector agropecuario tiene a su favor una larga experiencia en transferencia de tecnología (Vera-Cruz & Dutrénit, 2016).

### 4.2.2 Reglas

La descripción de las reglas se pueden observar en el capítulo 3, en este apartado se hace énfasis en la validación de ellas por las técnicas elegidas al inicio de esta sección.

#### **Localización:**

*Método histórico del racionalismo:* Ya se habló de la importancia de la cercanía geográfica, donde varios autores como Lundvall y Johnson (1994), Asheim y Gertler (2004), y Asheim y Isaksen (2002) respaldan ese comportamiento.

*Aproximación histórica amigable:* Esta regla se puede evidenciar en los casos del estudio del agro mexicano, especialmente cuando los autores manifiestan que “era común que las fundaciones otorgaran preferencia a los investigadores del estado en la evaluación de las propuestas, a pesar de que a menudo éstos no eran los más fuertes del país en los temas en que investigaban” (Ekboir et al., 2006, p. 125).

De forma similar, un comportamiento encontrado por Cramb (2003), es que la apropiación de la tecnología de los agricultores está altamente influenciada por las recomendaciones hechas por instituciones de educación e investigación a nivel regional. Siendo el boca a boca la comunicación la más relevante en este proceso, ya que los agricultores se fijan en las parcelas donde hay experimentos para preguntar por los resultados. Por lo tanto, la proximidad geográfica es muy importante para que se pueda presentar todo este proceso.

#### **Complementariedad:**

*Método histórico del racionalismo:* De forma similar a la regla anterior, de ésta ya se había hablado con anterioridad y se mencionaron algunos autores que sustentan esta perspectiva como son Sakakibara (1997), Hagedoorn et al. (2000), Belderbos et al. (2004). Además, en el modelo se tiene en cuenta que “las organizaciones dependen de sus capacidades de innovación para responder a los cambios en los entornos tecnológicos, económicos y sociales” (Ekboir & Vera-Cruz, 2012, p. 117). Y que las “capacidades de innovación son construidas por el aprendizaje” (Ekboir & Vera-Cruz, 2012, p. 117).

*Aproximación histórica amigable:* Cuando por localización no se encuentran las capacidades requeridas, se pasa a buscarlas en ubicaciones más distantes, tal como se evidencia en los estudios de casos del agro mexicano cuando los autores encuentran que en los proyectos apoyados por las *FP*, “la preferencia por los investigadores estatales fue más fuerte en los primeros años; a medida que las debilidades de los equipos locales se hicieron evidentes, algunas fundaciones comenzaron a invitar a las convocatorias a investigadores de otros estados” (Ekboir et al., 2006, p. 125).

### **De explotación a exploración:**

*Método histórico del racionalismo:* Este comportamiento, que en el modelo se a llamado de Derecha a Izquierda en el vector de atributos y capacidades, tiene que ver con el ciclo de explotación y exploración de Gilsing y Nootboom (2006) que ya se mencionó anteriormente, donde la explotación tiene un carácter de corto plazo, mientras que la exploración de largo.

*Aproximación histórica amigable:* Se encuentra que las *FP*, reconocidas como el principal intermediario de innovación en el sector agropecuario mexicano, tienen un enfoque basado en la demanda, ya que las convocatorias para propuestas de proyectos están definidas por las demandas de los productores. La manera de operar de las *FP* es mediante la captación de las demandas tecnológicas de los productores y así lograr vincular a éstos con universidades, institutos, centros de investigación y despachos técnicos, con el objeto de apoyar a los productores en la solución de los problemas productivos y tecnológicos.

Este comportamiento entre agentes permiten que se genere la autoorganización, ésta puede ser evidenciada cuando a partir de “las acciones e interacciones entre agentes surgen patrones de comportamiento específicos de grupos de agentes y de todo el sistema que no existen al nivel de los agentes individuales” (Ekboir et al., 2006, p. 6). La orientación de Derecha a Izquierda se puede apreciar en el trabajo del sector agropecuario mexicano, cuando los autores resaltan que “una función crucial de las organizaciones intermediarias de innovación en la agricultura es la articulación de las demandas de los agricultores” (Dutrénit, Rocha-Lackiz, & Vera-Cruz, 2012, p. 699). Siendo “una de las tareas más difíciles para una organización intermediaria de

innovación reunir a las demandas de los agricultores con la oferta de *I+D* y soluciones tecnológicas” (Dutrénit et al., 2012, p. 699).

**Clasificación de los agentes competidores:**

*Método histórico del racionalismo:* Como se presentó en el capítulo 2 al relacionar las respuestas con la teoría, las capacidades que se le han asignado a los agentes han sido clasificadas por varios autores y se les ha dado la connotación de capacidades tecnológicas, de innovación y/o de innovación tecnológica (Kim, 1997; Ernst et al., 1998; Guan & Ma, 2003; Yam et al., 2004; Wang et al., 2009; Robledo, 2013). Para efectos del modelo se han asignado las capacidades de acuerdo a su proximidad con cada función de los sistemas de innovación: generación, difusión y uso del conocimiento.

También se ha considerado, de acuerdo a Klerkx y Leeuwis (2008), que los intermediarios ayudan a reducir los Costos de Transacción con sus intervenciones. De forma similar, dentro de las funciones de los sistemas de innovación los intermediarios participan principalmente en la difusión (Rogers, 1962; Powell et al., 1996; Morgan & Crawford, 1996; Bryant & Reenstra-Bryant, 1998; Pawlowski & Robey, 2004; Howells, 2006; Göktepe, 2006; Klerkx & Leeuwis, 2009). Por esto se le asignan las capacidades de difusión y vinculación a los intermediarios. Sin embargo según Gould y Fernández (1989), existen diferentes estructuras o tipologías de intermediación, donde la función de intermediación es ejecutada por agentes que pertenecen o no al grupo del otro agente con que está generando el vínculo, en donde, para nuestro caso, cada agente pertenece a un grupo de acuerdo a su función en el sistema de innovación. Según lo anterior, los agentes, independiente si tienen una función principal de generar o usar conocimiento, puede tener también capacidades de difusión y vinculación que reduce los Costos de Transacción. Entonces, no solamente los intermediarios *puros* tienen estas capacidades y logran reducir los Costos de Transacción.

*Aproximación histórica amigable:* Específicamente, haciendo énfasis en los intermediarios, La evidencia presentada en los casos de estudio del sector agropecuario mexicano muestra que sus funciones son limitadas. Siendo la transferencia de conocimiento y tecnologías existentes más importante que la generación de nuevo conocimiento, como ya se mencionó anteriormente. También, en los estudios de caso del sector agropecuario mexicano se evidencia que, la demanda y oferta de conocimiento no

están bien desarrolladas. De lo anterior, los investigadores del proyecto argumenta que los intermediarios de innovación en el sector agropecuario mexicano cumplen cuatro funciones: 1) identificación e integración de la oferta de *I+D* y de las soluciones tecnológicas, 2) articulación de las demandas de los productores, 3) vinculación de la demanda con la oferta de soluciones tecnológicas, la *I+D* y la conformación de redes, y 4) gestión de la innovación (Vera-Cruz & Dutrénit, 2016).

Con respecto a estas funciones, los investigadores consideran que la más difícil es la de enlazar las demandas de los productores con la oferta de *I+D* y de soluciones tecnológicas. Además encuentran que, un problema muy particular emergió por las décadas de extensión financiada por el Gobierno, generando que los productores normalmente no están dispuestos a pagar por los servicios tecnológicos. De forma similar, los productores cuestionan la utilidad del conocimiento provisto, fruto de malas experiencias donde los ha hecho desconfiar de los proveedores de servicios profesionales. En estas condiciones, un intermediario de innovación debe garantizar la calidad de sus servicios para promover la noción de que los costos valen la pena (Dutrénit et al., 2012). Por lo tanto, vincular la demanda y la oferta de tecnología y conocimiento se vuelve una función clave en este contexto, siendo la función principal que se le asigna a la *FP* en el modelo.

#### **Asignación de beneficios:**

*Método histórico del racionalismo:* La necesidad de asignar premios o estímulos a los agentes que realicen un comportamiento deseado, tal cual lo recomienda Holland (2004), se realizó siguiendo el comportamiento de la difusión de las innovaciones en los mercados (Rogers, 2003), donde los beneficios siguen comportamientos gaussianos en su ciclo de vida. El valor de dichos beneficios se calculan de acuerdo a la magnitud de la necesidad que tiene el mercado, esta magnitud es asignada aleatoriamente, lo cual tiene lógica desde el punto de vista del valor que tiene las necesidades en el mercado (Levitt, 1960).

En el caso de los beneficios que obtienen los agentes exploradores que se vinculan con otros agentes, especialmente explotadores, se encuentra en Meyer-Krahmer y Schmoch (1998), que los beneficios pueden ser la adquisición de fondos adicionales para los laboratorios y el intercambio de conocimiento. De forma similar Lee (2000), encuentra

que estos beneficios pueden complementar la obtención de fondos para los asistentes de investigación y equipos de laboratorio, obtener ideas para su propia investigación académica, probar aplicaciones de una teoría y complementar fondos para su propia investigación académica. Igualmente, “la adquisición de una nueva perspectiva de acercarse a los problemas de el sector productivo y la posibilidad de dar forma al conocimiento que se está produciendo por la academia” (Rivera-Huerta, Dutrénit, Ekboir, Sampedro, & Vera-Cruz, 2011, p. 934).

*Aproximación histórica amigable:* La visión utilizada por los investigadores de los casos de estudio del sector agropecuario mexicano es la de la organización basada en los recursos, la cual plantea que los beneficios se obtienen a partir de sus recursos idiosincrásicos y de la creación de nuevas capacidades que efectivamente disminuyen las restricciones externas (Christensen & Raynor, 2003; Henderson & Cockburn, 2000), lo cual, es precisamente lo que sucede cuando los agentes aprovechan las Oportunidades de Innovación, pues aumentan sus capacidades, las cuales están asociadas a los recursos; Tal aumento les dará mayor posibilidad de aprovechar Oportunidades de Innovación del Entorno Competitivo.

#### **Acumulación del stock de excedentes:**

*Método histórico del racionalismo:* Se sigue una lógica contable de tomar el acumulado de excedentes o utilidades acumuladas de los períodos anteriores, sumarle los beneficios del período actual, y restarle los costos de mantener las capacidades y los Costos de Transacción de cada vínculo.

*Aproximación histórica amigable:* Se sobre entiende que “las innovaciones que tienen impactos económicos o sociales importantes sólo provienen de procesos sostenidos en el tiempo y en los cuales participan actores con diferentes capacidades” (Ekboir et al., 2006, p. 202). Por ello, en el modelo se hace operativo ese impacto económico y se observa su evolución en el tiempo a través del stock de excedentes, aplicando la sugerencia de los investigadores del proyecto.

#### **Supervivencia de los agentes:**

*Método histórico del racionalismo:* Con respecto a la supervivencia del agente se sigue la recomendación de Holland (2004, p. 163) de que,

la muerte de un agente... puede ser la última actividad de cada periodo-paso... Este proceso puede ser realizado en forma más realista, 'cobrando' a cada agente un 'costo de mantenimiento' en cada periodo-paso (equivalente, por ejemplo, a una unidad de cada recurso que utilice en su cromosoma). Si la reserva del agente es despojada de la totalidad de tales recursos después de que se ha hecho efectivo el cobro, entonces tiene más probabilidades de perecer.

Con respecto al comportamiento que se presenta cuando desaparece un agente, se espera que entre los agentes que sobreviven vuelvan a estabilizar el sistema al suplirlo con sus capacidades, al respecto Holland (2004, p. 45) afirma lo siguiente: "Si removemos una clase de agentes del sistema, creando un 'agujero', el sistema con toda seguridad responderá con una cascada de otros agentes, los cuales 'llenarán el hueco'".

*Aproximación histórica amigable:* En los estudios de caso del sector agropecuario mexicano se considera que la *muerte* de un agente se presenta cuando éste deja de hacer esfuerzos por innovar y se limita a seguir realizando actividades de subsistencia, puesto que, como se verá más adelante en las simulaciones, los agentes que sobreviven, se puede considerar que son los que se integran a una dinámica de Sistema de Innovación, donde los vínculos son la condición para que se pueda hablar realmente de un sistema, entonces los agentes que no se relacionan y/o que no aprovechan Oportunidades de Innovación, aunque posiblemente aún estén realizando actividades de subsistencia, no hacen parte del Sistema de Innovación y se puede considerar que desaparecen del mundo virtual.

**Aprendizaje:**

*Método histórico del racionalismo:* Como se exhibió en el apartado 3.4.4, la co-evolución de los agentes se presenta en la acumulación o des-acumulación de las capacidades que se da gracias al aprendizaje o des-aprendizaje que se presenta por la interacción y por el hacer (Lundvall, 2007). Gracias a que las capacidades son dinámicas se puede decir que la variación en ellas es intencional (Helfat et al., 2007), lo que quiere decir que cuando los agentes aprovechan Oportunidades de Innovación ya sea de forma individual o mediante la interacción con otros, las capacidades que se están usando se acumulan y las que no se des-acumulan con un factor de aprendizaje y de des-aprendizaje que posee el sistema y depende de su marco contextual (Lund, 2007). El aprendizaje y des-aprendizaje de

capacidades siguen curvas en S como las presentadas por Hobday (1997) en sus estudios empíricos en países asiáticos.

También se tiene en cuenta la dependencia de la trayectoria reconocida por Teece et al. (1997), donde las organizaciones no pueden desarrollar sus capacidades arbitrariamente, sino que siguen trayectorias determinadas. Estas trayectorias no sólo definen las opciones que se le abren a la organización hoy, sino que también establecen los límites de las opciones que se presentarán en el futuro. De esta manera, las decisiones de desarrollar determinadas capacidades para el largo plazo son muy difíciles de revertir por la dependencia de la trayectoria.

*Aproximación histórica amigable:* Teniendo en cuenta que, “el aprendizaje es el proceso de repetición, experimentación y selección a través del cual las personas y organizaciones crean conocimiento y adquieren capacidades” (Ekboir et al., 2006, p. 20). Se evidencia el aprendizaje en el tiempo en las *FP* en afirmaciones como la siguiente:

Un área importante de aprendizaje fue el control de proyectos de investigación. Al comienzo los recursos se pasaban al INIFAP, pero se quedaban en la institución y no le llegaban al investigador. Para solucionar este problema, se estableció un sistema de cuentas a nombre de los investigadores en la propia Fundación. Este sistema se usó sólo un año porque resultaba demasiado complicado. Luego de varios cambios, se logró transferir el dinero a las instituciones de investigación y que éstas, a su vez, se lo transfirieran a los investigadores. En los últimos años, también cambiaron los parámetros de control; mientras que al comienzo el énfasis se ponía en el control financiero, en los dos últimos años el acento se pone en la calidad de los resultados obtenidos. Otra innovación importante fue el apoyo a proyectos plurianuales. (Ekboir et al., 2006, p. 136)

Similarmente, observando el caso particular de la *FPNL*, las convocatorias han tenido un impacto crucial en el proceso de articulación entre demanda y oferta de conocimiento y de soluciones tecnológicas, al ser introducidas desde 1998, éstas han evolucionado tanto en la creación y manera de operar los mecanismos para identificar y enlazar la demanda y la oferta tecnológica, como en los criterios y mecanismos para decidir la asignación de los proyectos (Torres, 2016); demostrándose el aumento o acumulación de capacidades de difusión y vinculación a partir del aprendizaje por interacción y haciendo. Ahora,

Los cambios incluidos a lo largo de más de 15 años responden a un proceso adaptativo, en el cuál una nueva convocatoria introduce modificaciones en sus términos de referencia

y en su operacionalización para resolver los problemas detectados en la convocatoria anterior. La fundación ha ido aprendiendo experimentando, adecuando los términos de referencia y la manera de operar las convocatorias para eliminar los vicios en la presentación y gestión de los proyectos (duplicidad, falta de vinculación con problemas reales). Los resultados se reflejan en la implementación más ágil de todo el proceso, en la mayor vinculación entre oferta y demanda, en la selección de los proyectos y en el impacto de los mismos. Las convocatorias también se han convertido en un mecanismo para el aprendizaje de los investigadores, quienes han tenido que cambiar sus rutinas, adaptándose a nuevas reglas, sistematizando su trabajo, y cumpliendo con la presentación de resultados que son evaluados de manera más puntual. (Torres, 2016, p. 11)

Evidenciando que no solo aprende el intermediario, sino que también los agentes que interactúan con él.

### 4.3 Validación operacional

Para realizar la validación operacional se utilizarán tres técnicas de validación: 1) La *variabilidad de parámetros o análisis de sensibilidad*, la cual consiste en cambiar los valores de entrada y los parámetros internos de un modelo para determinar el efecto sobre el comportamiento o la salida del modelo; consiste principalmente en que las mismas relaciones deben ocurrir en el sistema real; vale aclarar que esto puede ser usado tanto cualitativa como cuantitativamente. 2) La *aproximación histórica amigable*, la cual ya fue usada en la validación del modelo conceptual y se utiliza el mismo proyecto de investigación realizado en el sector agropecuario mexicano; haciéndose especial énfasis en la generación de hechos estilizados observados en los estudios de caso, donde las *FP* son consideradas unas organizaciones intermediarias de innovación.

Adicionalmente, se presenta una tercera técnica llamada *validez de cara (Face Validity)*, donde se le pide a personas que conocen el sistema y/o su comportamiento si el funcionamiento del modelo es razonable; para este caso, se realiza un *focus group* con investigadores de la Universidad Autónoma de Chapingo, la cual es considerada como una Universidad Sectorial, especializada en el sector agropecuario. Los investigadores que hicieron parte del *focus group* fueron los Doctores Vinicio Horacio Santoyo Cortés, Jorge Aguilar Ávila, Manrubio Muñoz Rodríguez y el Ingeniero Agroindustrial Norman Aguilar Gallegos, miembros del Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y

Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (*CIESTAAM*), que tienen un conocimiento profundo del actuar de las *FP* y del sector agropecuario mexicano.

### **4.3.1 Elección de valores para los parámetros iniciales del micromundo a validar**

**Número inicial de Oportunidades de Innovación:** El valor asignado es de doscientas (200) Oportunidades de Innovación.

Este valor es casi el doble de los agentes competitivos; esto se hace para aumentar la posibilidad de que algunas Oportunidades de Innovación sean aprovechadas, pues al ser aleatorias y encontrarse en un micromundo donde la mayoría de los agentes competidores (agricultores) tienen capacidades de innovación básicas, es importante aumentar la posibilidad de aprovechar Oportunidades de Innovación. Esta valoración de los agentes competidores se extrae de los estudios de caso del sector agropecuario mexicano, donde se ilustra la condición precaria inicial en la que se encontraban los productores, lo cual motivó la creación de las *FP*, tal como lo manifiestan los investigadores cuando afirman que: “las *FP* fueron creadas para inducir cambios en el sistema de investigación agropecuario, de manera que fuera más receptivo a las necesidades de los productores” (Ekboir et al., 2006, p. 123). Lo anterior causa que se requiera una gran cantidad de Oportunidades de Innovación, para que unas pocas que requieran capacidades bajas para suplir sus atributos, puedan ser aprovechadas y entregar sus beneficios y permitir la interacción y aprendizaje entre los agentes que logren aprovechar estas Oportunidades de Innovación.

Se tiene en cuenta que las innovaciones en el sector agropecuario son el resultado de la incorporación de nuevos conocimientos y tecnologías relacionadas a nuevas variedades de semillas, a nuevos tejidos, vacunas, equipo y técnicas de cultivo, así como mejoras en la producción, procesamiento y mercadotecnia; incluyendo también la aplicación de protocolos de control de calidad, mejoras de gestión y acceso a nuevos mercados y productos (Pomareda & Hartwich, 2006).

**Número inicial de agentes competitivos y sus capacidades:** El valor asignado es de 104 para el escenario problema y de 105 para el escenario con Fundación Produce.

Se considera que al inicio del micromundo existen cuatro universidades con las que los productores y la Fundación Produce pueden interactuar, este valor se escoge siguiendo a Ekboir (2004), cuando manifiesta que los sistemas de investigación estatales son de un tamaño reducido. Estas universidades tienen unas capacidades de investigación entre 6 y 8, o sea entre medias y altas; de forma similar cuentan con unas capacidades de desarrollo entre 6 y 8. Estas capacidades se asumen de acuerdo a afirmaciones como la siguiente:

En las instituciones de investigación más importantes los sistemas de incentivos daban el mayor peso a la publicación en revistas profesionales indexadas. Para publicar en estas revistas, los investigadores tienen que desarrollar investigaciones en la frontera del conocimiento internacional, lo que no necesariamente coincide con las necesidades de los productores. De esta manera, los incentivos profundizaron el aislamiento de las instituciones de investigación respecto de los otros actores en el sistema de innovación. (Ekboir et al., 2006, p. 50)

Además, comúnmente, los institutos públicos de investigación fueron organizados con una visión lineal de la ciencia, lo cual induce a los investigadores a trabajar en los laboratorios y a reducir el trabajo cercano con los agricultores (Ekboir, 2009); teniendo en cuenta lo anterior, se les asigna unas capacidades básicas de difusión y vinculación entre 1 y 2, adicionalmente, estos valores son asignados pensando en la información de los estudios de caso del sector agropecuario mexicano, donde el número de universidades con que tiene relación cada Fundación Produce es aproximadamente de 4; de forma similar, el valor de las capacidades se asigna por su grado de experticia, por lo tanto, en el caso de las capacidades de difusión y vinculación, se encuentra una escasez en las dos capacidades, pues en los estudios se muestra como los productores han recibido poca difusión por parte de las universidades y los vínculos son muy escasos e informales en la mayoría de los casos. Lo anterior se basa en afirmaciones como:

- Influidas por el ambiente político..., todas las instituciones de investigación, docencia y extensión desarrollaron culturas institucionales jerárquicas, que premiaban la obediencia y desincentivaban la creatividad. La cultura jerárquica y la visión lineal de la ciencia determinaron que las instituciones públicas de investigación y extensión se aislaran de los agentes productivos. (Ekboir et al., 2006, p. 46)
- Al proteger los mercados internos, las políticas agropecuarias disminuyeron la necesidad de innovación de los productores agropecuarios y permitieron la supervivencia de estructuras de producción ineficientes. La estabilidad de las políticas también redujo la

necesidad de las instituciones de investigación de interactuar con otros agentes y la necesidad de adaptarse a cambios en el entorno. (Ekboir et al., 2006, p. 47)

Las afirmaciones anteriores también explican las bajas capacidades que se asignan en los micromundos a los productores; además, teniendo en cuenta que, después de los procesos de apertura “las instituciones públicas de investigación continuaron con sus líneas y rutinas de investigación tradicionales, aunque, en los últimos años, algunas instituciones han hecho importantes esfuerzos para desarrollar lazos con otros agentes” (Ekboir et al., 2006, p. 49), las capacidades de difusión y de vinculación de los agentes exploradores son básicas, pero existen. Además, algunos responsables de política, investigadores y otros actores, coinciden en que las técnicas desarrolladas por los institutos públicos de investigación agropecuaria no fueron adoptados masivamente por los agricultores, y que estos institutos no han cumplido los compromisos y objetivos planteados bajo los cuales se crearon (Ekboir, Espinoza, Arellano, Moctezuma, & Tapia, 2003; Byerlee, Alex, & Echeverría, 2002).

En cuanto al número de productores, estos se asignan pensando en la necesidad de analizar como varía el porcentaje de agentes en el tiempo y su composición en términos de sus capacidades. Inicialmente, se asigna a los productores unas capacidades de cero en investigación y desarrollo, pues en los estudios de caso se considera que ningún productor posee este tipo de capacidades; ahora, las capacidades de difusión y vinculación también son escasas y en su mayoría se pueden considerar de cero, sin embargo en los estudios se menciona que algunos productores han tenido relación con algunas universidades o con miembros de ellas. Además, los que entran a dirigir las *FP* poseen cierto reconocimiento en la comunidad de productores que se refleja en sus capacidades para generar vínculos, por lo que se asigna a un 5% de los productores un valor básico de 2 tanto en las capacidades de difusión como en las de vinculación y a un 15% de ellos de 1, siguiendo de esta manera una lógica de Pareto.

Continuando con las capacidades de producción y de mercadeo, en los estudios del sector agropecuario mexicano se habla que los productores o campesinos para los que fueron desarrolladas las *FP* tienen unas capacidades de innovación básicas, por eso se le asignan valores de 3 al 5% de agentes, 2 al 15% y 1 al resto, tanto en las capacidades

de producción, como en las de mercadeo, siguiendo, de forma similar al caso anterior, un planteamiento paretiano.

En el escenario donde interviene la Fundación Produce, al inicio de la simulación, como en los casos revisados, la fundación posee poca experiencia, por lo que no se puede considerar con capacidades altas, pero al tener un mandato, financiación y líderes productores, se puede considerar con una capacidad media de difusión y vinculación, por esta razón se le asigna en estas dos posiciones valores de 5. Este valor asignado a la capacidad de difusión se puede explicar cuando los investigadores afirman que, “una porción importante de los recursos de las fundaciones se destina a actividades de transferencia” (Ekboir et al., 2006, p. 122); mientras que las capacidades de vinculación, se perciben en

los foros para la determinación de las necesidades de investigación y los comités técnicos para la evaluación de propuestas pusieron a una gran cantidad de investigadores en contacto con productores e investigadores de otras instituciones. Así, se establecieron nuevos patrones de interacción entre actores del sistema de innovación. Varios investigadores mencionaron que a partir de estas interacciones cambiaron sus métodos de investigación. (Ekboir et al., 2006, p. 128)

Los productores que se acercan a las *FP* tienen diferentes habilidades tecnológicas y administrativas, utilizan paquetes tecnológicos con diferentes grados de complejidad y tienen distintos grados de adversidad a la introducción de cambios. Por lo que en su mayoría, están lejos de estar al día tecnológicamente; entonces, las capacidades asignadas, tanto de los productores como de las *FP*, son coherentes con las evidencias empíricas que poseen los estudios de casos, en los cuales,

se acepta que la mayor dificultad de los productores agropecuarios (especialmente de los pequeños) es la acumulación de capital humano y social y la integración a redes de innovación, entonces, no es necesario que los extensionistas sepan de agricultura sino de cómo facilitar los procesos sociales y la acción colectiva. (Ekboir et al., 2006, p. 41)

Las capacidades de investigación y desarrollo que se le otorgan a los productores también son ratificadas en el trabajo de Dutrénit et al. (2012, p. 699), cuando manifiestan sobre ellos que, “en su mayoría están lejos de estar tecnológicamente al día. De hecho, la transferencia de tecnología, ya sea de las universidades y centros de investigación o de *KIBS* es escasa”. De forma similar, cuando se asignan las capacidades básicas

iniciales, éstas coinciden con las necesidades que tienen los productores, las cuales se aprecian en la importancia que le otorgan a las actividades de las *FP*, por ejemplo, en el caso de la Fundación Produce de Chiapas, cuando se le pregunta a los productores por la importancia de las actividades de ésta, los productores califican como no importantes las asociadas con mayor complejidad, como son: la identificación de tecnologías promisorias, necesidades insipientes y latentes y trayectorias tecnológicas (Dutrénit et al., 2012). Apoyando lo anterior se encuentra que,

los agricultores no parecen necesitar conocimientos de frontera, ya que la mayoría de los proyectos financiados por la fundación produce Chiapas, y ejecutados por los proveedores de servicios, están relacionados con la validación de las tecnologías ya existentes y la transferencia de tecnología. (Dutrénit et al., 2012, p. 703)

Por lo tanto, como ya se ha manifestado en las funciones de las *FP*, una actividad clave como intermediario de innovación se relaciona con la promoción de la innovación basada en el conocimiento existente y su difusión. En este sentido, el papel de las *FP* se puede ver como un promotor del aprendizaje colectivo para ayudar a los productores a moverse hacia niveles más altos de capacidades y por lo tanto a aumentar sus posibilidades de innovar (Vera-Cruz & Dutrénit, 2016). Entonces, se tiene que sus principales capacidades son las de vinculación y difusión, ya que están dedicadas a orientar la demanda de *I+D* de los productores agropecuarios hacia las instituciones capaces de dar respuesta a dicha demanda, a financiar proyectos bajo un esquema competitivo y a difundir los resultados de los proyectos de investigación, validación y transferencia de tecnología financiados.

Para finalizar este ítem, se puede decir que,

en México, así como en muchos países en desarrollo, el sistema de innovación, particularmente en el sector agropecuario, está todavía en su infancia. Se observa un mayor desarrollo del sistema público de investigación, pero éste está aún débilmente vinculado con los productores agropecuarios. Existe una gran heterogeneidad en los productores, entre los que predominan los que aún no han dominado los paquetes tecnológicos más conocidos. Por lo tanto, la innovación en este contexto se refiere más a la introducción de conocimientos existentes, que a la búsqueda de nuevos conocimientos a nivel nacional o global. En este contexto, las funciones de las organizaciones intermediarias de innovación parecen tener ciertas diferencias. (Vera-Cruz, Dutrénit, & Caballero, 2016, pp. 1-2)

**Tasa de nacimiento de las Oportunidades de Innovación:** El valor asignado es de 18%.

Este valor del 18% se considera como un umbral crítico, esto se refiere a como, “pequeños cambios en la densidad (o en cualquier otra propiedad) pueden llevar a cambios cualitativos significativos para el sistema global” (Resnick, 2001, p. 155). Este valor fue elegido después de varias simulaciones, siendo el porcentaje mínimo de renovación de las Oportunidades de Innovación para tener un micromundo estable en el tiempo, pues se requiere reemplazar a las Oportunidades de Innovación que mueren por no ser suplidas (volatilidad) y las que cumplen con su ciclo de vida.

**Tasa de nacimiento de los agentes competidores:** El valor asignado es de 0%.

Como se quiere observar con el análisis de sensibilidad el impacto que tienen las *FP* en un mundo *desconectado* de productores y universidades, es importante hacerle seguimiento a los agentes competidores que están desde el principio de la simulación, por lo que no se asigna una tasa de emprendimiento que afecte el análisis. Además, en los estudios de caso no se hace referencia a este tipo de comportamiento emprendedor a excepción del caso de los *huevos de rancho* de la Fundación Produce de Puebla, donde se capacita a jóvenes para tener sus propios emprendimientos avícolas.

**Factor de aprendizaje:** El valor asignado es de 0,3.

Valor acorde con los resultados empíricos de los estudios del comportamiento de las capacidades tecnológicas realizados en Asia por Hobday (1997) y Kim (1997). El valor del factor que se acomoda a estos datos empíricos es el de 0,3 el cual significa que se puede llegar de una capacidad básica a una avanzada gracias a un aprendizaje que tarda 37 años, lo cual concuerda con los estudios antes mencionados. De manera similar, se utilizan estos valores en los escenarios que se analizan en el capítulo 5, tanto en el aprendizaje como en el des-aprendizaje, pues no existen argumentos en los estudios de caso de las *FP* que los confirmen o anulen.

**Factor de des-aprendizaje:** El valor asignado es de 0,3.

Se le dio un valor igual al del aprendizaje para equilibrarlos en el sistema, pues no habría un argumento plausible para que fueran distintos.

**Stock de excedentes máximo:** El valor asignado se calcula por agente, permitiendo que con el costo de mantenimiento de las capacidades actuales los agentes puedan durar los 25 años de la simulación.

Se calcula el valor a partir del siguiente razonamiento: como las capacidades son asignadas a todos los agentes en todas las posiciones con valores de cero (0) a nueve (9), el costo de mantenimiento de las capacidades por posición será de 2 para cada posición. Entonces se suman las capacidades de todas las posiciones, se multiplica por 2 y este valor significa lo que cuesta mantener el vector de capacidades por período. Luego se multiplica este valor por 25 años y se obtiene el valor que se le asignará al stock de excedentes de cada agente al inicio de la simulación. El único caso diferente es el de la Fundación Produce, a la cual se le da un valor más alto, con el fin de que no desaparezca, pues al generar tantos vínculos dada la falta de capacidades de difusión y vinculación en el micromundo, los Costos de Transacción a los que se ve sometida por relacionarse con tantos agentes afecta mucho su stock de excedentes, por lo que se debe de asignar un alto valor inicial para que pueda sobrevivir los primeros períodos, para las simulaciones se asigna un valor de 2000 que le permite relacionarse con todos los agentes sin desaparecer por el agotamiento de su stock de excedentes; esto también simboliza el apoyo público necesario para su subsistencia, especialmente en su etapa inicial.

**Otros parámetros:** Con respecto a los parámetros: Tiempo máximo de ciclo de vida de las innovaciones, volatilidad máxima de las Oportunidades de Innovación, ingreso por atributo, costo de mantenimiento por capacidad, y costo de transacción bajo, medio y alto, se utilizan los mismos valores y aplica la misma justificación que en la parametrización realizada en el apartado 3.6.

### 4.3.2 Análisis de sensibilidad

Para realizar esta técnica de validación se requiere la conformación de escenarios, los cuales deben permitir encontrar puntos de apalancamiento que según Holland (2004) todos los SCA tienen y se caracterizan por producir grandes cambios dirigidos, gracias a pequeñas adiciones. Algo similar a esto guía los casos de estudio del sector agrario mexicano y se evidencia en Ekboir et al. (2006, pp. iii-iv) cuando manifiestan que,

las políticas en sistemas complejos no buscan “dirigir” los procesos sino aumentar la probabilidad de resultados deseados y reducir la de los no deseados, sugerir nuevas preguntas, examinar nuevas acciones, y reconocer situaciones en las que pequeñas intervenciones puedan tener un gran impacto.

Por lo anterior se diseñan dos escenarios que permitan identificar a las *FP* como punto de apalancamiento que genera un desempeño diferenciado en el Sistema de Innovación agropecuario mexicano, tal cual sucedió en los casos de estudio. Con el fin de validar de esta forma la operación del modelo, el cual estaría mostrando un comportamiento estilizado de estos comportamientos identificados en los estudios de caso.

Las simulaciones se realizan en el programa NetLogo 5.1.0. Con relación a la creación de los micromundos (escenarios), se sigue la lógica de Resnick (2001, p. 50) para su construcción, donde:

los patrones autoorganizados se crean sin un diseñador centralizado. Imagínesse que usted pudiese diseñar las conductas... de componentes individuales y luego observar los patrones que resultan de todas las interacciones... Este es un tipo diferente de diseño. Usted controla las acciones de las partes, no las del todo. Usted actúa como diseñador, pero los patrones resultantes no fueron diseñados.

Considerando lo anterior, se plantean los siguientes escenarios:

#### **Escenario problema:**

En este escenario no existe la Fundación Produce; sin embargo, se le da la posibilidad a los otros agentes para que asuman la función del intermediario. Esto se logra asignando un valor diferente de cero a las capacidades de difusión y de vinculación a algunos agentes competidores del micromundo. En el caso particular de las universidades, estas cuentan con unas capacidades básicas de difusión y vinculación. Mientras que en el caso

de los productores, al 20% de ellos se le asignarán unas capacidades básicas de difusión y vinculación así: de 2 al 5% y de 1 al 15% de los agentes productores. Se puede considerar este escenario como la situación problema que motivo la conformación de las *FP*, donde los vínculos entre las universidades y los campesinos o productores eran escasos y no permitían la conformación de un sistema de innovación y difícilmente se generaban innovaciones. Este escenario se puede considerar que era el anterior a las *FP* cuando se encuentran afirmaciones como la siguiente:

En la década del 90 las estructuras públicas de extensión fueron disueltas y en su lugar se implementaron diferentes mecanismos para favorecer el desarrollo de un mercado de servicios técnicos en la agricultura. Los resultados, sin embargo, no fueron positivos por problemas de implementación y limitaciones estructurales de las pequeñas empresas. (Ekboir, 2004 citado en Ekboir et al., 2006, p. 51)

que corrobora la escases de capacidades de difusión y vinculación.

Otro caso que habla sobre lo alejados que están los exploradores y explotadores, es el de la Fundación Produce de Chiapas, donde se afirma que “no hay mucha interacción entre la oferta y la demanda de nuevos conocimientos” (Dutrénit et al., 2012, p. 705). De forma similar,

la baja participación de los investigadores en las reuniones de la demanda de identificación se señaló en repetidas ocasiones como un problema por la fundación produce Chiapas. Los agricultores también se quejaron de la falta de interés de los investigadores en sus actividades. (Dutrénit et al., 2012, p. 706)

Este escenario es congruente con lo manifestado por Cimoli (2000), quien plantea que la conformación de esos vínculos entre demanda y oferta de conocimiento no es cosa fácil, particularmente en los países en desarrollo, los cuales se caracterizan por la ausencia o debilidad de los actores cruciales para llevar a cabo la innovación, así como por la fragilidad e irregularidad de las interacciones entre éstos. Especialmente, en la década de los noventas donde la base científica y tecnológica seguía siendo débil y la capacidad tecnológica local tenía un desarrollo insuficiente. El pobre desempeño del sistema y de las instituciones dedicadas a la búsqueda de avances de ciencia y tecnología para el sector agrícola se refleja en los bajos niveles en los rendimientos de múltiples cultivos y del ingreso real de los productores (Solleiro & Del Valle, 1996). De forma similar, “la estructura agrícola está caracterizada por productores minifundistas, tierras de temporal y

poco tecnificadas, productos con baja productividad, producción de autoconsumo y créditos productivos limitados” (Sampedro, Vera-Cruz, & González, 2016, p. 1). Demostrando unas capacidades productivas básicas tenidas en cuenta en las condiciones iniciales de los agentes del mundo virtual.

### **Escenario con Fundación Produce:**

Siguiendo la recomendación de Holland (2004) de buscar identificar puntos de apalancamiento, se parte del escenario problema anterior y se le adiciona un único agente intermediario, en este caso una Fundación Produce tal como sucedió en cada Estado de México, con unas capacidades medias (valor de cinco) de difusión y vinculación, estas capacidades medias son asignadas, como se explicó anteriormente en la elección de valores para los parámetros, dada la poca experiencia de las *FP* al ser conformadas, éstas deben ir acumulando capacidades gracias al aprendizaje por interacción y haciendo al que se verán expuestas. Este escenario tiene el fin de posibilitar el análisis del impacto que genera este agente en el desempeño y comportamiento del micromundo. Todos los demás parámetros iniciales se mantienen igual al escenario problema, con el fin de poder hacer el análisis de sensibilidad del impacto de la Fundación Produce en el comportamiento del micromundo diseñado, para luego poder comparar y analizar estos comportamientos a la luz de los estudios de caso en el sector agrario mexicano, donde las *FP* han sido el foco principal de estos estudios. Se debe de tener en cuenta que estos estudios reconocen que,

las *FP* operan sobre procesos esencialmente complejos. Las investigaciones son inciertas porque buscan desarrollar conocimiento inexistente, la difusión de innovaciones es compleja porque depende de un gran conjunto de factores, incluidos mercados, políticas económicas nacionales y de otros países, desarrollos tecnológicos y elementos culturales, y no existen métodos probados para promover la innovación en el sector agropecuario y forestal. (Ekboir et al., 2006, p. 14)

Una consideración adicional que se debe de hacer en este escenario con *FP*, es que la volatilidad del Entorno Competitivo pierde su carácter de aleatoria, esto se puede explicar por varias razones: Primero, en los estudios de caso, se percibe que las *FP* actúan enfocándose en un sistema-producto, haciendo al Entorno Competitivo más homogéneo. Segundo, la elección de proyectos se hace mediante fondos competidos, los cuales tienen un componente importante de identificación de la demanda de conocimiento,

provocando que las necesidades identificadas tengan una pertinencia que garantiza de cierto modo la permanencia en el tiempo de la necesidad. Por lo anterior se considera que la mejor forma de involucrar estos cambios y propender por un comportamiento más plausible del modelo y facilitar así su validación, se opta por continuar con una volatilidad de 5 años, pero desactivando la aleatoriedad de este parámetro, por los argumentos expuestos.

Se espera con este escenario que la Fundación Produce, como intermediario de innovación pueda incidir en la mejora de diversos aspectos del proceso de innovación. Ya que en los estudios de caso, los investigadores encuentran que la mayor parte de los productores relacionados con las *FP* son pequeños propietarios y productores sociales, con diferentes habilidades tecnológicas y administrativas, que utilizan paquetes tecnológicos con diferentes grados de complejidad y que poseen, asimismo, distintos grados de adversidad a la introducción de cambios (Dutrénit, Rocha-Lackiz, & Vera-Cruz, 2016). Donde la mayoría están lejos de la frontera tecnológica, situación que se tiene en cuenta en la magnitud de las capacidades con que cuentan los agentes en sus vectores de capacidades. De hecho, “la transferencia de tecnología de las universidades y centros de investigación y más aún de los llamados *KIBS* es escasa” (Dutrénit et al., 2016, p. 17). Siendo vital la función que ya se ha mencionado, de promover la innovación basada en el conocimiento existente y difundirla a través del sector, siendo esto más relevante que promover la introducción de nuevo conocimiento basado en *I+D*.

### **4.3.3 Aproximación histórica amigable**

Este acercamiento se realiza mediante el análisis de los resultados de los escenarios planteados en el análisis de sensibilidad y su comparación con los comportamientos de los estudios de caso del sector agropecuario mexicano.

Según la historia de la conformación de las *FP*, “ninguno de los actores que crearon las Fundaciones ni los que posteriormente influyeron directa o indirectamente en éstas previeron el resultado final” (Ekboir et al., 2006, p. 43). Cabe recalcar que la perspectiva de los estudios de caso tiene la misma orientación que se tuvo al realizar el modelo cuando los autores afirman que,

en las teorías de la complejidad se valoran los enfoques descentralizados de abajo hacia arriba, la diversidad de opiniones, la toma de riesgos y el aprendizaje, la adaptación, la novedad permanente y la experimentación. Desde la perspectiva de este estudio, los dos mecanismos más importantes para operar sobre sistemas complejos son la manipulación de la variación y la selección por un lado, y el balance entre la exploración y la explotación por el otro. (Ekboir et al., 2006, p. 9)

El tiempo de simulación es de 25 años, lapso suficiente para identificar las tendencias en el comportamiento de cada uno de los escenarios y se pueden comparar los primeros 19 años que coinciden con el tiempo en que han existido las *FP* y la tendencia en el comportamiento que se aprecia en los estudios de caso.

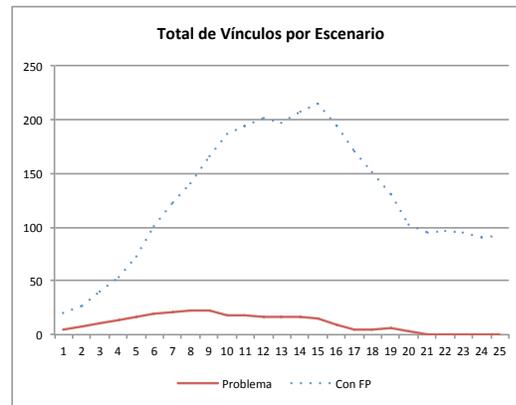
### **Comportamiento de los vínculos o transacciones que conforman el sistema de innovación:**

Según lo presentado en la Figura 4-1, se puede decir que en el escenario problema no se logra conformar un sistema, dados los escasos vínculos que se presentan, mientras que en el otro escenario sí. La gran diferencia en el comportamiento de los escenarios se tenía previsto, teniendo en cuenta lo manifestado por Klerkx y Leeuwis (2008; 2009) y Batterink et al. (2010), quienes consideran a los intermediarios como formadores y orquestadores del sistema o la red de innovación, lo cual también se afirma y corrobora en los estudios de caso con las *FP*. La diferencia en el comportamiento de los dos escenarios es muy evidente y significativo; tal cual se puede corroborar en el análisis estadístico del Anexo A, específicamente en la Tabla A-2; aunque el único cambio realizado es la introducción de una Fundación Produce, con unas capacidades medias de difusión y vinculación, permitiendo esto identificar un punto de apalancamiento tal como se quería hacer al generar un pequeño cambio.

La diferencia entre los resultados de los dos escenarios se puede entender a partir de la siguiente afirmación:

La efectividad de las redes depende de los flujos de conocimiento, de los mecanismos usados por los agentes e instituciones para aprender colectivamente y de la adquisición de capacidades mediante la interacción. Es decir, la efectividad de las redes depende de su capacidad para facilitar el intercambio de información y recursos. (Ekboir et al., 2006, p. 15)

**Figura 4-1:** Comportamiento de los vínculos entre agentes competidores por escenario.



Fuente: Elaboración propia basado en las simulaciones en NetLogo 5.1.0

Un caso particular para ejemplificar esto último es el de la *FPNL* donde “las redes basadas en la interacción de productores e investigadores participantes en asociaciones y grupos han tenido repercusiones significativas en el proceso de aprendizaje de la fundación y de los agentes del sistema agropecuario del estado” (Ekboir et al., 2006, pp. 142-143). La desconexión inicial, que se percibe en el escenario problema, donde las limitaciones en capacidades de difusión y vinculación son determinantes para la formación del sistema, se manifiesta cuando los autores mencionan que,

los cambios en el entorno socioeconómico, especialmente las nuevas necesidades tecnológicas y comerciales de los productores, pusieron en evidencia la inflexibilidad de las instituciones públicas de investigación y extensión. Si bien las instituciones de investigación no tenían ni los medios ni los incentivos para participar en estos procesos como organizaciones, algunos investigadores individuales tuvieron una intervención destacada. (Ekboir et al., 2006, p. 49)

Retomando, sobre las pobres capacidades de innovación de los agentes en el escenario problema, se tiene que,

una de las mayores limitaciones que afectan la capacidad de innovación de los pequeños productores en los países en desarrollo es su incapacidad para integrarse en redes navegables que les permitan acceder a información técnica, mercados de bienes y servicios y financiamiento. Por esta razón, uno de los objetivos centrales de las políticas de innovación debe ser fortalecer a las redes y aumentar su navegabilidad. (Ekboir et al., 2006, p. 203)

Como ya se ha mencionado, para los investigadores involucrados en los estudios de caso del sector agropecuario mexicano, probablemente la tarea más difícil para un intermediario de innovación es facilitar la orquestación y el funcionamiento de una red de innovación que va más allá de un proyecto específico y se convierte en una estructura semipermanente que incluya a la mayoría de los agentes del Sistema de Innovación (Dutrénit et al., 2016). En los resultados de las simulaciones del escenario con Fundación Produce, esta red semipermanente no es impuesta, sino que se llega a ella a través de la especialización de los agentes que interactúan. Esto también se percibe en las preocupaciones principales de la experiencia con las *FP*, donde los productores adquieren una dependencia para llevar a cabo los procesos de innovación (Torres & Vera-Cruz, 2016); esto se puede considerar normal, dada la especialización que se da en capacidades por el aprendizaje y des-aprendizaje, este comportamiento se observa tanto en las simulaciones como en los resultados empíricos. Por ello, para el modelo, de forma similar a como lo consideran (Heinze, Shapirab, Rogers, & Senker, 2009), La colaboración entre diferentes agentes es considerada como un factor positivo en la creación de conocimiento y solución de problemas.

#### **Comportamiento de los Costos de Transacción:**

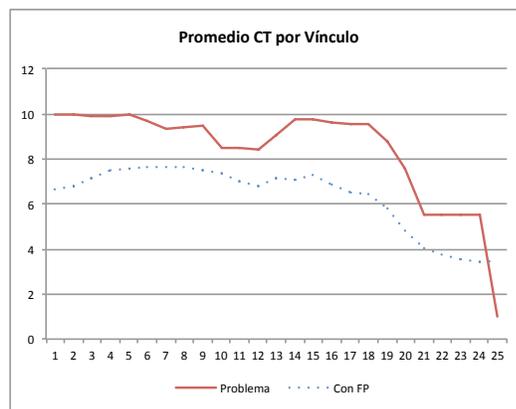
Los Costos de Transacción se comportan muy similar al número de transacciones o vínculos como es lógico y como se puede apreciar en la Figura 4-2, donde existen diferencias significativas en los comportamientos de los escenarios, tal como se comprobó en el análisis estadístico del Anexo A, específicamente en la Tabla A-4; sin embargo, para entender mejor el aporte de la Fundación Produce en los Costos de Transacción presentes en el micromundo, se puede observar el comportamiento del promedio de costos por vínculo o transacción de los dos escenarios, es cual se puede observar en la Figura 4-3 y de forma similar a los Costos de Transacción las diferencias en los comportamientos es significativa (ver Tabla A-6 del Anexo A), donde el escenario con Fundación Produce a pesar de ser el de mayor cantidad de vínculos es él que en promedio es menos costoso, gracias a la intervención de la Fundación Produce y en específico a sus capacidades de difusión y vinculación; ya que, en el caso del escenario problema, éste muestra como los pocos vínculos que se logran generar tienen un alto costo promedio.

**Figura 4-2:** Comportamiento de los Costos de Transacción entre agentes competentes por escenario.



Fuente: Elaboración propia basado en las simulaciones en NetLogo 5.1.0

**Figura 4-3:** Comportamiento de los Costos de Transacción promedio por vínculo por escenario.



Fuente: Elaboración propia basado en las simulaciones en NetLogo 5.1.0

Esta disminución en los Costos de Transacción por vínculo se evidencian en los estudios de caso cuando los investigadores manifiesta que, gracias a la intervención de las *FP* se mejoró la confianza entre productores y universidades. Por ejemplo en Ekboir et al. (2006, p. iii), se encuentra que:

Las Fundaciones Produce fueron una innovación institucional de gran importancia, contribuyendo al diseño de políticas sectoriales, científicas y de innovación para el campo, a la transformación de las instituciones públicas de investigación agropecuaria, y a abrir canales de comunicación entre funcionarios públicos y productores agropecuarios.

De igual forma se reconoce que, “las fundaciones también introdujeron la idea de que era importante fortalecer las redes de innovación” (Ekboir et al., 2006, p. 127).

Se puede decir que, la confianza, considerada como una disminución de los Costos de Transacción, se construyó basada en la acción; los productores confiaron en las *FP* porque trabajaban a través de la organización de reuniones y mostrando a los agricultores los beneficios que podrían obtener al utilizar nuevos procesos; entonces los productores notaron el compromiso de las *FP*, al vincularse a los proyectos y buscar continuamente introducir mejoras; al organizar reuniones periódicamente, las *FP* introdujeron en los agricultores rutinas de aprendizaje por interacción; siendo las reuniones las que dieron oportunidad a los agricultores de intercambiar información con investigadores, con personal de las *FP* y entre ellos (Torres & Vera-Cruz, 2016). Todo lo anterior propició la disminución de los Costos de Transacción gracias a la capacidad de vinculación. Con estas experiencias los productores identificaron la existencia de un interés común; aunque al principio la construcción de un grupo básico fue difícil, debido a las distintas tendencias políticas de los agricultores, pero con el tiempo, la vinculación y los resultados técnicos y económicos se privilegiaron sobre los políticos (Torres & Vera-Cruz, 2016).

Una contribución importante de la Fundación Produce que se puede observar, tal como lo reconocen Klerkx y Leeuwis (2008), es su construcción de capacidades en los demandantes y proveedores de conocimiento para cooperar en el proceso de innovación. Esto es clave para las *FP* que poseen una visión más estratégica y entienden que deben “acelerar el proceso de construcción de la capacidad tecnológica de los agricultores” (Dutrénit et al., 2012, p. 706). Esto contribuye a que el Sistema de Innovación madure y abandone el enfoque de corto plazo, evidenciado en la mayoría de los sistemas-producto que estudiaron los investigadores. También se identifica como las *FP* contribuyen reduciendo los Costos de Transacción involucrados en el intercambio de conocimientos, comportamiento reconocido por Dyer y Singh (1998) para los intermediarios de innovación. Por lo que,

las fundaciones produce tienen el potencial de generar y fortalecer el capital social necesario para el buen funcionamiento del sistema producto... El papel de las organizaciones intermediarias de innovación, como la fundación produce, en la creación de confianza, hacen transparente el mercado del conocimiento, y promueve el aprendizaje

colectivo al hacerse explícito en las normas de funcionamiento de la fundación produce. (Dutrénit et al., 2012, p. 709)

En el caso del escenario con Fundación Produce, que transforma fundamentalmente al escenario problema al agregar un intermediario, se podría usar la conclusión de Boon et al. (2008), quienes plantean que la interacción entre usuarios y productores de conocimiento organizados a través de intermediarios parece ser la herramienta más importante para la articulación de la demanda de conocimiento y el aprendizaje interactivo. Esto queda evidenciado cuando Ekboir et al., (2006, p. 3) manifiestan que, las *FP* “influyeron directamente sobre las actividades de investigación al abrir canales de comunicación entre los productores y los investigadores y al definir prioridades de investigación”. Un caso para ejemplificar esto es el de la *FPNL* donde,

las interacciones que se dan entre productores e investigadores en estos grupos han permitido la identificación de problemas y la generación de proyectos presentados a la *FPNL*. También han permitido el apoyo de la Fundación a la creación de parcelas de validación de tecnologías y han contribuido a la adaptación y difusión de tecnologías entre productores. (Ekboir et al., 2006, p. 142)

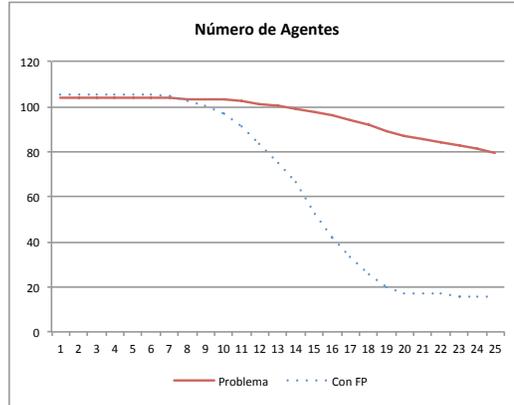
### **Comportamiento del número de agentes competidores:**

La diferencia entre el número de agentes que sobrevive en un escenario y en otro se puede ver en la Figura 4-4, siendo significativa la diferencia entre los dos comportamientos (tal como se puede ver en el análisis estadístico del Anexo A, específicamente en la Tabla A-8), la cual se puede explicar por los siguientes argumentos:

La mayoría de las políticas y programas de apoyo a la innovación parten del supuesto implícito de que toda la población objetivo tiene capacidad para innovar. Esto es mayormente cierto para actores que operan en mercados dinámicos, ya que la competencia los presiona para innovar para mantener o mejorar su posición competitiva. Pero en mercados estáticos, los actores pueden sobrevivir sin innovar; especialmente los agricultores que producen su propio alimento, mientras que otros actores tienen que generar como mínimo suficientes ganancias como para alimentarse. Es decir, la competencia funciona como un mecanismo de selección, basado en la capacidad para innovar. (Ekboir et al., 2006, p. 206)

De lo anterior, se encuentra que en el escenario problema los productores tienen una supervivencia de subsistencia, posiblemente al producir su propio alimento; mientras que en el escenario con Fundación Produce, al conformarse un Sistema de Innovación, se genera el mecanismo de selección donde unos pocos agentes son los que conforman el nuevo mercado dinámico.

**Figura 4-4:** Comportamiento del número de agentes sobrevivientes por escenario.



Fuente: Elaboración propia basado en las simulaciones en NetLogo 5.1.0

Los resultados obtenidos por los agentes que sobreviven al final de la simulación, en el escenario con Fundación Produce, los cuales logran incrementar sus capacidades y aumentar de forma considerable sus stock de excedentes, tal como se verá en la Figura 4-8, se puede explicar desde la teoría así:

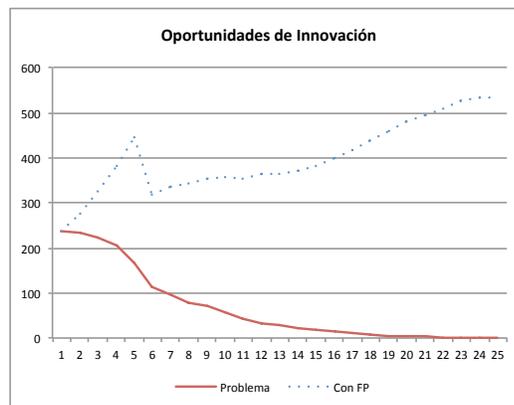
La capacidad de innovación de los individuos resulta de la organización específica de sus experiencias cognitivas. Estas experiencias resultan en representaciones de la realidad, es decir, cómo un individuo ve, entiende e interpreta el ambiente que lo circunda... Las personas inteligentes, y en particular los innovadores, ven, entienden e interpretan su realidad de forma diferente que el resto de la gente. Sus representaciones son generales, categóricas, conceptualmente ricas, complejas y únicas, posibilitando un desempeño y logros excepcionales. (Ekboir et al., 2006, p. 206)

#### **Comportamiento de las Oportunidades de Innovación:**

El comportamiento del número de Oportunidades de Innovación, del número y porcentaje de Oportunidades de Innovación aprovechadas se puede observar en las Figuras 4-5, 4-6 y 4-7 respectivamente, donde en todos los casos se encuentra que los comportamientos de los escenarios son significativamente diferentes (ver el análisis

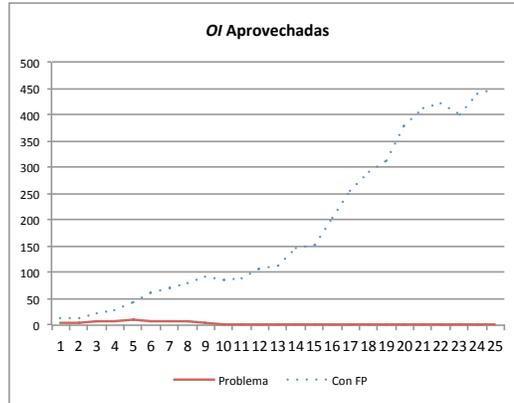
estadístico en el Anexo A, específicamente en las Tablas A-16, A-18 y A-20 respectivamente), estos comportamientos tienen mucha relación, pues mientras más Oportunidades de Innovación sean aprovechadas, se mantiene una mayor cantidad de ellas en el mundo, mostrando como ambientes más innovadores generan una mayor dinámica. El número y porcentaje de Oportunidades de Innovación aprovechadas depende mucho de las capacidades que tengan los agentes del micromundo para generar, difundir y usar conocimiento y tecnología. Por ejemplo, en el caso del escenario problema, donde los agentes cuentan con pocas capacidades de difusión y vinculación, se observa como los agentes no logran aprovechar las Oportunidades de Innovación y poco a poco éstas van desapareciendo debido a su volatilidad. Mientras que al agregar una Fundación Produce, las Oportunidades de Innovación logran incrementarse y luego mantenerse estables en el micromundo, ya que los agentes logran cada vez aprovechar más Oportunidades de Innovación a través de la interacción y el aprendizaje de las capacidades que están utilizando. Este comportamiento se puede considerar que lleva a una estabilidad, que como resultado de “las tendencias y de los factores aleatorios cambia a medida que el sistema evoluciona” (Ekboir et al., 2006, p. 6). En el caso particular de las *FP*, éstas también aprenden, esto se manifiesta en hallazgos como los de Ekboir et al. (2006, p. iii), cuando manifiestan que “Tres de los elementos fundamentales que determinaron la evolución de las Fundaciones fueron la creatividad de unos pocos productores y gerentes, métodos de aprendizaje colectivos y las estructuras de gobernabilidad”.

**Figura 4-5:** Comportamiento del número de Oportunidades de Innovación por escenario.



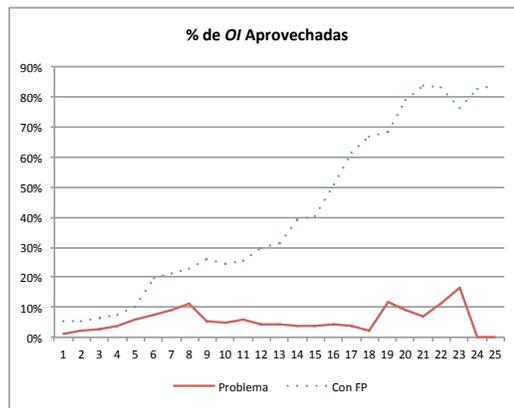
Fuente: Elaboración propia basado en las simulaciones en NetLogo 5.1.0

**Figura 4-6:** Comportamiento del número de Oportunidades de Innovación aprovechadas por escenario.



Fuente: Elaboración propia basado en las simulaciones en NetLogo 5.1.0

**Figura 4-7:** Comportamiento del porcentaje de Oportunidades de Innovación aprovechadas por escenario.



Fuente: Elaboración propia basado en las simulaciones en NetLogo 5.1.0

Es notable como en el escenario donde se ha introducido la Fundación Produce, con una cantidad menor de agentes en el micromundo, en casi todo el período de simulación, logra superar significativamente los resultados del escenario problema; esta cantidad menor de agentes se explica por la selección, donde no todos logran entrar en las dinámicas de los sistemas de innovación, esto se puede ver también en los estudios de caso, cuando los autores manifiestan que,

el resultado, como sucede en la gran mayoría de los países, es que las Fundaciones terminaron representado y apoyando mayormente a los productores comerciales porque

los productores del sector social tienen grandes dificultades para articular sus demandas. Las razones de estas dificultades se originan en (a) su falta de capital humano y social, especialmente la debilidad de las organizaciones no gremiales de los productores, y (b) la diversidad de sus necesidades, donde las mayores necesidades normalmente no son de tipo tecnológico. (Ekboir et al., 2006, p. 160)

Esto se puede explicar al analizar el fenómeno desde el punto de vista del aprendizaje y la acumulación de capacidades, donde tales “procesos de aprendizaje generan conocimiento y construyen capacidades” (Ekboir et al., 2006, p. 106).

Entonces, los agentes gracias al aprendizaje por la interacción y el hacer, se van tornando más capaces de aprovechar Oportunidades de Innovación, esto se observa en las simulaciones del escenario con Fundación Produce. Lo contrario sucede en el escenario problema, donde la poca interacción limita el aprendizaje y por ende la capacidad de los agentes para innovar. Tal como sucede en el análisis de los vínculos y las transacciones, se puede percibir el efecto de punto de apalancamiento que tiene el instalar una Fundación Produce; esto también se evidencia en los estudios de caso, donde se afirma que se genera un Sistema de Innovación y por ende los agentes aumentan sus capacidades y se vuelven más innovadores. Específicamente las *FP* “evolucionaron, acumulando experiencias y desarrollando capacidades que les han permitido convertirse en un actor clave del sector agropecuario mexicano” (Ekboir et al., 2006, p. 5). Siendo lo anterior confirmado por los estudios de caso, un ejemplo es la Fundación Produce de Puebla la cual,

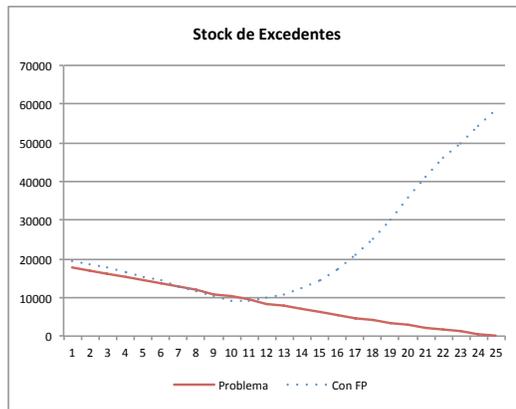
facilita los procesos de aprendizaje tecnológico y organizativo de los productores que participan en cadenas agroalimentarias, apoya al gobierno estatal y a la delegación de la SAGARPA con información para la toma de decisiones y para la generación de políticas públicas, y orienta la investigación y transferencia de tecnología promoviendo la interacción entre diferentes agentes del sector. (Ekboir et al., 2006, pp. 149-150)

#### **Comportamiento del desempeño económico:**

El análisis del desempeño económico de los escenarios se puede hacer a partir del comportamiento del stock de excedentes, beneficios y costos de mantenimiento de las capacidades de cada escenario, estos se pueden observar en las Figuras 4-8, 4-9 y 4-10 respectivamente, donde los comportamientos del stock de excedentes y los beneficios por escenario son significativamente diferentes (tal como se puede corroborar en el análisis estadístico del Anexo A, específicamente en las Tablas A-10 y A-12), mientras que el

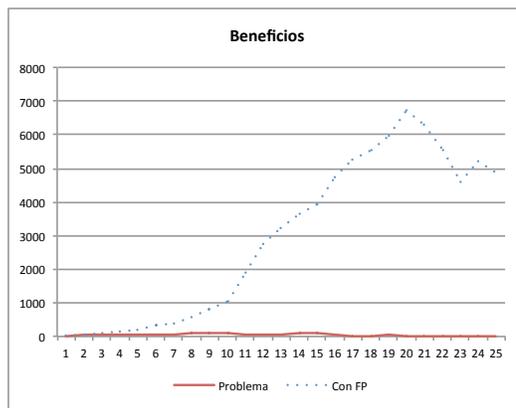
comportamiento de los costos de mantenimiento de los dos escenarios se considera como igual (ver Tabla A-14 del Anexo A). Estos comportamientos van muy de la mano de la cantidad de Oportunidades de Innovación aprovechadas, pues son éstas las que otorgan los beneficios a los agentes del micromundo. Como es de esperarse, el escenario problema obtiene unos beneficios muy pobres, que no aportan lo suficiente al stock de excedentes de los agentes, por lo que se va viendo menguado gracias a los costos de mantenimiento; estos últimos van disminuyendo de acuerdo a como van desapareciendo los agentes, pero independiente de esto, continúan mellando el stock de excedentes hasta que prácticamente desaparece.

**Figura 4-8:** Comportamiento del stock de excedentes por escenario.



Fuente: Elaboración propia basado en las simulaciones en NetLogo 5.1.0

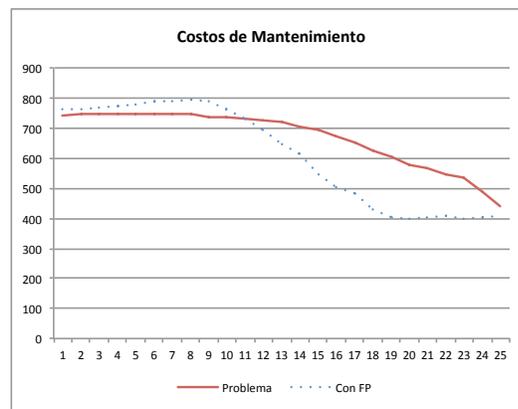
**Figura 4-9:** Comportamiento los beneficios por escenario.



Fuente: Elaboración propia basado en las simulaciones en NetLogo 5.1.0

Ahora, al agregar la Fundación Produce a ese escenario problema, se puede apreciar un comportamiento completamente diferente, donde los beneficios van aumentando, se estabilizan y mantienen en el tiempo. En cuanto al stock de excedentes, los dos escenarios se mantienen con un comportamiento muy similar hasta aproximadamente el período 13, donde el escenario con Fundación Produce se separa radicalmente de este comportamiento de descenso e inicia un crecimiento lineal y continuo que se refleja en un desempeño económico muy importante; este comportamiento nos indica que en los primeros años no se alcanzan a ver resultados económicos muy contundentes, siendo esto una posible explicación del porqué no se habla mucho de esto en los estudios de caso de las *FP*, pudiendo ser el motivo del pequeño porcentaje de productores que terminan siendo parte del sistema, que continúan la dinámica y que conforman finalmente el Sistema de Innovación; se observa que estos agentes sobreviviente en el largo plazo obtienen unos resultados económicos muy significativos, los cuales se ven reflejados en su stock de excedentes.

**Figura 4-10:** Comportamiento los costos de mantenimiento por escenario.



Fuente: Elaboración propia basado en las simulaciones en NetLogo 5.1.0

Al fijar la atención en la co-especialización, se obtiene que ésta se puede observar en el comportamiento de las capacidades del escenario con *FP*, donde los agentes han desaprendido en las capacidades que no han utilizado, presentándose una mayor cantidad de agentes con capacidades altas en una o dos posiciones del Vector de Capacidades, contra los que tienen altas en más de tres, evidenciándose la especialización. Este comportamiento genera unos mejores resultados a la hora de aprovechar las Oportunidades de Innovación, tal como sucede en el escenario con Fundación Produce,

en el cual rápidamente el micromundo se queda con pocos agentes, los cuales están especializados y logran exitosamente ir aumentando su stock de excedentes gracias a su desempeño innovador que le permite aprovechar las Oportunidades de Innovación. La diferencia observada en el desempeño económico del escenario con Fundación Produce y el problema, es soportada por la teoría en la que se apoyan los estudios de caso, especialmente cuando los autores afirman que, “la influencia de los individuos o eventos menores es mayor al comienzo de los procesos porque estos últimos todavía no están bien estructurados” (Ekboir et al., 2006, p. 7).

Los stock de excedentes se pueden considerar como equivalente a la competitividad del Sistema de Innovación, al respecto los investigadores que realizaron los estudios de caso encuentran que la competitividad se desarrolla

a medida que el sistema de innovación se fortalece, se amplía el espectro de investigaciones que puede realizar. Eventualmente puede alcanzar un nivel de sofisticación elevado. Una vez alcanzado este nivel, el país o sector ya no depende únicamente de las tecnologías importadas, sino que puede desarrollar tecnologías propias. Cuanto más fuerte es el sistema de innovación, más importante se vuelve la búsqueda internacional de conocimientos para identificar líneas de investigación promisorias y para mantener la competitividad. (Ekboir et al., 2006, p. 234)

El comportamiento empresarial de los productores agrícolas rurales se origina por la necesidad de cubrir carencias básicas de subsistencia individual y familiar y no necesariamente por necesidades derivadas del mercado o por la existencia de incentivos institucionales, indicando que no están muy orientados a las necesidades de un Entorno Competitivo, entonces tienen alta probabilidad de desaparecer.

De alguna manera, algunos sectores económicos son menos proactivos ante el mercado y requieren de la intervención de organizaciones intermedias entre los actores y el mercado para que estimulen, gestionen, coordinen y potencien tanto las capacidades empresariales de los productores agrícolas como las nuevas tecnologías. (Sampedro et al., 2016, p. 8)

### **Comportamiento del agente intermediario de innovación (Fundación Produce):**

Para los estudios de caso utilizados para validar el modelo, las *FP* se entienden como organizaciones intermedias de innovación que “construye puentes entre oferentes y demandantes de conocimiento y ayuda a mejorar el rendimiento innovador de los pequeños agricultores” (Dutrénit et al., 2012, p. 707). Al analizar el comportamiento del agente intermediario, se nota la gran cantidad de vínculos que genera desde el primer

período y como se incrementa rápidamente sus capacidades. Esto concuerda con los estudios empíricos cuando afirman que, “rápidamente llevó al conjunto de fundaciones a la frontera del conocimiento en el financiamiento de investigación y extensión agropecuaria y en la búsqueda de instrumentos de apoyo a la innovación” (Ekboir et al., 2006, p. 44). Específicamente, por ejemplo en el caso de la Fundación Produce de Michoacan, se reconoce como,

indujo varias actividades que promovieron el aprendizaje en otros actores del sistema de innovación estatal y nacional. Mediante frecuentes interacciones y el aporte de ideas innovadoras, indujeron cambios en el accionar de SAGARPA y SEDAGRO, creando un mecanismo para introducir nuevas ideas en el diseño e implementación de políticas científicas y tecnológicas. (Ekboir et al., 2006, pp. 136-137)

Para la simulación con Fundación Produce, se considera que la tarea más importante del intermediario es articular la demanda de los productores agrícolas con los oferentes de soluciones tecnológicas, en un escenario donde gran parte de los productores agropecuarios no tiene la capacidad de pagar por los servicios tecnológicos, sugiriendo que el stock de excedente inicial de los productores es muy precario. Retomando la importancia de la articulación de la demanda y la oferta de soluciones tecnológicas, se tiene el ejemplo de la Fundación Produce de Puebla, la cual “catalizó la innovación reuniendo y articulando actores tales como agricultores, investigadores, consultores y agentes gubernamentales” (Torres & Vera-Cruz, 2016, p. 10), demostrando una importante capacidad de vinculación. La interacción entre estos agentes impulsó procesos de aprendizaje no sólo para los agricultores sino también para los otros agentes involucrados en el proyecto, por lo que el aprendizaje se presenta en todos los agentes involucrados en la interacción, tal cual lo plantea el modelo. Lograndose que, las capacidades de innovación de los productores locales fueron construidas y fortalecidas, gracias a la intervención del intermediario y al aprendizaje que se suscito al darse la interacción.

El escenario con la Fundación Produce es bastante revelador, pues la Fundación Produce juega un papel donde aporta sus capacidades para que se dé el puente entre los agentes extremos posibilitando la difusión. La Fundación Produce actúa como facilitador, especialmente entre los agentes que presentan más debilidades en estos sentidos, este comportamiento de los intermediarios de innovación es reconocido en

Göktepe (2006). Un ejemplo de esto, es como mediante sus capacidades de difusión la Fundación Produce Michoacán,

tuvo un impacto mediante la organización de actividades de difusión de información que incluyeron viajes tecnológicos, diplomados, acciones tradicionales de transferencia (por ejemplo, días de campo), cursos y proyectos no tradicionales entre los que se destacan “Análisis y consolidaron de redes de innovación” y “Herederos del campo”. (Ekboir et al., 2006, p. 137)

Similarmente, un ejemplo de utilización de las capacidades de vinculación, se puede observar el caso de la *FPNL* donde

para aumentar su capacidad de acción, la fundación participa en diferentes redes, por ejemplo, la participación de los directivos en diversas asociaciones permite extender la presencia de la *FPNL* entre los productores del estado, y acceder a recursos físicos u organizacionales. Algunas asociaciones con las que la *FPNL* mantiene relaciones son el Consorcio Técnico del Noreste, la Unión de Ganaderos de Nuevo León, el Fondo de Aseguramiento Citrícola y la Asociación de Fruticultores. (Ekboir et al., 2006, pp. 139-140)

Las vinculaciones también se generan hacia los generadores de conocimiento:

La *FPNL* ha establecido vínculos con instituciones de investigación tales como la Universidad de Tamaulipas, la Universidad Autónoma de Nuevo León, la Universidad de Coahuila, el Tecnológico de Monterrey, la Universidad Antonio Narro, el CINVESTAV y otras universidades del país y extranjeras. Existe una sinergia significativa entre estas asociaciones y la *FPNL*. Se destacan dos experiencias de organizaciones complementarias a la *FPNL*: a) el Consorcio Técnico del Noreste y b) la experiencia de los Grupos GGVATT (Grupos Ganaderos de Validación y Transferencia de Tecnología). (Ekboir et al., 2006, p. 141)

### **Comportamiento del aprendizaje:**

El comportamiento del escenario con Fundación Produce busca comportarse de forma similar a el Sistema de Innovación Agropecuario Mexicano, el cual está basado en la demanda de conocimiento por parte de los productores, como resultado del cambio de modelo por uno jalonado por la demanda; donde dicha demanda se canaliza a través de las *FP* mediante un esquema competido. Sin embargo, en las etapas iniciales se encuentra por parte de los investigadores que, los productores no consideran que la identificación e integración de la oferta de *I+D* y las soluciones tecnológicas sean una función importante de la Fundaciones Produce.

Como ya se ha mencionado, los estudios de caso del sector agropecuario mexicano encuentran que,

Los productores parecen no necesitar del conocimiento de frontera, ya que la mayoría de los proyectos financiados por la FP de Chiapas, y ejecutados por los proveedores de servicios profesionales, están relacionados con la validación de tecnologías existentes y la transferencia de tecnología. Este resultado es consistente con el interés de los productores en la solución de problemas de corto plazo relacionados con la producción primaria. Los productores parecen estar satisfechos con el hecho de que los proveedores de servicios tecnológicos participen en las reuniones de los sistemas-producto. Sólo los productores más avanzados señalan que dichas reuniones requieren una mayor participación de investigadores académicos (el lado de la oferta de conocimiento), por lo que sin duda la FP debería de apoyar en esta dirección. La FP reconoce la necesidad de identificar brechas en temas relevantes, lo que puede lograrse si el lado de la oferta de conocimiento, particularmente los investigadores, están involucrados. (Dutrénit et al., 2016, p. 14)

Lo anterior evidencia altos Costos de Transacción y brechas entre agentes productores y usuarios del conocimiento, quedando esto evidenciado, como manifiestan los investigadores de los estudios de caso del sector agropecuario mexicano, en la insuficiente participación de investigadores en las reuniones, este comportamiento fue señalado repetidamente como una carencia inicial de los vínculos organizados por las *FP*. Por su parte los productores, en encuestas que se les realizaron, se quejaron de la falta de interés de los investigadores en sus actividades. Esto último se evidenció en las reuniones para la identificación de la demanda, donde la mayor cantidad de asistentes son productores,

cuyas necesidades se concentran en los problemas de producción primaria y conceden poca importancia a la agro-industria, las actividades de comercialización, así como a la exploración de tecnologías prometedoras. Esta situación constituye un problema porque frecuentemente la solución a un problema en particular requiere la participación de otros miembros del sistema-producto, tales como proveedores de semillas o plantas, proveedores de equipo, comercializadores, empresas de la agro-industria, y los investigadores académicos. (Dutrénit et al., 2016, p. 15)

Sin embargo, “una vez que los productores dominan un nuevo paquete tecnológico, las demandas de los productores más avanzados se mueven de la producción primaria a otras etapas de la cadena de producción” (Dutrénit et al., 2016, p. 15), evidenciando la

acumulación de capacidades que se da por el aprendizaje, ya sea por la interacción o haciendo. “La evidencia muestra que los proyectos exitosos llevan al establecimiento de redes de innovación cuyo mantenimiento está fuera del alcance de la FP” (Dutrénit et al., 2016, p. 16). Siendo el aprendizaje y la acumulación de capacidades fundamental para la buena dinámica del sistema.

Se aprecia, tal como lo plantean Dutrénit et al. (2012, p. 699) que “el papel de las organizaciones intermediarias de innovación como promotores del aprendizaje colectivo con el fin de llegar a los niveles más altos de innovación es más relevante que la promoción de la introducción de nuevos conocimientos basados en I+D”. En cuanto al aprendizaje que se dio en las fundaciones, éstas han avanzado en la homologación de procesos y estatutos y en la capacitación de los gerentes y presidentes, la mejora del control de proyectos y de la eficiencia de las convocatorias. De hecho, Ekboir et al. (2006) señalan que las *FP* han sido una innovación institucional de gran importancia, porque han contribuido al diseño de políticas sectoriales, científicas y de innovación para el campo, a la transformación de las instituciones públicas de investigación agropecuaria, y a abrir canales de comunicación entre funcionarios públicos y productores agropecuarios. En su mayoría, estos impactos no surgieron de las actividades para las cuales las *FP* fueron creadas –administrar fondos competitivos para la investigación y la extensión–, sino de acciones que las propias *FP* fueron desarrollando a medida que aprendían.

Con relación a las capacidades de los agentes que interactuaron con la Fundación Produce, se puede apreciar como tanto las universidades como los productores acumulan más capacidades, de *I+D* en el caso de las universidades y de producción y mercadeo en el caso de los productores. Esto se puede observar por una parte en el impacto sobre los sistemas de investigación y de extensión, donde se encuentra que,

COFUPRO y las fundaciones tuvieron impactos importantes sobre el sistema público de investigación agropecuaria. Estos impactos se derivaron de la apertura de nuevos canales de interacción entre diferentes actores del sistema de innovación, en el relajamiento de las jerarquías dentro de las organizaciones de investigación, en la participación en las estructuras directivas de varias organizaciones federales y estatales de investigación, en el apoyo a la transformación del INIFAP, en nuevos enfoques para la definición de políticas sectoriales y científicas, tecnológicas y de innovación para el campo y en el funcionamiento del fondo sectorial SAGARPA-CONACYT. (Ekboir et al., 2006, p. xi)

La acumulación de capacidades son fruto del aprendizaje, para esto también hay evidencias en los estudios de caso, por ejemplo cuando se manifiesta que,

la FPNL facilita procesos de aprendizaje tecnológico y organizativo de los productores que participan en cadenas agroalimentarias, apoya al gobierno estatal y a la delegación de la SAGARPA con información para la toma de decisiones y para la generación de políticas públicas, y orienta la investigación y transferencia de tecnología promoviendo la interacción entre diferentes agentes del sector. (Ekboir et al., 2006, p. 142)

En el mismo sentido,

la dinámica de los sistemas de innovación no dependen de los agentes en la vanguardia de la investigación y el desarrollo tecnológico, sino en las capacidades de innovación de la mayoría de los agentes. En otras palabras, es más importante tener muchos agentes buscando y adaptando tecnologías existentes que tener algunos institutos de investigación sofisticadas en una sociedad estática. (Ekboir & Vera-Cruz, 2012, p. 116)

De lo anterior se puede decir que, los intermediarios posibilitan el acceso a la información de los centros de investigación y universidades. Esta información es creciente, así como la complejidad de las innovaciones, por lo que difícilmente un solo agente posea todos los recursos necesarios para innovar, haciendo necesaria la integración de redes (Powell & Grodal, 2005). Teniendo en cuenta que, para el surgimiento y la consolidación de las redes de innovación se requiere de una serie de factores, siendo el agente catalizador uno de los más importantes (Ekboir, 2004). Esto fue observado empíricamente en los estudios de caso, por ejemplo la Fundación Produce de Puebla muestra que los intermediarios de innovación públicos pueden jugar un papel importante en el proceso de aprendizaje de los productores agrícolas, ya que en este caso particular, la fundación fue de vital importancia para la conformación de la red al obtener la confianza de los agricultores mediante la reducción de los Costos de Transacción, permitiendo la participación de un número cada vez mayor de productores agrícolas dentro de la red, mediante la promoción del relacionamiento y la creación de redes entre los diferentes agentes heterogeneos. Este comportamiento observado empíricamente concuerda con la teoría y con el comportamiento del escenario con Fundación Produce.

#### **Comportamiento de co-evolución:**

En las simulaciones se pudo apreciar la generación de un contexto dinámico caracterizado por la co-evolución y la autoorganización, esto se puede ver especialmente

al comparar los dos escenarios, donde los parámetros son prácticamente los mismos, diferenciándose en la presencia o no de una Fundación Produce. Las diferencias en el relacionamiento entre agentes de los dos escenarios se evidencia en una co-evolución y co-especialización muy diferente, esto se presenta gracias al aprendizaje que se da vía interacción con otros agentes complementarios y al uso de las capacidades, permitiendo su acumulación y/o des-acumulación.

Ese comportamiento de las simulaciones, refleja esa autoorganización que se da en los SCA, que los lleva a mostrar el orden oculto del que habla Holland (2004). En el trabajo de Ekboir et al. (2006, p. iii) los autores reconocen esto al afirmar que “Los agentes individuales se agrupan espontáneamente de acuerdo a patrones específicos, es decir, se autoorganizan”. Por lo que el orden oculto se encuentra a través del comportamiento resultado de las interacciones.

#### **4.3.4 Validez de cara**

Para aplicar la técnica de validación histórica amigable se utilizó el proyecto de investigación “Mejorando la Administración del Conocimiento en el Sistema de Innovación Agropecuario mediante el Fortalecimiento de las Capacidades de las Fundaciones Produce, SNITT e Institutos de Investigación”, financiado por el CONACYT y la SAGARPA, y dirigido por el Dr. José Alexandre Oliveira Vera-Cruz. Para lo cual se utilizaron varias publicaciones y encuestas relacionadas con el proyecto; adicionalmente, se realizaron varias reuniones con los investigadores Gabriela Dutrénit, José Alexandre Oliveira Vera-Cruz y Javier Ekboir, que fueron parte del grupo de investigadores del proyecto mencionado, con el objetivo de ajustar los parámetros de los escenarios que se utilizaron para el análisis de sensibilidad, buscando que fueran lo más ajustados a la realidad. Sin embargo, ellos no se podían considerar expertos en el sector agropecuario mexicano; por lo tanto, para realizar la validación de cara se realizó un grupo focal con los investigadores Vinicio Horacio Santoyo Cortés, Jorge Aguilar Ávila, Manrubio Muñoz Rodríguez y Norman Aguilar Gallegos, miembros del Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM) de la Universidad Autónoma de Chapingo, Texcoco, México, que tienen un conocimiento profundo del actuar de las *FP* y del sector agropecuario mexicano.

Inicialmente se contextualizó a los investigadores con el problema de investigación y los objetivos perseguidos en la tesis doctoral. Luego se les explica porque se elige la *MBA* y se adopta la perspectiva de los *SCA*. Después de esto se realiza una exposición del modelo, sus supuestos, funcionamiento y en que fundamentos teóricos está soportado. Luego se les expone los argumentos del porqué se escoge el caso del sector agropecuario mexicano para validar el modelo. Y finalmente se les presenta los escenarios construidos para la validación y su respectiva confrontación de comportamientos. Luego de lo anterior se les pide sus comentarios con respecto a lo plausible que encuentran el modelo, los escenarios y los resultados, a lo que los expertos hacen las siguientes contribuciones:

- Identifican el comportamiento del escenario con intermediario de innovación similar al de las *FP* más exitosas y que han obtenido mejores resultados, teniendo concordancia con los estudios de caso exitosos que se utilizaron para formular el escenario con Fundación Produce; sin embargo, el comportamiento de este escenario no representa la totalidad de las fundaciones, pues algunas no han tenido un buen desempeño. Manifiestan que hubo fundaciones con resultados sobresalientes, pero que no fueron consistentes en el tiempo debido a que no había continuidad en las personas que la conformaban, ocasionando esto, que se perdiera el aprendizaje que se había generado, comportamiento que se sale del alcance del actual trabajo.
- Recalcan la heterogeneidad de las *FP*, por lo que no todas se comportan como la expuesta en el escenario con intermediario de innovación. Reconocen el comportamiento como ideal y normativo, representando el deber ser de las *FP*. Hacen énfasis en que en algún momento funcionaron como lo muestra el modelo; sin embargo, perciben que el modelo asume un *mercado perfecto* el cual no incluye problemas de intereses y/o políticos. Por otro lado, según sus experiencias, manifiestan que la metodología de las fundaciones funcionó, especialmente en la vinculación, pero el problema se manifiesta cuando no se siguieron o se desvirtuaron estos objetivos, ocasionando problemas en el desempeño, siendo este comportamiento difícil de mostrar por el modelo.

- Reconocen principalmente la generación de vínculos que antes no existían, pero les parece que la difusión en algunas ocasiones se volvió solo para los amigos más cercano del presidente y gerente de algunas *FP*. Dudando de la imparcialidad y neutralidad del intermediario, estando esto en contravía de la noción de lo que es un intermediario, no siendo culpa del modelo estas desviaciones del comportamiento ideal. Por lo tanto, perciben el comportamiento del escenario con Fundación Produce como normativo, el cual se cumplió en algunos casos, pero la realidad mexicana por la fragmentación del sector y otras variables que difícilmente pueden ser tenidas en cuenta en un modelo, como son el *amiguismo político*, no permiten la continuidad del comportamiento normativo en la realidad.
- Se muestran de acuerdo con que las *FP* cambiaron el relacionamiento en el sector, pero no de una forma tan definitiva como lo muestra idealmente el modelo; sin embargo, para los agentes que fueron impactados la relación fue determinante para su desempeño y el de algunos sistemas-producto. Ellos reconocen que las funciones de las *FP* son necesarias; sin embargo, el cumplimiento de estas funciones normativas no ha sido consistente en el tiempo, comportamiento que se escapa de los alcances del modelo. También, declaran que una mejora que se le puede hacer al modelo, para que su comportamiento se acerque más a la realidad, es la de poder alterar las capacidades que se han acumulado, especialmente cuando salen personas claves de la Fundación Produce. De forma similar, les parecería muy interesante poder comparar brechas del deber ser con los resultados reales. Una alternativa para el manejo de los problemas de intereses particulares y políticos se podría hacer al modificar los Costos de Transacción, lo cual se piensa realizar en trabajos futuros; sin embargo, en lo encontrado, el intermediario si ayuda a disminuirlos.
- Recomiendan ampliar los escenarios, con fundaciones con menores y mayores capacidades, así como darle la posibilidad de perder sus capacidades acumuladas cuando se cambia su personal clave (los cuales tienen unos períodos para los que son elegidos), para identificar como lo anterior afecta los comportamientos ya analizados.

En términos generales se puede decir que los comportamientos de los escenarios si reflejaron comportamientos reales, obviamente con sus respectivas limitaciones, las cuales son normales en todos los modelos. Sin embargo, se consideran los comportamientos plausibles, especialmente donde el actuar de las *FP* se puede considerar como exitoso y cuando han cumplido sus funciones, lo más cercano, al deber ser.

#### 4.4 Síntesis

Después de aplicar varias técnicas de validación, tanto para validar el modelo conceptual y el operacional, se encuentra que el modelo ayuda al entendimiento del fenómeno de la intermediación en los sistemas de innovación, especialmente en su capacidad de permitir el análisis del impacto de estos agentes en el desempeño del Sistema de Innovación. Mediante el método histórico del racionalismo y la aproximación histórica amigable se realiza la validación del modelo conceptual, encontrando que los supuestos y las reglas de decisión son apropiadas. Ahora, el análisis de sensibilidad, la aproximación histórica amigable y la técnica de validación de cara se utilizaron para validar el modelo operacional, mostrando que el comportamiento de los escenarios planteados es plausible. La validación anterior permite utilizar el modelo con tranquilidad para analizar el impacto de los intermediarios en sistemas de innovación. Lo anterior posibilita la utilización del modelo en sistemas que estén caracterizados, donde mediante la experimentación con parámetros del modelo, especialmente que tengan que ver con los intermediarios, permiten el análisis que oriente la toma de decisiones y la formulación de políticas.

Las *FP* en las simulaciones se comportó como un punto de apalancamiento para el *SCA*, donde cambian de forma radical los resultados del Sistema de Innovación al existir o no la Fundación Produce. Sin embargo, aunque el modelo se pudo validar, se debe tener en cuenta que; al adoptar el marco de las teorías de la complejidad, donde, se reconoce la importancia de la autoorganización como una característica esencial que refleja la naturaleza descentralizada del Sistema de Innovación, siendo esta naturaleza la principal fuente de dificultad al intentar predecir los efectos de las acciones en los comportamientos; por esto se debe de tener mucho cuidado al caracterizar el sistema. Esta autoorganización impide que cualquier agente individual controle el sistema; sin

embargo, algunos actores tienen mayor capacidad para influir sobre el mismo, pero ninguno puede controlarlo completamente, como se encuentra en el actuar de los intermediarios cuando un sistema no cuenta con capacidades importantes de difusión y vinculación. Por esta razón, en los SCA no se busca *dirigir* el sistema sino operar sobre la probabilidad de ocurrencia de los eventos, para aumentar la posibilidad de los resultados deseados y reducir la de los no deseados, sugerir nuevas preguntas, identificar intervenciones de gran impacto o puntos de apalancamiento, examinar nuevas acciones posibles, y reconocer situaciones en que las políticas probablemente tengan o no el efecto para el que son implementadas.

# **5. Análisis del impacto de los intermediarios a través de la comparación del comportamiento de escenarios**

## **5.1 Introducción**

A continuación se presentan los resultados de las simulaciones de los cuatro escenarios elegidos, con el fin de compararlos y poder hacer el análisis del impacto de los intermediarios en el Sistema de Innovación.

Las simulaciones se realizan en el programa NetLogo 5.1.0. Estas simulaciones se pueden considerar como la exploración de micromundos, donde estos se consideran como mundos virtuales simplificados y manipulables (Resnick, 2001). De aquí que estos micromundos se puedan considerar como incubadoras de conocimiento (Papert, 1980). Por lo que se puede hablar más de exploración de micromundos que de simulaciones de la realidad (Resnick, 2001).

Este capítulo se distribuye de la siguiente manera: En el apartado 5.2 se describen los escenarios elegidos para poder realizar el análisis del impacto de los intermediarios de innovación. Luego en el apartado 5.3 se presentan los resultados obtenidos en las diferentes simulaciones de los escenarios. Para finalizar, en el apartado 5.4 se realiza el análisis del impacto de los intermediarios en el Sistema de Innovación en el que actúan.

## **5.2 Escenarios**

Holland (2004, p. 55) plantea que: “todos los SCA tienen puntos de apalancamiento, en donde pequeñas adiciones producen grandes cambios dirigidos”. Es por esto que se diseñan varios escenarios que permitan analizar al intermediario como posible punto de apalancamiento que genere un desempeño diferenciado en el Sistema de Innovación.

Considerando lo anterior, se plantean los siguientes escenarios:

### **5.2.1 Escenario problema**

Como ya se vio con anterioridad, las capacidades con las que deben contar los agentes para realizar la función de intermediación en los sistemas de innovación son las de difusión y vinculación. Por ello, un escenario problemático, para que exista realmente un Sistema de Innovación, es en el que ningún agente posee capacidades de difusión y de vinculación.

En este escenario no existe intermediarios, ni tampoco se le da la opción a los otros agentes para que asuman este rol. Esto se logra asignando un nivel de cero a las capacidades de difusión y de vinculación a todos los agentes del micromundo.

### **5.2.2 Escenario problema con un intermediario**

Siguiendo la recomendación de Holland (2004) de buscar identificar puntos de apalancamiento, se parte del escenario anterior y se le adiciona un único agente intermediario con unas capacidades medias (valor de cinco) de difusión y vinculación, con el fin de analizar qué impacto genera este agente en el desempeño y comportamiento del micromundo.

Es de notar que en este micromundo, al igual que en el anterior, las magnitudes de las posiciones de los Vector de Atributos de las Oportunidades de Innovación del Entorno Competitivo se asignan de forma aleatoria de cero (0) a nueve (9); donde se requiere, la gran mayoría de las veces para ser aprovechados, que los agentes posean capacidades de difusión y vinculación. Esta condición para las Oportunidades de Innovación del Entorno Competitivo es igual para todos los escenarios que se van a diseñar.

### **5.2.3 Escenario sin intermediarios pero con capacidades de difusión y vinculación distribuidas en todo el micromundo**

En este escenario se asigna a todos los agentes del micromundo capacidades de difusión y vinculación de forma aleatoria: pudiendo carecer de ellas (valor de cero), o tener niveles incipientes (de uno a tres), o niveles medios (de cuatro a seis), o niveles

avanzados (de siete a nueve), en cualquiera de las dos capacidades encargadas de las funciones de difusión. Sin embargo, se elimina la opción de que existan agentes tipo intermediarios, o sea, aquellos que por sus capacidades se especializan solo en la función de difusión de conocimiento y tecnologías.

A diferencia de los escenarios anteriores, en este entran a interactuar en el micromundo agentes del tipo introductores o porteros, representantes o gestores, e integrados.

#### **5.2.4 Escenario con intermediarios y con capacidades de difusión y vinculación distribuidas en todo el micromundo**

Se considera que este es el escenario ideal u optimista, donde puede existir todo tipo de agentes y las capacidades se asignan de forma aleatoria para todos ellos en todas las posiciones del Vector de Capacidades. En este micromundo todos los agentes tienen la posibilidad de generar, difundir y usar conocimiento y tecnología para aprovechar las Oportunidades de Innovación del Entorno Competitivo.

La única diferencia de este escenario con el anterior, es el permitir que existan agentes que por su tipología se consideran intermediarios, esto se hace con el mismo fin del escenario dos de identificar puntos de apalancamiento en el desempeño del micromundo.

### **5.3 Resultados**

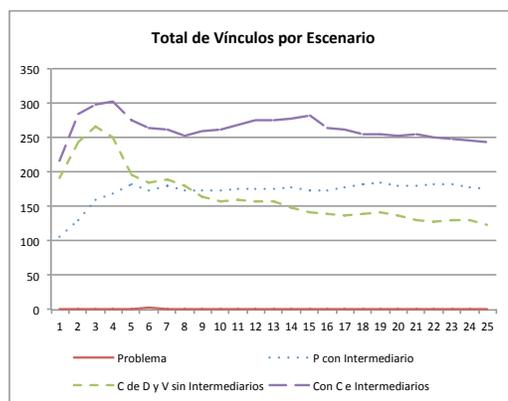
A continuación se presentan los resultados de las simulaciones de los cuatro escenarios que se quieren analizar, con el fin de compararlos, identificar sus diferencias significativas y poder hacer el análisis del impacto de los intermediarios en el Sistema de Innovación.

El tiempo de simulación es de 25 años, lapso suficiente para identificar las tendencias en el comportamiento de cada uno de los escenarios.

En la Figura 5-1 se puede observar los resultados promedio de las simulaciones de los cuatro escenarios con respecto a los vínculos que se generan entre agentes competidores. En el Anexo B se puede revisar el análisis estadístico que se le hace a estos datos, donde la ANOVA (Tabla B-2) arroja que hay diferencia significativa entre los

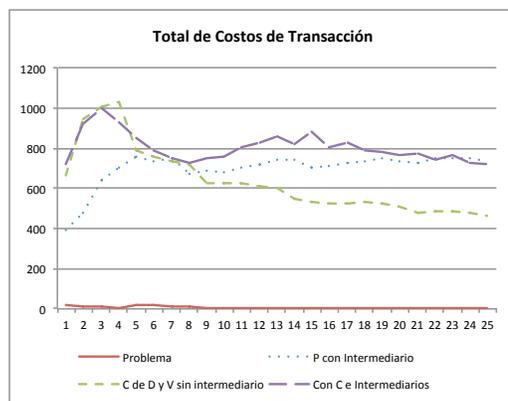
comportamientos de los escenarios, por lo que se realiza la prueba de Tukey para identificar estas diferencias (Tabla B-3), mostrando que todos los escenarios tienen comportamientos diferentes, excepto el escenario problema con un intermediario (escenario B) con el escenario donde los agentes tienen distribuidas capacidades de difusión y vinculación pero no existen intermediarios (escenario C), los cuales no muestran diferencias significativas.

**Figura 5-1:** Comportamiento de los vínculos entre agentes competidores por escenario.



Fuente: Elaboración propia basado en las simulaciones en NetLogo 5.1.0

**Figura 5-2:** Comportamiento de los Costos de Transacción entre agentes competidores por escenario.

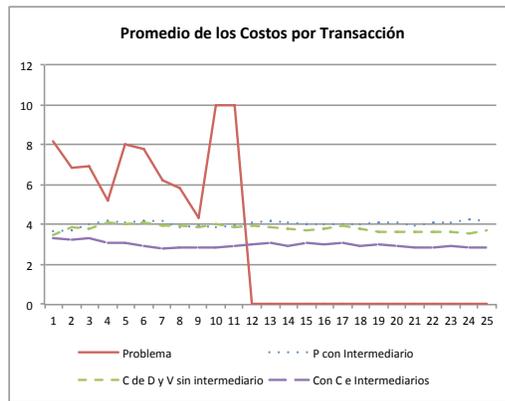


Fuente: Elaboración propia basado en las simulaciones en NetLogo 5.1.0

En la Figura 5-2 se pueden observar los resultados promedio de las simulaciones de los cuatro escenarios con respecto a los Costos de Transacción que se generan por los vínculos entre agentes competidores. En el Anexo B se puede revisar el análisis

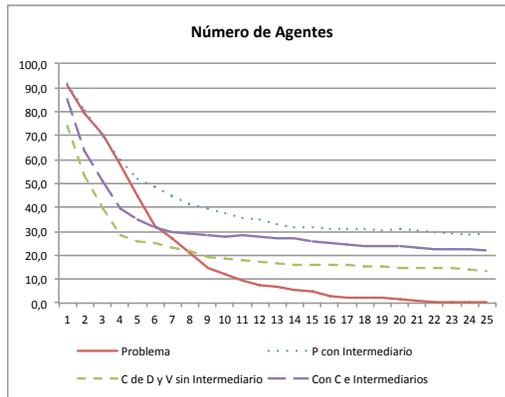
estadístico que se le hace a estos datos, donde la ANOVA (Tabla B-5) arroja que hay diferencia significativa entre los comportamientos de los escenarios, por lo que se realiza la prueba de Tukey para identificar estas diferencias (Tabla B-6), mostrando que todos los escenarios tienen comportamientos diferentes, excepto el escenario B con el escenario C, los cuales no muestran diferencias significativas.

**Figura 5-3:** Comportamiento de los Costos de Transacción promedio por vínculo por escenario.



Fuente: Elaboración propia basado en las simulaciones en NetLogo 5.1.0

**Figura 5-4:** Comportamiento del número de agentes sobrevivientes por escenario.

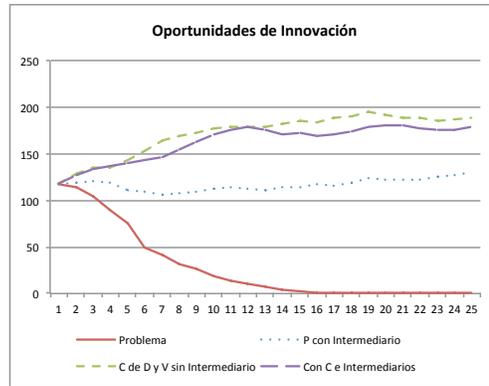


Fuente: Elaboración propia basado en las simulaciones en NetLogo 5.1.0

En la Figura 5-3 se pueden observar los resultados promedio de las simulaciones de los cuatro escenarios con respecto a los Costos de Transacción promedio por vínculo que se generan entre agentes competidores. En el Anexo B se puede revisar el análisis estadístico que se le hace a estos datos, donde la ANOVA (Tabla B-8) arroja que NO hay diferencia significativa entre los comportamientos de los escenarios. Sin embargo, al

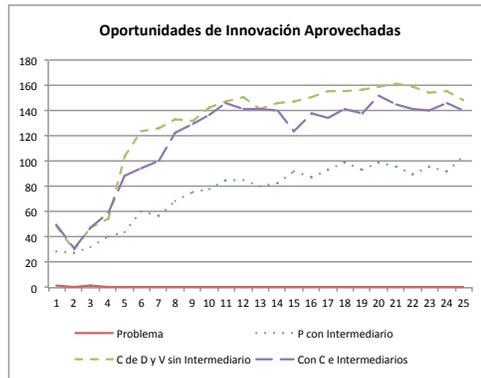
observar detenidamente la Figura 5-3, se puede intuir que si hay diferencias significativas, especialmente por los altos Costos de Transacción promedio del escenario problema (escenario A) que se aprecian al inicio de la simulación, antes que se vuelvan cero por la falta de vínculos; por lo anterior, se decide aplicar la ANOVA a los primeros 11 períodos para analizar estadísticamente este comportamiento inicial que se repitió en las diferentes simulaciones. Entonces se obtiene una nueva ANOVA (Tabla B-9) la cual arroja que hay diferencias significativas en los comportamientos de los escenarios, tal cual se esperaba, por lo que se realiza la prueba de Tukey para identificar estas diferencias (Tabla B-10), mostrando que, efectivamente, el escenario A es diferente al resto, mientras que los otros escenarios no presentan diferencias significativas entre ellos.

**Figura 5-5:** Comportamiento del número de Oportunidades de Innovación por escenario.



Fuente: Elaboración propia basado en las simulaciones en NetLogo 5.1.0

**Figura 5-6:** Comportamiento del número de Oportunidades de Innovación aprovechadas por escenario.



Fuente: Elaboración propia basado en las simulaciones en NetLogo 5.1.0

En la Figura 5-4 se pueden observar los resultados promedio de las simulaciones de los cuatro escenarios con respecto al número de agentes sobrevivientes. En el Anexo B se puede revisar el análisis estadístico que se le hace a estos datos, donde la ANOVA (Tabla B-12) arroja que hay diferencia significativa entre los comportamientos de los escenarios, por lo que se realiza la prueba de Tukey para identificar estas diferencias (Tabla B-13), mostrando que la mayoría de los escenarios no presentan diferencias significativas entre ellos, excepto entre el escenario A y el escenario B, así como el escenario B con el escenario C.

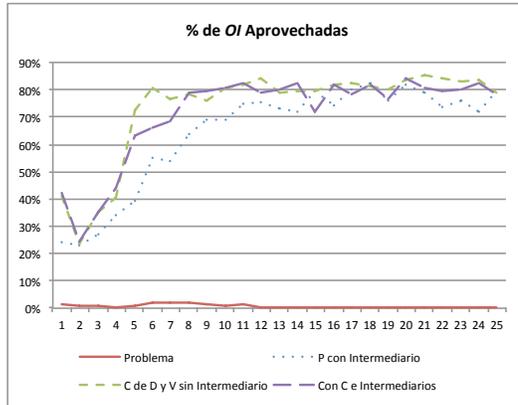
En la Figura 5-5 se pueden observar los resultados promedio de las simulaciones de los cuatro escenarios con respecto al número de Oportunidades de Innovación. En el Anexo B se puede revisar el análisis estadístico que se le hace a estos datos, donde la ANOVA (Tabla B-24) arroja que hay diferencia significativa entre los comportamientos de los escenarios, por lo que se realiza la prueba de Tukey para identificar estas diferencias (Tabla B-13), mostrando que el escenario A es significativamente diferente al resto de escenarios, así como el escenario B lo es del escenario C y del escenario con todas las capacidades asignadas de forma aleatoria y con intermediarios (Escenario D). Los escenarios que se NO se consideran significativamente diferentes son el escenario C y el escenario D.

En la Figura 5-6 se pueden observar los resultados promedio de las simulaciones de los cuatro escenarios con respecto al número de Oportunidades de Innovación aprovechadas. En el Anexo B se puede revisar el análisis estadístico que se le hace a estos datos, donde la ANOVA (Tabla B-27) arroja que hay diferencia significativa entre los comportamientos de los escenarios, por lo que se realiza la prueba de Tukey para identificar estas diferencias (Tabla B-18), mostrando que el escenario A es significativamente diferente al resto de escenarios, así como el escenario B lo es del escenario C y del escenario D. Los escenarios que se NO se consideran significativamente diferentes son el escenario C y el escenario D.

En la Figura 5-7 se pueden observar los resultados promedio de las simulaciones de los cuatro escenarios con respecto al porcentaje de Oportunidades de Innovación aprovechadas. En el Anexo B se puede revisar el análisis estadístico que se le hace a estos datos, donde la ANOVA (Tabla B-30) arroja que hay diferencia significativa entre los

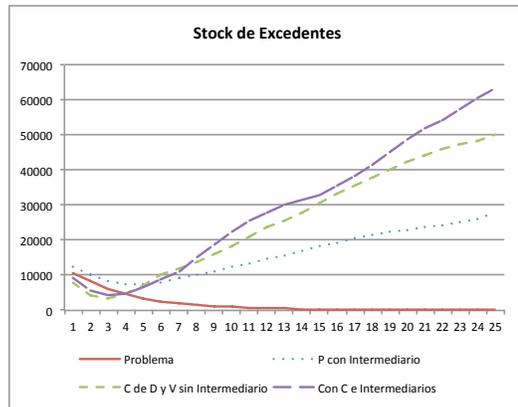
comportamientos de los escenarios, por lo que se realiza la prueba de Tukey para identificar estas diferencias (Tabla B-31), mostrando que el escenario A es significativamente diferente al resto de escenarios; mientras que los otros escenarios NO se consideran significativamente diferentes entre ellos.

**Figura 5-7:** Comportamiento del porcentaje de Oportunidades de Innovación aprovechadas por escenario.



Fuente: Elaboración propia basado en las simulaciones en NetLogo 5.1.0

**Figura 5-8:** Comportamiento del stock de excedentes por escenario.



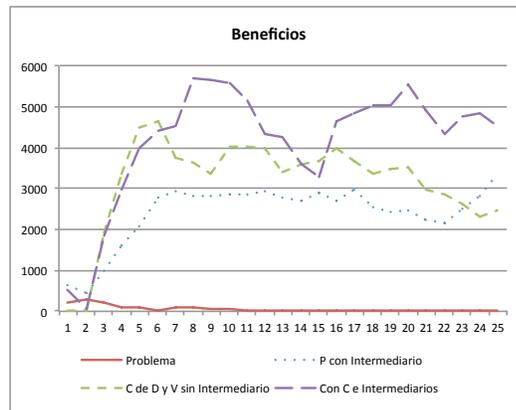
Fuente: Elaboración propia basado en las simulaciones en NetLogo 5.1.0

En la Figura 5-8 se pueden observar los resultados promedio de las simulaciones de los cuatro escenarios con respecto al stock de excedentes. En el Anexo B se puede revisar el análisis estadístico que se le hace a estos datos, donde la ANOVA (Tabla B-15) arroja que hay diferencia significativa entre los comportamientos de los escenarios, por lo que se realiza la prueba de Tukey para identificar estas diferencias (Tabla B-16), mostrando que el escenario A es significativamente diferente al resto de escenarios, así como el

escenario B lo es del escenario C y del escenario D. Los escenarios que se NO se consideran significativamente diferentes son el escenario C y el escenario D.

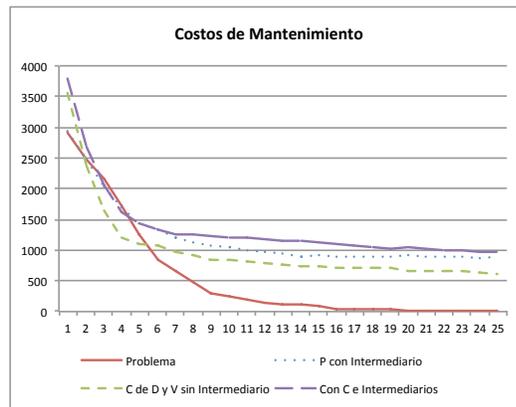
En la Figura 5-9 se pueden observar los resultados promedio de las simulaciones de los cuatro escenarios con respecto a los beneficios. En el Anexo B se puede revisar el análisis estadístico que se le hace a estos datos, donde la ANOVA (Tabla B-18) arroja que hay diferencia significativa entre los comportamientos de los escenarios, por lo que se realiza la prueba de Tukey para identificar estas diferencias (Tabla B-16), mostrando que todos los escenarios son diferentes entre ellos.

**Figura 5-9:** Comportamiento de los beneficios por escenario.



Fuente: Elaboración propia basado en las simulaciones en NetLogo 5.1.0

**Figura 5-10:** Comportamiento de los costos de mantenimiento por escenario.



Fuente: Elaboración propia basado en las simulaciones en NetLogo 5.1.0

En la Figura 5-10 se pueden observar los resultados promedio de las simulaciones de los cuatro escenarios con respecto al costo de mantenimiento de las capacidades de los agentes competidores. En el Anexo B se puede revisar el análisis estadístico que se le hace a estos datos, donde la ANOVA (Tabla B-21) arroja que hay diferencia significativa entre los comportamientos de los escenarios, por lo que se realiza la prueba de Tukey para identificar estas diferencias (Tabla B-22), mostrando que el escenario A es significativamente diferente al escenario B y al escenario D; mientras que los otros escenarios NO se consideran significativamente diferentes entre ellos.

## 5.4 Análisis

### **Comportamiento de los vínculos o transacciones que conforman el Sistema de Innovación:**

El total de vínculos o transacciones se puede interpretar como si evidentemente existe o no un sistema. Esto se puede afirmar puesto que, como manifiesta Bertalanffy (1968) en su Teoría General de Sistemas: para que haya un sistema las unidades deben de estar en interacción. Además, se consideran un verdadero *sistema* únicamente cuando forman una totalidad coherente, la cual adquiere en conjunto propiedades distintas a las que tienen cada uno de ellos por separado; también, se debe de considerar que todos los sistemas tienen una función o propósito: llevar a cabo o perseguir algo; asimismo, un sistema se puede considerar como tal, solo cuando es posible establecer claramente sus límites; e igualmente, los sistemas normalmente son *abiertos*, ya que solo en casos excepcionales los sistemas son *cerrados*, en el sentido de que no tienen nada que ver con el resto del mundo o de que abarcan al mundo en su totalidad.

Entonces, según las afirmaciones anteriores y analizando lo presentado en la Figura 5-1, se puede decir que en el escenario problema no hay sistema por las escasas interacciones que se presentan, mientras que en los otros escenarios sí. La gran diferencia en el comportamiento de los escenarios A y B, problema y problema con un intermediario respectivamente, se tenía previsto, teniendo en cuenta lo manifestado por Klerkx y Leeuwis (2008; 2009) y Batterink et al. (2010) donde los intermediarios se consideran como formadores y orquestadores del sistema o la red de innovación. La diferencia en los dos comportamientos es muy evidente y significativo (como ya se dijo anteriormente y se puede verificar en el Anexo B), aunque el único cambio realizado

entre los escenarios A y B, es la introducción de un agente intermediario con unas capacidades medias de difusión y vinculación, permitiendo esto identificar un punto de apalancamiento tal como se quería hacer al generar un pequeño cambio. Ahora, al comparar los escenarios C y D, micromundo con capacidades de difusión y vinculación distribuidas entre todos los agentes pero sin intermediarios y micromundo con intermediarios y capacidades de difusión y vinculación distribuidas entre todos los agentes respectivamente, NO se encuentran diferencias significativas (ver Anexo B). Esto último demuestra que los resultados tan similares entre la cantidad de vínculos por parte del escenario D comparado con el C, NO se puede hablar de un punto de apalancamiento cuando se introducen intermediarios en un micromundo donde ya existen capacidades de difusión y vinculación, dado que la diferencia en el comportamiento no es significativa, como el observado entre el escenario A y B.

#### **Comportamiento de los Costos de Transacción:**

Como es lógico y se observa en la Figura 5-2, los Costos de Transacción se comportan muy similar al número de transacciones o vínculos; sin embargo, el aporte de los intermediarios y de las capacidades de difusión y vinculación en los Costos de Transacción se puede percibir en la Figura 5-3, donde el comportamiento del promedio del Costo de Transacción por vínculo es significativamente diferente en los primeros 11 períodos para el escenario A, donde los pocos vínculos que se generan tienen un alto Costo de Transacción, mientras que en los otros escenarios, el actuar del intermediario en el caso del escenario B y las capacidades de difusión y vinculación del escenario C y la combinación de estos elementos en el escenario D, mantiene unos Costos de Transacción promedio por vínculo similares. También se puede resaltar cómo los Costos de Transacción son similares para los escenarios B y C que poseen restricciones, como en las capacidades de difusión y vinculación de los agentes del sistema en el caso del escenario dos, o restricciones para los intermediarios en el caso del escenario tres.

#### **Comportamiento de las Oportunidades de Innovación:**

El comportamiento observado en las Figuras 5-5 y 5-6, del número de Oportunidades de Innovación del Entorno Competitivo y del número de Oportunidades de Innovación aprovechadas por los agentes competidores tienen mucha relación, pues mientras más Oportunidades de Innovación sean aprovechadas, puede aparecer una mayor cantidad de ellas en el micromundo, mostrando cómo los ambientes más innovadores generan una

mayor dinámica. El número y porcentaje de Oportunidades de Innovación aprovechadas por los agentes competidores (este último comportamiento se puede ver en la Figura 5-7) depende mucho de las capacidades que tengan los agentes del micromundo para generar, difundir y usar conocimiento y tecnología, así: en el caso del escenario A, donde los agentes no cuentan ni con capacidades de difusión y vinculación, se distingue cómo los agentes no logran aprovechar las Oportunidades de Innovación y poco a poco estas van desapareciendo debido a su  $v$ . Mientras que al agregarle un intermediario en el escenario B, el número de Oportunidades de Innovación se logran mantener estables en el mundo, pues los agentes logran aprovecharlas a través de la interacción y el aprendizaje de las capacidades que están utilizando. Los escenarios C y D presentan unos comportamientos muy similares; esto se puede considerar un comportamiento contra-intuitivo, ya que se esperaba que el escenario D, por el actuar de los intermediarios tuviera mejores resultados que el escenario C.

En síntesis, como en el caso de vínculos, en las Oportunidades de Innovación también se puede notar el efecto de apalancamiento que tiene el instalar un intermediario en un micromundo que no posea capacidades de difusión y vinculación.

#### **Comportamiento del desempeño económico:**

Si se quiere analizar el desempeño económico de los escenarios, esto se puede hacer a partir del comportamiento observado en las Figuras 5-8, 5-9 y 5-10 del stock de excedentes, beneficios y costos de mantenimiento de cada escenario. Estos comportamientos van de la mano de la cantidad de Oportunidades de Innovación aprovechadas, pues son estas las que otorgan los beneficios a los agentes del micromundo. Como es de esperarse, el escenario A obtiene unos beneficios muy pobres en comparación con los otros escenarios, donde estos beneficios es poco lo que le aportan al stock de excedentes de los agentes, el cual se va viendo menguado por los costos de mantenimiento; estos últimos también van disminuyendo de acuerdo a como van desapareciendo los agentes, pero independiente de esto, continúan mellando el stock de excedentes hasta que desaparecen los agentes del micromundo, por lo tanto no se logra generar un Sistema de Innovación. Ahora, al agregarle un intermediario a ese escenario problema (escenario B), se puede apreciar un comportamiento completamente diferente, donde los beneficios y el stock de excedentes van aumentando, se estabilizan y mantienen en el tiempo, puesto que los agentes van especializándose gracias a la

acumulación de capacidades que propicia el aprendizaje; sin embargo, los resultados no alcanzan a ser tan buenos como cuando existen más capacidades de difusión y vinculación en el micromundo (escenarios C y D), pero sí son mucho mejores que en el escenario A.

Los escenarios C y D, gracias a la presencia de capacidades de difusión y vinculación distribuidas entre todos los agentes del micromundo, presentan unos mejores resultados en los beneficios y stock de excedentes, los cuales se pueden explicar por su éxito en el aprovechamiento de Oportunidades de Innovación que es provocado por la cantidad de vínculos entre agentes, por la acumulación de capacidades y por la co-especialización de los agentes. Este comportamiento genera unos mejores resultados a la hora de aprovechar las Oportunidades de Innovación, permitiendo que los agentes logren exitosamente ir aumentando su stock de excedentes gracias a su desempeño innovador o aprovechador de Oportunidades de Innovación. Sin embargo, estos escenarios no presentan diferencias significativas en el stock de excedentes, por lo que el impacto del intermediario en este indicador del desempeño económico, que se puede considerar como el más importante, es nulo en el caso de actuar en un Sistema de Innovación con las características del escenario C.

#### **Comportamiento de co-evolución:**

En las simulaciones de los escenarios se pudo apreciar la generación de un contexto dinámico caracterizado por la co-evolución y la auto-organización; esto se puede ver en todas las Figuras de este Capítulo, especialmente al inicio de las simulaciones de los micromundos, donde los agentes inician sus relaciones y empiezan a co-evolucionar y co-especializarse gracias al aprendizaje que se da vía interacción con otros agentes complementarios y al uso de sus capacidades, que les permiten acumularlas y des-acumularlas. Ese comportamiento *caótico* al inicio de las simulaciones puede no corresponder a un sistema real, pues aunque se ha tratado de ajustar los parámetros del micromundo, ningún sistema real empieza en  $t=0$  de una manera puramente aleatoria. Posteriormente, la propensión en los comportamientos se va volviendo más persistente, reflejando la auto-organización que se da en los SCA, que los lleva a mostrar el orden oculto del que habla Holland (2004).

#### **Comportamiento del agente intermediario de innovación:**

El escenario B observado en las Figuras del Capítulo es bastante revelador, pues en este el intermediario juega un papel donde aporta sus capacidades para que se dé el puente entre los agentes extremos facilitando la difusión. También se tiene en cuenta en todos los escenarios que el intermediario no pretende reemplazar las relaciones que ya se han creado entre los agentes del micromundo; sin embargo, no todos los agentes tienen las mismas capacidades de difusión y vinculación; por lo tanto, el intermediario actúa como facilitador, especialmente entre los agentes que presentan más debilidades en estos sentidos, tal cual como lo manifiesta Göktepe (2006).

Una contribución importante del intermediario que se puede observar, especialmente en el escenario B, es reconocida por Klerkx y Leeuwis (2008), es su construcción de capacidades en los demandantes y proveedores de conocimiento para cooperar en el proceso de innovación; dicha labor también es realizada en los escenarios C y D por los agentes que poseen capacidades de difusión y vinculación. También se identifica en los escenarios B, C y D que los intermediarios contribuyen reduciendo los Costos de Transacción promedio de los vínculos involucrados en el intercambio de conocimientos, aporte reconocido por Dyer y Singh (1998) para los intermediarios que se visualiza especialmente en el escenario B. En el caso del escenario B, que transforma fundamentalmente al escenario A al agregar un intermediario, se podría usar la conclusión de Boon et al. (2008), quienes plantean que la interacción entre usuarios y productores de conocimiento organizados a través de intermediarios, parece ser la herramienta más importante para la articulación de la demanda de conocimiento y el aprendizaje interactivo.

En cuanto a la diferencia entre ingresar un intermediario a un micromundo donde no existen capacidades de difusión y vinculación y uno en el que sí, como en los casos de los escenarios B y D, la diferencia en los resultados confirma lo expresado por Konttinen et al. (2010), cuando dicen que se justifica la intervención de políticas para apoyar la conformación de intermediarios, siempre y cuando la relación Universidad-Empresa-Estado no esté funcionando bien; por ello, en el caso del escenario D son escasas las contribuciones que los intermediarios aportan al comportamiento al compararlo con el escenario C; siendo muy diferente e impactante el aporte del intermediario en el escenario problema. Sin embargo, como se asignaron capacidades de todo tipo en los escenarios C y D, así como en las capacidades que hacen parte de las funciones de

generación y uso de conocimiento en los escenarios A y B, no se puede perder de vista lo expresado por Van Lente et al. (2003) cuando reconocen que aunque es útil e incluso necesario el rol del intermediario, no es suficiente para el buen desempeño del sistema, el cual sigue dependiendo de la composición del mismo o, en otras palabras, de los actores empresariales y científicos que lo componen.

Con las variables de salida de los escenarios se pretende analizar el impacto de los intermediarios en el desempeño del Sistema de Innovación, como se hizo en este apartado. Sin embargo, hay unos comportamientos emergentes que vale la pena resaltar. En primer lugar, no solo el intermediario impacta en el desempeño del Sistema de Innovación, sino que permite la conformación y orquestación del Sistema de Innovación como se pudo apreciar en el escenario B, mostrando el gran impacto que tiene el intermediario en lugares donde no se ha logrado establecer un Sistema de Innovación por las escasas capacidades de difusión y vinculación que existe en los agentes, lo que ha conformado unas brechas que son superadas gracias al intermediario. En segundo lugar, el impacto que genera el intermediario en el Sistema de Innovación, también depende de las capacidades de los agentes que conforman el sistema; por ejemplo, como se pudo observar al agregar intermediarios en sistemas que ya cuentan con capacidades de difusión y vinculación y que no poseen unas brechas tan grandes entre los agentes, donde su impacto no es tan notorio como cuando se instala en lugares donde los agentes no cuentan con estas características.

## 5.5 Síntesis

Los escenarios son instrumentos artificiales desarrollados para permitir la exploración de mundos virtuales o micromundos, por lo que aún no se pueden considerar como simulaciones de la realidad. Además, los modelos siempre serán simplificaciones mediante las cuales se trata de explicar fenómenos que tienen una gran cantidad de variables que lo afectan, haciéndolo desde una perspectiva acotada pero necesaria para incrementar el conocimiento y comprensión de SCA difíciles de entender e impredecibles en sus comportamientos, como es el caso de los sistemas de innovación.

Para el caso particular que se está abordando en el presente trabajo, el modelo permite zanjar el problema de atribución del intermediario manifestado en la literatura sobre

intermediarios de innovación, mediante un análisis comparativo, dinámico y longitudinal, que admite analizar el impacto de los intermediarios en el desempeño y conformación del Sistema de Innovación. Al comparar el comportamiento de los cuatro escenarios en el tiempo se puede observar que los intermediarios tienen un impacto diferente en el desempeño del Sistema de Innovación de acuerdo a las capacidades con que cuentan los agentes con los que va a interactuar. En el caso de un lugar donde no se ha formado un Sistema de Innovación y existen brechas entre los agentes que generan y usan conocimiento, el intermediario actúa como un punto de apalancamiento que permite la generación del Sistema de Innovación e impacta en el desempeño innovador y económico del sistema. Mientras que, en el caso de un lugar donde los agentes que van a conformar el sistema poseen capacidades de difusión y vinculación y, por ende, menos brechas entre algunos agentes, el adicionar agentes intermediarios no genera unos impactos tan marcados en su desempeño.

El trabajo supera la dificultad encontrada en la mayoría de trabajos que estudian el fenómeno de la intermediación, los cuales presentan una fotografía que limita hacer un análisis longitudinal y dinámico indispensable para detectar el comportamiento de co-evolución que tienen los agentes gracias a su relacionamiento en el sistema y cómo se ve afectado su desempeño individual y conjunto. Ahora, con relación a los otros modelos de interacción entre agentes heterogéneos para la innovación, se superan las limitaciones de sus supuestos al brindar un enfoque *market-pull*; permitir la co-evolución y co-especialización de los agentes; crear un Entorno Competitivo dinámico que genera múltiples Oportunidades de Innovación en cada período representando diferentes necesidades o atributos; premiar a los agentes que suplen las Oportunidades de Innovación; asignar un ciclo de vida de la innovación y una volatilidad a las Oportunidades de Innovación; regir la búsqueda de agentes por una lógica geográfica, que le da una racionalidad limitada al agente, sin convertirse en un limitante para buscar agentes complementarios distantes; y, por último, se le permite a los agentes tener todo tipo de capacidades, así como su posible acumulación y des-acumulación.

## 6. Conclusiones y recomendaciones

### 6.1 Conclusiones

- Al analizar la literatura especializada en intermediarios de innovación se encuentra que estos agentes han recibido una gran variedad de nombres y roles, atribuyéndose esto a los diferentes campos de investigación en los que se ha enfocado cada trabajo, existiendo evidentes superposiciones en todos los enfoques. Sin embargo, la perspectiva de sistemas de innovación presenta un marco teórico adecuado, puesto que reconoce la heterogeneidad de los diferentes agentes que componen el sistema y las brechas de múltiples dimensiones que se dan entre los diferentes agentes; estas brechas evidencian la necesidad de un intermediario que propenda por cerrar estas brechas, siendo este intermediario el que habilita a los diferentes actores para que tengan un efectivo flujo de información y conocimiento que les facilite el innovar. De igual forma, en diferentes trabajos revisados, se ha puesto en duda y condicionado el aporte de los intermediarios; estos trabajos tienen en común que han identificado la necesidad de evaluar la contribución de los intermediarios de una manera objetiva para tener cómo demostrar la pertinencia del mediador de innovación. Sin embargo, en la literatura no se ha reportado aún un modelo que permita evaluar estos aportes de manera convincente, dadas las dificultades de medir una contribución que es indirecta y de atribuir a la intervención del intermediario los impactos en el Sistema de Innovación. Una limitación común en los trabajos analizados, que han afrontado el problema, es que son una imagen instantánea que no muestra el comportamiento dinámico del fenómeno en el tiempo, lo que es indispensable para poner en evidencia la co-evolución de los agentes a partir de su relacionamiento en el sistema, así como sus efectos en el desempeño individual y conjunto. Por lo cual, se plantea que mediante un modelo de simulación basado en agentes es posible analizar el impacto de los intermediarios en el desempeño del sistema de innovación y superar los limitantes detectados.

- Los agentes identificados en la conceptualización del Sistema de Innovación son el Entorno Competitivo, en el que se generan las Oportunidades de Innovación, y los agentes competidores, quienes con sus capacidades de innovación, ya sea de forma individual o interactuando con otros agentes competidores complementarios, buscan aprovechar las Oportunidades de Innovación. El Sistema de Innovación que se modela tiene en cuenta los siguientes principios: la innovación, manifestada en las Oportunidades de Innovación que son aprovechadas por los agentes; el aprendizaje, que se percibe en la acumulación de las capacidades de los agentes que aprovechan Oportunidades de Innovación individualmente o mediante la interacción con otros agentes competidores; la heterogeneidad, la cual se da al tener todos los agentes diferentes capacidades de innovación, las cuales definen la tipología del agente; la historia, la cual define el nivel de capacidades de los agentes gracias a su acumulación previa; la no-optimización, que se da al ser la localización la primera regla de decisión, antes que el nivel de capacidades de los agentes con quien interactuar; la no-linealidad, al ser aleatorios muchos de los parámetros, especialmente el ciclo de vida de las Oportunidades de Innovación, su volatilidad y el comportamiento gaussiano de los beneficios; la dificultad de interacción entre agentes heterogéneos, los cuales se perciben en los Costos de Transacción que se generan en las relaciones entre cada tipología de agente. Ahora, los mecanismos para que el sistema se considere de innovación, tiene que ver con que se cumplan las funciones de generar, difundir y usar conocimiento y tecnología; para lo cual se requieren capacidades de innovación en cada función, donde los intermediarios aportan principalmente capacidades de difusión y vinculación que permiten cumplir con la función de difusión del Sistema de Innovación, así como la disminución de los Costos de Transacción presentes en cada relación entre agentes.
  
- El modelo de simulación propuesto permite resolver el problema de atribución del intermediario manifestado en la literatura sobre intermediarios de innovación, mediante un análisis comparativo, dinámico y longitudinal, que admite analizar el impacto de los intermediarios en el desempeño y conformación del Sistema de Innovación. Para lo anterior, se elaboró un modelo que involucra el enfoque metodológico de los *SCA* desde la concepción de la *MBA*, donde el modelo conceptual construido explica cómo los agentes, mediante sus propias capacidades

- de innovación o interactuando con agentes que poseen capacidades complementarias, aprovechan Oportunidades de Innovación del Entorno Competitivo. Además, el modelo tiene la capacidad de mostrar cómo dichas interacciones entre agentes intermediarios, exploradores, explotadores y sus diferentes combinaciones, se ven afectadas por Costos de Transacción que dependen de las capacidades de difusión y vinculación de los agentes interactuantes, donde tales capacidades se consideran como las aportadas principalmente, pero no exclusivamente, por los intermediarios en el proceso de innovación.
- Se pudo obtener un modelo válido para analizar el impacto de los intermediarios en el desempeño del Sistema de Innovación, mediante la validación del modelo, la cual se realizó en dos etapas: Primero, se validó el modelo conceptual, para lo cual se utilizaron las técnicas de validación del método histórico del racionalismo y la aproximación histórica amigable, donde se encuentra que los supuestos y las reglas de decisión son adecuadas. Segundo, se realizó la validación operacional del modelo, usando las técnicas de validación de variabilidad de parámetros o análisis de sensibilidad, la aproximación histórica amigable y la validez de cara, mostrando que el comportamiento de los escenarios planteados es plausible. Para dichas validaciones se utilizó como referente empírico el proyecto de investigación titulado "Mejorando la Administración del Conocimiento en el Sistema de Innovación Agropecuario mediante el Fortalecimiento de las Capacidades de las Fundaciones Produce, el SNITT e Institutos de Investigación", donde se hace especial énfasis en las *FP* que se pueden considerar como un intermediario de innovación, agente del que se desprenden varios estudios de casos que facilitan la aplicación de las técnicas. Al simular el modelo, con la parametrización fruto de los relatos extraídos de los estudios de caso del proyecto, se encuentra que las *FP* se comportan como un punto de apalancamiento para el sistema, donde cambian de forma radical los resultados del Sistema de Innovación al existir o no la Fundación Produce. En las simulaciones se pudo apreciar la autoorganización, la cual se considera como una característica esencial que refleja la naturaleza descentralizada de los SCA y fuente de la dificultad para predecir las repuestas a intervenciones. Esta autoorganización impide que cualquier agente individual controle el sistema; sin embargo, algunos agentes tienen mayor capacidad para influir sobre el mismo, pero ninguno puede controlarlo completamente, como se refleja en la validación del modelo, donde se

evidencia el impacto de la Fundación Produce cuando un sistema no cuenta con capacidades importantes de difusión y vinculación.

- Al analizar los escenarios propuestos para analizar el impacto de los intermediarios en el desempeño del Sistema de Innovación, se encuentra que, al comparar el comportamiento de los cuatro escenarios en el tiempo se puede observar que los intermediarios tienen un impacto diferente en el desempeño del Sistema de Innovación de acuerdo a las capacidades con que cuenten los agentes con los que va a interactuar. Este comportamiento contradice lo expresado por varios estudios, donde se considera que la labor de los intermediarios tiene un mejor efecto cuando el sistema en el que intervienen tiene altas capacidades y se actúa en ambientes más dinámicos. Puesto que se encuentra que, cuando el intermediario interviene donde no se ha formado un Sistema de Innovación, consecuencia de las pobres capacidades de difusión y vinculación presentes en los agentes, por lo que se generan brechas entre los agentes exploradores y explotadores, el intermediario actúa como un punto de apalancamiento, el cual es muy valioso identificar en la teoría de los SCA, el cual permite la generación del Sistema de Innovación y tiene un impacto definitivo en el desempeño innovador y económico del sistema. Mientras que, en el caso de un lugar donde los agentes que conforman el sistema poseen capacidades de difusión y vinculación y, por ende, menos brechas entre los agentes, el adicionar agentes intermediarios, aunque puede mejorar el desempeño del Sistema de Innovación, no genera unos impactos tan significativos en su desempeño.
  
- Como conclusión general, la tesis logra superar la dificultad encontrada en la mayoría de trabajos que estudian el fenómeno de la intermediación en innovación, mediante un modelo basado en agentes, el cual permite hacer un análisis longitudinal y dinámico indispensable para detectar el comportamiento de co-evolución que tienen los agentes gracias a su relacionamiento en el sistema, y cómo se ve afectado su desempeño individual y conjunto. Ahora, con relación a los otros modelos de interacción entre agentes heterogéneos para la innovación, se superan las limitaciones de sus supuestos al brindar un enfoque *market-pull*; permitir la co-evolución y co-especialización de los agentes; crear un Entorno Competitivo dinámico que genera múltiples Oportunidades de Innovación en cada período, representando diferentes necesidades o atributos; premiar a los agentes que suplen las

Oportunidades de Innovación; asignar un ciclo de vida de la innovación y una volatilidad a las Oportunidades de Innovación; regir la búsqueda de agentes por una lógica geográfica, que le da una racionalidad limitada al agente, sin convertirse en un limitante para buscar agentes complementarios distantes; y, por último, se le permite a los agentes tener todo tipo de capacidades, así como su posible acumulación y des-acumulación gracias al aprendizaje por interacción y haciendo.

## 6.2 Recomendaciones

- Gracias a contar con un modelo validado, este puede ser utilizado en otros sistemas de innovación, tanto nacionales, regionales, sectoriales y tecnológicos, donde se quiera implementar intermediarios de innovación, queriendo ex ante, saber qué posibilidades existen de mejorar el desempeño del sistema, además de experimentar con las capacidades de innovación y localización que debe él o los intermediarios poseer para mejorar su impacto y ser puntos de apalancamiento para el desarrollo y competitividad del sistema. De manera similar, el modelo también se puede utilizar para analizar el impacto de intermediarios ya establecidos en sistemas de innovación, proporcionando una herramienta ex post, que permita comparar desempeños ideales y reales, pudiendo identificar fortalezas y debilidades que se pueden aprovechar y corregir, respectivamente. Para las aplicaciones propuestas, se debe tener mucha precaución en la caracterización del Sistema de Innovación a estudiar, especialmente en la asignación de capacidades de innovación a los agentes que integran el micromundo; este cuidado se debe de tener, pensando en que las salidas sean confiables, sin desconocer que en los SCA no se busca dirigir el sistema, sino en operar sobre la probabilidad de ocurrencia de los eventos, con el fin de aumentar la posibilidad de los resultados deseados y reducir los que no, sugiriendo nuevas preguntas, identificando intervenciones de gran impacto gracias a puntos de apalancamiento, examinando nuevas acciones posibles, y reconociendo situaciones en las que las políticas probablemente tengan el efecto esperado y en las que no.
- Con respecto al modelo, se pueden adicionar nuevos parámetros y/o relaciones que permitan refinar, complementar y modificar el modelo en trabajos posteriores; estas extensiones del modelo pueden estar enfocadas en los siguientes retos: 1) Considerar la herencia y reproducción en los agentes competidores, por ejemplo,

mediante la creación de spin-off que hereden las capacidades de los agentes de origen han tomado la decisión de des-acumular, siendo una alternativa al desaprendizaje. 2) Darle a los agentes la posibilidad de imitación, donde estos puedan competir por medio de esta estrategia por las Oportunidades de Innovación que ya se han aprovechado, mediante la incorporación de reglas adoptadas de los modelos de difusión de las innovaciones. 3) Diferenciar los vínculos, no solo por sus Costos de Transacción dependiendo de la tipología de los agentes que lo forman, como propone el modelo, sino también diferenciando los enlaces débiles y fuertes, con los cuales se obtiene diferentes tipos de información y se generan costos de mantenimiento y transacción desiguales. 4) Priorizar los vínculos entre agentes, de acuerdo al éxito o fracaso de relacionamientos anteriores, generando rutinas que condicionan la interacción.

- El modelo permite elaborar otros escenarios con los que se puede analizar el efecto que tienen los otros parámetros en el comportamiento del sistema. De forma similar, es recomendable explorar también otras estrategias de diseño de escenarios, considerando escenarios en los que en  $t=0$  del sistema no sea aleatorio sino diseñado; y escenarios en que las Oportunidades de Innovación no sean aleatorias sino que correspondan a ciertos patrones ya identificados o que se quieran explorar del Entorno Competitivo.

## A. Anexo: Análisis estadístico de los escenarios con y sin Fundación Produce

En el presente anexo se realiza la prueba estadística de análisis de varianza (*ANOVA*), para comprobar si existe o no diferencia estadísticamente significativa en las variables de salida entre el escenario problema (sin *FP*) y escenario con *FP*.

### Número de vínculos:

La primer variable a la que se le aplica la *ANOVA* es al número de vínculos que se generan en las simulaciones, para ello se promedian las 5 simulaciones que se realizan por escenario, para cada uno de los períodos. El resultado se presenta en la Tabla A-1.

**Tabla A-1:** Promedio de vínculos por período de los escenarios con y sin *FP*

| Total de Vínculos por Escenario |          |        |
|---------------------------------|----------|--------|
| Período                         | Problema | Con FP |
| 1                               | 4,8      | 20,2   |
| 2                               | 7,6      | 26,4   |
| 3                               | 10,8     | 40,2   |
| 4                               | 14,2     | 54,2   |
| 5                               | 16,8     | 72,2   |
| 6                               | 19,2     | 100,4  |
| 7                               | 20,4     | 123    |
| 8                               | 22,2     | 141,4  |
| 9                               | 22,4     | 166,6  |
| 10                              | 17,4     | 187,4  |
| 11                              | 17,8     | 194,4  |
| 12                              | 17       | 201    |
| 13                              | 17,2     | 197,6  |
| 14                              | 16,6     | 207    |
| 15                              | 14,4     | 214,6  |
| 16                              | 9,8      | 193,4  |
| 17                              | 4,2      | 171    |
| 18                              | 4        | 151    |
| 19                              | 6        | 131    |
| 20                              | 3        | 101,8  |
| 21                              | 0,4      | 94,4   |
| 22                              | 0,4      | 95,8   |
| 23                              | 0,4      | 95,4   |
| 24                              | 0,4      | 90,6   |
| 25                              | 0,2      | 91,4   |

A estos datos se les aplica la prueba estadística *ANOVA* de un factor, con el fin de aprobar o rechazar la siguiente hipótesis nula: El promedio de los vínculos en los

escenarios es igual, con 95% de confiabilidad. Obteniendo el siguiente resultado presentado en la Tabla A-2.

**Tabla A-2:** ANOVA para el número de vínculos por escenario con y sin *FP*

| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F           | Probabilidad | Valor crítico para F |
|---------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|-------------|--------------|----------------------|
| Entre grupos              | 167597,3408       | 1                  | 167597,3408               | 92,21351987 | 9,38585E-13  | 4,042651985          |
| Dentro de los grupos      | 87239,6192        | 48                 | 1817,492067               |             |              |                      |
| Total                     | 254836,96         | 49                 |                           |             |              |                      |

Con el resultado se rechaza la hipótesis nula, al ser el valor F mayor al valor crítico para F, por lo que se acepta la siguiente hipótesis alterna: El promedio de los vínculos de los escenarios es distinto, con un 95% de confiabilidad.

**Tabla A-3:** Promedio de los Costos de Transacción por período de los escenarios con y sin *FP*

| CT por Escenario |          |        |
|------------------|----------|--------|
| Período          | Problema | Con FP |
| 1                | 48       | 135    |
| 2                | 76       | 179    |
| 3                | 106,2    | 288,6  |
| 4                | 140,2    | 405,8  |
| 5                | 166,2    | 545,8  |
| 6                | 184,4    | 763    |
| 7                | 186,8    | 940    |
| 8                | 203      | 1083,6 |
| 9                | 207      | 1247,4 |
| 10               | 147,6    | 1364,4 |
| 11               | 151,6    | 1356,2 |
| 12               | 143,6    | 1364,4 |
| 13               | 155,2    | 1405   |
| 14               | 162,4    | 1468,2 |
| 15               | 140,4    | 1565,2 |
| 16               | 94,4     | 1333   |
| 17               | 40,2     | 1120,8 |
| 18               | 38,2     | 964,6  |
| 19               | 52,8     | 754,8  |
| 20               | 22,8     | 501,6  |
| 21               | 2,2      | 377,8  |
| 22               | 2,2      | 355,2  |
| 23               | 2,2      | 322,6  |
| 24               | 2,2      | 298,4  |
| 25               | 0,2      | 306,4  |

### Costos de Transacción:

La segunda variable a la que se le aplica la ANOVA es a los Costos de Transacción de los vínculos que se generan en las simulaciones, para ello se promedian las 5

simulaciones que se realizan por escenario, en cada uno de los períodos. El resultado se presenta en la Tabla A-3.

A estos datos se les aplica la prueba estadística *ANOVA* de un factor, con el fin de aprobar o rechazar la siguiente hipótesis nula: El promedio de los Costos de Transacción en los escenarios es igual, con 95% de confiabilidad. Obteniendo el siguiente resultado presentado en la Tabla A-4.

**Tabla A-4:** *ANOVA* para los Costos de Transacción por escenario con y sin *FP*

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i>    | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|-------------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 6458993,053              | 1                         | 6458993,053                      | 54,61027589 | 1,86161E-09         | 4,042651985                 |
| Dentro de los grupos             | 5677167,19               | 48                        | 118274,3165                      |             |                     |                             |
| Total                            | 12136160,24              | 49                        |                                  |             |                     |                             |

Con el resultado se rechaza la hipótesis nula, al ser el valor *F* mayor al valor crítico para *F*, por lo que se acepta la siguiente hipótesis alterna: El promedio de los Costos de Transacción de los escenarios es distinto, con un 95% de confiabilidad.

#### **Costo de Transacción promedio por vínculo:**

La tercer variable a la que se le aplica la *ANOVA* es a los Costos de Transacción promedio de los vínculos que se generan en las simulaciones, para ello se promedian las 5 simulaciones que se realizan por escenario, en cada uno de los períodos. El resultado se presenta en la Tabla A-5.

A estos datos se les aplica la prueba estadística *ANOVA* de un factor, con el fin de aprobar o rechazar la siguiente hipótesis nula: El promedio de los Costos de Transacción promedio por vínculo en los escenarios es igual, con 95% de confiabilidad. Obteniendo el siguiente resultado presentado en la Tabla A-6.

Con el resultado tenemos que se rechaza la hipótesis nula, al ser el valor *F* mayor al valor crítico para *F*, por lo que se acepta la siguiente hipótesis alterna: El promedio de los

Costos de Transacción promedio por vínculo de los escenarios es distinto, con un 95% de confiabilidad.

**Tabla A-5:** Promedio de los Costos de Transacción promedio por vínculo por período de los escenarios con y sin *FP*

| CT promedio por vínculo por Escenario |             |             |
|---------------------------------------|-------------|-------------|
| Periodo                               | Problema    | Con FP      |
| 1                                     | 10          | 6,659444444 |
| 2                                     | 10          | 6,774858238 |
| 3                                     | 9,8875      | 7,152339984 |
| 4                                     | 9,930769231 | 7,476367771 |
| 5                                     | 9,94375     | 7,551532224 |
| 6                                     | 9,70042735  | 7,619241602 |
| 7                                     | 9,360982906 | 7,652414627 |
| 8                                     | 9,366727053 | 7,656480906 |
| 9                                     | 9,440227273 | 7,503370415 |
| 10                                    | 8,482758621 | 7,322159386 |
| 11                                    | 8,516853933 | 6,985722898 |
| 12                                    | 8,447058824 | 6,804421219 |
| 13                                    | 9,023255814 | 7,118227092 |
| 14                                    | 9,78313253  | 7,074211288 |
| 15                                    | 9,75        | 7,282801345 |
| 16                                    | 9,632653061 | 6,849306955 |
| 17                                    | 9,571428571 | 6,528090708 |
| 18                                    | 9,55        | 6,413371975 |
| 19                                    | 8,8         | 5,791883356 |
| 20                                    | 7,6         | 4,84304681  |
| 21                                    | 5,5         | 4,042163673 |
| 22                                    | 5,5         | 3,76251831  |
| 23                                    | 5,5         | 3,514651021 |
| 24                                    | 5,5         | 3,427751713 |
| 25                                    | 1           | 3,498359757 |

**Tabla A-6:** ANOVA para los Costos de Transacción promedio por vínculo por escenario con y sin *FP*

| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F          | Probabilidad | Valor crítico para F |
|---------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|------------|--------------|----------------------|
| Entre grupos              | 55,08885957       | 1                  | 55,08885957               | 15,8071962 | 0,000235318  | 4,042651985          |
| Dentro de los grupos      | 167,282371        | 48                 | 3,485049397               |            |              |                      |
| Total                     | 222,3712306       | 49                 |                           |            |              |                      |

### Número de agentes:

La cuarta variable a la que se le aplica la ANOVA es al número de agentes que sobreviven en el sistema por período que se generan en las simulaciones, para ello se promedian las 5 simulaciones que se realizan por escenario, en cada uno de los períodos. El resultado se presenta en la Tabla A-7.

**Tabla A-7:** Promedio de los agentes sobrevivientes por período de los escenarios con y sin *FP*

| Número de agentes por Escenario |          |        |
|---------------------------------|----------|--------|
| Período                         | Problema | Con FP |
| 1                               | 104      | 105    |
| 2                               | 104      | 105    |
| 3                               | 104      | 105    |
| 4                               | 104      | 105    |
| 5                               | 104      | 105    |
| 6                               | 104      | 105    |
| 7                               | 104      | 104    |
| 8                               | 103      | 103    |
| 9                               | 103      | 101    |
| 10                              | 103      | 97     |
| 11                              | 102      | 91     |
| 12                              | 101      | 83     |
| 13                              | 101      | 75     |
| 14                              | 99       | 67     |
| 15                              | 97       | 52     |
| 16                              | 96       | 42     |
| 17                              | 94       | 33     |
| 18                              | 92       | 25     |
| 19                              | 89       | 20     |
| 20                              | 87       | 17     |
| 21                              | 86       | 17     |
| 22                              | 84       | 17     |
| 23                              | 83       | 16     |
| 24                              | 81       | 16     |
| 25                              | 79       | 15     |

A estos datos se les aplica la prueba estadística *ANOVA* de un factor, con el fin de aprobar o rechazar la siguiente hipótesis nula: El promedio de los agentes que sobreviven por período en los escenarios es igual, con 95% de confiabilidad. Obteniendo el siguiente resultado presentado en la Tabla A-8.

**Tabla A-8:** *ANOVA* para el número de agentes que sobrevive por escenario con y sin *FP*

| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F           | Probabilidad | Valor crítico para F |
|---------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|-------------|--------------|----------------------|
| Entre grupos              | 12393,90555       | 1                  | 12393,90555               | 15,96087339 | 0,000221413  | 4,042651985          |
| Dentro de los grupos      | 37272,86422       | 48                 | 776,5180046               |             |              |                      |
| Total                     | 49666,76978       | 49                 |                           |             |              |                      |

Con el resultado tenemos que se rechaza la hipótesis nula, al ser el valor F mayor al valor crítico para F, por lo que se acepta la siguiente hipótesis alterna: El promedio de los agentes que sobreviven por período de los escenarios es distinto, con un 95% de confiabilidad.

**Stock de excedentes:**

La quinta variable a la que se le aplica la ANOVA es al stock de excedentes por período que se generan en las simulaciones, para ello se promedian las 5 simulaciones que se realizan por escenario, en cada uno de los períodos. El resultado se presenta en la Tabla A-9.

**Tabla A-9:** Promedio del stock de excedentes de los escenarios con y sin FP

| Stock de excedentes por Escenario |            |            |
|-----------------------------------|------------|------------|
| Período                           | Problema   | Con FP     |
| 1                                 | 17632,0034 | 19514,0194 |
| 2                                 | 16854,242  | 18636,962  |
| 3                                 | 16058,058  | 17673,3108 |
| 4                                 | 15237,6466 | 16627,8176 |
| 5                                 | 14395,3414 | 15506,8442 |
| 6                                 | 13535,7426 | 14281,3232 |
| 7                                 | 12672,9578 | 12947,1002 |
| 8                                 | 11812,2392 | 11627,4466 |
| 9                                 | 10962,6742 | 10391,2948 |
| 10                                | 10175,401  | 9287,3778  |
| 11                                | 9335,5074  | 9109,5804  |
| 12                                | 8507,779   | 9802,4852  |
| 13                                | 7690,8542  | 10962,6844 |
| 14                                | 6893,4684  | 12550,4312 |
| 15                                | 6150,0082  | 14394,1856 |
| 16                                | 5403,524   | 17280,0274 |
| 17                                | 4676,3364  | 20948,7702 |
| 18                                | 3999,8774  | 25098,9978 |
| 19                                | 3367,6712  | 29934,7048 |
| 20                                | 2784,3824  | 35784,12   |
| 21                                | 2217,3368  | 41290,8666 |
| 22                                | 1656,905   | 46055,9412 |
| 23                                | 1110,6112  | 49921,4916 |
| 24                                | 601,9224   | 54439,1092 |
| 25                                | 135,9294   | 58599,6232 |

A estos datos se les aplica la prueba estadística ANOVA de un factor, con el fin de aprobar o rechazar la siguiente hipótesis nula: El promedio del stock de excedentes en los escenarios es igual, con 95% de confiabilidad. Obteniendo el siguiente resultado presentado en la Tabla A-10.

**Tabla A-20:** ANOVA para el stock de excedentes por escenario con y sin FP

| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F           | Probabilidad | Valor crítico para F |
|---------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|-------------|--------------|----------------------|
| Entre grupos              | 2869759948        | 1                  | 2869759948                | 21,73228798 | 2,52415E-05  | 4,042651985          |
| Dentro de los grupos      | 6338425001        | 48                 | 132050520,9               |             |              |                      |
| Total                     | 9208184949        | 49                 |                           |             |              |                      |

Con el resultado tenemos que se rechaza la hipótesis nula, al ser el valor F mayor al valor crítico para F, por lo que se acepta la siguiente hipótesis alterna: El promedio del stock de excedentes de los escenarios es distinto, con un 95% de confiabilidad.

### Beneficios:

La sexta variable a la que se le aplica la ANOVA es a los beneficios por período que se generan en las simulaciones, para ello se promedian las 5 simulaciones que se realizan por escenario, en cada uno de los períodos. El resultado se presenta en la Tabla A-11.

**Tabla A-31:** Promedio de los beneficios de los escenarios con y sin *FP*

| Beneficios por Escenario |          |           |
|--------------------------|----------|-----------|
| Período                  | Problema | Con FP    |
| 1                        | 29,6882  | 26,9538   |
| 2                        | 43,9986  | 65,8626   |
| 3                        | 55,376   | 93,5488   |
| 4                        | 67,5086  | 133,5468  |
| 5                        | 72,3748  | 203,9866  |
| 6                        | 74,7526  | 325,359   |
| 7                        | 72,1352  | 395,777   |
| 8                        | 88,7614  | 558,5064  |
| 9                        | 95,315   | 803,5682  |
| 10                       | 100,9312 | 1025,763  |
| 11                       | 52,3464  | 1910,8826 |
| 12                       | 50,5828  | 2749,3448 |
| 13                       | 61,7952  | 3212,5592 |
| 14                       | 79,1696  | 3671,1068 |
| 15                       | 94,0598  | 3955,1544 |
| 16                       | 42,3896  | 4720,7618 |
| 17                       | 9,88     | 5272,0228 |
| 18                       | 11,6138  | 5544,7876 |
| 19                       | 36,1402  | 5994,107  |
| 20                       | 29,1756  | 6749,8552 |
| 21                       | 14,0778  | 6287,2666 |
| 22                       | 3,0334   | 5528,0746 |
| 23                       | 0,4422   | 4588,5904 |
| 24                       | 0        | 5219,6576 |
| 25                       | 0        | 4874,354  |

A estos datos se les aplica la prueba estadística ANOVA de un factor, con el fin de aprobar o rechazar la siguiente hipótesis nula: El promedio de los beneficios en los escenarios es igual, con 95% de confiabilidad. Obteniendo el siguiente resultado presentado en la Tabla A-12.

Con el resultado tenemos que se rechaza la hipótesis nula, al ser el valor F mayor al valor crítico para F, por lo que se acepta la siguiente hipótesis alterna: El promedio de los beneficios de los escenarios es distinto, con un 95% de confiabilidad.

### Costos de mantenimiento de las capacidades:

La séptima variable a la que se le aplica la ANOVA es a los costos de mantenimiento de las capacidades por período que se generan en las simulaciones, para ello se promedian las 5 simulaciones que se realizan por escenario, en cada uno de los períodos. El resultado se presenta en la Tabla A-13.

**Tabla A-42:** ANOVA para los beneficios por escenario con y sin FP

| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F          | Probabilidad | Valor crítico para F |
|---------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|------------|--------------|----------------------|
| Entre grupos              | 105780984         | 1                  | 105780984                 | 36,5365679 | 2,14371E-07  | 4,042651985          |
| Dentro de los grupos      | 138970010,7       | 48                 | 2895208,556               |            |              |                      |
| Total                     | 244750994,7       | 49                 |                           |            |              |                      |

**Tabla A-53:** Promedio de los costos de mantenimiento de los escenarios con y sin FP

| Costos por Escenario |          |        |
|----------------------|----------|--------|
| Período              | Problema | Con FP |
| 1                    | 742,44   | 761,8  |
| 2                    | 745,76   | 763,92 |
| 3                    | 745,36   | 768,6  |
| 4                    | 747,72   | 773,24 |
| 5                    | 748,48   | 779,16 |
| 6                    | 749,44   | 787,88 |
| 7                    | 748,12   | 790    |
| 8                    | 746,48   | 794,56 |
| 9                    | 737,88   | 792,32 |
| 10                   | 736,96   | 765,28 |
| 11                   | 732,64   | 732,48 |
| 12                   | 726,6    | 692,04 |
| 13                   | 719,32   | 647,36 |
| 14                   | 704,16   | 615,16 |
| 15                   | 691,92   | 546,2  |
| 16                   | 674,56   | 501,92 |
| 17                   | 653,6    | 482,48 |
| 18                   | 628,04   | 429,96 |
| 19                   | 604,36   | 403,6  |
| 20                   | 579,72   | 398,84 |
| 21                   | 568,84   | 402,72 |
| 22                   | 547,48   | 407,8  |
| 23                   | 535,64   | 400,44 |
| 24                   | 486,72   | 403,64 |
| 25                   | 439,88   | 407,44 |

A estos datos se les aplica la prueba estadística ANOVA de un factor, con el fin de aprobar o rechazar la siguiente hipótesis nula: El promedio de los costos de mantenimiento de las capacidades en los escenarios es igual, con 95% de confiabilidad. Obteniendo el siguiente resultado presentado en la Tabla A-14.

Con el resultado tenemos que NO se rechaza la hipótesis nula, al ser el valor F menor al valor crítico para F, por lo que se acepta la hipótesis nula planteada anteriormente: El promedio de los costos de mantenimiento de las capacidades en los escenarios es igual, con 95% de confiabilidad.

**Tabla A-64:** ANOVA para los costos de mantenimiento por escenario con y sin FP

| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F           | Probabilidad | Valor crítico para F |
|---------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|-------------|--------------|----------------------|
| Entre grupos              | 44597,70317       | 1                  | 44597,70317               | 2,431120122 | 0,12551753   | 4,042651985          |
| Dentro de los grupos      | 880536,3968       | 48                 | 18344,50827               |             |              |                      |
| Total                     | 925134,1          | 49                 |                           |             |              |                      |

#### Número de Oportunidades de Innovación:

La octava variable a la que se le aplica la ANOVA es al número de Oportunidades de Innovación por período que se mantienen en cada período de las simulaciones, para ello se promedian las 5 simulaciones que se realizan por escenario, en cada uno de los períodos. El resultado se presenta en la Tabla A-15.

**Tabla A-75:** Promedio de Oportunidades de Innovación de los escenarios con y sin FP

| OI por Escenario |          |        |
|------------------|----------|--------|
| Período          | Problema | Con FP |
| 1                | 236      | 236    |
| 2                | 233,6    | 276    |
| 3                | 223,6    | 324,4  |
| 4                | 203,6    | 381    |
| 5                | 164,8    | 444,2  |
| 6                | 113,6    | 317,2  |
| 7                | 94,4     | 335,6  |
| 8                | 79,6     | 343,8  |
| 9                | 69,8     | 352,6  |
| 10               | 56       | 357,2  |
| 11               | 43,6     | 354,8  |
| 12               | 33       | 365,2  |
| 13               | 28,4     | 365,4  |
| 14               | 21,6     | 370,6  |
| 15               | 16,8     | 380,2  |
| 16               | 13,2     | 399,4  |
| 17               | 10,6     | 416,8  |
| 18               | 8,8      | 438,6  |
| 19               | 5,2      | 458,2  |
| 20               | 4,4      | 479,2  |
| 21               | 2,8      | 494,2  |
| 22               | 1,8      | 508,2  |
| 23               | 1,2      | 525,6  |
| 24               | 0,8      | 532,4  |
| 25               | 0,4      | 535,2  |

A estos datos se les aplica la prueba estadística ANOVA de un factor, con el fin de aprobar o rechazar la siguiente hipótesis nula: El promedio de Oportunidades de Innovación que se mantienen por período en los escenarios es igual, con 95% de confiabilidad. Obteniendo el siguiente resultado presentado en la Tabla A-16.

**Tabla A-86:** ANOVA para las Oportunidades de Innovación por escenario con y sin FP

| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F          | Probabilidad | Valor crítico para F |
|---------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|------------|--------------|----------------------|
| Entre grupos              | 1385912,707       | 1                  | 1385912,707               | 210,110977 | 3,70005E-19  | 4,042651985          |
| Dentro de los grupos      | 316612,7296       | 48                 | 6596,098533               |            |              |                      |
| Total                     | 1702525,437       | 49                 |                           |            |              |                      |

Con el resultado tenemos que se rechaza la hipótesis nula, al ser el valor F mayor al valor crítico para F, por lo que se acepta la hipótesis alterna: El promedio de las Oportunidades de Innovación que se mantienen en cada período de los escenarios es distinto, con un 95% de confiabilidad.

**Tabla A-97:** Promedio de Oportunidades de Innovación aprovechadas de los escenarios con y sin FP

| Oportunidades aprovechadas por Escenario |          |        |
|--|----------|--------|
| Período                                  | Problema | Con FP |
| 1  | 3,2      | 12,8   |
| 2  | 4,6      | 14,2   |
| 3  | 6,2      | 21,6   |
| 4  | 7,2      | 29,4   |
| 5  | 9,6      | 44,4   |
| 6  | 8,4      | 62,2   |
| 7  | 8,8      | 71     |
| 8  | 9        | 79     |
| 9  | 3,6      | 92     |
| 10                                       | 2,8      | 86,4   |
| 11                                       | 2,6      | 89,8   |
| 12                                       | 1,4      | 108,2  |
| 13                                       | 1,2      | 114,6  |
| 14                                       | 0,8      | 145,4  |
| 15                                       | 0,6      | 153,2  |
| 16                                       | 0,6      | 203,2  |
| 17                                       | 0,4      | 255,4  |
| 18                                       | 0,2      | 293    |
| 19                                       | 0,6      | 314    |
| 20                                       | 0,4      | 379,2  |
| 21                                       | 0,2      | 413,2  |
| 22                                       | 0,2      | 423,2  |
| 23                                       | 0,2      | 400    |
| 24                                       | 0        | 439,6  |
| 25                                       | 0        | 448,6  |

**Número de Oportunidades de Innovación aprovechadas:**

La novena variable a la que se le aplica la ANOVA es al número de Oportunidades de Innovación aprovechadas por período de las simulaciones, para ello se promedian las 5 simulaciones que se realizan por escenario, en cada uno de los períodos. El resultado se presenta en la Tabla A-17.

A estos datos se les aplica la prueba estadística ANOVA de un factor, con el fin de aprobar o rechazar la siguiente hipótesis nula: El promedio de Oportunidades de Innovación aprovechadas por período en los escenarios es igual, con 95% de confiabilidad. Obteniendo el siguiente resultado presentado en la Tabla A-18.

**Tabla A-108:** ANOVA para las Oportunidades de Innovación aprovechadas por escenario con y sin FP

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i>    | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|-------------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 427035,8528              | 1                         | 427035,8528                      | 35,93495199 | 2,55559E-07         | 4,042651985                 |
| Dentro de los grupos             | 570411,808               | 48                        | 11883,57933                      |             |                     |                             |
| Total                            | 997447,6608              | 49                        |                                  |             |                     |                             |

Con el resultado tenemos que se rechaza la hipótesis nula, al ser el valor F mayor al valor crítico para F, por lo que se acepta la siguiente hipótesis alterna: El promedio de las Oportunidades de Innovación aprovechadas en cada período de los escenarios es distinto, con un 95% de confiabilidad.

**Porcentaje de Oportunidades de Innovación aprovechadas:**

La decima variable a la que se le aplica la ANOVA es al porcentaje de Oportunidades de Innovación aprovechadas por período en las simulaciones, para ello se promedian las 5 simulaciones que se realizan por escenario, en cada uno de los períodos. El resultado se presenta en la Tabla A-19.

A estos datos se les aplica la prueba estadística ANOVA de un factor, con el fin de aprobar o rechazar la siguiente hipótesis nula: El promedio del porcentaje de

Oportunidades de Innovación aprovechadas por período en los escenarios es igual, con 95% de confiabilidad. Obteniendo el siguiente resultado presentado en la Tabla A-20.

Con el resultado tenemos que se rechaza la hipótesis nula, al ser el valor F mayor al valor crítico para F, por lo que se acepta la siguiente hipótesis alterna: El promedio del porcentaje de Oportunidades de Innovación aprovechadas en cada período de los escenarios es distinto, con un 95% de confiabilidad.

**Tabla A-119:** Promedio del % de Oportunidades de Innovación aprovechadas de los escenarios con y sin *FP*

| %OI aprovechadas por Escenario |          |        |
|--------------------------------|----------|--------|
| Período                        | Problema | Con FP |
| 1                              | 1%       | 5%     |
| 2                              | 2%       | 5%     |
| 3                              | 3%       | 7%     |
| 4                              | 4%       | 8%     |
| 5                              | 6%       | 10%    |
| 6                              | 7%       | 20%    |
| 7                              | 9%       | 21%    |
| 8                              | 11%      | 23%    |
| 9                              | 5%       | 26%    |
| 10                             | 5%       | 24%    |
| 11                             | 6%       | 25%    |
| 12                             | 4%       | 30%    |
| 13                             | 4%       | 31%    |
| 14                             | 4%       | 39%    |
| 15                             | 4%       | 40%    |
| 16                             | 5%       | 51%    |
| 17                             | 4%       | 61%    |
| 18                             | 2%       | 67%    |
| 19                             | 12%      | 69%    |
| 20                             | 9%       | 79%    |
| 21                             | 7%       | 84%    |
| 22                             | 11%      | 83%    |
| 23                             | 17%      | 76%    |
| 24                             | 0%       | 83%    |
| 25                             | 0%       | 84%    |

**Tabla A-20:** ANOVA para el % de Oportunidades de Innovación aprovechadas por los escenarios con y sin *FP*

| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F           | Probabilidad | Valor crítico para F |
|---------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|-------------|--------------|----------------------|
| Entre grupos              | 1,653642084       | 1                  | 1,653642084               | 39,49971685 | 9,19162E-08  | 4,042651985          |
| Dentro de los grupos      | 2,009503519       | 48                 | 0,041864657               |             |              |                      |
| Total                     | 3,663145603       | 49                 |                           |             |              |                      |

## **B. Anexo: Análisis estadístico de los escenarios utilizados para analizar el impacto de los intermediarios**

En el presente anexo se realiza la prueba estadística de análisis de varianza (*ANOVA*), para comprobar si existe o no diferencia estadísticamente significativa en las variables de salida entre los siguientes escenarios: A. escenario problema (agentes sin capacidades de difusión y vinculación, y sin intermediarios), B. escenario problema con un intermediario, C. escenario con capacidades de difusión y vinculación distribuidas entre los agentes y sin intermediarios, y D. Escenario con intermediarios y agentes con todo tipo de capacidades distribuidas aleatoriamente.

Cuando la *ANOVA* muestre que existe diferencia significativa entre las medias de los escenarios, es necesario realizar una prueba que nos permita identificar cuales medias son diferentes entre sí, para ello se aplica la prueba estadística de Tukey (1994).

### **Número de vínculos:**

La primer variable a la que se le aplica la *ANOVA* es al número de vínculos que se generan en las simulaciones de los diferentes escenarios, para ello se promedian las 5 simulaciones que se realizan por escenario, para cada uno de los períodos. El resultado se presenta en la Tabla B-1.

A estos datos se les aplica la prueba estadística *ANOVA* de un factor, con el fin de aprobar o rechazar la siguiente hipótesis nula: El promedio de los vínculos en los escenarios es igual, con 95% de confiabilidad. Obteniendo el siguiente resultado presentado en la Tabla B-2.

**Tabla B-1:** Promedio de vínculos por período de los escenarios.

| Total de Vínculos por Escenario |     |       |       |       |
|---------------------------------|-----|-------|-------|-------|
| Período                         | A   | B     | C     | D     |
| 1                               | 2,2 | 106,4 | 190,8 | 215,6 |
| 2                               | 1,6 | 130   | 243   | 285,4 |
| 3                               | 2,2 | 159,8 | 267   | 299,4 |
| 4                               | 1   | 170   | 250,6 | 302,6 |
| 5                               | 2   | 183,6 | 196,2 | 276,4 |
| 6                               | 2,6 | 174,4 | 185,2 | 264,2 |
| 7                               | 1,8 | 179,4 | 188,6 | 261   |
| 8                               | 1,4 | 172,6 | 179,8 | 253,4 |
| 9                               | 1,2 | 174,6 | 163,8 | 259   |
| 10                              | 0,4 | 173,8 | 158,4 | 262,2 |
| 11                              | 0,4 | 176,2 | 161   | 269,8 |
| 12                              | 0   | 175   | 156,6 | 276   |
| 13                              | 0   | 176,2 | 158   | 276,6 |
| 14                              | 0   | 178,2 | 148   | 277,4 |
| 15                              | 0   | 173,2 | 142,2 | 281,4 |
| 16                              | 0   | 174,4 | 139,2 | 263,6 |
| 17                              | 0   | 178,8 | 138,2 | 262,8 |
| 18                              | 0   | 182,6 | 140,6 | 255,6 |
| 19                              | 0   | 184,2 | 141,6 | 255   |
| 20                              | 0   | 180,4 | 137,8 | 253,6 |
| 21                              | 0   | 180,4 | 131,4 | 256,2 |
| 22                              | 0   | 183,4 | 128,8 | 251   |
| 23                              | 0   | 182,4 | 130,4 | 247,8 |
| 24                              | 0   | 177,6 | 130,6 | 245   |
| 25                              | 0   | 175,2 | 123,6 | 244   |

**Tabla B-2:** ANOVA para el número de vínculos por escenario.

| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F           | Probabilidad | Valor crítico para F |
|---------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|-------------|--------------|----------------------|
| Entre grupos              | 899253,2816       | 3                  | 299751,0939               | 544,2874219 | 4,17658E-60  | 2,699392604          |
| Dentro de los grupos      | 52869,3184        | 96                 | 550,7220667               |             |              |                      |
| Total                     | 952122,6          | 99                 |                           |             |              |                      |

Con el resultado se rechaza la hipótesis nula, al ser el valor F mayor al valor crítico para F, por lo que se acepta la siguiente hipótesis alterna: El promedio de los vínculos de los escenarios es distinto, con un 95% de confiabilidad.

Ya se sabe que existen diferencias significativas entre los vínculos que se generan por escenario, ahora se requiere identificar cuales escenarios son diferentes entre sí, para ello se elabora la prueba de Tukey (1994):

Para utilizar esta prueba se requiere calcular el valor de la diferencia honestamente significativa (*HSD*), para la que necesitamos el valor del multiplicador  $q_{\alpha}(v_1, v_2)$ , el

cuadrado del error medio (Promedio de los cuadrados dentro de los grupos - *CMD*) dentro de los grupos, y el tamaño de los grupos  $n$ :

Donde *HSD* se calcula con la ecuación (B.1):

$$HSD = q_{\alpha}(v_1, v_2) \sqrt{\frac{CMD}{n}} \quad (B.1)$$

Se tiene los siguientes valores:

$q_{\alpha}(v_1, v_2) = 3,69$  (Valor de la tabla de valores críticos para la prueba de Tukey)

Para:

$\alpha = 0,05$  (para nivel de confiabilidad del 95%)

$v_1 = 4$  (número de grupos)

$v_2 = 96$  (grados de libertad)

$CMD = 550,7220667$  (Promedio de los cuadrados dentro de los grupos de la tabla *ANOVA*)

$n = 25$  (tamaño de cada grupo)

Se reemplazan en la ecuación (B.1) y se obtiene:

$HSD = 17,31899158$  (Valor con el que se compara la diferencia entre las medias de los diferentes escenarios).

La diferencia entre medias de los escenarios se puede apreciar en la Tabla B-3.

**Tabla B-3:** Diferencias absolutas entre medias del número de vínculos de los escenarios

|   | A | B      | C       | D       |
|---|---|--------|---------|---------|
| A |   | 171,44 | 164,584 | 263,128 |
| B |   |        | 6,856   | 91,688  |
| C |   |        |         | 98,544  |
| D |   |        |         |         |

Al comparar los valores con el *HSD*, se obtiene que el escenario A (problema) es significativamente diferente a los otros escenarios, de forma similar el escenario D es

diferente al C y al B. Y no se puede decir que los escenarios B y C sean significativamente diferentes.

### Costos de Transacción:

La segunda variable a la que se le aplica la ANOVA es a los Costos de Transacción que se generan en las simulaciones de los diferentes escenarios, para ello se promedian las 5 simulaciones que se realizan por escenario, para cada uno de los períodos. El resultado se presenta en la Tabla B-4.

**Tabla B-4:** Promedio de los Costos de Transacción por período de los escenarios.

| CT por Escenario |      |       |        |       |
|------------------|------|-------|--------|-------|
| Período          | A    | B     | C      | D     |
| 1                | 18   | 390,8 | 662,6  | 721   |
| 2                | 11   | 480   | 947,6  | 918,8 |
| 3                | 15,2 | 644,2 | 1006   | 998,6 |
| 4                | 5,2  | 707,4 | 1031,2 | 932   |
| 5                | 16   | 758,6 | 791,6  | 851,2 |
| 6                | 20,2 | 736   | 756,2  | 791,2 |
| 7                | 11,2 | 753,6 | 733    | 746,8 |
| 8                | 8,2  | 675,8 | 717,8  | 731   |
| 9                | 5,2  | 690   | 629,2  | 748,2 |
| 10               | 4    | 677,2 | 625    | 754,6 |
| 11               | 4    | 700   | 626    | 802,4 |
| 12               | 0    | 722,8 | 607,4  | 827,4 |
| 13               | 0    | 741,2 | 605,8  | 856,2 |
| 14               | 0    | 740,8 | 545,2  | 823   |
| 15               | 0    | 705   | 532,2  | 881,8 |
| 16               | 0    | 709,2 | 526,8  | 808,8 |
| 17               | 0    | 726   | 528,6  | 824,8 |
| 18               | 0    | 733,8 | 532,4  | 785,6 |
| 19               | 0    | 754   | 526,4  | 785,4 |
| 20               | 0    | 735,4 | 511,8  | 768,8 |
| 21               | 0    | 724,6 | 480,6  | 774,4 |
| 22               | 0    | 750,8 | 487,6  | 740,4 |
| 23               | 0    | 752,2 | 485,6  | 765   |
| 24               | 0    | 753,8 | 480,2  | 727,4 |
| 25               | 0    | 732,4 | 463,6  | 721   |

A estos datos se les aplica la prueba estadística ANOVA de un factor, con el fin de aprobar o rechazar la siguiente hipótesis nula: El promedio de los Costos de Transacción en los escenarios es igual, con 95% de confiabilidad. Obteniendo el siguiente resultado presentado en la Tabla B-5.

Con el resultado se rechaza la hipótesis nula, al ser el valor F mayor al valor crítico para F, por lo que se acepta la siguiente hipótesis alterna: El promedio de los Costos de Transacción de los escenarios es distinto, con un 95% de confiabilidad.

Ya se sabe que existen diferencias significativas entre los Costos de Transacción que se generan por escenario, ahora se requiere identificar cuales escenarios son diferentes entre sí, para ello se utiliza nuevamente la prueba de Tukey:

**Tabla B-5:** ANOVA para los Costos de Transacción por escenario.

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i>    | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|-------------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 9753388,976              | 3                         | 3251129,659                      | 328,5568218 | 2,44994E-50         | 2,699392604                 |
| Dentro de los grupos             | 949937,504               | 96                        | 9895,182333                      |             |                     |                             |
| Total                            | 10703326,48              | 99                        |                                  |             |                     |                             |

Se tiene los siguientes valores:

$q_{\alpha}(v_1, v_2) = 3,69$  (Valor de la tabla de valores críticos para la prueba de Tukey)

Para:

$\alpha = 0,05$  (para nivel de confiabilidad del 95%)

$v_1 = 4$  (número de grupos)

$v_2 = 96$  (grados de libertad)

$CMD = 9895,182333$  (Promedio de los cuadrados dentro de los grupos de la tabla ANOVA)

$n = 25$  (tamaño de cada grupo)

Se reemplazan en la ecuación (B.1) y se obtiene:

$HSD = 73,41220394$  (Valor con el que se compara la diferencia entre las medias de los diferentes escenarios).

La diferencia entre medias de los escenarios se puede apreciar en la Tabla B-6.

Al comparar los valores con el  $HSD$ , se obtiene que el escenario A (problema) es significativamente diferente a los otros escenarios, de forma similar el escenario D es diferente al C y al B. Y no se puede decir que los escenarios B y C sean significativamente diferentes.

**Tabla B-6:** Diferencias absolutas entre medias de los Costos de Transacción de los escenarios

|   | A | B       | C       | D       |
|---|---|---------|---------|---------|
| A |   | 695,096 | 628,888 | 798,704 |
| B |   |         | 66,208  | 103,608 |
| C |   |         |         | 169,816 |
| D |   |         |         |         |

**Costo de Transacción promedio por vínculo:**

La tercer variable a la que se le aplica la ANOVA es a los Costos de Transacción promedio por vínculo que se generan en las simulaciones de los diferentes escenarios, para ello se promedian las 5 simulaciones que se realizan por escenario, para cada uno de los períodos. El resultado se presenta en la Tabla B-7.

**Tabla B-7:** Promedio de los Costos de Transacción promedio por vínculo por período de los escenarios.

| CT promedio por vínculo por Escenario |             |             |             |             |
|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Periodo                               | A           | B           | C           | D           |
| 1                                     | 8,181818182 | 3,675870631 | 3,469547911 | 3,335327385 |
| 2                                     | 6,875       | 3,693628573 | 3,884292298 | 3,212194879 |
| 3                                     | 6,909090909 | 4,026238133 | 3,759855883 | 3,319539706 |
| 4                                     | 5,2         | 4,153716216 | 4,076210889 | 3,069584909 |
| 5                                     | 8           | 4,122450306 | 4,018647471 | 3,064252705 |
| 6                                     | 7,769230769 | 4,219200292 | 4,086918029 | 2,940862932 |
| 7                                     | 6,222222222 | 4,209241659 | 3,921708407 | 2,80715976  |
| 8                                     | 5,857142857 | 3,904507906 | 3,978977316 | 2,862982772 |
| 9                                     | 4,333333333 | 3,954674137 | 3,874881849 | 2,869561708 |
| 10                                    | 10          | 3,895360331 | 4,002701421 | 2,863061281 |
| 11                                    | 10          | 3,958151195 | 3,879528049 | 2,972057235 |
| 12                                    | 0           | 4,121928638 | 3,965360423 | 2,995926892 |
| 13                                    | 0           | 4,180065257 | 3,848837382 | 3,089210528 |
| 14                                    | 0           | 4,141497128 | 3,782027013 | 2,936975981 |
| 15                                    | 0           | 4,043361562 | 3,754039778 | 3,098176134 |
| 16                                    | 0           | 4,052183689 | 3,76886779  | 3,001466453 |
| 17                                    | 0           | 4,04701069  | 3,916508217 | 3,079765072 |
| 18                                    | 0           | 4,004152987 | 3,807053585 | 2,972485011 |
| 19                                    | 0           | 4,099811655 | 3,654450584 | 2,992550616 |
| 20                                    | 0           | 4,088979378 | 3,670723727 | 2,902051249 |
| 21                                    | 0           | 3,990012772 | 3,615698936 | 2,892768481 |
| 22                                    | 0           | 4,093226515 | 3,675549861 | 2,8502029   |
| 23                                    | 0           | 4,092197482 | 3,630816241 | 2,971577117 |
| 24                                    | 0           | 4,248332308 | 3,592018264 | 2,839795981 |
| 25                                    | 0           | 4,18020057  | 3,699752744 | 2,839605809 |

A estos datos se les aplica la prueba estadística ANOVA de un factor, con el fin de aprobar o rechazar la siguiente hipótesis nula: El promedio de los Costos de Transacción promedio por vínculo en los escenarios es igual, con 95% de confiabilidad. Obteniendo el siguiente resultado presentado en la Tabla B-8.

Con el resultado tenemos que NO se rechaza la hipótesis nula, al ser el valor F menor al valor crítico para F, por lo que se acepta la hipótesis nula planteada anteriormente: El promedio de los Costos de Transacción promedio por vínculo en los escenarios es igual, con 95% de confiabilidad.

**Tabla B-8:** ANOVA para los Costos de Transacción promedio por vínculo por escenario.

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i>    | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|-------------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 19,08547758              | 3                         | 6,361825861                      | 1,720749199 | 0,167871372         | 2,699392604                 |
| Dentro de los grupos             | 354,9240546              | 96                        | 3,697125569                      |             |                     |                             |
| Total                            | 374,0095322              | 99                        |                                  |             |                     |                             |

Sin embargo, al revisar los datos y observar la Figura 5-3 del Capítulo 5, se aprecia que el promedio de los Costos de Transacción de los vínculos para el escenario problema, antes de que se vuelvan cero por la incapacidad del sistema de generar vínculos, estos valores se aprecian diferentes, siendo muy altos los del escenario problema en comparación con los otros tres, por lo que se decide repetir el análisis hasta el período 11, antes de que se vuelvan cero los vínculos en el escenario problema. Entonces, podemos observar el resultado del análisis estadístico en la Tabla B-9.

**Tabla B-9:** ANOVA para los Costos de Transacción promedio por vínculo por escenario hasta el período 11.

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i>    | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|-------------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 111,5896195              | 3                         | 37,19653982                      | 44,04193048 | 9,57039E-13         | 2,838745406                 |
| Dentro de los grupos             | 33,78284231              | 40                        | 0,844571058                      |             |                     |                             |
| Total                            | 145,3724618              | 43                        |                                  |             |                     |                             |

Con este nuevo análisis, se rechaza la hipótesis nula, al ser el valor F mayor al valor crítico para F, por lo que se acepta la siguiente hipótesis alterna: El promedio de los

Costos de Transacción promedio por vínculo de los escenarios, hasta el período 11 es distinto, con un 95% de confiabilidad.

Ya se sabe que existen diferencias significativas entre los Costos de transacción promedio por vínculo que se generan por escenario hasta el período 11, ahora se requiere identificar cuales escenarios son diferentes entre sí, para ello se utiliza nuevamente la prueba de Tukey:

Se tiene los siguientes valores:

$q_{\alpha}(v_1, v_2) = 3,79$  (Valor de la tabla de valores críticos para la prueba de Tukey)

Para:

$\alpha = 0,05$  (para nivel de confiabilidad del 95%)

$v_1 = 4$  (número de grupos)

$v_2 = 40$  (grados de libertad)

$CMD = 0,844571058$  (Promedio de los cuadrados dentro de los grupos de la tabla ANOVA)

$n = 11$  (tamaño de cada grupo)

Se reemplazan en la ecuación (B.1) y se obtiene:

$HSD = 1,050173281$  (Valor con el que se compara la diferencia entre las medias de los diferentes escenarios).

La diferencia entre medias de los escenarios se puede apreciar en la Tabla B-10.

**Tabla B-10:** Diferencias absolutas entre medias de los Costos de Transacción promedio de los vínculos de los escenarios hasta el período 11.

|   | A | B           | C           | D           |
|---|---|-------------|-------------|-------------|
| A |   | 3,230436263 | 3,308597159 | 4,184659364 |
| B |   |             | 0,078160896 | 0,954223101 |
| C |   |             |             | 0,876062205 |
| D |   |             |             |             |

Al comparar los valores con el *HSD*, se obtiene que el escenario A (problema) es significativamente diferente a los otros escenarios. Y no se puede decir que los escenarios B, C y D sean significativamente diferentes entre ellos.

### Número de agentes:

La cuarta variable a la que se le aplica la *ANOVA* es al número de agentes que sobreviven en cada período en las simulaciones de los diferentes escenarios, para ello se promedian las 5 simulaciones que se realizan por escenario, para cada uno de los períodos. El resultado se presenta en la Tabla B-11.

**Tabla B-11:** Promedio de número de agentes por período de los escenarios.

| Número de agentes por Escenario |      |      |      |      |
|---------------------------------|------|------|------|------|
| Período                         | A    | B    | C    | D    |
| 1                               | 91,2 | 91,8 | 74,2 | 85,4 |
| 2                               | 79,2 | 80,6 | 53,0 | 63,8 |
| 3                               | 70,2 | 69,4 | 39,2 | 50,6 |
| 4                               | 58,0 | 59,6 | 28,4 | 39,4 |
| 5                               | 44,6 | 51,8 | 26,0 | 35,0 |
| 6                               | 32,6 | 48,4 | 25,4 | 31,8 |
| 7                               | 27,0 | 44,4 | 23,2 | 29,6 |
| 8                               | 21,0 | 41,4 | 21,6 | 29,0 |
| 9                               | 14,6 | 39,4 | 19,4 | 28,2 |
| 10                              | 11,8 | 37,6 | 18,8 | 28,0 |
| 11                              | 9,6  | 35,6 | 18,0 | 28,2 |
| 12                              | 7,6  | 34,6 | 17,6 | 27,4 |
| 13                              | 6,6  | 33,2 | 16,8 | 27,0 |
| 14                              | 5,8  | 31,8 | 16,2 | 27,2 |
| 15                              | 4,6  | 31,8 | 15,8 | 25,6 |
| 16                              | 3,2  | 31,2 | 15,8 | 25,4 |
| 17                              | 2,4  | 31,0 | 15,8 | 24,6 |
| 18                              | 2,4  | 31,2 | 15,6 | 24,0 |
| 19                              | 2,2  | 30,6 | 15,4 | 23,6 |
| 20                              | 1,8  | 30,8 | 14,8 | 23,8 |
| 21                              | 1,0  | 30,4 | 14,8 | 23,2 |
| 22                              | 0,6  | 29,8 | 14,8 | 22,8 |
| 23                              | 0,6  | 29,2 | 14,6 | 22,6 |
| 24                              | 0,4  | 28,6 | 14,2 | 22,4 |
| 25                              | 0,4  | 29,0 | 13,4 | 22,0 |

A estos datos se les aplica la prueba estadística *ANOVA* de un factor, con el fin de aprobar o rechazar la siguiente hipótesis nula: El promedio de número de agentes que sobrevive en cada período en los escenarios es igual, con 95% de confiabilidad. Obteniendo el siguiente resultado presentado en la Tabla B-12.

Con el resultado se rechaza la hipótesis nula, al ser el valor F mayor al valor crítico para F, por lo que se acepta la siguiente hipótesis alterna: El promedio del número de agentes que sobreviven por período de los escenarios es distinto, con un 95% de confiabilidad.

Ya se sabe que existen diferencias significativas entre el número de agentes que sobreviven por período por escenario, ahora se requiere identificar cuales escenarios son diferentes entre sí, para ello se utiliza nuevamente la prueba de Tukey:

**Tabla B-12:** ANOVA para el número de agentes por escenario.

| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F           | Probabilidad | Valor crítico para F |
|---------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|-------------|--------------|----------------------|
| Entre grupos              | 7057,844992       | 3                  | 2352,614997               | 6,523616394 | 0,000460725  | 2,699392604          |
| Dentro de los grupos      | 34620,52734       | 96                 | 360,6304932               |             |              |                      |
| Total                     | 41678,37234       | 99                 |                           |             |              |                      |

Se tiene los siguientes valores:

$q_{\alpha}(v_1, v_2) = 3,69$  (Valor de la tabla de valores críticos para la prueba de Tukey)

Para:

$\alpha = 0,05$  (para nivel de confiabilidad del 95%)

$v_1 = 4$  (número de grupos)

$v_2 = 96$  (grados de libertad)

$CMD = 360,6304932$  (Promedio de los cuadrados dentro de los grupos de la tabla ANOVA)

$n = 25$  (tamaño de cada grupo)

Se reemplazan en la ecuación (B.1) y se obtiene:

$HSD = 14,01482195$  (Valor con el que se compara la diferencia entre las medias de los diferentes escenarios).

La diferencia entre medias de los escenarios se puede apreciar en la Tabla B-13.

Al comparar los valores con el  $HSD$ , se obtiene que el escenario A (problema) es significativamente diferente al escenario B, de forma similar el escenario B es significativamente diferente al C. Y no se puede decir que existan diferencias significativas entre los escenarios A y C, A y D, B y D, y C y D.

**Tabla B-13:** Diferencias absolutas entre el número de agentes de los escenarios

|   | A | B           | C           | D           |
|---|---|-------------|-------------|-------------|
| A |   | 21,35201918 | 2,536007633 | 11,64802502 |
| B |   |             | 18,81601155 | 9,703994164 |
| C |   |             |             | 9,112017384 |
| D |   |             |             |             |

**Stock de excedentes:**

La quinta variable a la que se le aplica la ANOVA es al stock de excedentes de las simulaciones de los diferentes escenarios, para ello se promedian las 5 simulaciones que se realizan por escenario, para cada uno de los períodos. El resultado se presenta en la Tabla B-14.

**Tabla B-14:** Promedio del stock de excedentes de los escenarios.

| Stock de excedentes por Escenario |            |            |            |            |
|-----------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| Periodo                           | A          | B          | C          | D          |
| 1                                 | 10483,0218 | 12591,6712 | 7775,3588  | 9252,0366  |
| 2                                 | 8252,39    | 10053,262  | 4161,2084  | 5595,2906  |
| 3                                 | 6276,7754  | 8350,4072  | 3430,6256  | 4369,2962  |
| 4                                 | 4584,6094  | 7549,0072  | 4562,5522  | 4807,5484  |
| 5                                 | 3367,5712  | 7440,9486  | 7168,9038  | 6494,817   |
| 6                                 | 2467,5384  | 8149,493   | 9985,8978  | 8788,3854  |
| 7                                 | 1831,7414  | 9111,5132  | 12021,5214 | 11295,9994 |
| 8                                 | 1434,4406  | 10134,6426 | 14017,952  | 14997,3184 |
| 9                                 | 1111,3616  | 11165,45   | 15918,9914 | 18654,529  |
| 10                                | 934,3728   | 12309,598  | 18483,1348 | 22284,4188 |
| 11                                | 751,2118   | 13477,1802 | 21088,694  | 25436,2294 |
| 12                                | 608,9652   | 14723,1136 | 23669,2856 | 27741,2652 |
| 13                                | 472,5608   | 15817,0728 | 25702,0194 | 29961,167  |
| 14                                | 357,0394   | 16883,9016 | 28018,6062 | 31550,7412 |
| 15                                | 252,2952   | 18153,6002 | 30452,7202 | 32843,4588 |
| 16                                | 185,2156   | 19234,5788 | 33203,6834 | 35583,0964 |
| 17                                | 123,1548   | 20589,4026 | 35626,4718 | 38510,769  |
| 18                                | 90,6748    | 21518,6708 | 37739,5886 | 41727,2006 |
| 19                                | 61,1948    | 22296,823  | 39983,7622 | 44940,866  |
| 20                                | 37,5548    | 23096,7356 | 42337,4786 | 48690,2588 |
| 21                                | 39,3148    | 23721,48   | 44147,6912 | 51806,0172 |
| 22                                | 32,2       | 24239,0142 | 45831,9292 | 54387,8698 |
| 23                                | 27,4       | 25123,4454 | 47321,2672 | 57395,7746 |
| 24                                | 24,4       | 26305,0668 | 48530,0122 | 60541,0694 |
| 25                                | 21,6       | 28041,4044 | 49922,6366 | 63374,6576 |

A estos datos se les aplica la prueba estadística ANOVA de un factor, con el fin de aprobar o rechazar la siguiente hipótesis nula: El promedio del stock de excedentes en los escenarios es igual, con 95% de confiabilidad. Obteniendo el siguiente resultado presentado en la Tabla B-15.

Con el resultado se rechaza la hipótesis nula, al ser el valor F mayor al valor crítico para F, por lo que se acepta la siguiente hipótesis alterna: El promedio de stock de excedentes de los escenarios es distinto, con un 95% de confiabilidad.

Ya se sabe que existen diferencias significativas entre el stock de excedentes que se generan por escenario, ahora se requiere identificar cuales escenarios son diferentes entre sí, para ello se utiliza nuevamente la prueba de Tukey:

**Tabla B-15:** ANOVA para el stock de excedentes por escenario.

| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F           | Probabilidad | Valor crítico para F |
|---------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|-------------|--------------|----------------------|
| Entre grupos              | 11873802476       | 3                  | 3957934159                | 23,77095239 | 1,37002E-11  | 2,699392604          |
| Dentro de los grupos      | 15984285062       | 96                 | 166502969,4               |             |              |                      |
| Total                     | 27858087538       | 99                 |                           |             |              |                      |

Se tiene los siguientes valores:

$q_{\alpha}(v_1, v_2) = 3,69$  (Valor de la tabla de valores críticos para la prueba de Tukey)

Para:

$\alpha = 0,05$  (para nivel de confiabilidad del 95%)

$v_1 = 4$  (número de grupos)

$v_2 = 96$  (grados de libertad)

$CMD = 166502969,4$  (Promedio de los cuadrados dentro de los grupos de la tabla ANOVA)

$n = 25$  (tamaño de cada grupo)

Se reemplazan en la ecuación (B.1) y se obtiene:

$HSD = 9522,858986$  (Valor con el que se compara la diferencia entre las medias de los diferentes escenarios).

La diferencia entre medias de los escenarios se puede apreciar en la Tabla B-16.

Al comparar los valores con el  $HSD$ , se obtiene que todos los escenarios son significativamente diferente entre sí, excepto entre el escenario C y D.

### Beneficios:

La sexta variable a la que se le aplica la ANOVA es a los beneficios de las simulaciones de los diferentes escenarios, para ello se promedian las 5 simulaciones que se realizan por escenario, para cada uno de los períodos. El resultado se presenta en la Tabla B-17.

**Tabla B-16:** Diferencias absolutas entre medias del stock de excedentes de los escenarios

|   | A | B           | C           | D           |
|---|---|-------------|-------------|-------------|
| A |   | 14649,95514 | 24290,93552 | 28288,05905 |
| B |   |             | 9640,980384 | 13638,10391 |
| C |   |             |             | 3997,123528 |
| D |   |             |             |             |

**Tabla B-17:** Promedio de los beneficios de los escenarios.

| Beneficios por Escenario |          |           |           |           |
|--------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|
| Período                  | A        | B         | C         | D         |
| 1                        | 228,8442 | 652,1004  | 0         | 542,7528  |
| 2                        | 290,8572 | 427,7108  | 0         | 60,2354   |
| 3                        | 197,2654 | 982,1852  | 1925,2572 | 1837,2856 |
| 4                        | 111,7344 | 1609,68   | 3360,0466 | 2979,6122 |
| 5                        | 90,8374  | 2092,3814 | 4504,9516 | 3976,1886 |
| 6                        | 38,3018  | 2768,8244 | 4649,874  | 4414,2884 |
| 7                        | 80,2474  | 2924,3402 | 3751,7436 | 4512,814  |
| 8                        | 115,4224 | 2838,4894 | 3635,6306 | 5678,919  |
| 9                        | 45,2296  | 2804,3674 | 3374,5194 | 5638,5306 |
| 10                       | 75,6112  | 2860,508  | 4019,7834 | 5599,2098 |
| 11                       | 23,2     | 2863,9022 | 4038,8792 | 5166,1306 |
| 12                       | 21,6     | 2932,2934 | 3972,1116 | 4317,6358 |
| 13                       | 0        | 2783,7192 | 3403,5338 | 4240,2618 |
| 14                       | 0        | 2714,6688 | 3598,8268 | 3578,1342 |
| 15                       | 0        | 2889,0586 | 3693,874  | 3290,8776 |
| 16                       | 0        | 2694,2986 | 4000,2032 | 4658,5176 |
| 17                       | 0        | 2984,9838 | 3673,9484 | 4825,1926 |
| 18                       | 1,6      | 2563,1482 | 3356,1168 | 5052,7516 |
| 19                       | 1,6      | 2430,9122 | 3473,2936 | 5035,0654 |
| 20                       | 1,6      | 2459,7926 | 3536,9964 | 5556,6328 |
| 21                       | 12,6     | 2249,6644 | 2959,8526 | 4907,0384 |
| 22                       | 0        | 2175,3342 | 2841,638  | 4323,8126 |
| 23                       | 0        | 2522,0312 | 2630,058  | 4764,3448 |
| 24                       | 0        | 2805,7814 | 2327,945  | 4852,2948 |
| 25                       | 0        | 3354,9776 | 2469,1044 | 4526,0682 |

A estos datos se les aplica la prueba estadística ANOVA de un factor, con el fin de aprobar o rechazar la siguiente hipótesis nula: El promedio de los beneficios en los escenarios es igual, con 95% de confiabilidad. Obteniendo el siguiente resultado presentado en la Tabla B-18.

Con el resultado se rechaza la hipótesis nula, al ser el valor F mayor al valor crítico para F, por lo que se acepta la siguiente hipótesis alterna: El promedio de los beneficios de los escenarios es distinto, con un 95% de confiabilidad.

**Tabla B-18:** ANOVA para los beneficios por escenario.

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i>    | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|-------------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 230750917,7              | 3                         | 76916972,57                      | 76,50700721 | 2,33149E-25         | 2,699392604                 |
| Dentro de los grupos             | 96514419,21              | 96                        | 1005358,533                      |             |                     |                             |
| Total                            | 327265336,9              | 99                        |                                  |             |                     |                             |

Ya se sabe que existen diferencias significativas entre los beneficios que se generan por escenario, ahora se requiere identificar cuales escenarios son diferentes entre sí, para ello se utiliza nuevamente la prueba de Tukey:

Se tiene los siguientes valores:

$q_{\alpha}(v_1, v_2) = 3,69$  (Valor de la tabla de valores críticos para la prueba de Tukey)

Para:

$\alpha = 0,05$  (para nivel de confiabilidad del 95%)

$v_1 = 4$  (número de grupos)

$v_2 = 96$  (grados de libertad)

$CMD = 1005358,533$  (Promedio de los cuadrados dentro de los grupos de la tabla ANOVA)

$n = 25$  (tamaño de cada grupo)

Se reemplazan en la ecuación (B.1) y se obtiene:

$HSD = 739,9746571$  (Valor con el que se compara la diferencia entre las medias de los diferentes escenarios).

La diferencia entre medias de los escenarios se puede apreciar en la Tabla B-19.

Al comparar los valores con el  $HSD$ , se obtiene que todos los escenarios son significativamente diferente entre sí.

**Costos de mantenimiento de las capacidades:**

La séptima variable a la que se le aplica la ANOVA es a los costos de mantenimiento de las capacidades de las simulaciones de los diferentes escenarios, para ello se promedian las 5 simulaciones que se realizan por escenario, para cada uno de los períodos. El resultado se presenta en la Tabla B-20.

**Tabla B-19:** Diferencias absolutas entre medias de los beneficios de los escenarios

|   | A | B           | C           | D           |
|---|---|-------------|-------------|-------------|
| A |   | 2361,944104 | 3114,465488 | 4119,921768 |
| B |   |             | 752,521384  | 1757,977664 |
| C |   |             |             | 1005,45628  |
| D |   |             |             |             |

**Tabla B-20:** Promedio de los costos de mantenimiento de los escenarios.

| Beneficios por Escenario |         |         |         |         |
|--------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Período                  | A       | B       | C       | D       |
| 1                        | 2911    | 2939,76 | 3564,56 | 3804,48 |
| 2                        | 2485,64 | 2486,12 | 2363,4  | 2683,28 |
| 3                        | 2157,68 | 2040,84 | 1649,84 | 2064,68 |
| 4                        | 1728,2  | 1703,68 | 1196,92 | 1609,36 |
| 5                        | 1260,8  | 1441,84 | 1107    | 1437,72 |
| 6                        | 844,72  | 1324,28 | 1076,68 | 1329,52 |
| 7                        | 660,72  | 1208,72 | 983,12  | 1258,4  |
| 8                        | 486,28  | 1139,56 | 921,4   | 1246,6  |
| 9                        | 305     | 1083,56 | 844,28  | 1233,12 |
| 10                       | 234     | 1039,16 | 830,64  | 1214,72 |
| 11                       | 186,6   | 996,32  | 807,32  | 1211,92 |
| 12                       | 142,88  | 963,56  | 784,12  | 1185,2  |
| 13                       | 124     | 948,56  | 765     | 1164,16 |
| 14                       | 104,16  | 907,04  | 737,04  | 1165,56 |
| 15                       | 79,28   | 914,36  | 727,56  | 1116,36 |
| 16                       | 49,28   | 904,12  | 722,44  | 1110,08 |
| 17                       | 33,88   | 904,16  | 722,56  | 1072,72 |
| 18                       | 33,88   | 900,08  | 710,6   | 1050,72 |
| 19                       | 29      | 898,76  | 702,72  | 1036    |
| 20                       | 23,64   | 924,48  | 671,48  | 1038,44 |
| 21                       | 7,64    | 900,32  | 669,04  | 1016,88 |
| 22                       | 4,8     | 907     | 669,8   | 1001,56 |
| 23                       | 4,8     | 885,4   | 655,12  | 991,44  |
| 24                       | 2,8     | 870,36  | 639     | 979,6   |
| 25                       | 2,8     | 886,24  | 612,88  | 971,48  |

A estos datos se les aplica la prueba estadística ANOVA de un factor, con el fin de aprobar o rechazar la siguiente hipótesis nula: El promedio de los costos de mantenimiento de las capacidades en los escenarios es igual, con 95% de confiabilidad. Obteniendo el siguiente resultado presentado en la Tabla B-21.

Con el resultado se rechaza la hipótesis nula, al ser el valor F mayor al valor crítico para F, por lo que se acepta la siguiente hipótesis alterna: El promedio de los costos de mantenimiento de los escenarios es distinto, con un 95% de confiabilidad.

**Tabla B-21:** ANOVA para los beneficios por escenario.

| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F           | Probabilidad | Valor crítico para F |
|---------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|-------------|--------------|----------------------|
| Entre grupos              | 9110344,475       | 3                  | 3036781,492               | 6,514050896 | 0,000465995  | 2,699392604          |
| Dentro de los grupos      | 44754182,59       | 96                 | 466189,402                |             |              |                      |
| Total                     | 53864527,07       | 99                 |                           |             |              |                      |

Ya se sabe que existen diferencias significativas entre los costos de mantenimiento de las capacidades que se generan por escenario, ahora se requiere identificar cuales escenarios son diferentes entre sí, para ello se utiliza nuevamente la prueba de Tukey:

Se tiene los siguientes valores:

$q_{\alpha}(v_1, v_2) = 3,69$  (Valor de la tabla de valores críticos para la prueba de Tukey)

Para:

$\alpha = 0,05$  (para nivel de confiabilidad del 95%)

$v_1 = 4$  (número de grupos)

$v_2 = 96$  (grados de libertad)

$CMD = 466189,402$  (Promedio de los cuadrados dentro de los grupos de la tabla ANOVA)

$n = 25$  (tamaño de cada grupo)

Se reemplazan en la ecuación (B.1) y se obtiene:

$HSD = 503,8921121$  (Valor con el que se compara la diferencia entre las medias de los diferentes escenarios).

La diferencia entre medias de los escenarios se puede apreciar en la Tabla B-22.

Al comparar los valores con el  $HSD$ , se obtiene que los escenarios A y B, así como A y D son significativamente diferentes entre sí.

**Número de Oportunidades de Innovación:**

La octava variable a la que se le aplica la ANOVA es al número de Oportunidades de Innovación presentes en el Entorno Competitivo de las simulaciones de los diferentes escenarios, para ello se promedian las 5 simulaciones que se realizan por escenario, para cada uno de los períodos. El resultado se presenta en la Tabla B-23.

**Tabla B-22:** Diferencias absolutas entre medias de los costos de los escenarios

|   | A | B       | C        | D        |
|---|---|---------|----------|----------|
| A |   | 648,592 | 449,2416 | 803,6208 |
| B |   |         | 199,3504 | 155,0288 |
| C |   |         |          | 354,3792 |
| D |   |         |          |          |

**Tabla B-23:** Promedio de Oportunidades de Innovación de los escenarios.

| Período | O/ por Escenario |       |       |       |
|---------|------------------|-------|-------|-------|
|         | A                | B     | C     | D     |
| 1       | 118              | 118   | 118   | 118   |
| 2       | 114              | 118,6 | 128,4 | 127   |
| 3       | 103,8            | 120,8 | 135   | 133,4 |
| 4       | 90,6             | 119   | 134,6 | 136,2 |
| 5       | 75               | 111,6 | 143,6 | 140,6 |
| 6       | 49,4             | 110   | 152,8 | 142,6 |
| 7       | 41,4             | 106   | 164,2 | 147,4 |
| 8       | 31,6             | 107,2 | 169,4 | 155,4 |
| 9       | 26               | 108,8 | 172,8 | 163   |
| 10      | 18,6             | 112,4 | 177   | 170,2 |
| 11      | 13,6             | 114,4 | 179,4 | 175,8 |
| 12      | 10,4             | 113,4 | 179,8 | 178,8 |
| 13      | 7,2              | 111   | 179,8 | 176,4 |
| 14      | 4                | 114,6 | 182,6 | 170,8 |
| 15      | 2,6              | 114,8 | 185,2 | 171,8 |
| 16      | 1,4              | 118   | 184,2 | 168,6 |
| 17      | 0,4              | 116,2 | 188,4 | 171   |
| 18      | 0                | 119,8 | 190,4 | 173,4 |
| 19      | 0                | 123,6 | 194,8 | 179,6 |
| 20      | 0                | 122   | 191,2 | 180,6 |
| 21      | 0                | 122   | 189   | 180,6 |
| 22      | 0                | 121,6 | 189   | 177,4 |
| 23      | 0                | 126   | 185,6 | 175   |
| 24      | 0                | 127,8 | 186,6 | 176,6 |
| 25      | 0                | 130,6 | 188   | 179   |

A estos datos se les aplica la prueba estadística ANOVA de un factor, con el fin de aprobar o rechazar la siguiente hipótesis nula: El promedio de Oportunidades de Innovación del Entorno Competitivo en los escenarios es igual, con 95% de confiabilidad. Obteniendo el siguiente resultado presentado en la Tabla B-24.

Con el resultado se rechaza la hipótesis nula, al ser el valor F mayor al valor crítico para F, por lo que se acepta la siguiente hipótesis alterna: El promedio de Oportunidades de Innovación del Entorno Competitivo de los escenarios es distinto, con un 95% de confiabilidad.

**Tabla B-24:** ANOVA para las Oportunidades de Innovación por escenario.

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i>    | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|-------------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 322607,4464              | 3                         | 107535,8155                      | 172,0676196 | 1,7309E-38          | 2,699392604                 |
| Dentro de los grupos             | 59996,4032               | 96                        | 624,9625333                      |             |                     |                             |
| Total                            | 382603,8496              | 99                        |                                  |             |                     |                             |

Ya se sabe que existen diferencias significativas entre las Oportunidades de Innovación del Entorno Competitivo que se generan por escenario, ahora se requiere identificar cuales escenarios son diferentes entre sí, para ello se utiliza nuevamente la prueba de Tukey:

Se tiene los siguientes valores:

$q.(v_1, v_2) = 3,69$  (Valor de la tabla de valores críticos para la prueba de Tukey)

Para:

$\alpha = 0,05$  (para nivel de confiabilidad del 95%)

$v_1 = 4$  (número de grupos)

$v_2 = 96$  (grados de libertad)

$CMD = 624,9625333$  (Promedio de los cuadrados dentro de los grupos de la tabla ANOVA)

$n = 25$  (tamaño de cada grupo)

Se reemplazan en la ecuación (B.1) y se obtiene:

$HSD = 18,44944698$  (Valor con el que se compara la diferencia entre las medias de los diferentes escenarios).

La diferencia entre medias de los escenarios se puede apreciar en la Tabla B-25.

Al comparar los valores con el  $HSD$ , se obtiene que todos los escenarios son significativamente diferente entre sí, excepto entre el escenario C y D.

**Número de Oportunidades de Innovación aprovechadas:**

La novena variable a la que se le aplica la ANOVA es al número de Oportunidades de Innovación aprovechadas del Entorno Competitivo por los agentes competidores de las simulaciones de los diferentes escenarios, para ello se promedian las 5 simulaciones que se realizan por escenario, para cada uno de los períodos. El resultado se presenta en la Tabla B-26.

**Tabla B-25:** Diferencias absolutas entre medias de las Oportunidades de Innovación de los escenarios

|   | A | B      | C       | D       |
|---|---|--------|---------|---------|
| A |   | 88,808 | 143,272 | 134,448 |
| B |   |        | 54,464  | 45,64   |
| C |   |        |         | 8,824   |
| D |   |        |         |         |

**Tabla B-26:** Promedio de Oportunidades de Innovación aprovechadas de los escenarios.

| O/ aprovechadas por Escenario |     |       |       |       |
|-------------------------------|-----|-------|-------|-------|
| Período                       | A   | B     | C     | D     |
| 1                             | 1,4 | 28,6  | 48,2  | 50    |
| 2                             | 0,8 | 27,2  | 30    | 31    |
| 3                             | 1,2 | 32,6  | 47,8  | 47    |
| 4                             | 0,4 | 40,4  | 54,4  | 59,8  |
| 5                             | 0,8 | 44    | 104   | 88,8  |
| 6                             | 1   | 60,8  | 123,6 | 94,6  |
| 7                             | 0,8 | 57,2  | 126   | 100,8 |
| 8                             | 0,6 | 68,4  | 133   | 122,6 |
| 9                             | 0,4 | 75,2  | 131,6 | 129,6 |
| 10                            | 0,2 | 78    | 142,8 | 137   |
| 11                            | 0,2 | 85,6  | 146,8 | 145,6 |
| 12                            | 0   | 85,6  | 151,2 | 141,2 |
| 13                            | 0   | 81    | 142   | 141,4 |
| 14                            | 0   | 82,8  | 145,8 | 140,8 |
| 15                            | 0   | 91,6  | 147,6 | 123,4 |
| 16                            | 0   | 88    | 151,4 | 137,8 |
| 17                            | 0   | 93    | 155,4 | 134,2 |
| 18                            | 0   | 99    | 155,4 | 142   |
| 19                            | 0   | 93,8  | 156,2 | 137,6 |
| 20                            | 0   | 99,8  | 159,6 | 152   |
| 21                            | 0   | 96,2  | 161,4 | 145,4 |
| 22                            | 0   | 89,6  | 158,8 | 141,2 |
| 23                            | 0   | 95,6  | 154,4 | 140,8 |
| 24                            | 0   | 92,2  | 155,8 | 145,6 |
| 25                            | 0   | 104,2 | 148,2 | 140,4 |

A estos datos se les aplica la prueba estadística ANOVA de un factor, con el fin de aprobar o rechazar la siguiente hipótesis nula: El promedio de Oportunidades de Innovación aprovechadas del Entorno Competitivo por los agentes competidores en los escenarios es igual, con 95% de confiabilidad. Obteniendo el siguiente resultado presentado en la Tabla B-27.

Con el resultado se rechaza la hipótesis nula, al ser el valor F mayor al valor crítico para F, por lo que se acepta la siguiente hipótesis alterna: El promedio de Oportunidades de Innovación aprovechadas del Entorno Competitivo por los agentes competidores de los escenarios es distinto, con un 95% de confiabilidad.

**Tabla B-27:** ANOVA para las Oportunidades de Innovación aprovechadas por escenario.

| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F           | Probabilidad | Valor crítico para F |
|---------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|-------------|--------------|----------------------|
| Entre grupos              | 257470,9324       | 3                  | 85823,64413               | 99,14865872 | 2,70187E-29  | 2,699392604          |
| Dentro de los grupos      | 83098,1472        | 96                 | 865,6057                  |             |              |                      |
| Total                     | 340569,0796       | 99                 |                           |             |              |                      |

Ya se sabe que existen diferencias significativas entre las Oportunidades de Innovación aprovechadas del Entorno Competitivo por los agentes competidores por escenario, ahora se requiere identificar cuales escenarios son diferentes entre sí, para ello se utiliza nuevamente la prueba de Tukey:

Se tiene los siguientes valores:

$q.(v_1, v_2) = 3,69$  (Valor de la tabla de valores críticos para la prueba de Tukey)

Para:

$\alpha = 0,05$  (para nivel de confiabilidad del 95%)

$v_1 = 4$  (número de grupos)

$v_2 = 96$  (grados de libertad)

$CMD = 865,6057$  (Promedio de los cuadrados dentro de los grupos de la tabla ANOVA)

$n = 25$  (tamaño de cada grupo)

Se reemplazan en la ecuación (B.1) y se obtiene:

$HSD = 21,71282918$  (Valor con el que se compara la diferencia entre las medias de los diferentes escenarios).

La diferencia entre medias de los escenarios se puede apreciar en la Tabla B-28.

Al comparar los valores con el *HSD*, se obtiene que todos los escenarios son significativamente diferente entre sí, excepto entre el escenario C y D.

**Tabla B-28:** Diferencias absolutas entre medias de las Oportunidades de Innovación aprovechadas de los escenarios

|   | A | B      | C       | D       |
|---|---|--------|---------|---------|
| A |   | 75,304 | 128,944 | 118,512 |
| B |   |        | 53,64   | 43,208  |
| C |   |        |         | 10,432  |
| D |   |        |         |         |

#### Porcentaje de Oportunidades de Innovación aprovechadas:

La decima variable a la que se le aplica la *ANOVA* es al porcentaje de Oportunidades de Innovación aprovechadas del Entorno Competitivo por los agentes competidores de las simulaciones de los diferentes escenarios, para ello se promedian las 5 simulaciones que se realizan por escenario, para cada uno de los períodos. El resultado se presenta en la Tabla B-29.

**Tabla B-29:** Promedio del porcentaje de Oportunidades de Innovación aprovechadas de los escenarios.

| % de OI aprovechadas por Escenario |    |     |     |     |
|------------------------------------|----|-----|-----|-----|
| Periodo                            | A  | B   | C   | D   |
| 1                                  | 1% | 24% | 41% | 42% |
| 2                                  | 1% | 23% | 23% | 24% |
| 3                                  | 1% | 27% | 35% | 35% |
| 4                                  | 0% | 34% | 40% | 44% |
| 5                                  | 1% | 39% | 72% | 63% |
| 6                                  | 2% | 55% | 81% | 66% |
| 7                                  | 2% | 54% | 77% | 68% |
| 8                                  | 2% | 64% | 79% | 79% |
| 9                                  | 2% | 69% | 76% | 80% |
| 10                                 | 1% | 69% | 81% | 80% |
| 11                                 | 1% | 75% | 82% | 83% |
| 12                                 | 0% | 75% | 84% | 79% |
| 13                                 | 0% | 73% | 79% | 80% |
| 14                                 | 0% | 72% | 80% | 82% |
| 15                                 | 0% | 80% | 80% | 72% |
| 16                                 | 0% | 75% | 82% | 82% |
| 17                                 | 0% | 80% | 82% | 78% |
| 18                                 | 0% | 83% | 82% | 82% |
| 19                                 | 0% | 76% | 80% | 77% |
| 20                                 | 0% | 82% | 83% | 84% |
| 21                                 | 0% | 79% | 85% | 81% |
| 22                                 | 0% | 74% | 84% | 80% |
| 23                                 | 0% | 76% | 83% | 80% |
| 24                                 | 0% | 72% | 83% | 82% |
| 25                                 | 0% | 80% | 79% | 78% |

A estos datos se les aplica la prueba estadística ANOVA de un factor, con el fin de aprobar o rechazar la siguiente hipótesis nula: El promedio del porcentaje de Oportunidades de Innovación aprovechadas del Entorno Competitivo por los agentes competidores en los escenarios es igual, con 95% de confiabilidad. Obteniendo el siguiente resultado presentado en la Tabla B-30.

Con el resultado se rechaza la hipótesis nula, al ser el valor F mayor al valor crítico para F, por lo que se acepta la siguiente hipótesis alterna: El promedio del porcentaje de Oportunidades de Innovación aprovechadas del Entorno Competitivo por los agentes competidores de los escenarios es distinto, con un 95% de confiabilidad.

**Tabla B-30:** ANOVA para el porcentaje de Oportunidades de Innovación aprovechadas por escenario.

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i>    | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|-------------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 9,069929515              | 3                         | 3,023309838                      | 125,8965947 | 3,74709E-33         | 2,699392604                 |
| Dentro de los grupos             | 2,305366124              | 96                        | 0,02401423                       |             |                     |                             |
| Total                            | 11,37529564              | 99                        |                                  |             |                     |                             |

Ya se sabe que existen diferencias significativas entre el porcentaje de Oportunidades de Innovación aprovechadas del Entorno Competitivo por los agentes competidores por escenario, ahora se requiere identificar cuales escenarios son diferentes entre sí, para ello se utiliza nuevamente la prueba de Tukey:

Se tiene los siguientes valores:

$q.(v_1, v_2) = 3,69$  (Valor de la tabla de valores críticos para la prueba de Tukey)

Para:

$\alpha = 0,05$  (para nivel de confiabilidad del 95%)

$v_1 = 4$  (número de grupos)

$v_2 = 96$  (grados de libertad)

$CMD = 0,02401423$  (Promedio de los cuadrados dentro de los grupos de la tabla ANOVA)

$n = 25$  (tamaño de cada grupo)

Se reemplazan en la ecuación (B.1) y se obtiene:

$HSD = 0,114364359$  (Valor con el que se compara la diferencia entre las medias de los diferentes escenarios).

La diferencia entre medias de los escenarios se puede apreciar en la Tabla B-31.

Al comparar los valores con el  $HSD$ , se obtiene que el escenario A (problema) es significativamente diferente a los otros escenarios, mientras que los otros escenarios no son significativamente diferentes.

**Tabla B-31:** Diferencias absolutas entre medias de los porcentajes de Oportunidades de Innovación aprovechadas de los escenarios

|   | A | B           | C           | D           |
|---|---|-------------|-------------|-------------|
| A |   | 0,638080882 | 0,728106792 | 0,707498309 |
| B |   |             | 0,09002591  | 0,069417428 |
| C |   |             |             | 0,020608482 |
| D |   |             |             |             |



## C. Anexo: Código del modelo computacional

```
extensions [array]
globals[

    radius
    acum_capacidades ;; Promedio de capacidades por posicion de cada uno de los agentes que
    hacen formulas de exito
    acum_capacidades2 ;; Promedio de capacidades por posicion de cada uno de todos los
    agentes
    acum_learning_capacidades ;; Promedio de capacidades que aprenden por posicion de los
    agentes que hacen formulas de exito
    acum_unlearning_capacidades ;; Promedio de capacidades que aprenden por posicion de los
    agentes que hacen formulas de exito

    cont_LE_FE ;; Contador de capacidades que aprenden que se utilizan para hacer formulas de
    exito
    cont_UL_FE ;; Contador de capacidades que desaprenden que se utilizan para hacer formulas
    de exito

    acum_SExe_FE ;; Promedio de SExe de cada uno de los agentes que hacen formulas de exito
    acum_SExe_System ;; Promedio de capacidades de cada uno de todos los agentes
    acum_SExe_FE_acum ;; Acum de SExe de cada uno de los agentes que hacen formulas de exito
    acum_SExe_System_acum ;; Acum de capacidades de cada uno de todos los agentes

    acum_Costos_FE ;; Promedio de costos de los agentes que hacen formulas de exito
    acum_Costos_System ;; Promedio de costos de todos los agentes
    acum_Costos_FE_acum ;; Acum de costos de los agentes que hacen formulas de exito
    acum_Costos_System_acum ;; Acum de costos de todos los agentes

    acum_Beneficios_FE ;; Promedio de beneficios de los agentes que hacen formulas de exito
    acum_Beneficios_System ;; Promedio beneficios de todos los agentes
    acum_Beneficios_FE_acum ;; Acum de beneficios de los agentes que hacen formulas de exito
    acum_Beneficios_System_acum ;; Acum beneficios de todos los agentes

    profitList ;; Lista de delta de acumulación según el factor "ro" para adicionar
    (Aprendizaje)
    profitListLess ;; Lista de delta de desacumulacion según el factor "delta" para disminuir
    (desprendizaje)

    profit ;; Factor
    ;; CC costo por cada capacidad de los agentes azules
    ;; IA ingreso por atributo de los agentes rojos
    IA_System
    CC_System

    posiciones_que_se_utilizan
    posiciones_que_no_se_utilizan

    cont_dies_messages
    cont_dies_agents

    typesAgents
```

```

cont_links_alto
cont_links_medio
cont_links_bajo

sexe_S ;; stock de excedentes en cada tick
sexe_fe ;; stock de excedentes que hacen formulas de exito en cada tick

variaciones_capacidades ;; Es una lista que acumula las variaciones de las capacidades
variaciones_capacidades_aprendizaje ;; Es una lista que acumula las variaciones de las
capacidades que aprenden
variaciones_capacidades_desaprendizaje ;; Es una lista que acumula las variaciones de las
capacidades que desaprenden
]

patches-own [
  CE
  ;;s_capacidades ;; Pinta el promedio de cada una de las capacidades de los agentes azules
solo de los que han completado formulas de exito
  ;;s_capacidades_all ;; Pinta el promedio de cada una de las capacidades de todos los
agentes azules
]
turtles-own [
  ;;memory-list
]

breed [agents agent]
breed [CEs a-CE]

agents-own [cap cap_anterior lfrom costo beneficio beneficio_temp SExe hasLinks? rec
myMessages myMessagesPositions myMessages_anterior typeAgent costT] ;; AZULES (SExe - Stock
excedentes, rec - Resultado de ejecicio por capacidad)
CEs-own [atr atr_anterior ocupado volatility volatilityactual TCV ciclovidaactual S
beneficios] ;; ROJOS MENSAJES (Volatilidad: tiempo mientras no esta ocupado (cuanto aguanta
mientras lo suplen), TCV: tiempo de ciclo de vida, S: desviacion estandar, beneficios:
lista de valores segun formula de beneficios)

to setup

  clear-all
  reset-ticks

  ask patches [
    set pcolor white
  ]

;;Set up global variables
set radius 1
set acum_capacidades n-values Chain_length [0]
set acum_capacidades2 n-values Chain_length [0]
set acum_learning_capacidades n-values Chain_length [0]
set acum_unlearning_capacidades n-values Chain_length [0]
set acum_SExe_FE n-values Chain_length [0]
set acum_SExe_System n-values Chain_length [0]
set profitList []
set profitListLess []
set profit 1
set IA_System n-values Chain_length [0]
set CC_System n-values Chain_length [0]
set posiciones_que_se_utilizan n-values Chain_length [0]
set posiciones_que_no_se_utilizan n-values Chain_length [0]
set cont_dies_messages 0
set cont_dies_agents 0
set sexe_S 0
set sexe_fe 0
set variaciones_capacidades n-values Chain_length [0]
set variaciones_capacidades_aprendizaje n-values Chain_length [0]
set variaciones_capacidades_desaprendizaje n-values Chain_length [0]
set cont_LE_FE n-values Chain_length [1]
set cont_UL_FE n-values Chain_length [1]
set typesAgents n-values 8 [0]

```

```

set cont_links_alto 0
set cont_links_medio 0
set cont_links_bajo 0

;;Crear la lista de IA por posicion
user-message (word "Por favor ingresar los valores de cada posición del ingreso por
atributo:")
let cont_pos 0
let var "1"
while [cont_pos < (length IA_System)]
[
set var (user-input (word "Valor de la posición: " (cont_pos + 1)))
if (var = "") [
set var "1"
]
set IA_System (replace-item cont_pos IA_System (read-from-string var))
set cont_pos (cont_pos + 1)
]
let text "[ "
foreach IA_System [
set text (word text " " ?)
]
set text (word text " ]")
set AIk text

;;Crear la lista de CC por posicion
user-message (word "Por favor ingresar los valores de cada posición para el costo por
capacidad:")
set cont_pos 0
while [cont_pos < (length CC_System)]
[
set var (user-input (word "Valor de la posición: " (cont_pos + 1)))
if (var = "") [
set var "1"
]
set CC_System (replace-item cont_pos CC_System (read-from-string var))
set cont_pos (cont_pos + 1)
]
set text "[ "
foreach CC_System [
set text (word text " " ?)
]
set text (word text " ]")
set CCK text

create-agentsCompetentes (N-agents)
create-messages (N-CEs)

caracterizarAgentes ;; Pintar los agentes con colores según tipo de agente

read_file (word "aprendizaje_0" (learning_factor * 10) ".txt") ;; lee el archivo
aprendizaje ro . txt para: llenar lista de profits y ajustar el tiempo de la simulación
read_file_UNlearning (word "desaprendizaje_0" (unlearning_factor * 10) ".txt") ;; lee el
archivo desaprendizaje ro . txt para: llenar lista de profitsless

create-plots

actualizar_plots

end

to create-messages [num]
create-CEs num [
setxy random-xcor random-ycor
set color red
set shape "square"
set atr []
set atr n-values Chain_length [random Chain_Magnitude]
set atr_anterior atr

```

```

    set ocupado false
    ifelse (isRandomVolatility?) [ set volatility ((random max_volatility) + 1) ][ set
volatility max_volatility ]
    set volatilityactual 0
    set S ((random tilc) + 1)
    set TCV S;; Tiempo en años = ticks en años
    set ciclovidaactual 0
    set beneficios n-values Chain_length [0]
  ]
end

to create-agentsCompetentes [num]
  create-agents num [
    setxy random-xcor random-ycor
    set color blue
    set shape "triangle"
    set cap []
    set cap n-values Chain_length [random Chain_Magnitude]
    set cap_anterior cap
    ;;set costo (reduce + (map * CC_System cap))
    set costo (reduce + (map * CC_System cap))
    set beneficio n-values Chain_length [0] ;; Beneficios aleatorio
    set beneficio_temp n-values Chain_length [0] ;; Beneficios aleatorio
    set SExe (random max_SS)
    set hasLinks? false
    set rec 0;;(map - beneficio costo)
    set myMessages []
    set myMessagesPositions []
    set myMessages_anterior []
    set typeAgent []
    set label who
  ]
end

to create-plots
  ;; Creating or Setting up plots

  ;; Plot 1 - capacidades con agentes que hacen formulas de exito
  let cont_cap 0
  ;;set-current-plot "plot_Capacity_Agents_FE"
  set-current-plot "plot_agents_capabilities_SF"
  ;clear-plot
  foreach acum_capacidades [
    ;;set acum_capacidades (replace-item cont_cap acum_capacidades (0))
    create-temporary-plot-pen (word "cap_position" (cont_cap + 1))
    set-plot-pen-color ((cont_cap * 10) + 5)
    ;plot ?
    set cont_cap (cont_cap + 1)
  ]

  ;; Plot 2 - capacidades con agentes sistema
  set cont_cap 0
  ;;set-current-plot "plot_Capacity_Agents_System"
  set-current-plot "plot_agents_capabilities_System"
  ;clear-plot
  foreach acum_capacidades2 [
    ;;set acum_capacidades (replace-item cont_cap acum_capacidades (0))
    create-temporary-plot-pen (word "cap_position" (cont_cap + 1))
    set-plot-pen-color ((cont_cap * 10) + 5)
    ;plot ?
    set cont_cap (cont_cap + 1)
  ]

  ;; Plot 6 posiciones capacidades que se utilizan
  ;; set cont_cap 0
  ;; set-current-plot "plot_Capacity_Agents_using"
  ;; foreach acum_capacidades [
  ;;   create-temporary-plot-pen (word "cap_position" (cont_cap + 1))
  ;;   set-plot-pen-color ((cont_cap * 10) + 5)
  ;;   set cont_cap (cont_cap + 1)
  ;; ]

```

```

;; Plot 7 posiciones capacidades que no se utilizan
;; set cont_cap 0
;; set-current-plot "plot_Capacity_Agents_not_using"
;; foreach acum_capacidades [
;;   create-temporary-plot-pen (word "cap_position" (cont_cap + 1))
;;   set-plot-pen-color ((cont_cap * 10) + 5)
;;   set cont_cap (cont_cap + 1)
;; ]

;; Plot 12 variaciones capacidades de los agentes
;; set cont_cap 0
;; set-current-plot "plot_capabilities_variation_SF"
;; foreach variaciones_capacidades [
;;   create-temporary-plot-pen (word "cap_position" (cont_cap + 1))
;;   set-plot-pen-color ((cont_cap * 10) + 5)
;;   set cont_cap (cont_cap + 1)
;; ]

;; Plot 13 acumulación de capacidades de los agentes
set cont_cap 0
set-current-plot "plot_agents_capabilities_SF_acum"
foreach acum_capacidades [
  create-temporary-plot-pen (word "cap_position" (cont_cap + 1))
  set-plot-pen-color ((cont_cap * 10) + 5)
  set cont_cap (cont_cap + 1)
]

;; Plot 14 variaciones capacidades que aprenden de los agentes
;;set cont_cap 0
;;set-current-plot "plot_variaciones_capacidades_aprendizaje"
;;foreach variaciones_capacidades_aprendizaje [
  ;;create-temporary-plot-pen (word "cap_position" (cont_cap + 1))
  ;;set-plot-pen-color ((cont_cap * 10) + 5)
  ;;set cont_cap (cont_cap + 1)
;;]

;; Plot 15 acumulación de capacidades que desaprenden de los agentes
;;set cont_cap 0
;;set-current-plot "plot_variaciones_capacidades_desaprendizaje"
;;foreach variaciones_capacidades_desaprendizaje [
  ;;create-temporary-plot-pen (word "cap_position" (cont_cap + 1))
  ;;set-plot-pen-color ((cont_cap * 10) + 5)
  ;;set cont_cap (cont_cap + 1)
;;]

;; Plot 16 - capacidades que aprenden con agentes que hacen formulas de exito
;;set cont_cap 0
;;set-current-plot "plot_learning_Capacity_Agents_FE"
;;foreach acum_capacidades [
  ;;create-temporary-plot-pen (word "cap_position" (cont_cap + 1))
  ;;set-plot-pen-color ((cont_cap * 10) + 5)
  ;;set cont_cap (cont_cap + 1)
;;]

;; Plot 17 - capacidades que desaprenden con agentes que hacen formulas de exito
;;set cont_cap 0
;;set-current-plot "plot_unlearning_Capacity_Agents_FE"
;;foreach acum_capacidades [
  ;;create-temporary-plot-pen (word "cap_position" (cont_cap + 1))
  ;;set-plot-pen-color ((cont_cap * 10) + 5)
  ;;set cont_cap (cont_cap + 1)
;;]

end

to ajustarCapacidadesAgente [ azul rojo addbeneficios]
ask azul [

```

```

;;IDENTIFICAR CUALES POSICIONES SE UTILIZAN Y CUALES NO
let cont_pos 0
while [cont_pos < length cap] [
  ifelse ((item cont_pos cap) > (item cont_pos cap_anterior)) [ ;; Con la variacion
tengo en cuenta cuales se utilizaron, si no hay variacion tengo en cuenta las que no
    set posiciones_que_se_utilizan (replace-item cont_pos posiciones_que_se_utilizan
((item cont_pos posiciones_que_se_utilizan) + 1))
  ]
  [
    set posiciones_que_no_se_utilizan (replace-item cont_pos
posiciones_que_no_se_utilizan ((item cont_pos posiciones_que_no_se_utilizan) + 1))
  ]
  set cont_pos (cont_pos + 1)
]

;; AGREGAR ESE ROJO A LA LISTA DE RELACIONES CON LOS QUE TIENE ENLACES
;;show (word "En el método: " who " , deseando incluir a mis mensajes " myMessages "
quien: " [who] of rojo)

set myMessages (lput ([who] of rojo) myMessages)
set myMessagesPositions (lput addbeneficios myMessagesPositions)
]

end

to ajustarBeneficiosMensaje
ask ces [

  ;; Ajustar los beneficios de cada unos de los mensajes
  set beneficios n-values Chain_length [0]
  let cont_pos 0
  while [cont_pos < length beneficios] [

    set beneficios (replace-item cont_pos beneficios ( (item cont_pos IA_System) * (item
cont_pos atr) * ( exp ( - ((ciclovidaactual - (S / 2) ) ^ 2) / ( 2 * ( (S / 6) ^ 2 ) ) )))

    set cont_pos (cont_pos + 1)
  ]

]

end

to go

;;ask links [ die ];; Every tick, all links die in the world
;; Actualizar capacidades de acuerdo al aprendizaje

caracterizarAgentes ;; Ajustar los colores de cada tipo de agente según las capacidades
que tengan

ask agents [ set cap_anterior (cap) set myMessages_anterior myMessages ]
ajustarBeneficiosMensaje ;;
ask CEs [ create-links ] ;; Crear los enlaces
learningAgents ;; Aprender : incrementar las capacidades, o desaprender : decrementar las
capacidades

;;Plot de variaciones de capacidades, los agentes que no hacen formulas de exito no
tienen variaciones
;;show (word "1. Acumulacion de variaciones de Capacidades ANTES "
variaciones_capacidades " - " variaciones_capacidades_aprendizaje " - "
variaciones_capacidades_desaprendizaje)
;;set variaciones_capacidades_aprendizaje n-values Chain_length [0]
;;set variaciones_capacidades_desaprendizaje n-values Chain_length [0]
set cont_LE_FE n-values Chain_length [0]

```

```

set cont_UL_FE n-values Chain_length [0]
set acum_learning_capacidades n-values Chain_length [0]
set acum_unlearning_capacidades n-values Chain_length [0]

ask agents [
  set variaciones_capacidades (map + variaciones_capacidades (map - cap cap_anterior))
  let cont_var_cap 0
;;  show (map - cap cap_anterior)
  foreach (map - cap cap_anterior) [
    ifelse (? >= 0) [ ;;Capacidades que aprenden
      set variaciones_capacidades_aprendizaje (replace-item cont_var_cap
variaciones_capacidades_aprendizaje) ((item cont_var_cap
variaciones_capacidades_aprendizaje) + ?))
      if (? != 0) [
        set acum_learning_capacidades (replace-item cont_var_cap
(acum_learning_capacidades) ((item cont_var_cap acum_learning_capacidades) + (item
cont_var_cap cap)))

        set cont_LE_FE (replace-item cont_var_cap cont_LE_FE ((item cont_var_cap
cont_LE_FE) + 1))
        ;;  show (word "+ " cont_var_cap " ? : " ? " : "cont_LE_FE)
      ]
    ]
    [ ;;Capacidades que desaprenden

      set acum_unlearning_capacidades (replace-item cont_var_cap
(acum_unlearning_capacidades) ((item cont_var_cap acum_unlearning_capacidades) + (item
cont_var_cap cap)))

      set variaciones_capacidades_desaprendizaje (replace-item cont_var_cap
variaciones_capacidades_desaprendizaje) ((item cont_var_cap
variaciones_capacidades_desaprendizaje) - ?))
      set cont_UL_FE (replace-item cont_var_cap cont_UL_FE ((item cont_var_cap
cont_UL_FE) + 1))
      ;;  show (word "- " cont_var_cap " ? : " ? " : "cont_UL_FE)
    ]
    set cont_var_cap (cont_var_cap + 1)
  ]
]

let cont_FE_temp []
foreach (reverse cont_LE_FE) [ ifelse (? = 0) [ set cont_FE_temp (fput 1 cont_FE_temp) ]
[ set cont_FE_temp (fput ? cont_FE_temp) ]
]

set cont_LE_FE cont_FE_temp
set cont_FE_temp []
foreach (reverse cont_UL_FE) [ ifelse (? = 0) [ set cont_FE_temp (fput 1 cont_FE_temp) ]
[ set cont_FE_temp (fput ? cont_FE_temp) ]
]

set cont_UL_FE cont_FE_temp
;;show (word "3. FE: " cont_LE_FE " - " cont_UL_FE)
set variaciones_capacidades_aprendizaje (map [?2 / ?1] cont_LE_FE
variaciones_capacidades_aprendizaje)
set variaciones_capacidades_desaprendizaje (map [?2 / ?1] cont_UL_FE
variaciones_capacidades_desaprendizaje)
set variaciones_capacidades_desaprendizaje (map [? * -1]
variaciones_capacidades_desaprendizaje) ;; El desaprendizaje es negativo

updateSExe ;; Actualizar stock de recursos

updateSExe_with_CT

check-death_agents
check-death_message

actualizar_plots

ask CEs [
  if (ocupado) [

```

```

    ;;show (word "ocupado?" ocupado)
    ;;set ocupado false
    ;;set shape "square"
    ;;set color red
  ]
]

tick

;;if (ticks >= time) [ stop ]
;;Check stop simulation
if ((count ces) <= 0) [ stop ]
if ((count agents) <= 0) [ stop ]

end

to create-links
  if (ocupado != true) [

    let linkto (check-link-red-to-neighbor self)
    ifelse (linkto != 0) [
      ;;Crear el link con el agente linkto
      create-link-to linkto [ ;; agent_blue [
        set color yellow
        set hidden? false

      ]
      set ocupado true
      set shape "square 2"
      set color orange
    ]
    [
      set ocupado false
      set color cyan
    ]
  ]
]

end

to learningAgents
  ask agents [
    ;; INCREMENTAR CAPACIDADES DE ACUERDO A LA FORMULA DE APRENDIZAJE
    let cont_pos 0
    let temp_profit 0
    let new_cap cap_anterior
    while [cont_pos < length cap] [
      ifelse ((item cont_pos cap) > (item cont_pos cap_anterior) OR ((item cont_pos cap) <
0)) [ ;; Con la variacion tengo en cuenta cuales se utilizaron
        if (item cont_pos cap_anterior > 0 AND item cont_pos cap_anterior < 9) [ ;; sube
entre 1 y 8
          if (item cont_pos cap != -69) [ ;; si la posicion del mensaje es cero s esa
posicion, y el agente lo suple con un numero, no debe aprender
            set temp_profit (getProfit (item cont_pos cap_anterior))
            set new_cap (replace-item cont_pos new_cap ((item cont_pos cap_anterior) +
temp_profit))
          ]
        ]
      ]
    [
      ifelse ((empty? myMessages) OR (((item cont_pos cap) = (item cont_pos
cap_anterior)) AND (myMessages = myMessages_anterior)))[
        ;;No decrementar las capacidades si no se han hecho formulas de exito, no tiene
enlaces
        ;;No decrementar las capacidades si quedo atado a la misma formula de exito
      ]
    [
      ;; decrementar las capacidades no usadas en las formulas de exito
      if (item cont_pos cap_anterior > 0 AND item cont_pos cap_anterior <= 9) [ ;; baja
entre 0,1 y 9
        set temp_profit (getProfitLess (item cont_pos cap_anterior))

```

```

        set new_cap (replace-item cont_pos new_cap ((item cont_pos cap_anterior) -
temp_profit))
    ]
    ]
    set cont_pos (cont_pos + 1)
]

;;ACTUALIZAR CAPACIDADES DEL AGENTE
set cap new_cap
]
end

to updateSExe

ask agents [
;;show (word "SExe anterior = " SExe " beneficios " myMessagesPositions " Costos "
costo )
set costo (reduce + (map * CC_System cap))
ifelse (empty? myMessagesPositions) [
set SExe (SExe - costo)
]
[
set SExe (SExe + (reduce + myMessagesPositions) - costo)
]
;;show (word "SExe anterior = " SExe " beneficios " myMessagesPositions " Costos "
costo )
]
end

to-report check-link-red-to-neighbor [ message ]

let r radius
let finish false
let linkfrom 0
while [ (finish = false) ] [ ;; Existen mas agentes y los esta buscando a todos

let candidatos other agents with [breed = [agents] of message] in-radius r

ifelse (any? candidatos) [
if (NOT (is-list? candidatos)) [
let newlista []
set newlista (fput candidatos newlista)
set candidatos newlista
]
let candidate first candidatos
foreach candidatos [
set candidate (?)
set candidate [who] of candidate
set linkfrom (check-link-red-to-blue message candidate)
ifelse (linkfrom = 0) [
set candidatos (but-first candidatos)
set r (r + 1)
if (r >= 33) [
set finish true
set ocupado true
set shape "square 2"
report 0
]
]
]
[
report linkfrom ;; Crear link amarillo
]
]
[
set r (r + 1)
if (r >= 33) [

```



```

;;show (word "RED TO BLUE: " (reverse [atr] of message) ", item: " (item cont_posicion_cap
(reverse [atr] of message)) " - new_cap_: " (item cont_posicion_cap new_cap) ", cap: " item
cont_posicion_cap (reverse [cap] of agent_blue) ", NEWCAP: " new_cap ", CAP: " (reverse
[cap] of agent_blue))
;;
RED TO BLUE: [0 2 5 0 4], item: 0 - new_cap_: 5, cap: 4, NEWCAP: [5 4 3 0 0],
CAP: [4 4 3 0 0]
;;show "2. AQUI otra posibilidad"
;;show (word "69: " (item cont_posicion_cap (reverse [atr] of message)) "
item: " cont_posicion_cap " msg: " (reverse [atr] of message))
;;show (word (item cont_posicion_cap new_cap) " cap pos: " item
cont_posicion_cap new_cap " cap_anterior: " (reverse [cap_anterior] of agent_blue))

if ((item cont_posicion_cap (reverse [atr] of message)) = 0 and ((( item
cont_posicion_cap new_cap) - 1 ) = item cont_posicion_cap (reverse [cap_anterior] of
agent_blue)) ) [ ;;Ajuste y validación para que permita aprender por otras formulas de
exito
;;show (word "69: " (item cont_posicion_cap (reverse [atr] of message))
" item: " cont_posicion_cap " msg: " (reverse [atr] of message))
;;show (word (item cont_posicion_cap new_cap) " cap pos: " item
cont_posicion_cap new_cap " cap_anterior: " (reverse [cap_anterior] of agent_blue))
;;show "69"
set new_cap (replace-item cont_posicion_cap new_cap -69)
]
[ ;; Disminuir capacidad
;;if (valor_posicion != 0) [
;;set temp_profit_less (getProfit (valor_posicion))
;;set new_cap (replace-item cont_posicion_cap new_cap (valor_posicion -
temp_profit_less))
;;set new_cap (replace-item cont_posicion_cap new_cap (valor_posicion -
1))
;;]
set listo true
]
set cont_posicion_cap (cont_posicion_cap + 1)
]
ask agent_blue [
set cap (reverse new_cap)
]

let pos_temp 0
let addbeneficios 0
foreach (list_temp) [
;; ? = (item pos_temp list_temp)
if ( ? < (item pos_temp ([cap] of agent_blue ))) [
set addbeneficios ( addbeneficios + (item pos_temp ([beneficios] of
message)) )
]
set pos_temp (pos_temp + 1)
]

;;show (word "Para los enlaces azules " [who] of agent_blue " con " [who] of
message)
ajustarCapacidadesAgente agent_blue message addbeneficios

report agent_blue
]
]
set r1 (r1 + 1)
if (r1 >= 33) [
set finish1 true
report 0
]
]
[
set r1 (r1 + 1)
if (r1 >= 33) [

```

```

        set finish1 true
        report 0
    ]
]
]
report 0
]
[
;; Aprendizaje, por q lo cumplio completamente ese agente azul
ask agent_blue [
    set size 2
    let cont_cap_agent_blue 0
    let valor_posicion 0
    foreach (cap) [
        set valor_posicion (item cont_cap_agent_blue (cap))
        ;; Aumentar capacidad
        ;; if (valor_posicion != 9 AND valor_posicion != 0)[
        ;;     set temp_profit (getProfit (valor_posicion))
        ;;     set (cap) (replace-item cont_cap_agent_blue cap (valor_posicion +
temp_profit))
        set (cap) (replace-item cont_cap_agent_blue cap (valor_posicion + 1))
        ;;
        ;; set SExe(SExe - ( ( item cont_cap_agent_blue ([atr] of message) ) * IA ))
        ;;show (word "FE COMPLETO: "([atr] of message) ", item: " (item
cont_cap_agent_blue ([atr] of message)) " - new cap: " (item cont_cap_agent_blue cap) ",
cap: " item cont_cap_agent_blue cap_anterior)
        if ((item cont_cap_agent_blue ([atr] of message)) = 0 and ((item
cont_cap_agent_blue cap - 1) = item cont_cap_agent_blue cap_anterior) ) [
            ;;show (word "69: " (item cont_cap_agent_blue ([atr] of message)) " item: "
cont_cap_agent_blue " msg: " [atr] of message)
            ;;show (word (item cont_cap_agent_blue cap - 1) " cap pos: " item
cont_cap_agent_blue cap " cap_anterior: " item cont_cap_agent_blue cap_anterior)
            set (cap) (replace-item cont_cap_agent_blue cap -69)
        ]

        set cont_cap_agent_blue (cont_cap_agent_blue + 1)
    ]
]
ajustarCapacidadesAgente agent_blue message (reduce + ( [beneficios] of message ) )

report agent_blue
]
]
[
    set ocupado true
    set shape "square 2"
    report 0
]
end

to-report check-link-blue-to-blue [ message1 agent_blue_other agent_blue_from message_from]
    if NOT (is-agent? agent_blue_other)[
        set agent_blue_other (turtle (first agent_blue_other))
    ]

    if ([who] of agent_blue_other = [who] of agent_blue_from) [
        report 0
    ]
    let list_original message1
    let init ((length ([cap_anterior] of agent_blue_other) - length list_original) )
    let list_blue (sublist (reverse ([cap_anterior] of agent_blue_other)) init (length
([cap_anterior] of agent_blue_other) ))

    let differences_blue (map [?2 - ?1 >= 0] list_original list_blue)

    let last_position position false differences_blue

```

```

;; CASO cuando termina de buscar mas azules pues no satisfacio en al menos una posicion
al mensaje
if ((last_position = 0)) [;; OR (last_position = (length list_original - 1))];; OR
([lfrom] of agent_blue_other = [who] of agent_blue_from) [
  report 0
]

;;Satisfacio al mensaje a medias o completamente
if (last_position = false) [

let list_temp []
ask agent_blue_other [
  let cont_cap_agent_blue 0
  let valor_posicion 0

;;;;;;;;;;;;; AJUSTE
  let new_cap ( cap )
;;  let new_cap ( cap_anterior )
  set list_temp cap_anterior ;;cap
;;  set list_temp cap
  foreach (list_original) [
    set valor_posicion (item cont_cap_agent_blue (new_cap))
    ;; Aumentar capacidad
    ;;if (valor_posicion != 9 AND valor_posicion != 0)[
      set (new_cap) (replace-item cont_cap_agent_blue new_cap (valor_posicion + 1))
    ;;]
    ;;si la posicion del mensaje es cero, y el agente lo suple con un numero, no debe
aprender
    ;;show "1. AQUI posiblemente"
    if ((item cont_cap_agent_blue ([atr] of message_from)) = 0 and (item
cont_cap_agent_blue cap_anterior = item cont_cap_agent_blue cap) ) [
      ;;show (word "69: " (item cont_cap_agent_blue ([atr] of message_from)) " item: "
cont_cap_agent_blue " msg: " [atr] of message_from)
      ;;show (word (item cont_cap_agent_blue cap_anterior) " cap pos: " item
cont_cap_agent_blue cap " cap_anterior: " item cont_cap_agent_blue cap)
      ;;show "69"
      set new_cap (replace-item cont_cap_agent_blue new_cap -69)
    ]

    set cont_cap_agent_blue (cont_cap_agent_blue + 1)
  ]
let cont_temp_agent_blue 0
set valor_posicion 0
foreach (cap_anterior) [
  if (cont_cap_agent_blue <= cont_temp_agent_blue)[
    set valor_posicion (item cont_temp_agent_blue (new_cap))
    ;;if (valor_posicion != 0)[
;;
      set (new_cap) (replace-item cont_temp_agent_blue new_cap (valor_posicion -
1))
    ;;]
  ]
  set cont_temp_agent_blue (cont_temp_agent_blue + 1)
]

set cap ( new_cap)

create-link-from agent_blue_from [
  set color blue
]

]

let pos_temp 0
let addbeneficios 0

```

```

foreach (list_temp) [
  ;; ? = (item pos_temp list_temp)
  if ( ? < (item pos_temp ([cap] of agent_blue_other ))) [
    set addbeneficios ( addbeneficios + (item pos_temp ([beneficios] of message_from))
  )
  ]
  set pos_temp (pos_temp + 1)
]

;;show (word "Para los enlaces azules " [who] of agent_blue_other " con " [who] of
message_from)
ajustarCapacidadesAgente agent_blue_other message_from addbeneficios

;;Cumplio completamente el mensaje

report agent_blue_other
]
if (last_position > 0) [

  let nueva_lista (sublist list_original (last_position) ((length list_original) ))

  let r2 radius
  let finish2 false
  let linkfrom2 0
  while [ (finish2 = false) ] [ ;; Existen mas agentes y los esta buscando a todos
    ;;show (word "ciclo 3 blue: " [who] of agent_blue_other)
    let candidates_other_blue other agents with [breed = [agents] of agent_blue_other]
in-radius r2
    ;;show candidates_other_blue
    ifelse (any? candidates_other_blue) [
      if (NOT (is-list? candidates_other_blue)) [
        let newlista []
        set newlista (fput candidates_other_blue newlista)
        set candidates_other_blue newlista
      ];;endif
      let posible_blue first candidates_other_blue
      foreach candidates_other_blue [
        set posible_blue (?)
        set posible_blue [who] of posible_blue
        if (posible_blue != agent_blue_other)[
          set linkfrom2 (check-link-blue-to-blue nueva_lista posible_blue
agent_blue_other message_from)
        ]
        ifelse (linkfrom2 = 0) [
          set candidates_other_blue (remove ? candidates_other_blue)
        ]
        [
          ask agent_blue_other [
            let cantidad_afectadas 0
            let stop_cantidad false
            foreach (differences_blue)[
              if (? = true AND stop_cantidad = false)[
                set cantidad_afectadas (cantidad_afectadas + 1)
              ]
              if (? = false)[
                set stop_cantidad true
              ]
            ]
          ]
        ]

        ;;let lista_tmp_blue_other reverse (cap)
        let lista_tmp_blue_other reverse (cap_anterior)
        ;;let valor_posicion_blue_other (first cap)
        let valor_posicion_blue_other (first cap_anterior)
        let list_temp cap
        while [(Cantidad_afectadas > 0)] [
          set valor_posicion_blue_other (item init (lista_tmp_blue_other))
          ;;if (valor_posicion_blue_other != 0 AND valor_posicion_blue_other != 9)[
            set lista_tmp_blue_other (replace-item init lista_tmp_blue_other
(valor_posicion_blue_other + 1))
          ;;]

```

```

reverse [atr] of message_from) " item " init " from "
    ;;show (word (item init ([atr] of message_from)) " item " init " from "
    if (item init (reverse [atr] of message_from) = 0) [
        set lista_tmp_blue_other (replace-item init lista_tmp_blue_other -69)
    ]

    set init (init + 1)
    set cantidad_afectadas (cantidad_afectadas - 1)
]
set cap (reverse lista_tmp_blue_other)

let pos_temp 0
let addbeneficios 0
foreach (list_temp) [
    ;; ? = (item pos_temp list_temp)
    if ( ? < (item pos_temp ([cap] of agent_blue_other ))) [
        set addbeneficios ( addbeneficios + (item pos_temp ([beneficios] of message_from))
    )
]

set pos_temp (pos_temp + 1)
]

;;show (word "creando enlaces " [who] of agent_blue_other " con " [who] of
agent_blue_from)
ajustarCapacidadesAgente agent_blue_other message_from addbeneficios

let cont_temp_agent_blue 0
let valor_posicion 0
foreach ( cap ) [
    if (? = (item cont_temp_agent_blue cap_anterior))[
        set valor_posicion (item cont_temp_agent_blue (cap))
        if (valor_posicion != 0 AND valor_posicion != 9)[
            set (cap) (replace-item cont_temp_agent_blue cap (valor_posicion -
1))
        ]
    ]
set cont_temp_agent_blue (cont_temp_agent_blue + 1)
]

set cont_temp_agent_blue 0
foreach ( cap ) [
    if (? < 0)[
        set (cap) (replace-item cont_temp_agent_blue cap (0))
    ]
    if (? > 9)[
        set (cap) (replace-item cont_temp_agent_blue cap (9))
    ]
set cont_temp_agent_blue (cont_temp_agent_blue + 1)
]

;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;;
;;
;;
;set cap_anterior (cap)

create-link-from agent_blue_from [
    set color green
]
]

```

```

        report linkfrom2
    ];;endif
];;endforeach
set r2 (r2 + 1)
if (r2 >= 33) [
    set finish2 true
    report 0
]
]
[
    set r2 (r2 + 1)
    if (r2 >= 33) [
        set finish2 true
        report 0
    ];;endif
];;endif
set r2 (r2 + 1)
if (r2 >= 33) [
    set finish2 true
    report 0
];;endif
];; end while
report 0
]
report 0
end

to check-death_agents
let cont_news 0
let agent_who -1
ask agents [

    let messagesFE []
    set agent_who who

    if (SExe < 0) [ ;; Stock de recursos en cero
        set cont_dies_agents (cont_dies_agents + 1)
        set messagesFE myMessages
        foreach (messagesFE) [
            if (is-agent? (turtle ?))[

                ;; Liberar el mensaje
                ask turtle ? [
                    set ocupado false
                    set color cyan
                    if (one-of my-out-links != nobody) [
                        ask one-of my-out-links [ die ] ;; Eliminar los enlaces existentes del
mensaje con quien hizo una FE
                    ]
                ]

                ;; Notificar a los demás agentes que el mensaje se ha liberado y la FE se elimina
                let message_to_remove -1
                ask agents [
                    if (member? ? myMessages) [
                        set message_to_remove (position ? myMessages)
                        set myMessages (remove-item message_to_remove myMessages)
                        set myMessagesPositions (remove-item message_to_remove myMessagesPositions)
                    ]
                ]
            ]
        ]
        die
    ]
    if (mean cap = 0) [ ;; sus capacidades estan todos en cero
        set cont_dies_agents (cont_dies_agents + 1)
        set messagesFE mymessages
        foreach (messagesFE) [
            if (is-agent? (turtle ?))[
                ask turtle ? [

```





```

let beneficios_plot_S 0
let costos_plot_FE 0
let costos_plot_S 0
let SExe_plot_FE 0
let SExe_plot_S 0
ask agents [

  let has_links (empty? myMessages) ;;Si no tiene enlaces es por que no tiene asociado
  ningún mensaje
  ;;ask out-link-neighbors [
  ;;set has_links true
  ;;]

  if (has_links) [
    ;;if (link-neighbor? agents ) [
    set cont_cap 0
    foreach acum_capacidades [
      set acumulador (? + (item cont_cap cap))
      set acum_capacidades (replace-item cont_cap acum_capacidades acumulador)
      set cont_cap (cont_cap + 1)
    ]
    set cont_cap1 (cont_cap1 + 1)

    set costos_plot_FE (costos_plot_FE + costo)
    set SExe_plot_FE (SExe_plot_FE + SExe)
    ;;set beneficios_plot_FE (beneficios_plot_FE + (reduce + beneficio))

    ;;set beneficios_plot_FE (SExe - costo)
    set beneficios_plot_FE (SExe_plot_FE - costos_plot_FE)
  ]
  ;;]
  ;;[
  set cont_cap 0
  foreach acum_capacidades2 [
    set acumulador (? + (item cont_cap cap))
    set acum_capacidades2 (replace-item cont_cap acum_capacidades2 acumulador)
    set cont_cap (cont_cap + 1)
  ]

  set costos_plot_S (costos_plot_S + costo)
  set SExe_plot_S (SExe_plot_S + SExe)
  ;;set beneficios_plot_S (beneficios_plot_S + (reduce + beneficio))
  set beneficios_plot_S (SExe_plot_S - costos_plot_S)
]

;; Plot 1 - Promedio capacidades de los agentes que hacen formulas de exito
set cont_cap 0
;;set-current-plot "plot_Capacity_Agents_FE"
set-current-plot "plot_agents_capabilities_SF"
let value_plot 0
if (cont_cap1 = 0) [set cont_cap1 1] ;; NO hay relaciones o enlaces, no hay formulas de
exito
foreach acum_capacidades [
  set-current-plot-pen (word "cap_position" (cont_cap + 1))
  set value_plot (? / cont_cap1)
  plot value_plot
  set cont_cap (cont_cap + 1)
]

;; Plot 2 - Promedio capacidades de los agentes del sistema
set cont_cap 0
;;set-current-plot "plot_Capacity_Agents_System"
set-current-plot "plot_agents_capabilities_System"
if ((count agents) > 0) [
  foreach acum_capacidades2 [
    set-current-plot-pen (word "cap_position" (cont_cap + 1))
    set value_plot (? / (count agents))
    plot value_plot
    set cont_cap (cont_cap + 1)
  ]
]

```

```

]

;; Plot 3 - Promedio SExe de los agentes que hacen formulas de exito y del sistema
if (count agents > 0) [
  set-current-plot "plot_SS"
  set-current-plot-pen "SF"
  set sexe_fe (SExe_plot_FE / cont_cap1)
  set acum_SExe_FE (SExe_plot_FE / cont_cap1)
  plot (SExe_plot_FE / cont_cap1)

  set-current-plot-pen "System"
  set sexe_S (SExe_plot_S / (count agents))
  set acum_SExe_System (SExe_plot_S / (count agents))
  plot (SExe_plot_S / (count agents))
]

;; Plot 4 - Promedio Costos del sistema
if (count agents > 0) [
  set-current-plot "plot_costs"
  set-current-plot-pen "SF"
  set acum_Costos_FE (costos_plot_FE / cont_cap1)
  plot (costos_plot_FE / cont_cap1)

  set-current-plot-pen "System"
  set acum_Costos_System (costos_plot_S / (count agents))
  plot (costos_plot_S / (count agents))
]

;; Plot 5 - Promedio Beneficios del sistema
if (count agents > 0) [
  set-current-plot "plot_profits"
  set-current-plot-pen "SF"
  set acum_Beneficios_FE (beneficios_plot_FE / cont_cap1)
  plot (beneficios_plot_FE / cont_cap1)

  set-current-plot-pen "System"
  set acum_Beneficios_System (beneficios_plot_S / count agents)
  plot (beneficios_plot_S / (count agents))
]

;; Plot 6 posiciones capacidades que se utilizan
;; set cont_cap 0
;; set-current-plot "plot_Capacity_Agents_using"
;; if ((count agents) > 0) [
;;   foreach posiciones_que_se_utilizan [
;;     set-current-plot-pen (word "cap_position" (cont_cap + 1))
;;     set value_plot (?)
;;     plot value_plot
;;     set cont_cap (cont_cap + 1)
;;   ]
;; ]

;; Plot 7 posiciones capacidades que no se utilizan
;; set cont_cap 0
;; set-current-plot "plot_Capacity_Agents_not_using"
;; if ((count agents) > 0) [
;;   foreach posiciones_que_no_se_utilizan [
;;     set-current-plot-pen (word "cap_position" (cont_cap + 1))
;;     set value_plot (?)
;;     plot value_plot
;;     set cont_cap (cont_cap + 1)
;;   ]
;; ]

;; Plot 8 Tipos de Agentes
set typesAgents n-values 8 [0]
ask agents[
  if (typeAgent = ["Explotador"]) [
    set typesAgents (replace-item 0 typesAgents ((item 0 typesAgents) + 1))
  ]
  if (typeAgent = ["Explorador"]) [

```

```

    set typesAgents (replace-item 1 typesAgents ((item 1 typesAgents) + 1))
  ]
  if (typeAgent = ["Intermediario"]) [
    set typesAgents (replace-item 2 typesAgents ((item 2 typesAgents) + 1))
  ]
  if (typeAgent = ["Intermediario" "Explotador"]) [
    set typesAgents (replace-item 3 typesAgents ((item 3 typesAgents) + 1))
  ]
  if (typeAgent = ["Explorador" "Intermediario"]) [
    set typesAgents (replace-item 4 typesAgents ((item 4 typesAgents) + 1))
  ]
  if (typeAgent = ["Explorador" "Intermediario" "Explotador"]) [
    set typesAgents (replace-item 5 typesAgents ((item 5 typesAgents) + 1))
  ]
  if (typeAgent = ["Explorador" "Explotador"]) [
    set typesAgents (replace-item 6 typesAgents ((item 6 typesAgents) + 1))
  ]
  if (typeAgent = ["Latecomer"]) [
    set typesAgents (replace-item 7 typesAgents ((item 7 typesAgents) + 1))
  ]
]

if (count agents > 0) [
  set-current-plot "plot_Type_of_Agents"
  set-current-plot-pen "Explorador"
  plot (item 0 typesAgents)
  set-current-plot-pen "Explotador"
  plot (item 1 typesAgents)
  set-current-plot-pen "Intermediario"
  plot (item 2 typesAgents)
  set-current-plot-pen "Intermediario - Explotador"
  plot (item 3 typesAgents)
  set-current-plot-pen "Explorador - Intermediario"
  plot (item 4 typesAgents)
  set-current-plot-pen "Explorador - Intermediario - Explotador"
  plot (item 5 typesAgents)
  set-current-plot-pen "Explorador - Explotador"
  plot (item 6 typesAgents)
  set-current-plot-pen "Latecomer"
  plot (item 7 typesAgents)
]

;; Plot 9 - Promedio SExe de los agentes que hacen formulas de exito y del sistema
if (count agents > 0) [
  set-current-plot "plot_SS_acum"
  set-current-plot-pen "SF"
  set acum_SExe_FE_acum SExe_plot_FE
  plot (SExe_plot_FE)

  set-current-plot-pen "System"
  set acum_SExe_System_acum SExe_plot_S
  plot (SExe_plot_S)
]

;; Plot 10 - Promedio Costos del sistema
if (count agents > 0) [
  set-current-plot "plot_costs_acum"
  set-current-plot-pen "SF"
  set acum_Costos_FE_acum costos_plot_FE
  plot (costos_plot_FE)

  set-current-plot-pen "System"
  set acum_Costos_System_acum costos_plot_S
  plot (costos_plot_S)
]

;; Plot 11 - Promedio Beneficios del sistema
if (count agents > 0) [
  set-current-plot "plot_profits_acum"
  set-current-plot-pen "SF"
  set acum_Beneficios_FE_acum beneficios_plot_FE

```

```

plot (beneficios_plot_FE)

set-current-plot-pen "System"
set acum_Beneficios_System_acum beneficios_plot_S
plot (beneficios_plot_S)
]

;; Plot 12 - Variaciones de las capacidades de los agentes que hacen formulas de exito
;; set-current-plot "plot_capabilities_variation_SF"
;; set cont_cap 0
;; foreach variaciones_capacidades [
;;   set-current-plot-pen (word "cap_position" (cont_cap + 1))
;;   plot (?)
;;   set cont_cap (cont_cap + 1)
;; ]

;; Plot 13 - Acumulación de capacidades de los agentes que hacen formulas de exito y
del sistema
set cont_cap 0
set-current-plot "plot_agents_capabilities_SF_acum"
let acumulador_capacidades n-values Chain_length [0]
ask agents with [not empty? myMessages] [
  set acumulador_capacidades (map + acumulador_capacidades cap)
]
if ((count agents) > 0) [
  foreach acumulador_capacidades [
    set-current-plot-pen (word "cap_position" (cont_cap + 1))
    plot (?)
    set cont_cap (cont_cap + 1)
  ]
]

;; Plot 14 - Variaciones de las capacidades que aprenden de los agentes que hacen
formulas de exito
;;set-current-plot "plot_variaciones_capacidades_aprendizaje"
;;set cont_cap 0
;;foreach variaciones_capacidades_aprendizaje [
  ;;set-current-plot-pen (word "cap_position" (cont_cap + 1))
  ;;plot (?)
  ;;set cont_cap (cont_cap + 1)
;;]

;; Plot 15 - Variaciones de las capacidades que desaprenden de los agentes que hacen
formulas de exito
;;set-current-plot "plot_variaciones_capacidades_desaprendizaje"
;;set cont_cap 0
;;foreach variaciones_capacidades_desaprendizaje [
  ;;set-current-plot-pen (word "cap_position" (cont_cap + 1))
  ;;plot (?)
  ;;set cont_cap (cont_cap + 1)
;;]

;; Plot 16 - Promedio capacidades que aprenden de los agentes que hacen formulas de
exito
;;set cont_cap 0
;;set-current-plot "plot_learning_Capacity_Agents_FE"
;;set value_plot 0
;; show (word "ANTES: " (map [precision ? 2] acum_learning_capacidades) " - " cont_LE_FE
)
;;foreach acum_learning_capacidades [
  ;;set-current-plot-pen (word "cap_position" (cont_cap + 1))
  ;;set value_plot (? / (item cont_cap cont_LE_FE))
;; show (word "LE: " ? " / " (item cont_cap cont_LE_FE) " = " value_plot)
  ;;plot value_plot
  ;;set cont_cap (cont_cap + 1)
;;]

```

```

;; show (word "DESPU: " (map [precision ? 2] acum_learning_capacidades) " - " cont_LE_FE
)

;; Plot 17 - Promedio capacidades que desaprenden de los agentes que hacen formulas de
exito
;;set cont_cap 0
;;set-current-plot "plot_unlearning_Capacity_Agents_FE"
;;set value_plot 0
;;foreach acum_unlearning_capacidades [
  ;;set-current-plot-pen (word "cap_position" (cont_cap + 1))
  ;;set value_plot (Chain_Magnitude - (? / (item cont_cap cont_UL_FE)))
  ;;plot value_plot
  ;;set cont_cap (cont_cap + 1)
;;]

end

to read_file [#namefile]
  let csv 0
  let fileList []
  file-close-all

;; file-open "apr_2.txt"
;; file-open "aprendizaje_01.txt"
  file-open #namefile
  let cont_row 0
  while [not file-at-end?] [
;; while [cont_row < 9] [
    set csv file-read-line
;; set csv word csv "," ; add comma for loop termination
    set csv word csv "\t" ; add comma for loop termination
    let mylist [] ; list of values
    while [not empty? csv]
      [
        let $x position "\t" csv
        let $item substring csv 0 $x ; extract item
        carefully [set $item read-from-string $item][] ; convert if number
        set mylist lput $item mylist ; append to list
        set csv substring csv ($x + 1) length csv ; remove item and comma
      ]
    set fileList lput mylist fileList
    ;show fileList
    set cont_row (cont_row + 1)
  ]
  ;;show (word "total rows: " cont_row)
  set profitList fileList
  ;;set time cont_row ;; Ajustar el tiempo de la simulación dependiendo del ro en la
  ecuación de aprendizaje
end

to read_file_UNlearning [#namefile]
  let csv 0
  let fileList []
  file-close-all

  file-open #namefile
  let cont_row 0
  while [not file-at-end?] [
    set csv file-read-line
    set csv word csv "\t" ; add comma for loop termination
    let mylist [] ; list of values
    while [not empty? csv]
      [
        let $x position "\t" csv
        let $item substring csv 0 $x ; extract item
        carefully [set $item read-from-string $item][] ; convert if number
        set mylist lput $item mylist ; append to list
        set csv substring csv ($x + 1) length csv ; remove item and comma
      ]
    ]
  ]

```

```

    set fileList lput mylist fileList
    ;show fileList
    set cont_row (cont_row + 1)

]
set profitListLess filelist
end

to-report getProfit [cap_i]
  let n_profit 1
  let aux []
  let aux_last []
  let aux_i 0
  let aux_j 0
  let continue true
  foreach (profitList) [
    set aux ?
    set aux_i (item 1 aux)
    if (aux_i > cap_i AND continue) [
      set aux_j (item 1 aux_last)
;      show (word aux_i " - " (aux_i - cap_i) " >= " aux_j " - "(aux_j - cap_i))
      ifelse ((aux_i - cap_i) <= (cap_i - aux_j)) [
        set n_profit (item 2 aux)
      ]
      [
        set n_profit (item 2 aux_last)
      ]
    ]
    set continue false
  ]
  set aux_last ?
]
report n_profit
end

to-report getProfitLess [cap_i]
  let n_profit 1
  let aux []
  let aux_last [0 0 0]
  let aux_i 0
  let aux_j 0
  let continue true
  foreach (profitListLess) [
    set aux ?
    set aux_i (item 1 aux)
    if (aux_i < cap_i AND continue) [
      set aux_j (item 1 aux_last)
      ifelse ((aux_i - cap_i) >= (cap_i - aux_j)) [
        set n_profit (item 2 aux)
      ]
      [
        set n_profit (item 2 aux_last)
      ]
    ]
    set continue false
  ]
  set aux_last ?
]
report n_profit
end

to test

clear-all
reset-ticks

ask patches [set pcolor white]
crt 14

set radius 1
set acum_capacidades n-values Chain_length [0]
set acum_capacidades2 n-values Chain_length [0]

```

```

set acum_SExe_FE n-values Chain_length [0]
set acum_SExe_System n-values Chain_length [0]
set profitList []
set profitListLess []
set profit 1
set IA_System n-values Chain_length [0]
set CC_System n-values Chain_length [0]
set posiciones_que_se_utilizan n-values Chain_length [0]
set posiciones_que_no_se_utilizan n-values Chain_length [0]
;; set typesAgents n-values 8 [0]
    set posiciones_que_se_utilizan n-values Chain_length [0]
    set posiciones_que_no_se_utilizan n-values Chain_length [0]
set IA_System (list 3 3 3 3 3 3 3 3)
set CC_System (list 3 3 3 3 3 3 3 3)

ask turtle 2 [ ;;Se relaciona con otros azules
  set breed agents
  set cap [0 0 0 0 0 0 5 8]
  set cap_anterior [0 0 0 0 0 0 5 8]
  set color blue
  set xcor 13
  set ycor -3
  set shape "triangle"

  set beneficio n-values Chain_length [random Chain_Magnitude]
  set SExe (random max_SS)
  set hasLinks? false

  set myMessages []

  set costo (reduce + (map * CC_System cap))
  set beneficio n-values Chain_length [0] ;; Beneficios aleatorio
  set beneficio_temp n-values Chain_length [0] ;; Beneficios aleatorio
  set rec 0;;(map - beneficio costo)
  set myMessagesPositions []
  ;set typeAgent []
  set label who
]

ask turtle 6 [
  set breed agents
  set cap [2 2 0 0 0 0 9 7 1]
  set cap_anterior [2 2 0 0 0 0 9 7 1]
  set color blue
  set xcor 11
  set ycor 8
  set shape "triangle"

  set beneficio n-values Chain_length [random Chain_Magnitude]
  set SExe (random max_SS)
  set hasLinks? false

  set myMessages []
    set costo (reduce + (map * CC_System cap))
  set beneficio n-values Chain_length [0] ;; Beneficios aleatorio
  set beneficio_temp n-values Chain_length [0] ;; Beneficios aleatorio
  set rec 0;;(map - beneficio costo)
  set myMessagesPositions []
  ;; set typeAgent []
  set label who
]

ask turtle 10 [ ;; 11 [ ;;Se relaciona con otros azules
  set breed agents
  ;;set cap [3 3 6 6 6 6 7 1 1]
  set cap [3 3 6 1 1 1 7 1 1]
  set cap_anterior [3 3 6 1 1 1 7 1 1]
  ;;set cap [3 3 1 1 1 1 5 1 1]
  set color blue

```

```

set xcor 13
set ycor 10
set shape "triangle"

set beneficio n-values Chain_length [random Chain_Magnitude]
set SExe (random max_SS)
set hasLinks? false

set myMessages []
  set costo (reduce + (map * CC_System cap))
set beneficio n-values Chain_length [0] ;; Beneficios aleatorio
set beneficio_temp n-values Chain_length [0] ;; Beneficios aleatorio
set rec 0;;(map - beneficio costo)
set myMessagesPositions []
;;set typeAgent []
set label who

]

ask turtle 3 [ ;;Se relaciona con otros azules
  set breed agents
;;  set cap [5 8]
  set cap [0 0 0 0 1 7 5 0 9]
  set cap_anterior [0 0 0 0 1 7 5 0 9]
  set color blue
  set xcor 10
  set ycor -10
  set shape "triangle"
  set beneficio n-values Chain_length [random Chain_Magnitude]
  set SExe (random max_SS)
  set hasLinks? false

  set myMessages []
    set costo (reduce + (map * CC_System cap))
  set beneficio n-values Chain_length [0] ;; Beneficios aleatorio
  set beneficio_temp n-values Chain_length [0] ;; Beneficios aleatorio
  set rec 0;;(map - beneficio costo)
  set myMessagesPositions []
;; set typeAgent []
  set label who

]

ask turtle 4 [ ;;Se relaciona con otros azules
  set breed agents
;;  set cap [7 8]
  set cap [0 0 0 0 5 9 5 2 6]
  set cap_anterior [0 0 0 0 5 9 5 2 6]
  set color blue
  set xcor 13
  set ycor -13
  set shape "triangle"
  set beneficio n-values Chain_length [random Chain_Magnitude]
  set SExe (random max_SS)
  set hasLinks? false

  set myMessages []
    set costo (reduce + (map * CC_System cap))
  set beneficio n-values Chain_length [0] ;; Beneficios aleatorio
  set beneficio_temp n-values Chain_length [0] ;; Beneficios aleatorio
  set rec 0;;(map - beneficio costo)
  set myMessagesPositions []
;; set typeAgent []
  set label who

]

ask turtle 5 [
  set breed agents
;;set cap [2 2]

```

```

    set cap [3 7 3 3 3 7 9 9 9];; [5 0 1 0 4 5 4 1 0] ;;[6 4 7 1 1 1 1 1 1] ; [5 0 1 0 3 5
4 1 0]
    set cap_anterior [3 7 3 3 3 7 9 9 9];;[5 0 1 0 4 5 4 1 0]
    set label "[6 4 7 1 1 1 1 1 1]"
    set label-color black
    set color blue
    set xcor -10
    set ycor 10
    set shape "triangle"
    set beneficio n-values Chain_length [random Chain_Magnitude]
    set SExe (random max_SS)
    set hasLinks? false

    set myMessages []
    set costo (reduce + (map * CC_System cap))
    set beneficio n-values Chain_length [0] ;; Beneficios aleatorio
    set beneficio_temp n-values Chain_length [0] ;; Beneficios aleatorio
    set rec 0;;(map - beneficio costo)
    set myMessagesPositions []
;; set typeAgent []
    set label who

]

ask turtle 0 [
    set breed agents
    set cap [0 0 0 0 0 0 0 9 9]
    set cap_anterior [0 0 0 0 0 0 0 9 9]
    set color blue
    set xcor -10
    set ycor -10
    set shape "triangle"
    set beneficio n-values Chain_length [random Chain_Magnitude]
    set SExe (random max_SS)
    set hasLinks? false

    set myMessages []
    set costo (reduce + (map * CC_System cap))
    set beneficio n-values Chain_length [0] ;; Beneficios aleatorio
    set beneficio_temp n-values Chain_length [0] ;; Beneficios aleatorio
    set rec 0;;(map - beneficio costo)
    set myMessagesPositions []
;; set typeAgent []
    set label who

]

ask turtle 1 [ ;;Se relaciona con otros azules
    set breed agents
    set cap [0 0 0 0 0 0 0 5 8]
    set cap_anterior [0 0 0 0 0 0 0 5 8]
    set color blue
    set xcor 10
    set ycor -9 ;; -1
    set shape "triangle"
    set beneficio n-values Chain_length [random Chain_Magnitude]
    set SExe (random max_SS)
    set hasLinks? false

    set myMessages []
    set costo (reduce + (map * CC_System cap))
    set beneficio n-values Chain_length [0] ;; Beneficios aleatorio
    set beneficio_temp n-values Chain_length [0] ;; Beneficios aleatorio
    set rec 0;;(map - beneficio costo)
    set myMessagesPositions []
;; set typeAgent []
    set label who

]

```

```

ask turtle 8 [
  set breed CEs
  set atr [2 2 0 0 0 1 6 6 6]
  set atr_anterior [2 2 0 0 0 1 6 6 6]
  set color red
  set xcor 5
  set ycor -1
  set ocupado false
  set shape "square"
  ifelse (isRandomVolatility?) [ set volatility random max_volatility ][ set volatility
max_volatility ]
  set volatilityactual 0
  set S ((random tilc) + 1)
  set TCV S;; Tiempo en años = ticks en años
  set ciclovidaactual 0

  set beneficios n-values Chain_length [0]
]

ask turtle 9 [
  set breed CEs
;;   set atr [6 6]
  set atr [0 0 0 0 5 8 1 0 2]
  set atr_anterior [0 0 0 0 5 8 1 0 2]
  set color red
  set xcor 5
  set ycor -10
  set ocupado false
  set shape "square"
  ifelse (isRandomVolatility?) [ set volatility random max_volatility ][ set volatility
max_volatility ]
  set volatilityactual 0
  set S ((random tilc) + 1)
  set TCV S;; Tiempo en años = ticks en años
  set ciclovidaactual 0
  set beneficios n-values Chain_length [0]
]

ask turtle 7 [
  set breed CEs
  set atr [0 0 0 0 0 0 1 1]
  set atr_anterior [0 0 0 0 0 0 1 1]
  set color red
  set xcor -5
  set ycor -10
  set ocupado false
  set shape "square"
  ifelse (isRandomVolatility?) [ set volatility random max_volatility ][ set volatility
max_volatility ]
  set volatilityactual 0
  set S ((random tilc) + 1)
  set TCV S;; Tiempo en años = ticks en años
  set ciclovidaactual 0
  set beneficios n-values Chain_length [0]
]

ask turtle 13 [
  set breed CEs
  set atr [6 1 4 2 5 0 0 0 0];;[0 0 0 0 0 0 1 1]
  set atr_anterior [6 1 4 2 5 0 0 0 0];;[0 0 0 0 0 0 1 1]
  set color red
  set xcor -5
  set ycor 10
  set ocupado false
  set shape "square"
  ifelse (isRandomVolatility?) [ set volatility random max_volatility ][ set volatility
max_volatility ]
  set volatilityactual 0
  set S ((random tilc) + 1)
  set TCV S;; Tiempo en años = ticks en años

```

```

    set ciclovidaactual 0
      set beneficios n-values Chain_length [0]
    ]
  ask turtle 12 [
    set breed CEs
    set atr [0 6 2 3 3 0 0 0 0];;[0 0 0 0 0 0 0 1 1]
    set atr_anterior [0 6 2 3 3 0 0 0 0];;[0 0 0 0 0 0 0 1 1]
    set color red
    set xcor -5
    set ycor 11
    set ocupado false
    set shape "square"
    ifelse (isRandomVolatility?) [ set volatility random max_volatility ][ set volatility
max_volatility ]
    set volatilityactual 0
    set S ((random tilc) + 1)
    set TCV S;; Tiempo en años = ticks en años
    set ciclovidaactual 0
      set beneficios n-values Chain_length [0]
    ]
  ask turtle 11 [
    set breed CEs
    set atr [3 6 1 2 1 0 0 0 0];;[0 0 0 0 0 0 0 1 1]
    set atr_anterior [3 6 1 2 1 0 0 0 0];;[0 0 0 0 0 0 0 1 1]
    set color red
    set xcor -5
    set ycor 12
    set ocupado false
    set shape "square"
    ifelse (isRandomVolatility?) [ set volatility random max_volatility ][ set volatility
max_volatility ]
    set volatilityactual 0
    set S ((random tilc) + 1)
    set TCV S;; Tiempo en años = ticks en años
    set ciclovidaactual 0
      set beneficios n-values Chain_length [0]
    ]
  ]

  create-plots

  actualizar_plots

end

to caracterizarAgentes
  ask agents [
    let point ceiling (Chain_Magnitude / 2)
    let midle ((floor (length cap / 2))) ;; tamaño impar
    let midleLast ((ceiling (length cap / 2))) ;; tamaño impar
    if (length cap mod 2 = 0) [ ;; Si el tamaño es par (true)
      set midle ((floor (length cap / 2)) - 1)
      set midleLast ((ceiling (length cap / 2)) + 1)
    ]

    set color 35 ;;brown ;; blue ;; Reset color
    set typeAgent []
    ifelse ( (member? true (map [? >= point] cap) ) ) [ ;;Por clasificar según cap
      if (member? true (map [? >= point] (sublist cap 0 midle) ) ) [ ;; Explorador
        set typeAgent ( lput "Explorador" typeAgent) ;; Existe algún valor cap mayor o
igual a point a lado izq
        set color (color + 10)
      ]
      if (member? true (map [? >= point] (sublist cap (midle) (midleLast)) ) ) [ ;;
Intermediario
        set typeAgent ( lput "Intermediario" typeAgent) ;; Existe algún valor cap mayor o
igual a point a lado der
        set color (color + 40)
      ]
      if (member? true (map [? >= point] (sublist cap midleLast ((length cap))) ) ) [ ;;
Explotador

```

```

        set typeAgent ( lput "Explotador" typeAgent) ;; Existe algún valor cap mayor o
igual a point a lado der
        set color (color + 20)
    ]
]
[
    set typeAgent ( lput "Latecomer" typeAgent)
    set color gray
]
;;show (word color " ; " cap " : " (sublist cap 0 midle) " - " (sublist cap (midle)
(midleLast)) " - " (sublist cap midleLast ((length cap))) " -> " typeAgent " ; Point >= "
point )

]
end

to updateSExe_with_CT
    ask agents [ set costT 0 ]

    set cont_links_bajo 0
    set cont_links_medio 0
    set cont_links_alto 0

    ask agents [
        let typeAgentto typeAgent
        let costoTransaccion 0
        ask in-link-neighbors [ ;; Por cada agente verifica que enlaces o cuales otros agentes
se conectan hacia el (in-link-neighbors)
                                ;; Verificar según tipo de Agente para cada tipo de costo bajo,
medio, alto

            if (breed = agents) [
                ifelse (

                    (typeAgent = ["Explorador"] AND typeAgentto = ["Explotador"]) OR (typeAgent =
["Explotador"] AND typeAgentto = ["Explorador"]) OR
                    (typeAgent = ["Explorador"] AND typeAgentto = ["Latecomer"]) OR (typeAgent =
["Latecomer"] AND typeAgentto = ["Explorador"]) OR
                    (typeAgent = ["Explotador"] AND typeAgentto = ["Latecomer"]) OR (typeAgent =
["Latecomer"] AND typeAgentto = ["Explotador"]) OR
                    (typeAgent = ["Intermediario" "Explotador"] AND typeAgentto = ["Latecomer"]) OR
                    (typeAgentto = ["Intermediario" "Explotador"] AND typeAgent = ["Latecomer"]) OR
                    (typeAgent = ["Explorador" "Intermediario"] AND typeAgentto = ["Latecomer"]) OR
                    (typeAgentto = ["Explorador" "Intermediario"] AND typeAgent = ["Latecomer"]) OR
                    (typeAgent = ["Explorador" "Intermediario" "Explotador"] AND typeAgentto =
["Latecomer"]) OR (typeAgentto = ["Explorador" "Intermediario" "Explotador"] AND typeAgent
= ["Latecomer"]) OR
                    (typeAgent = ["Explorador" "Explotador"] AND typeAgentto = ["Explorador"
"Explotador"]) OR
                    (typeAgent = ["Explorador" "Explotador"] AND typeAgentto = ["Latecomer"]) OR
                    (typeAgentto = ["Explorador" "Explotador"] AND typeAgent = ["Latecomer"]) OR
                    (typeAgent = ["Latecomer"] AND typeAgentto = ["Latecomer"])

                ) [ ;;Costos Altos
                    set costT (costT + ct_high)
                    set costoTransaccion (costoTransaccion + ct_low)
                    set cont_links_alto (cont_links_alto + 1)
                ]
            ]
            ifelse (

                (typeAgent = ["Explorador"] AND typeAgentto = ["Intermediario" "Explotador"])
OR (typeAgentto = ["Explorador"] AND typeAgent = ["Intermediario" "Explotador"]) OR
                (typeAgent = ["Explorador"] AND typeAgentto = ["Explorador" "Intermediario"
"Explotador"]) OR (typeAgentto = ["Explorador"] AND typeAgent = ["Explorador"
"Intermediario" "Explotador"]) OR
                (typeAgent = ["Explorador"] AND typeAgentto = ["Explorador" "Explotador"]) OR
                (typeAgentto = ["Explorador"] AND typeAgent = ["Explorador" "Explotador"]) OR
                (typeAgent = ["Explotador"] AND typeAgentto = ["Explorador" "Intermediario"])
OR (typeAgentto = ["Explotador"] AND typeAgent = ["Explorador" "Intermediario"]) OR

```

```

        (typeAgent = ["Explotador"] AND typeAgentto = ["Explorador" "Intermediario"
"Explotador"]) OR (typeAgentto = ["Explotador"] AND typeAgent = ["Explorador"
"Intermediario" "Explotador"]) OR
        (typeAgent = ["Explotador"] AND typeAgentto = ["Explorador" "Explotador"]) OR
        (typeAgentto = ["Explotador"] AND typeAgent = ["Explorador" "Explotador"]) OR
        (typeAgent = ["Intermediario"] AND typeAgentto = ["Latecomer"]) OR
        (typeAgentto = ["Intermediario"] AND typeAgent = ["Latecomer"]) OR
        (typeAgent = ["Intermediario" "Explotador"] AND typeAgentto = ["Explorador"
"Intermediario"]) OR (typeAgentto = ["Intermediario" "Explotador"] AND typeAgent =
["Explorador" "Intermediario"]) OR
        (typeAgent = ["Intermediario" "Explotador"] AND typeAgentto = ["Explorador"
"Intermediario" "Explotador"]) OR (typeAgentto = ["Intermediario" "Explotador"] AND
typeAgent = ["Explorador" "Intermediario" "Explotador"]) OR
        (typeAgent = ["Intermediario" "Explotador"] AND typeAgentto = ["Explorador"
"Explotador"]) OR (typeAgentto = ["Intermediario" "Explotador"] AND typeAgent =
["Explorador" "Explotador"]) OR
        (typeAgent = ["Explorador" "Intermediario"] AND typeAgentto = ["Explorador"
"Intermediario" "Explotador"]) OR (typeAgentto = ["Explorador" "Intermediario"] AND
typeAgent = ["Explorador" "Intermediario" "Explotador"]) OR
        (typeAgent = ["Explorador" "Intermediario"] AND typeAgentto = ["Explorador"
"Explotador"]) OR (typeAgentto = ["Explorador" "Intermediario"] AND typeAgent =
["Explorador" "Explotador"])

    ) [      ;;Costos Medios

        set costT (costT + ct_medium)
        set costoTransaccion (costoTransaccion + ct_medium)
        set cont_links_medio (cont_links_medio + 1)
    ]
    [      ;;Costos Bajos
        set costT (costT + ct_low)
        set costoTransaccion (costoTransaccion + ct_low)
        set cont_links_bajo (cont_links_bajo + 1)
    ]
]

]
]
set costT costoTransaccion
]

ask agents [
    set SExe (SExe - costT)
]
end

```



## Bibliografía

Abbate, T., & Coppolino, R. (2011). Knowledge creation through knowledge brokers: some anecdotal evidence. *J. Manag. Control* , 22, 359-371.

Acevedo, C. (2009). Los Clúster del Sistema Regional de Innovación Antioqueño: Más Debilidades que Fortalezas en su Desempeño. *Tecnológicas* , 23, 187-222.

Albino, V., Carbonara, N., Petruzzelli, A. M., & Rotolo, D. (2010). Leveraging learning behavior and network structure to improve knowledge gatekeepers' performance. *Journal of Knowledge Management* , 14 (5), 635-658.

Albornoz, M., & Alfaraz, C. (2008). *Diseño de una metodología para la medición del impacto de los centros de excelencia*. Documento de Trabajo. Redes: Centro de Estudios sobre Ciencia, Desarrollo y Educación.

Ahrweiler, P., Pyka, A., & Gilbert, N. (2004). *Simulating knowledge dynamics in innovation networks (SKIN)*.

Ahrweiler, P., Pyka, A., & Gilbert, N. (2011). A new model for university-industry links in knowledge-based economies. *Journal of Product Innovation Management* , 27 (2), 218-235.

Ahuja, G. (2000). Collaboration Networks, Structural Holes, and Innovation: A Longitudinal Study. *Administrative Science Quarterly* , 45, 425-455.

Albors, J., Sweeney, E., & Hidalgo, A. (2005). Transnational technology transfer networks for SMEs. A review of the state-of-the art and an analysis of the European IRC network. *Production Planning & Control* , 16 (4), 413-423.

Aldrich, H. E., & von Glinow, M. A. (1992). Business start-ups: the HRM imperative. En S. Birley, & I. C. MacMillan (Edits.), *International Perspectives on Entrepreneurial Research* (págs. 233-253). New York: North-Holland.

Amara, N., Doloreux, D., & Landry, R. (2012). Knowledge-exchange strategies between KIBS firms and their clients. *Service Industries Journal* , 32 (2), 291-320.

Aoyama, M. (2006). Co-Evolutionary Service-Oriented Model of Technology Transfer in Software Engineering. 3-7.

- Archibugi, D., Howells, J., & Michie, J. (1999). Innovation systems and policy in a global economy. En D. Archibugi, J. Howells, & J. Michie (Edits.), *Innovation Policy in a Global Economy* (pág. 296). Cambridge University Press.
- Asheim, B. T., Coenen, L., Moodysson, J., & Vang, J. (2007). Constructing knowledge-based regional advantage: implications for regional innovation policy. *International Journal of Entrepreneurship and Innovation Management* , 25 (5), 655-670.
- Asheim, B. T., & Gertler, M. S. (2004). The geography of innovation: regional innovation systems. En J. Fagerberg, D. C. Mowery, & R. R. Nelson, *The Oxford Handbook of Innovation* (págs. 291-317). Oxford: Oxford University Press.
- Asheim, B. T., & Isaksen, A. (2002). A Regional Innovation Systems: The Integration of Local "Sticky" and Global "Ubiquitous" Knowledge. *Journal of Technology Transfer* , 27, 77-86.
- Autio, E., Kanninen, S., & Gustafsson, R. (2008). First- and second-order additionality and learning outcomes in collaborative R&D programs. *Res. Policy* , 37 (1), 59-76.
- Axelrod, R. (2005). Advancing the Art of Simulation in the Social Sciences. *Handbook of Research on Nature Inspired Computing for Economy and Management* , 12 (3), 1-13.
- Bacon, J., Nambisan, S., & Throckmorton, J. (2012). The role of the innovation capitalist in open innovation. *Research Technology Management* , 55 (3), 49-57.
- Balkin, D. B., Gianiodis, P. T., Markman, G. D., & Phan, P. T. (2005). Entrepreneurship and university-based technology transfer. *Journal of Business venturing* , 20 (2), 241-263.
- Barney, J. (1991). Firm Resources and Sustained Competitive Advantage . *Journal of Management* , 17, 99-120.
- Batterink, M. H., Wubben, E. F., Klerkx, L., & Omta, S. (2010). Orchestrating innovation networks: The case of innovation brokers in the agri-food sector. *Entrepreneurship & Regional Development* , 22 (1), 47-76.
- Bayus, B. L. (1997). Speed-to-market and new product performance trade-offs. *Journal of Product Innovation Management* , 14 (6), 485-497.
- Bechky, B. A. (2003). Sharing Meaning Across Occupational Communities: The Transformation of Understanding on a Production Floor. *Organization Science* , 14 (3), 312-330.
- Beckenbanch, F., Briegel, R., & Daskalakis, M. (2009). Evolution and Dynamics of Networks in 'Regional Innovation Systems' (RIS). En *Innovation Networks. New Approaches in Modelling and Analyzing* (págs. 58-100). Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

- Beckett, R. C., & Hyland, P. (2011). Communication and learning structures that facilitate transfer of knowledge at innovation transition points. *Journal of Science Communication* , 10 (4).
- Belderbos, R., Carree, M., Diederer, B., Lokshin, B., & Veugelers, R. (2004). Heterogeneity in R&D cooperation strategies. *International Journal of Industrial Organization* , 22 (8-9), 1237-1263.
- Bell, M. (1984). Learning and the Accumulation of Industrial Technological Capacity in Developing Countries. En M. Fransman, & K. King (Edits.), *Technological Capability in the Third World* (págs. 187–209). London: Macmillan.
- Belso-Martínez, J. A., Mas-Verdu, F., & Molina-Morales, F. X. (2011). Clustering and internal resources: Moderation and mediation effects. *Journal of Knowledge Management*, 15 (5), 738-758.
- Berry, L. G., Brown, M. A., & Goel, R. K. (1991). Guidelines for successfully transferring government-sponsored innovations. *Research Policy* , 20 (2), 121-143.
- Bertalanffy, L. (1968). *General System Theory: Foundations, Development, Applications*. New York: George Braziller.
- Bessant, J., & Rush, H. (1995). Building bridges for innovation: the role of consultants in technology transfer. *Research Policy* , 24, 97-114.
- Bettencourt, L. A., Ostrom, A. L., Brown, S. W., & Roundtree, R. J. (2002). Client co-production in knowledge-intensive business services. *California Management Review* , 44 (4), 100-128.
- Bidault, F., & Fischer, W. A. (1994). Technology transactions: Network over markets. *R&D Management* , 24 (4), 373-386.
- Bleda, M. (2001). *Evolutionary economics and complex systems theory*. Manchester: Thesis submitted to the University of Manchester for the degree of PhD. in Economics in the Faculty of Social Science and Law.
- Boon, W. P., Moors, E. H., Nahuis, R., & Vandeberg, R. L. (2008). User-producer interactions in emerging pharmaceutical and food innovations. *International Journal of Innovation Management* , 12 (3), 459-487.
- Borshchev, A., & Filippov, A. (2004). From System Dynamics and Discrete Event to Practical Agent Based Model: Reasons, Techniques, Tools. *The 22nd International System Dynamics Conference*. Oxford.

- Boutellier, R., Daiber, M., Friesike, S., & Muhdi, L. (2011). The crowdsourcing process: An intermediary mediated idea generation approach in the early phase of innovation. *International Journal of Entrepreneurship and Innovation Management* , 14 (4), 315-332.
- Braun, D. (1993). Who governs intermediary agencies? principal-agent relations in research policy-making. *Journal of Public Policy* , 13, 135-162.
- Breschi, S., & Malerba, F. (1997). Sectorial innovation system. En C. Edquist, *System of Innovation: Technologies, Institutions and Organisations*. London: Pinter/Castell.
- Bryant, T., & Reenstra-Bryant, R. (1998). Technology brokers in the North American software industry: Getting the most out of mismatched dyads. *International Journal of Technology Management* , 16, 281-290.
- Burt, R. S. (1992). *Structural Holes: The Social Structure of Competition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Burt, R. S. (2004). Structural holes and good ideas. *Am. J. Sociol* , 110 (2), 349-399.
- Byerlee, D., Alex, G., & Echeverría, R. G. (2002). The Evolution of Public Research Systems in Developing Countries: Facing New Challenges. En D. Byerlee, & R. G. Echeverría (Edits.), *Agricultural Research Policy in an Era of privatization*. Wallingford, UK: CABI Publishing.
- Callon, M. (1980). The state technical innovation: a case study of the electric vehicle in France. *Research Policy* , 9, 358-376.
- Callon, M. (1992). The dynamics of techno-economic networks. En R. Loombs, P. Saviotti, & V. Walsh (Edits.), *Technical Change and Company Strategies*. London: Academy Press.
- Callon, M. (1994). Is science a public good? *Science, Technology and Human Values* , 19, 395-424.
- Candemir, B., & Van Lente, H. (2007). Intermediary organisations: bridges, catalyst, or noise? An analysis of Agricultural Biotechnology in the Netherlands. *Triple Helix 6 Conference*. Singapore: National University of Singapore.
- Carlsson, B., Jacobsson, S., Holmén, M., & Rickne, A. (2002). Innovation systems: analytical and methodological issues. *Research Policy* , 31, 233-245.
- Carlsson, B., & Stankiewicz, R. (1991). On the nature, function and composition of technological systems. *Evolutionary Economics* , 1, 93-118.
- Carlsson, B., & Stankiewicz, R. (1995). *Technological System and Economic Performance: the Case of Factory Automation*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

- Carrara, J. L., & Duhamel, M. (1995). *Technology brokers in Europe*. Brussels: European Commission, EIMS, No. 10.
- Carrillo, J. E., & Franza, R. M. (2006). Investing in product development and production capabilities: The crucial linkage between time-to-market and ramp-up time. *European Journal of Operational Research* , 171 (2), 536-556.
- Cash, D. W. (2001). "In order to aid in diffusion useful and practical information": agricultural extension and boundary organizations. *Science, Technology and Human Values* , 26, 431-453.
- Cataño, G., Botero, P., Vanegas, J., Castro, J., & Ibarra, A. (2008). *Redes de Conocimiento en Sistemas Regionales de Innovación, Un estudio comparado: El caso de las PYMES en Antioquia y el País Vasco*. Medellín: Instituto Tecnológico Metropolitano.
- Chaminade, C., & Vang, J. (2007). Innovation policy for Asian SMEs: an innovation system perspective. En H. W.-c. Yeung (Ed.), *Handbook of Research on Asian Business* (págs. 381-408). Cheltenham, UK and Northampton, MA, USA: Edward Elgar.
- Chen, C. J., Shyu, J. Z., & Yang, C. H. (2008). Innovation intermediary for creating regional knowledge capabilities in knowledge cluster. *2008 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management* (págs. 831-835). IEEM 2008.
- Chen, J., Damanpour, F., & Reilly, R. R. (2010). Understanding antecedents of new product development speed: A meta-analysis. *Journal of Operations Management* , 28 (1), 17-33.
- Chesbrough, H. (2006). *Open Business Models: How to Thrive in the New innovation Landscape*. Boston, MA: Harvard Business School.
- Chiaroni, D., Chiesa, V., De Massis, A., & Frattini, F. (2008). The knowledge-bridging role of Technical and Scientific Services in knowledge-intensive industries. *International Journal of Technology Management* , 41 (3-4), 249-272.
- Chiesa, V. (2001). *R&D strategy and organization*. London (UK): Imperial College Press.
- Chiesa, V., Frattini, F., & Manzini, R. (2008). Managing and organising technical and scientific service firms: A taxonomy and an empirical study. *International Journal of Services, Technology and Management* , 10 (2-4), 211-234.
- Christensen, C. M., & Raynor, M. E. (2003). *The Innovator's Solution. Creating and Sustaining Successful Growth*. Cambridge, Mass: Harvard Business School Press.
- Cimoli, M. (2000). *Developing Innovation Systems, Mexico in the Global Context*. London: Pinter.

- Clarke, B. R. (1998). *Creating entrepreneurial universities: organizational pathways of transformation*. New York: IAU Press.
- Clarysse, B., Knockaert, M., & Spithoven, A. (2010). Building absorptive capacity to organise inbound open innovation in traditional industries. *Technovation* , 30 (2), 130-141.
- Coase, R. H. (1937). The Nature of the Firm. *Economica* , 4 (16), 386-405.
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation. *Administrative Science Quarterly* , 35 (1), 128-152.
- COLCIENCIAS. (2009). *Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación*. Documento CONPES 3582.
- Colombo, G., Dell'Era, C., & Frattini, F. (2011). New product development (NPD) service suppliers in open innovation practices: Processes and organization for knowledge exchange and integration. *International Journal of Innovation Management* , 15 (1), 165-204.
- Comacchio, A., Bonesso, S., & Pizzi, C. (2012). Boundary spanning between industry and university: the role of Technology Transfer Centres. *The Journal of Technology Transfer* , 37 (6), 943-966.
- Cooke, P. (1992). Regional innovation systems: Competitive regulation in the new Europe. *Geoforum* , 23 (3), 365-382.
- Cooke, P., Gomez, M., & Etxebarria, G. (1997). Regional innovation systems: Institutional and organisational dimensions. *Research Policy* , 26 (4-5), 475-491.
- Corporación Andina de Fomento. (2004). *Programa Nacional de Consolidación de los Centros de Desarrollo Tecnológico y Centros Regionales de Productividad del SNI de Colombia*. *Solicitud de Cooperación Técnica*. CAF.
- Cowan, R., & Jonard, N. (2009). Structural Holes, Innovation and the Distribution of Ideas. En *Innovation Networks. New Approaches in Modelling and Analyzing* (págs. 127-144). Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Cramb, R. (2003). Procesos que afectan la adopción exitosa de nuevas tecnologías por los pequeños agricultores. En *Trabajando con agricultores: la clave para la adopción de tecnologías de forraje*. Australia: Centro Australiano de Investigaciones Agrícolas Internacionales.
- Cumming, D., & Fischer, E. (2012). Publicly funded business advisory services and entrepreneurial outcomes. *Research Policy* , 41 (2), 467-481.

- Cyert, R. M., & March, J. G. (1999). *A behavioral Theory of the Firm* (Segunda ed.). Massachusetts: Blackwell Publishers Inc.
- Czarnitski, D., & Spielkamp, A. (2000). *Business services in Germany: bridges for innovation*. Mannheim: ZEW.
- Dahlander, L. (2006). Managing beyond firm boundaries: Leveraging user innovation networks. *Doktorsavhandlingar vid Chalmers Tekniska Hogskola* (2420), 1-67.
- Daiber, M., Enkel, E., & Gassmann, O. (2011). The role of intermediaries in cross-industry innovation processes. *R and D Management* , 41 (5), 457-469.
- Dalziel, M., & Parjanen, S. (2011). Measuring the Impact of Innovation Intermediaries. An Assessment of the impact of UCLA's Global Access Program. *DRUIT Conference*. Copenhagen: DRUIT.
- Debackere, K., & Veugelers, R. (2005). The role of academic technology transfer organizations in improving industry science links. *Research Policy* , 34 (3), 321-342.
- DeBresson, C., & Amesse, F. (1991). Networks of Innovators: a review and introduction to the issue. *Research Policy* , 20 (5), 363-379.
- Den Hertog, P. (2000). Knowledge-intensive business services as co-producers of innovation. *Int. J. Innov. Manag.* , 4 (4), 491-528.
- Denyer, D., Munir, K., Neely, A., Pittaway, L., & Robertson, M. (2004). Networking and innovation: A systematic review of the evidence. *International Journal of Management Reviews* , 5-6 (3-4), 137-168.
- Dhanaraj, C., & Parkhe, A. (2006). Orchestrating innovation networks. *Acad. Manage. Rev.* , 31 (3), 659-669.
- Dobbins, M., Robeson, P., Ciliska, D., Hanna, S., Cameron, R., O'Mara, L., y otros. (2009). A description of a knowledge broker role implemented as part of a randomized controlled trial evaluating three knowledge translation strategies. *Implementation Science*, 4 (23), 1-9.
- Dobon, S. R., Mas-Verdu, F., & Soriano, D. R. (2010). Regional development and innovation: The role of services. *Service Industries Journal* , 30 (5), 633-641.
- Dodgson, M. (1993). Organizational Learning: A review of some literatures. *Organization Studies* , 14, 375-394.
- Doing Business. (2013). *Grupo del Banco Mundial: Doing Business*. Recuperado el 15 de 04 de 2015, de doingbusiness.or:  
<http://espanol.doingbusiness.org/data/exploretopics/entrepreneurship>

- Doloreux, D. (2002). What we should know about regional system of innovation. *Technology in Society* , 24 (3), 243-263.
- Doloreux, D., Hommen, L., & Larsson, E. (2006). Emergence and growth of Mjärdevi Science Park in Linköping, Sweden. *European Planning Studies* , 14 (10), 1331-1361.
- Doloreux, D., & Melançon, Y. (2009). Innovation-support organizations in the marine science and technology industry: The case of Quebec's coastal region in Canada. *Marine Policy* , 33 (1), 90-100.
- Doloreux, D., & Muller, E. (2009). What we should know about knowledge-intensive business services. *Technology in Society* , 31 (1), 64-72.
- Dosi, G., Freeman, C., Nelson, R. R., Silverberg, G., & Soete, L. (Edits.). (1988). *Technical Change and Economic Theory*. London and New York: Pinter Publishers.
- Dosi, G., Nelson, R. R., & Winter, S. G. (2000). Introduction: The Nature and Dynamics of Organizational Capabilities. En G. Dosi, R. R. Nelson, & S. G. Winter (Edits.), *The Nature and Dynamics of Organizational Capabilities*. N.Y.: Oxford University Press.
- Dutrénit, G., Rivera-Huerta, R., & Vera-Cruz, A. O. (2016). Vinculación academia-sector productivo y difusión de conocimiento entre productores: la percepción de los agricultores. En A. O. Vera-Cruz, & G. Dutrénit (Edits.), *Sistema de Innovación del Sector Agropecuario Mexicano: Tendiendo puentes entre los actores de la innovación*. México: UAM/Miguel Angel Porrúa.
- Dutrénit, G., Rocha-Lackiz, A., & Vera-Cruz, A. O. (2012). Functions of the Intermediary Organizations for Agricultural Innovation in Mexico: The Chiapas Produce Foundation. *Review of Policy Research* , 29 (6), 693-712.
- Dutrénit, G., Rocha-Lackiz, A., & Vera-Cruz, A. O. (2016). Construyendo puentes con los pequeños productores: intermediación de la Fundación Produce en el sistema-producto tomate en Chiapas. En A. O. Vera-Cruz, & G. Dutrénit (Edits.), *Sistema de Innovación del Sector Agropecuario Mexicano: Tendiendo puentes entre los actores de la innovación*. México: UAM/Miguel Angel Porrúa.
- Duysters, G., & Kirkels, Y. (2010). Brokerage in SME networks. *Research Policy* , 39 (3), 375-385.
- Dyer, J., & Singh, H. (1998). The relational view: cooperative strategy and sources of interorganizational competitive advantage. *The Academy of Management Review* , 23, 660-679.
- Echenique, J., Jordán, G., & Gómez, S. (2007). *Articulación de la pequeña agricultura y la agroindustria en Chile*. Santiago de Chile: Fundación Ford-Fundación Chile.

Edquist, C. (1997). *System of Innovation: Technologies, Institutions and Organisations*. (C. Edquist, Ed.) London: Pinter/Cassell.

Edquist, C. (2001). The Systems of Innovation Approach and Innovation Policy: An Account of the State of Art. *DRUID Conference*. Aalborg: DRUID.

Edquist, C. (2004). Systems of Innovation: Perspectives and Challenges. En J. Fagerberg, D. Mowery, & R. R. Nelson (Edits.), *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford: Oxford University Press.

Eigen, M., & Schuster, P. (1979). *The Hypercycle: A principle of Natural Self-Organization*. New York: Springer-Verlag.

Ekboir, J. M. (2004). *Evaluación Nacional del Subprograma de Investigación y Transferencia de Tecnología de la Alianza para el Campo, México*. FAO. Consultancy report published by FAO.

Ekboir, J. M. (2009). The CGIAR at a Crossroads: Assessing the role of international agricultural research in poverty alleviation from an innovation systems perspective. *ILAC working paper 9*.

Ekboir, J. M., Dutrénit, G., Martínez, G., Torres, A., & Vera-Cruz, A. (2006). *Las Fundaciones Produce a diez años de su creación: pensando en el futuro*. Washington: International Food Policy Research Institute.

Ekboir, J. M., Espinoza, J. A., Arellano, J. J., Moctezuma, G., & Tapia, A. (2003). Análisis del Sistema de Investigación Agropecuario. *CEP working paper 03-01*.

Ekboir, J. M., & Vera-Cruz, A. O. (2012). Intermediary organizations to foster the agricultural system of innovation: the Mexican Produce Foundation. *Int. J. Technological Learning, Innovation and Development*, 5 (1/2), 111-125.

Ernst, D., Mytelka, L., & Ganiatsos, T. (1998). Technological capabilities in the context of export-led growth. A conceptual framework. En D. Ernst, T. Ganiatsos, & L. Mytelka (Edits.), *Technological Capabilities and Export Success in Asia* (págs. 5-45). London and New York: Routledge.

Etzkowitz, H., & Leydesdorff, L. (1997). *Universities and the Global Knowledge Economy. A Triple Helix of University-Industry-Government Relations*. London and Washington: Pinter.

Etzkowitz, H., Webster, A., Gebhart, C., & Terra, B. R. (2000). The future of the university and the university of the future: Evolution of ivory tower to entrepreneurial paradigm. *Research Policy*, 29 (2), 313-330.

- Feller, J., Finnegan, P., Hayes, J., & O'Reilly, P. (2012). 'Orchestrating" sustainable crowdsourcing: A characterisation of solver brokerages. *The Journal of Strategic Information Systems* , 21 (3), 216-232.
- Folke, C., Hahn, T., Johansson, K., & Olsson, P. (2006). Trust-building, knowledge generation and organizational innovations: The role of a bridging organization for adaptative comanagement of a wetland landscape around Kristianstad, Sweden. *Human Ecology* , 34 (4), 573-592.
- Foray, D., & Lundvall, B.-A. (1996). *The Knowledge - based Economy: From the Economics of Knowledge to the learning Economy*. (O. Documents, Ed.) Paris: Employment and Growth in the Knowledge-based Economy.
- Frantsi, T., Harmaakorpi, V., & Parjanen, S. (2010). Collective creativity and brokerage functions in heavily cross-disciplined innovation processes. *Interdisciplinary Journal of Information, Knowledge, and Management* , 5, 1-21.
- Freeman, C. (August de 1982). Technological infrastructure and international competitiveness. *Draft paper submitted to the OECD Ad Hoc Group on Science, Technology and Competitiveness*.
- Freeman, C. (1987). *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*. London: Pinter.
- Freeman, C. (1991). Networks of Innovators: a synthesis of research issues. *Research Policy* , 20 (5), 499-514.
- Freeman, L. C. (1978). Centrality in social networks: Conceptual clasification. *Social Networks* , 1, 205-239.
- Galaso, P. (2011). *Capital social y desarrollo económico. Un estudio de las redes de innovación en España*. Madrid: Tesis para obtener el grado de doctor en integración y desarrollo económico en la Universidad Autónoma de Madrid.
- Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H., Schwartzman, S., Scott, P., & Trow, M. (1994). *The New production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*. London: Sage.
- Gilbert, N., Ahrweiler, P., & Pyka, A. (2007). Learning in Innovation Networks, Some Simulation Experiment. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* , 374 (1), 100-109.
- Gilbert, N., Pyka, A., & Ahrweiler, P. (2001). Innovation Networks - A Simulation Approach. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* , 4 (3).

- Gilsing, V., & Nootboom, B. (2006). Exploration and exploitation in innovation system: The case of pharmaceutical biotechnology. *Research Policy* , 35, 1-23.
- Göktepe, D. (2006). *Bridging inventors with industry: a comparative study of technology transfer organizations. theoretical discussion with preliminary research result*. Lund, Sweden: Division of Innovation Lund Institute of Technology Sweden.
- Gould, R., & Fernandez, R. (1989). Structures of mediation: a formal approach to brokerage in transaction networks. *Sociological Methodology* , 19, 89-126.
- Graf, H. (2011). Gatekeepers in regional networks of innovators. *Cambridge Journal of Economics* , 35 (1), 173-198.
- Granovetter, M. (1973). The Strength of Weak Ties. *American Journal of Sociology* , 78 (6), 1360-1380.
- Grant, R. M. (1991). The resource-based theory of competitive advantage: Implications for strategy formulation. *California Management Review* , 114-135.
- Griffin, A. (2002). Product development cycle time for business-to-business products. *Industrial Marketing Management* , 31 (4), 291-304.
- Grimaldi, G. (2008). Creating a "market for inventions": a referee model. *J. Technol. Manag. Innov.* , 3 (3), 33-44.
- Guan, J., & Ma, N. (2003). Innovative capability and export performance of Chinese firms. *Technovation* , 23, 737-747.
- Guston, D. H. (1996). Principal-agent theory and the structure of science policy. *Science and Public Policy* , 23, 229-240.
- Guston, D. H. (1999). Stabilizing the boundary between US politics and science: the role of the Office of Technology Transfer as a boundary organization. *Social Studies of Science* , 29, 87-111.
- Hafeez, K., Zhang, Y., & Malak, N. (2002). Determining key capabilities of a firm using analytic hierarchy process. *International Journal of Production Economics* , 76, 39-51.
- Hagedoorn, J., Link, A. N., & Vonortas, N. S. (2000). Research partnerships. *Research Policy* , 29 (4-5), 567-586.
- Hägerstrand, T. (1952). The propagation of innovation waves. En *Lund Studies in Human Geography* (Vol. 4, págs. 3-19). Series B.
- Hakansson, H. (1987). Industrial technology development: A network approach . *Journal of Product Innovation Management* , 4 (2), 163-165.

Hall, A., & Kingiri, A. N. (2012). The Role of Policy Brokers: The Case of Biotechnology in Kenya. *Review of Policy Research* , 29 (4), 492-522.

Hall, A., Klerkx, L., & Leeuwis, C. (2009). Strengthening agricultural innovation capacity: Are innovation brokers the answer. *International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology* , 8 (5-6), 409-438.

Hansson, F., Husted, K., & Vestergaard, J. (2005). Second generation science parks: from structural holes jockeys to social capital catalysts of the knowledge society. *Technovation* , 25, 1039-1049.

Hargadon, A. (1998). Firms as knowledge brokers: lessons in pursuing continuous innovation. *California Management Review* , 40, 209-227.

Hargadon, A., & Sutton, R. I. (1997). Technology brokering and innovation in a product development firm. *Administrative Science Quarterly* , 42, 718-749.

Heinze, T., Shapirab, P., Rogers, J. D., & Senker, J. M. (2009). Organizational and Institutional Influences on Creativity in Scientific Research. *Research Policy* , 38, 610-623.

Helfat, C. E. (1997). Know-how and Asset Complementary and Dynamic Capability Accumulation: The Case of R&D. *Strategic Management Journal* , 18 (5), 339-360.

Helfat, C. E., Finkelstein, S., Mitchell, W., Peteraf, M. A., Singh, H., Teece, D. J., y otros. (2007). *Dynamic Capabilities. Understanding Strategic Change In Organizations*. Malden, Oxford and Carlton: Blackwell Publishing.

Henderson, R., & Cockburn, I. (2000). Measuring Competence? Exploring Firm Effects in Drug Discovery. En G. Dosi, R. R. Nelson, & S. G. Winter (Edits.), *The Nature and Dynamics of Organizational Capabilities*. N.Y.: Oxford University Press.

Hobday, M. (1997). *Innovation in East Asia. The Challenge to Japan*. Cheltenham and Lyme: Edward Elgar.

Holland, J. H. (2004). *El Orden Oculto: De cómo la adaptación crea la complejidad*. (E. Torres-Alexander, Trad.) México, D.F., México: Fondo de Cultura Económica.

Howells, J. (1999). Research and technology outsourcing and innovation systems: an exploratory analysis. *Industry and Innovation* , 6, 111-129.

Howells, J. (2006). Intermediation and the role of intermediaries in innovation. *Research Policy* , 35, 715-728.

Huggins, R. (2011). The growth of knowledge-intensive business services: Innovation, markets and networks. *European Planning Studies* , 19 (8), 1459-1480.

- Hughes, T. P. (1984). The evolution of large technological systems. En W. Bijker, T. P. Hughes, & T. Pinch (Edits.), *The Social Construction of Technological Systems*. Cambridge: MIT Press.
- Hülsbeck, M., Lehmann, E. E., & Starnecker, A. (22 de December de 2011). Performance of technology transfer offices in Germany. *The Journal of Technology Transfer* , 1-17.
- landoli, L., Palumbo, F., Ponsiglione, C., Tortora, C., & Zollo, G. (2013). Prospettive e Strumenti per lo Sviluppo di Sistemi Regionali di Innovazione Auto-Sostenibili. *XXXIV Conferenza Italiana di Scienze Regionali*.
- Johansson, B. (1991). Economic networks and self-organization. En E. M. Bergman, G. Maier, & F. Tödtling (Edits.), *Regions reconsidered - Economic networks, innovation and local development in industrialised countries* (págs. 17-34). London: Mansell.
- Johnson, W. H. (2008). Roles, resources and benefits of intermediate organizations supporting triple helix collaborative R&D: the case of Precarn. *Technovation* , 28 (8), 495-505.
- Jones-Evans, D., & Klofsten, M. (1999). Creating a bridge between university and industry in small European Countries: The role of the industrial liaison office. *R&D Management* , 29 (1), 47-56.
- Kallio, K., Konttinen, J., Rilla, N., Smedlund, A., & Van Der Have, R. (2011). Knowledge transfer in service business development: Transfer mechanisms and intermediaries in Finland. *VTT Publications* (776), 1-108.
- Kauffman, S. (1996). *At home in the universe*. London: Penguin.
- Kauffman, S. (2000). *Investigations*. Oxford: Oxford University Press.
- Kelly, S. E. (2003). Public bioethics and publics: consensus, boundaries, and participation in biomedical science policy. *Science, Technology and Human Values* , 28, 339-364.
- Kessler, E., & Chakrabarti, A. (1996). Innovation speed: a conceptual model of context, antecedents and outcomes. *Academy of Management Review* , 21, 1143-1191.
- Kiesling, E., Günther, M., Stummer, C., & Wakolbinger, L. M. (2012). Agent-based simulation of innovation diffusion: a review. *CEJOR* , 20, 183-230.
- Kim, L. (1997). *Imitation to Innovation. The Dynamics of Korea's Technological Learning*. Massachusetts: Harvard Business School Press.
- Klerkx, L., Hall, A., & Leeuwis, C. (2009). Strengthening agricultural innovation capacity: are innovation brokers the answer? *Int. J. Agricultural Resources, Governance and Ecology* , 8 (5-6), 409-438.

Klerkx, L., & Leeuwis, C. (2008). Matching demand and supply in the agricultural knowledge infrastructure: experiences with innovation intermediaries. *Food Policy* , 33 (3), 260-276.

Klerkx, L., & Leeuwis, C. (2009). Establishment and embedding of innovation brokers at different innovation system levels: Insights from the Dutch agricultural sector. *Technological Forecasting & Social Change* , 76, 849-860.

Klerkx, L., & Proctor, A. (2012). Beyond fragmentation and disconnect: Networks for knowledge exchange in the English land management advisory system. *Land Use Policy* , 30 (1), 13-24.

Kline, S. J., & Rosenberg, N. (1986). An overview of innovation. En R. Landau, & N. Rosenberg, *The Positive Sum Strategy. Harnessing Technology for Economic Growth* (pág. 289). Washington DC: National Academy Press.

Kock, C. J., & Gözübüyük, R. (2011). The Impact of Innovation Brokers on Interfirm Network. *IE Business School Working Paper* (11-02).

König, M. D., Battiston, S., & Schweitzer, F. (2009). Modeling Evolving Innovation Networks. En A. Pyka, & A. Scharnhorst (Edits.), *Innovation Networks: New Approaches in Modelling and Analyzing* (págs. 187-268). Berlin: Springer.

Konttinen, J., Nieminen, M., & Suvinen, N. (2010). How necessary are intermediary organizations in the commercialization of research. *European Planning Studies* , 18 (9), 1365-1389.

Krishnan, V., & Ulrich, K. T. (2002). Product development decisions: A review of the literature. *Management Science* , 47 (1), 1-21.

Kuada, J., & Sørensen, O. J. (2005). Facilitated inter-firm collaboration in Ghana: the case of Danida's private-sector development projects. *Development in Practice* , 15 (3), 475-489.

Lavis, J., Robertson, D., Woodside, J., McLeod, C., & Abelson, J. (2003). How Can Research Organizations More Effectively Transfer Research Knowledge to Decision Makers? *The Milbank Quartely* , 81 (2), 221-248.

Lee, Y. S. (2000). The sustainability of university–industry research collaboration: an empirical assessment. *Journal of Technology Transfer* , 25 (2), 111-133.

Levitt, T. (1960). Marketing Myopia. *Harvard Business Review* , 45-56.

Li, C. H., Shyu, J. Z., & Yang, C. H. (2009). Public innomediary as driver for open innovation in national innovation system. *PICMET*, (págs. 187-199).

- Li, Z., Liu, M., Wang, Y., & Wu, J. (2010). Cluster density, external search and innovation performance: Evidence from the ZGC Science Park. *2010 International Conference on Management and Service Science*. MASS 2010.
- Lichtenthaler, U., & Ernst, H. (2008). Intermediary services in the markets for technology: Organizational antecedents and performance consequences. *Organizational Studies*, 29 (7), 1003-1038.
- Lichtenthaler, U., & Von Nell, P. S. (2011). Innovation intermediaries: A case of yet2.com. *International Journal of Technology Intelligence and Planning*, 7 (3), 215-231.
- Lund, R. (2007). The Organization of Actors' Learning in Connection with New Product Development. En J. L. Christensen, & B.-Å. Lundvall (Edits.), *Product Innovation, Interactive Learning and Economic Performance* (págs. 129-153). Bingley: Emerald.
- Lundvall, B.-Å. (1985). *Product Innovation and User-Producer Interaction*. Aalborg: Aalborg University Press.
- Lundvall, B.-Å. (1988). Innovation as an interactive process: from user-producer interaction to the national innovation system. En G. Dosi, C. Freeman, R. R. Nelson, G. Silverberg, & L. Soete, *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter.
- Lundvall, B.-Å. (1992). *National System of Innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. (B.-Å. Lundvall, Ed.) London: Pinter.
- Lundvall, B.-Å. (2007). National Innovation Systems-Analytical Concept and Development Tool. *Industry and Innovation*, 14 (1), 95-119.
- Lundvall, B.-Å. (2007). The Economics of Knowledge and Learning. En J. L. Christensen, & B.-Å. Lundvall (Edits.), *Product Innovation, Interactive Learning and Economic Performance* (Vol. 8, págs. 21-42). Bingley, UK: Emerald.
- Lundvall, B.-Å., & Christensen, J. L. (2007). Introduction: Product Innovation - On Why and How It Matters for Firms and the Economy. En J. L. Christensen, & B.-Å. Lundvall (Edits.), *Product Innovation, Interactive Learning and Economic Performance* (Vol. 8, págs. 1-18). Bingley, UK: Emerald.
- Lundvall, B.-Å., & Johnson, B. (1994). The Learning Economy. *Journal of Industry Studies*, 1 (2), 23-42.
- Lundvall, B.-Å., Johnson, B., Andersen, E. S., & Dalum, B. (2002). National systems of production, innovation and competence building. *Research Policy*, 213-231.
- Lundvall, B.-Å., Vang, J., Joseph, K. J., & Chaminade, C. (2009). Innovation system research and developing countries. En B.-Å. Lundvall, K. J. Joseph, C. Chaminade, J. Vang, E. Elgar, B.-Å. Lundvall, K. J. Joseph, C. Chaminade, & J. Vang (Edits.), *Handbook*

- of Innovation Systems and Developing Countries* (págs. 1-32). Cheltenham - Northampton: Edward Elgar Publishing.
- Lundvall, B.-Å., & Vinding, A. L. (2007). Product Innovation and Economic Theory - User-Producer Interaction in the Learning Economy. En J. L. Christensen, & B.-Å. Lundvall (Edits.), *Product Innovation, Interactive Learning and Economic Performance* (Vol. 8, págs. 101-128). Bingley, UK: Emerald.
- Lynn, L. H., Reddy, N. M., & Aram, J. D. (1996). Linking technology and institutions: the innovation community framework. *Research Policy*, 25, 91-106.
- Ma, T., Tian, Y., & Wu, X. (2009). The empirical impact of internal knowledge structure on the endogenous industrial clusters innovation: With Wuqueqiao industrial cluster in Suzhou city as example. *3rd International Conference on Genetic and Evolutionary Computing* (págs. 721-725). WGEC 2009.
- Maier, F. H. (1998). New product diffusion models in innovation management - a system dynamics perspective. *System Dynamics*, 285 - 308.
- Malerba, F. (2002). Sectoral systems of Innovation and production. *Research Policy*, 31, 247-264.
- Malerba, F. (2004). Sectoral system: how and why innovation differs across sectors. En J. Fagerberg, D. C. Mowery, & R. R. Nelson, *The Oxford Handbook of Innovation* (págs. 380-406). Oxford: Oxford University Press.
- Malerba, F. (2005). Sectoral system of innovation: a framework for linking innovation to the knowledge base, structure, and dynamics of sectors. *Economics of Innovation and New Technology*, 14 (1-2), 63-82.
- Malik, K. (2012). Use of knowledge brokering services in the innovation process. *2012 IEEE 6th International Conference on Management of Innovation and Technology* (págs. 273-278). ICMIT.
- Mantel, S. J., & Rosegger, G. (1987). The role of third-parties in the diffusion of innovations: a survey. En R. Rothwell, & J. Bessant (Edits.), *Innovation: Adaptation and Growth* (págs. 123-134). Amsterdam: Elsevier.
- Markman, G. D., Gianiodis, P. T., Phan, P. H., & Balkin, D. B. (2005). Innovation speed: Transferring university technology to market. *Research Policy*, 34, 1058-1075.
- Markman, G. D., Siegel, D. S., & Wright, M. (2008). Research and technology commercialization. *Journal of Management Studies*, 45 (8), 1401-1423.
- McEvily, B., & Zaheer, A. (1999). Bridging ties: a source of firm heterogeneity in competitive capabilities. *Strategic Management Journal*, 20, 1133-1156.

- Melkas, H., Parjanen, S., & Uotila, T. (2011). Distances, Knowledge Brokerage and Absorptive Capacity in Enhancing Regional Innovativeness: A Qualitative Case Study of Lahti Region, Finland. *European Planning Studies* , 19 (6), 921-948.
- Meyer-Krahmer, F., & Schmoch, U. (1998). Science-based technologies university–industry interactions in four fields. *Research Policy* , 27 (8), 835-852.
- Midgley, D. F., Morrison, P. D., & Roberts, J. H. (1992). The effect of network structure in industrial diffusion processes. *Research Policy* , 21 (6), 533-552.
- Miles, I. (2000). Services innovation: coming of age in the knowledge-based economy. *International Journal of Innovation Management* , 4, 371-389.
- Miles, I., Kastrinos, N., Flanagan, K., Bilderbeek, N., den Hertog, P., Huntink, N., y otros. (1995). *Knowledge-Intensive Business Services: user, carriers and sources of innovation*. Luxembourg: EIMS Publication No. 15, Innovation Market and Exploitation of Research, Commission of the European Communities.
- Millar, C. C., & Choi, C. J. (2003). Advertising and knowledge intermediaries: managing the ethical challenges of intangibles. *Journal of Business Ethics* , 48, 267-277.
- Miller, W. L., & Morris, L. (1998). *Fourth generation R&D*. New York: Wiley.
- Montoro-Sánchez, A., Mora-Valentín, E. M., & Ortiz-de-Urbina-Criado, M. (2011). Effects of knowledge spillovers on innovation and collaboration in science and technology parks. *Journal of Knowledge Management* , 15 (6), 948-970.
- Montoya, I. (2010). *Una contribución a la comprensión de las estrategias deliberadas y emergentes de las organizaciones, desde una perspectiva evolutiva*. Bogotá D.C.: Tesis presentada a la Universidad Nacional de Colombia para el grado de Doctor en Ciencias Económicas.
- Morgan, E., & Crawford, N. (1996). Technology broking activities in Europe - a survey. *International Journal of Technology Management* , 12 (3), 360-367.
- Morgan, K. (1997). The Learning Region: Institutions, Innovation and Regional Renewal. *Regional Studies* , 31 (5), 491-503.
- Mostafavi, A., Abraham, D. M., DeLaurentis, D., & Sinfield, J. (2011). Exploring the Dimensions of Systems of Innovation Analysis: A System of Systems Framework. *IEEE SYSTEMS JOURNAL* , 5 (2), 256 - 265.
- Muller, E., & Zenker, A. (2001). Business services as actors of knowledge transformation: the role of KIBS in regional and national innovation systems. *Research Policy* , 30, 1501-1516.

- Nahapiet, J., & Ghoshal, S. (1998). Social capital, intellectual capital, and the organizational advantage. *Academy of Management Review* , 37 (1), 59-76.
- Nambisan, S., & Sawhney, M. (2011). Orchestration processes in network-centric innovation: Evidence from the field. *Academy of Management Perspectives* , 25 (3), 40-57.
- Nelson, R. R. (1992). National Innovation Systems: A retrospective on Study. *Industrial and Corporate Change* , 1 (2), 347 - 374.
- Nelson, R. R. (1993). *National Innovation System. A Comparative Analysis*. (R. R. Nelson, Ed.) New York: Oxford University Press.
- Nelson, R. R., & Winter, S. G. (1982). *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge, MA: The Belknap Press of Harvard University Press.
- Nieto, M. J., & Rodríguez, A. (2012). The internationalization of knowledge-intensive business services: The effect of collaboration and the mediating role of innovation. *Service Industries Journal* , 32 (7), 1057-1075.
- Nishimura, J., & Okamuro, H. (2011). Subsidy and networking: The effects of direct and indirect support programs of the cluster policy. *Research Policy* , 40, 714-727.
- Nobelius, D. (2004). Towards the sixth generation of R&D management. *International Journal of Project Management* , 22, 369-375.
- Nonaka, I., Von Krogh, G., & Voelpel, S. (2006). Organizational knowledge creation theory: Evolutionary paths and future advances. *Organization Studies* , 27 (8), 1179-1208.
- OECD. (2005). *Oslo Manual: Proposed guidelines for collecting and interpreting innovation data* (Third edition ed.). Paris.
- O'Farrell, P. N., & Moffat, L. A. (1991). An interaction model of business service production and consumption. *British Journal of Management* , 2, 205-221.
- O'Farrell, P. N., & Wood, P. A. (1999). Formation of strategic alliances in business services: towards a new client-oriented conceptual framework. *The Services Industries Journal* , 19, 133-151.
- Padgett, J. F. (1997). The emergence of simple ecologies of skill: a hypercycle approach to economic organization. En W. B. Arthur, S. N. Durlauf, & D. A. Lane (Edits.), *The Economy as an Evolving Complex System II*. Addison-Wesley: Reading MA.
- Padgett, J. F., Lee, D., & Collier, N. (2003). Economic Production as Chemistry. *Industrial and Corporate Change* , 12, 843-877.

- Padgett, J. F., McMahan, P., & Zhong, X. (2009). Economic Production as Chemistry II. *Working Papers* . Paper 10.
- Padilla-Pérez, R., Vang, J., & Chaminade, C. (2009). Regional innovation systems in developing countries: integrating micro and meso-level capabilities. En B.-Å. Lundvall, K. J. Joseph, C. Chaminade, & J. Vang (Edits.), *Handbook of Innovation Systems and Developing Countries* (págs. 140-182). Cheltenham, UK and Northampton, MA, USA: Edward Elgar.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. New York: Basic Books.
- Parjanen, S., Melkas, H., & Outila, T. (2011). Distances, Knowledge Brokerage and Absorptive Capacity in Enhancing Regional Innovativeness: A Qualitative Case Study of Lahti Region, Finland. *European Planning Studies* , 19 (6), 921-948.
- Pawlowski, S. D., & Robey, D. (2004). Bridging User Organizations: Knowledge Brokering and the Work of Information Technology Professionals. *MIS Quarterly* , 28 (4), 645-672.
- Penrose, E. T. (1959). *The Theory of the Growth of the Firm* . New York: John Wiley.
- Pérez-Pérez, M., & Montoro-Sánchez, A. (2003). The development of university spin-offs: Early dynamics of technology transfer and networking. *Technovation* , 23 (10), 823-831.
- Perrow, C. B. (1993). Small Firm Networks. En R. Swedberg (Ed.), *Explorations in Economic Sociology* (págs. 277-402). New York: Russell Sage Found.
- Peutz, M., & Stultiëns, R. (2010). Enhancing innovation in Small and Medium-sized Enterprises through short-term placement of Innovation Officers. *Proceedings of the XXI ISPIM conference, The dynamics of innovation*. Bilbao: ISPIM.
- Pilorget, L. (1993). Innovation consultancy services in the European community. *International Journal of Technology Management* , 8, 687-696.
- Pomareda, C., & Hartwich, F. (2006). *Innovación agrícola en América Latina. Comprendiendo el papel del sector privado*. Washington, USA: IFPRI.
- Ponsiglione, C., Quinto, I., & Zollo, G. (2014). Bridging the SKIN model to the debate on territorial innovation systems: the proposal of an agent-based model of self-sustaining regional innovation systems. *SKIN 3 Workshop Joining Complexity Science and Social Simulation for Policy*. Budapest: Eötvös Lorán University.
- Popp, A. (2000). 'Swamped in information but starved of data': information and intermediaries in clothing supply chains. *Supply Chain Management* , 5, 151-161.

- Powell, W. W. (1990). Neither Market nor Hierarchy: Network forms of organization. *Research in Organizational Behavior* , 12, 295-336.
- Powell, W. W., & Grodal, S. (2005). Networks of innovators. En J. Fagerberg, D. C. Mowery, & R. R. Nelson (Edits.), *The Oxford Handbook of Innovation*. Oxford, New York: Oxford University Press.
- Powell, W. W., Koput, K. W., & Smith-Doerr, L. (1996). Interorganizational collaboration and the locus of innovation: Networks of learning in biotechnology. *Administrative Science Quarterly* , 41, 116-145.
- Prahalad , C. K., & Hamel , G. (1990). The core competence of the corporation. *Harvard Business Review* , 68 (3), 79-91.
- Prandelli, E., Sawhney, M., & Verona, G. (2006). Innovation and virtual environments: Towards virtual knowledge brokers. *Organization Studies* , 27 (6), 765-788.
- Provan, K. G., & Human, S. E. (1999). Organizational learning and the role of the network broker in small-firm manufacturing networks. En A. Grandori (Ed.), *Interfirm Networks: Organization and Industrial Competitiveness* (págs. 185-207). London: Routledge.
- Pyka, A., Gilbert, N., & Ahrweiler, P. (2007). Simulating Knowledge Generation and Distribution Processes in Innovation Collaborations and Networks. *Cybernetics and Systems* , 38, 667-693.
- Pyka, A., Gilbert, N., & Ahrweiler, P. (2009). Agent-Based Modelling of Innovation Networks: The Fairytale of Spillover. En A. Pyka, & A. Scharnhorst (Edits.), *Innovation Networks. New Approaches in Modelling and Analyzing* (págs. 101-126). Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Pyka, A., & Scholz, R. (2008). A Narrative Description of the Agent Based NEMO-Model. *NEMO-Working paper* .
- Rahmandad, H., & Sterman, J. (2008). Heterogeneity and Network Structure in the Dynamics of Diffusion: Comparing Agent-Based and Differential Equation Models. *Management Science* , 54 (5), 998-1014.
- Resnick, M. (2001). *Tortugas, termitas y atascos de tráfico: exploraciones sobre micromundos masivamente paralelos* (Vol. 37). (J. A. Álvarez, Trad.) Gedisa.
- Rivera-Huerta, R., Dutrénit, G., Ekboir, J. M., Sampedro, J. L., & Vera-Cruz, A. O. (2011). Do linkages between farmers and academic researchers influence researcher productivity? The Mexican case. *Research Policy* , 40, 932-942.
- Robledo, J. (2010). *Introducción a la Gestión Tecnológica*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.

- Robledo, J. (2013). *Introducción a la Gestión de la Tecnología y la Innovación*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín.
- Robledo, J., & Ceballos, Y. (2008). Estudio de un proceso de innovación utilizando la dinámica de sistemas. *Cuadernos de Administración* , 21 (35), 127-159.
- Rogers, E. M. (1962). *Diffusion of Innovations*. New York: The Free Press.
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of Innovations* (5 ed.). New York, London, Toronto, Sydney, Singapore: Free Press.
- Rosenkopf, L., Ungar, L. H., & Upham, S. P. (2010). Innovating knowledge communities: An analysis of group collaboration and competition in science and technology. *Scientometrics* , 83 (2), 525-554.
- Rothaermel, F. T., Agung, S. D., & Jiang, L. (2007). University entrepreneurship. A taxonomy of literature. *Industrial and Corporate Change* , 16 (4), 691-791.
- Rothwell, R. (1994). Towards the Fifth-generation Innovation Process. *International Marketing Review* , 11 (1), 7-31.
- Roussel, P., Saad, K., & Erickson, T. (1991). *Third generation R&D*. Boston (MA): Arthur D. Little Inc.
- Roxas, S. A., Piroli, G., & Sorrentino, M. (2011). Efficiency and evaluation analysis of a network of technology transfer brokers. *Technology Analysis & Strategic Management* , 23 (1), 7-24.
- Rycroft, R. W., & Kash, D. E. (1999). *The Complexity Challenge: Technological Innovation for the 21st Century. Science, Technology, and the International Political Economy Series* . NY: A Cassell Imprint.
- Sakakibara, M. K. (1997). Heterogeneity of firm capabilities and cooperative research and development: An empirical examination of motives. *Strategic Management Journal* , 18 (SPEC. ISS), 143-164.
- Sampedro, J. L., Vera-Cruz, A. O., & González, C. R. (2016). La Fundación Produce Puebla y el estímulo al emprendedurismo de jóvenes del sector rural. En A. O. Vera-Cruz, & G. Dutrénit (Edits.), *Sistema de Innovación del Sector Agropecuario Mexicano: Tendiendo puentes entre los actores de la innovación*. México: UAM/Miguel Angel Porrúa.
- Sapsed, J., Grantham, A., & DeFillippi, R. (2007). A bridge over troubled waters: bridging organisations and entrepreneurial opportunities in emerging sectors. *Res. Policy* , 36 (9), 1314-1334.

Sargent, R. G. (2005). Verification and Validation of Simulation Models. En M. E. Kuhl, N. M. Steiger, F. B. Armstrong, & J. A. Joines (Ed.), *Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference*, (págs. 130-143).

Schumpeter, J. A. (1934). *The Theory of Economic Development*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

Schwandt, D. R., & Marquardt, M. J. (2000). *Organizational Learning: From World-Class Theories to Global Best Practices*. Chicago: St. Lucie Press.

Seaton, R. A., & Cordey-Hayes, M. (1993). The development and application of interactive models of industrial technology transfer. *Technovation* , 13, 45-53.

Shohert, S., & Prevezer, M. (1996). UK biotechnology: institutional linkages, technology transfer and the role of intermediaries. *R&D Management* , 26, 283-298.

Shyu, J. Z., & Yang, C. H. (2011). The role and typology of innovation intermediation in the context of technological regime and service pattern. *PICMET*. Proceedings.

Sieg, J. H., Wallin, M. W., & von Krogh, G. (2010). Managerial challenges in open innovation: A study of innovation intermediation in the chemical industry. *R and D management* , 40 (3), 281-291.

Siegel, D. S. (Ed.). (2006). *Technology entrepreneurship: Institutions and agents involved in university technology transfer* (Vol. 1). Cheltenham: Edgar Elgar.

Simon, H. (1955). A behavioral Model of Rational Choice. *Quarterly Journal of Economics*, 69, 99-108.

Simon, H. A. (1956). Rational choice and the structure of the environment. *Psychological Review* , 63 (2), 129-138.

Simon, H. A. (1957). A Behavioral Model of Rational Choice. En H. A. Simon, *Models of Man, Social and rational: Mathematical Essays on Rational Human Behavior in a Social Setting*. New York: Wiley.

Smedlund, A., & Toivonen, M. (2007). The role of KIBS in the IC development of regional clusters. *Journal of Intellectual Capital* , 8 (1), 159-170.

Smits, R. (2002). Innovation studies in the 21st century: questions from a user's perspective. *Technol. Forecast. Soc. Change* , 69 (9), 861-883.

Smits, R., & Kuhlmann, S. (2004). The rise of systemic instruments in innovation policy. *Int. J. Foresight and Innovation Policy* , 1 (1-2), 3-30.

- Solleiro, J., & Del Valle, M. (1996). *El cambio tecnológico en la agricultura y las agroindustrias en México. Propuestas para una nueva dinámica en la actividad productiva*. México: UNAM - CIT - IIEC y Editorial Siglo XXI.
- Sonnenberg, H. (1993). Balancing speed and quality in product innovation. *Canadian Business Review* , 17 (3), 19-22.
- Spithoven, A., & Knockaert, M. (2011). The role of business centres in firms' networking capabilities and performance. *Science and Public Policy* , 38 (7), 569-580.
- Stankiewicz, R. (1995). The role of the science and technology infrastructure in the development and diffusion of industrial automation in Sweden. En B. Carlsson (Ed.), *Technological System and Economic Performance: The Case of Factory Automation* (págs. 165-210). Kluwer: Dordrecht.
- Sterman, J. D. (2000). *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. Bostón: Jeffrey J. Shelstad.
- Storper, M. (1995). Regional technology coalitions An essential dimension of national technology policy. *Research Policy* , 24, 895 - 911.
- Suvinen, N., Konttinen, J., & Nieminen, M. (2010). How Necessary are Intermediary Organizations in the Commercialization of Research? *European Planning Studies* , 18 (9), 1365-1389.
- Swan, J., Scarbrough, H., & Robertson, M. (2002). The construction of 'communities of practice' in the management of innovation. *Manag. Learn.* , 33 (4), 477-496.
- Szulanski, G. (1996). Exploring Internal Stickiness: Impediments to the Transfer of Best Practice Withing The Firm. *Strategic Management Journal* , 17, 27-43.
- Takeuchi, H., & Nonaka, I. (January-February de 1986). The New New Product Development Game. *Harvard Business Review* , 1-11.
- Teece, D. J. (1986). Profiting from Technological Innovation. *Research Policy* , 15 (6), 285-305.
- Teece, D. J. (1988). Technological change and the nature of the firm. En G. Dosi, C. Freeman, R. R. Nelson, G. Silverberg, & L. Soete (Edits.), *Technical change and economic theory*. London and New York: Pinter Publisher.
- Teece, D. J. (1988). *The Competitive Challenge: Strategies for Industrial Innovation and Renewal*. Cambridge, MA: Ballinger.
- Teece , D. J., & Pisano, G. (1994). The Dynamic Capability of Firms: an Introduction. *Industrial and Corporate Change* , 3 (3), 537-555.

- Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic Capabilities and Strategic Management. *Strategic Management Journal*, 18 (7), 509-533.
- Terwiesch, C., & Bohn, E. R. (2001). Learning and process improvement during production ramp-up. *International Journal of Production Economics*, 70 (1), 1-19.
- Torres, A. (2016). Intermediación para la transferencia de conocimiento e innovación: el caso de la Fundación Produce de Nuevo León. En A. O. Vera-Cruz, & G. Dutrénit (Edits.), *Sistema de Innovación del Sector Agropecuario Mexicano: Tendiendo puentes entre los actores de la innovación*. México: UAM/Miguel Angel Porrúa.
- Torres, A., & Vera-Cruz, A. O. (2016). Intermediación para el aprendizaje tecnológico de los productores de Jamaica en la Fundación Produce Puebla. En A. O. Vera-Cruz, & G. Dutrénit (Edits.), *Sistema de Innovación del Sector Agropecuario Mexicano: Tendiendo puentes entre los actores de la innovación*. México: UAM/Miguel Angel Porrúa.
- Triulzi, G., Scholz, R., & Pyka, A. (2011). *R&D and knowledge dynamics in university-industry relationships in biotech and pharmaceuticals: An agent-based model*. FZID discussion papers.
- Trott, P. (2005). *Innovation Management and New Product Development* (3rd Edition ed.). Prentice Hall.
- Tukey, J. W. (1994). *The Collected Works of John W. Tukey* (Vols. VIII: Multiple Comparisons, 1948-1983). (H. I. Braun, Ed.) New York: Chapman & Hall
- Turpin, T., Garrett-Jones, S., & Rankin, N. (1996). Bricoleurs and boundary riders: managing basic research and innovation knowledge networks. *R&D Management*, 26, 267-282.
- Van de Ven, A. H. (1993). A community perspective on the emergence of innovations. *Journal of Engineering and Technology Management*, 10 (1-2), 23-51.
- Van der Meulen, B., & Rip, A. (1998). Mediation in the Dutch science system. *Research Policy*, 27, 757-769.
- Van Lente, H., Hekkert, M., Smits, R., & Van Waveren, B. (2003). Roles of systemic intermediaries in transition processes. *International Journal of Innovation Management*, 7 (3), 1-33.
- Vera-Cruz, A. O., Dutrénit, G., & Caballero, R. (2016). Las Fundaciones Produce como organizaciones intermediarias de innovación: una agrupación de acuerdo a sus funciones. En A. O. Vera-Cruz, & G. Dutrénit (Edits.), *Sistema de Innovación del Sector Agropecuario Mexicano: Tendiendo puentes entre los actores de la innovación*. México: UAM/Miguel Angel Porrúa.

Vera-Cruz, A. O., & Dutrénit, G. (2016). Introducción. En A. O. Vera-Cruz, & G. Dutrénit (Edits.), *Sistema de Innovación del Sector Agropecuario Mexicano: Tendiendo puentes entre los actores de la innovación*. México: UAM/Miguel Angel Porrúa.

Vinding, A. L. (2007). Interaction Between Firms and Knowledge Institutions. En J. L. Christensen, & B.-Å. Lundvall (Edits.), *Product Innovation, Interactive Learning and Economic Performance* (págs. 257-283). Bingley: Emerald.

Wang, C., Lu, I., & Chen, C. (2009). Evaluating firm technological innovation capability under uncertainty. *Technovation*, 28, 349-363.

Watkins, D., & Horley, G. (1986). Transferring technology from large to small firms: the role of intermediaries. En T. Webb, T. Quince, & D. Watkins (Edits.), *Small Business Research* (págs. 215-251). Aldershot: Gower.

Watts, C., & Binder, C. R. (2012). Simulating Shocks with the Hypercycles Model of Economic Production. En R. Seppelt, A. A. Voinov, S. Lange, & D. Bankamp (Ed.), *International Environmental Modelling and Software Society (iEMSS) 2012 International Congress on Environmental Modelling and Software Managing Resources of a limited Planet*. Leipzig: Sixth Biennial Meeting.

Wei, J., & Zhu, H. (2009). The role of knowledge-intensive business service in the evolution of cluster network structure: An empirical study from China socks cluster. *IEEE 2009 - IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, (págs. 983-987).

Wernerfelt, B. A. (1984). Resource-based view of the firm. *Strategic Management Journal*, 5, 171-180.

Westhead, P. (1997). R&D inputs and outputs of technology-based firms located in and off science parks. *R&D Management*, 27 (1), 45-62.

Wilensky, U. (1999). *NetLogo*. <http://ccl.northwestern.edu/netlogo/>. Evanstone, IL: Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University.

Williams, P. (2002). The competent boundary spanner. *Public Adm.*, 80 (1), 103-124.

Williamson, O. E. (1985). *The Economic Institutions of Capitalism: Firms, Markets, Relational Contracting*. New York: The Free Press A Division of Macmillan, Inc.

Williamson, O. E. (1993). Transaction cost economics and organization theory. *Industrial and Corporate Change*, 2 (1), 107-156.

Winch, G., & Courtney, R. (2007). The organization of innovation brokers: An international review. *Technology Analysis & Strategic Management*, 19 (6), 747-763.

Winter, S. G. (2000). The satisficing principle in capability learning. *Strategic Management Journal* , 21 (10-11), 981-996.

Witt, U. (2008). What is specific about evolutionary economics? *Journal of Evolutionary Economics* , 18 (5), 547-576.

Wolpert, J. D. (August de 2002). Breaking out of the innovation box. *Harvard Business Review* , 77-83.

Wood, P. A. (2002). *Consultancy and Innovation: The Business Service Revolution in Europe*. London: Routledge.

Yam, R., Guan, J., Pun, K., & Tang, E. (2004). An Audit of Technological Innovation Capabilities in Chinese Firm: Some Empirical Findings in Beijing, China. *Research Policy*, 33 (8), 1123-1140.

Zirger, B. J. (1996). The effect of acceleration techniques on product development time. *IEEE Transactions on Engineering Management* , 43 (2), 143-152.

Zollo, G., Crescenzo, E., & Ponsiglione, C. (2011). A gap analysis of regional innovation systems (RIS) with medium-low innovative capabilities: the case of Campania Region (Italy). *European University Network on Entrepreneurship Conference*. ESU.