



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

La interacción entre innovación y estructura de mercado en una economía no desarrollada

Ancelmo José Vega Armenta

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Económicas, Doctorado en Ciencias Económicas
Bogotá, Colombia

2014

La interacción entre innovación y estructura de mercado en una economía no desarrollada

Ancelmo José Vega Armenta

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para optar al título
de:

Doctor en Ciencias Económicas

Director:

Ph.D., Oscar Benavides González

Línea de Investigación:
Economía del Desarrollo

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Económicas, Doctorado en Ciencias Económicas
Bogotá, Colombia

2014

A la memoria de mi padre, y a mi madre, por sus enseñanzas.

A Elsa Yanuba, Amalia Yanuba y Alfredo José, por el afecto y la paciencia.

Agradecimientos

Al Centro de Estudios Interdisciplinarios Básicos y Aplicados en Complejidad (CEIBA) por el apoyo financiero brindado en la primera etapa de formulación del proyecto doctoral.

Al Doctor Oscar Benavides González, docente de dedicación exclusiva de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Nacional (Bogotá) por su confianza y certeros aportes que hicieron posible la culminación de la investigación.

Resumen

El objetivo de este trabajo de investigación doctoral es el análisis de la interacción entre los resultados de las actividades de imitación e innovación tecnológica y la competencia empresarial como parte fundamental del proceso de cambio tecnológico en una industria vinculada al procesamiento de un recurso natural de origen agrícola en una economía no desarrollada. Con fundamento en el modelo teórico y metodológico evolucionista de las interdependencias Micro-Meso-Macro (M-M-M) en un sistema económico, en este caso una industria, y mediante el empleo de la simulación y la calibración de un modelo basado en agentes (ABM), se hace viable la inclusión analítica explícita de las características del arreglo institucional vigente en el ámbito meso determinante y, a la vez, determinado por la capacidad de auto-organización en el ámbito micro y el orden emergente macro. Como resultado se obtiene una interpretación enriquecedora y sutil de las características del cambio tecnológico en términos de comportamiento innovador e imitador, y del papel de las instituciones como el componente que brinda cierta estabilidad y, simultáneamente, posibilita propuestas estratégicas que potencian el cambio tecnológico. De manera específica, las ventajas de apropiación de las empresas son determinantes del cambio tecnológico en tanto que permiten mayores tasas de acumulación de capital que, a su vez, incrementa las posibilidades de éxito innovador/imitador.

Palabras clave: Cambio tecnológico industrial, perspectiva económica evolucionista, estructura de mercado, estructura micro-meso-macro, modelo basado en agentes

Abstract

The aim of this doctoral research is the analysis of the interaction between the results of the activities of imitation and technological innovation and entrepreneurship competition as part of the process of technological change in an industry related to the processing of a natural resource of agricultural origin in an undeveloped economy. Based on the theoretical and methodological evolutionary model of Micro-Meso-Macro (MMM) interdependencies in an economic system, in this case an industry, and by using simulation and calibration of an agent-based model (ABM), becomes viable analytical and explicit inclusion of the current institutional arrangement features in the meso level that is both the determining and determined by the ability of self-organization in the micro and

macro level emergent order. The result is a rich and subtle interpretation of the characteristics of technological change in terms of innovative and imitative behavior, and the role of institutions such as the component that provides some stability and simultaneously enables strategic proposals that enhance technological change. Specifically, the market advantages of the companies are determinants of technological change while allowing higher rates of accumulation capital, in turn, increases the chances of innovative / imitative success.

Keywords: Industrial technological change, economic evolutionary perspective, market structure, micro-meso-macro framework, agent-based model

JEL Classification O330 · B52 · L100 · C630

Contenido

	Pág.
Resumen.....	IX
Lista de figuras.....	XIII
Introducción.....	1
1. El vínculo complejo entre innovación, competición y desempeño tecnológico	7
1.1 Antecedentes: La relación de causalidad entre estructura de mercado e innovación..8	
1.1.1 El paradigma estructura-conducta-desempeño y las hipótesis schumpeterianas	9
1.1.2 Dinámica industrial: La endogenización de la estructura de mercado.....	10
1.1.3 El enfoque neo-schumpeteriano: dinámica competitiva y cambio tecnológico industrial	14
1.2 Un marco teórico M-M-M para el estudio de la interacción entre resultado innovador/imitador empresarial y la estructura de mercado.....	22
1.2.1 Elementos de la estructura analítica evolucionista M-M-M	23
1.2.2 Las reglas genéricas: Tecnologías físicas y sociales.....	26
1.2.3 El ámbito meso: Las reglas genéricas y las poblaciones de portadores	27
1.2.4 El ámbito macro: La instancia del orden.....	28
1.2.5 El ámbito micro: El espacio de los agentes, sus funciones e interacciones.	28
1.2.6 La trayectoria meso: La instancia del cambio	29
2. Metodología: Modelado basado en agentes y cambio tecnológico industrial	35
2.1 Hitos en el desarrollo de la industria de transformación de café en Colombia (1990-2012).....	37
2.2 Modelo basado en agentes (ABM) y simulación computacional de la interacción entre progreso tecnológico y estructura de mercado	50
2.2.1 Agentes en el modelo: Características y funciones	51
2.2.2 Procesos y plan general del modelo de simulación	54
2.2.3 Submodelo 1: régimen tecnológico (RT), trayectorias tecnológicas (TT) y segmentos de la producción (SP) en la industria.....	58
2.2.4 Submodelo 2. Competición y cooperación entre agentes.....	62
3. Resultados	69
3.1 Calibración y convergencia del MBA	69
3.2 Estructura de mercado y desempeño tecnológico por segmento de la producción 72	
3.2.1 Escenario 1: Presencia activa de las OPA y el gobierno	72
3.2.2 Escenario 2: Ausencia de las OPA y el gobierno.....	85

4. Conclusiones y recomendaciones.....	99
Anexo A. Formato de encuesta a empresas.....	103
Anexo B. Escenario 1: Valores promedios de la simulación (OPA y gobierno) vs. valores iteración No. 30.	123
Anexo C. Escenario 2: Valores promedios de la simulación vs. valores iteración No. 44.	124
Anexo D. Código ABM.	125
Bibliografía.....	144

Lista de figuras

Figura 2-1. Participación del grupo industrial CIU 156 en el producto y el valor agregado (VA) industrial nacional.....	38
Figura 2-2. Consumo de energía por clases industriales (2000-11).....	39
Figura 2-3. Relación entre activos netos y sueldos y salarios pagados en cada clase industrial (2000-2011).....	39
Figura 2-5. Producción (Q), exportaciones (X) y consumo doméstico de café* (1990-2010).....	40
Figura 3-1. Red de nodos y trayectorias tecnológicas. ⁽¹⁾	71
Figura 3-2. Dinámica de la productividad, participación en el mercado y acumulación de capital de las empresas innovadoras del SP-1.	75
Figura 3-3. Capital, productividad por unidad de capital y grado de concentración del mercado.	76
Figura 3-4. Dinámica de la productividad de empresas innovadoras e imitadoras en el SP-2.	78
Figura 3-5. Dinámica de la participación de empresas imitadoras e innovadoras (SP-2).	79
Figura 3-6. Dinámica promedio de la productividad, participación en el mercado y acumulación de capital en el SP-2.....	80
Figura 3-7. Capital, productividad por unidad de capital y grado de concentración del mercado.	82
Figura 3-8. Dinámica del promedio de la productividad, participación en el mercado y acumulación de capital de las empresas en el SP-3.	83
Figura 3-9. Dinámica del promedio de la productividad, participación en el mercado y acumulación de capital de las empresas en el SP-1.	89
Figura 3-10. Cambio tecnológico y de acumulación de capital en el SP-2.....	91
Figura 3-11. Dinámica de la participación en el mercado en el SP-2.....	91
Figura 3-12. Dinámica de la productividad acumulación de capital de empresas entrantes en el SP-2.....	92
Figura 3-13. Dinámica del promedio de la productividad, participación en el mercado y acumulación de capital de las empresas (SP-2).	93
Figura 3-14. Cambios en la productividad y acumulación de capital de empresas (SP-2).	95
Figura 3-15. Dinámica del promedio de la productividad, participación en el mercado y acumulación de capital de las empresas en el SP-3.	96

Introducción

El análisis teórico y empírico de la relación entre innovación y estructura de mercado surge a mediados del siglo XX como la derivación microeconómica del estudio del crecimiento económico asociado al cambio técnico;¹ desde entonces se ha realizado una copiosa cantidad de trabajos con el objetivo de evaluar las denominadas “hipótesis Schumpeterianas” sobre la relación de causalidad que va de la estructura de mercado, medida por el grado de concentración de la industria y el tamaño de las empresas, a la actividad innovadora, estimada por el número de patentes, en industrias localizadas en economías desarrolladas.² En este tipo de análisis prima el concepto de estructura de mercado definida de manera exógena a la industria y la idea convencional de innovación derivada del comportamiento homogéneo de las empresas motivado en la maximización de beneficios, en interacciones simplificadas en mercados más o menos competitivos.

Esta corriente analítica, inscrita en la perspectiva teórica de la organización industrial, sobrevalora la presencia de grandes empresas monopólicas u oligopolios como motores del cambio tecnológico industrial (Scherer F. M., 1992), sesgo que dificulta el acercamiento a otras cuestiones pertinentes y relevantes como el tipo de actividades donde dichas empresas tienen realmente ventajas, las diferencias de tamaño y grado de apertura del mercado, la oportunidad y las condiciones de apropiación tecnológica en las industrias, entre otras. Sus resultados, por cierto, no son concluyentes respecto a la identificación del tamaño óptimo de empresa, o la preeminencia de estructuras de monopolio u oligopolio como determinantes últimos de la actividad y el esfuerzo innovador de las empresas (Kamien & Schwartz, 1989).

Posteriormente, a partir de la década de los sesenta del siglo pasado, los estudios sobre innovación en empresas e industrias introducen nuevos elementos para la comprensión de las características microeconómicas y macroeconómicas de la interacción entre cambio tecnológico y estructura de mercado. De manera específica, los modelos teóricos del “ciclo de vida del producto” y “dinámica industrial” retoman la idea Schumpeteriana de la innovación como fenómeno endógeno de la industria y motor de su desarrollo en el tiempo (Dosi G., 1984) para destacar el papel decisivo del comportamiento diferenciado

¹ Subodh (2002) identifica dos grandes líneas en el análisis teórico y empírico del fenómeno del cambio técnico asociado al crecimiento económico: i) el proceso mediante el cual los recursos se transforman en avance técnico, la determinación del tipo de rendimientos a escala asociados a él y sus repercusiones sobre el crecimiento agregado de la economía; y, ii) la determinación del ambiente o condiciones del mercado propicias a la actividad innovadora en el marco del análisis de la relación entre innovación y evolución de las industrias.

² Ver las revisiones detalladas de la discusión teórica y empírica respecto a las hipótesis schumpeterianas en Calderini & Garrone (2003), Symonides (1996), Scherer (1992), Cohen & Levin (1989), Kamien & Schwartz (1989), y una síntesis comprehensiva en Dosi (1984).

de las empresas respecto a los procesos de aprendizaje y el desarrollo de capacidades como determinantes del desarrollo tecnológico empresarial e industrial. Más recientemente, a partir de los años ochenta, los aportes neo-Schumpeteriano y evolucionista al debate reintroducen las ideas, también Schumpeterianas, sobre la competición o rivalidad empresarial soportada en la actividad innovadora como motor del avance tecnológico industrial. Ambos enfoques teóricos, si bien contienen frecuentes referencias al papel de las instituciones en el desempeño tecnológico industrial, no avanzan significativamente en su tratamiento analítico.

Respecto a las economías de menor desarrollo industrial el análisis teórico y empírico del cambio tecnológico en relación con las estructuras de mercado es escaso, abordado con fundamento en los mismos supuestos, el empleo de las mismas metodologías y con objetivos semejantes a los propuestos para las economías industrialmente desarrolladas (Cooper, 1994). Así, por ejemplo, Subodh (2002) estudia la relación de causalidad entre tamaño de las empresas y grado de concentración en el mercado y la decisión empresarial sobre innovación para el caso de la India liberalizada durante el período 1992-1997 sin encontrar evidencia empírica que soporte la hipótesis que las grandes empresas o firmas con poder de mercado son más innovadoras. Este autor cita el estudio de Braga & Willmore (1991) sobre la relación positiva entre importación de tecnología y esfuerzo innovador, en términos de gastos en investigación y desarrollo (I&D), en empresas industriales brasileñas sin resultados concluyentes. En el caso específico colombiano Garay, *et al.*, (1998) abordan marginalmente el tema de los determinantes de los cambios en la estructura industrial y el grado de concentración en el mercado y sus efectos en la transformación tecnológica en diferentes subsectores manufactureros durante el período 1974-1994; sin embargo, el alto grado de agregación de los datos que soportan el estudio solo permite una descripción general del fenómeno, sin permitir ahondar en el análisis de relaciones significativas y concluyentes.³

En la literatura económica sobre esta temática no se identifica, en consecuencia, una corriente sistemática de estudio referida a las condiciones particulares de las economías de menor desarrollo industrial. De acuerdo con Katz (2006) y Katz & Stumpo (2001), ha existido cierto sesgo analítico que, derivado de la percepción generalizada de que la actividad innovadora empresarial en el contexto de los países no industrializados se restringe a la importación y adaptación a las condiciones locales de la tecnología generada en los países industrializados, ha privilegiado el estudio de las características e impactos de los procesos de transferencia tecnológica en detrimento del interés en el tratamiento de tópicos igualmente relevantes como los procesos endógenos de aprendizaje y el desarrollo de capacidades tecnológicas asociados a la generación, apropiación, difusión y uso del conocimiento. Según estos autores, en las economías no desarrolladas empresas pequeñas y medianas realizan cierto tipo de actividad innovadora de tipo incremental, soportada en el aprendizaje en la práctica productiva y la imitación, estimulada por el crecimiento de la demanda doméstica y externa, y otros factores tecnológicos e institucionales en el contexto de mercados más o menos concentrados.

Por otra parte, en años recientes en muchos países, incluidos aquellos de menor desarrollo industrial, han proliferado los estudios sobre aglomeraciones (*clusters*), cadenas productivas, y respecto al desarrollo y promoción de Sistemas de Innovación, en

³ Los autores analizan el sector industrial manufacturero agregado a tres y cuatro dígitos según la Clasificación Internacional Industrial Uniforme (CIIU), 2ª revisión adaptada para Colombia.

sus diversos órdenes geográficos y de agregación analítica, los cuales han abordado el estudio del desarrollo de competencias asociadas al fortalecimiento de capacidades de innovación empresarial en relación con las posibilidades de acceso a los mercados internacionales. No obstante, pese a sus aportes significativos respecto a la importancia de las políticas públicas sobre el desempeño innovador y el cambio tecnológico, parecen obviar el papel crucial de la estructura y el poder de mercado en la dinámica tecnológica industrial.

Con estos antecedentes se formulan dos preguntas que orientan la investigación, a saber: ¿Qué características presenta la interacción entre la actividad innovadora e imitadora, asociadas al aprendizaje en la práctica productiva, con las estructuras en el mercado? y, en estrecha relación con lo anterior, ¿de qué manera ésta interacción afecta el desempeño tecnológico empresarial en un subgrupo industrial manufacturero en una economía no industrializada? Tres hipótesis subyacen a éstos cuestionamientos, primera, el reconocimiento de la existencia de cierto tipo de actividad innovadora e imitadora empresarial que, en el contexto del subdesarrollo, se soportan en limitadas capacidades tecnológicas y, primordialmente, en actividades de aprendizaje en la práctica productiva, cuyas características y efectos difieren de la actividad innovadora propiamente dicha (estricta), agenciada por empresas nuevas entrantes característica del análisis referido a las industrias en las economías desarrolladas.

Segunda, las empresas locales, aun en las economías no industrializadas, compiten en los mercados respaldadas por sus capacidades y estrategias limitadas y, de acuerdo con el planteamiento Schumpeteriano, incentivadas por la búsqueda de beneficios económicos positivos; competición que resulta especialmente compleja, lejos de las trayectorias suaves previstas por los modelos convencionales, en razón del rezago tecnológico, organizacional e institucional y la estrechez de los mercados. De acuerdo con Katz(2000), en la transformación de las capacidades tecnológicas y productivas de las industrias localizadas en las economías menos desarrolladas también se verifican dinámicas Schumpeterianas del tipo “creación-destrucción” caracterizadas por el surgimiento de nuevas actividades productivas y la introducción de tecnologías modernas en actividades tradicionales.

Y, tercera, en marcado contraste con lo que sucede en las economías desarrolladas respecto a las cuales numerosos estudios de caso enmarcados en los modelos de organización industrial, ciclo de vida y dinámica industrial dan cuenta de una vigorosa actividad innovadora en estructuras de mercado en un amplio rango que va desde las muy competitivas hasta las fuertemente concentradas (monopolios y oligopolios), en las economías menos desarrolladas existe cierto tipo de actividad innovadora e imitadora agenciada por grandes, medianas y pequeñas empresas locales estimuladas por el crecimiento de la demanda, doméstica y externa, y otros factores tecnológicos e institucionales, en estructuras de mercado más o menos concentradas cuyos liderazgos, sin embargo, se encuentran en amenaza permanente por agentes empresariales locales y foráneos.

Con fundamento en el modelo teórico y metodológico evolucionista⁴ de las interdependencias Micro-Meso-Macro (M-M-M) en un sistema económico, en este caso

⁴ De acuerdo a Nelson (1995), la perspectiva económica evolucionista moderna se caracteriza por el análisis dinámico que explica el movimiento de las cosas a través del tiempo; en sus palabras, “la manera como éstas son lo que son en un momento determinado en términos de elementos aleatorios que generan cambios

una industria en el contexto de una economía no desarrollada, cuyos referentes teóricos se encuentran en Foster & Potts (2009), Dopfer (2007), Potts (2007), Dopfer, Foster y Potts (2004) y Dopfer & Potts (2004; 2004a), en esta investigación se analiza la interacción entre actividad innovadora e imitadora y la competición empresarial en tanto que parte sustancial del cambio tecnológico en una industria de procesamiento de un recurso natural de origen agrícola en la economía colombiana.⁵

Como elemento analítico distintivo del enfoque evolucionista adoptado, el estudio del cambio tecnológico asume condiciones de no-equilibrio⁶ en virtud de la permanente actividad innovadora e imitadora propiciadas por la diversidad de agentes en la industria y la rivalidad empresarial (competición).⁷ En contraste con el paradigma estructura-conducta-desempeño y los modelos de dinámica industrial convencionales centrados en la determinación del sentido de la causalidad entre estructuras de mercado y actividad innovadora, el énfasis analítico se ubica en la interacción permanente entre ambas variables como elementos esenciales del proceso de transformación tecnológica de las industrias vinculada a factores tecno-económicos tales como la oportunidad tecnológica y de mercado, la dificultad de imitación, el tamaño del mercado y el entorno institucional, entre otros (Coombs, Saviotti, & Walsh, 1989).

En el ámbito meso la estructura analítica M-M-M incluye de manera explícita el arreglo institucional vigente de la industria como determinante de y, a la vez, determinado por la capacidad de auto-organización que se expresa tanto en la definición de los agentes y sus interacciones en el ámbito micro, como en la estructura emergente de reglas en el nivel macro que confiere orden y estabilidad. De manera esquemática, reconocida la existencia de la instancia meso, se asume que las posibilidades de transformación tecnológica de la industria se definen simultáneamente por la capacidad de generación, difusión y uso de conocimiento en la forma de reglas por parte de los agentes empresariales y otras organizaciones en el ámbito micro, y las estructuras emergentes de reglas y sus materializaciones en el ámbito macro. Adicionalmente, la trayectoria meso contiene la dinámica de crecimiento y acumulación de conocimiento en la forma de reglas genéricas en el ámbito meso y las frecuencias de sus materializaciones; ésta se considera la instancia analítica del cambio en el tiempo histórico en tres fases: primera, la generación de una regla novedosa; segunda, la adopción de la regla en una población de agentes micro; y, tercera, la retención y uso de reglas meso novedosas en las estructuras

en las variables, los mecanismos de selección sistemática sobre dichas variaciones y las fuerzas inerciales que proporcionan continuidad a las entidades seleccionadas” (p. 56). Sus fundamentos ontológicos se encuentran en los aportes de Thörstein Veblen respecto al papel de la inventiva humana y el comportamiento imitador como conductores del proceso de desarrollo institucional y tecnológico; Nicolás Georgescu-Roegen y su reconocimiento del papel de la novedad en la conducción del proceso evolutivo; Friederic Hayek respecto a la evolución social basada en el mantenimiento de reglas en la medida de su contribución a la prosperidad económica y al crecimiento de la población y Douglas North respecto a la importancia de las creencias, la intencionalidad, la intuición y el conocimiento en la evolución económica (Witt, 2008, p. 551-2).

⁵ El grupo industrial manufacturero “Elaboración de productos de café”, clasificación CIIU 156, Rev. 3 A.C, que en lo sucesivo se denominará “industria”, se toma como referente empírico del modelo teórico y metodológico.

⁶ El concepto evolucionista del “no-equilibrio” descarta la posibilidad de un único resultado estacionario deducible exclusivamente del proceso de selección; en su lugar involucra simultáneamente los procesos de selección, el cual premia e incentiva las decisiones conducentes a mejores resultados, auto-organización y emergencia. En todo caso, el no-equilibrio evolucionista difiere del concepto ortodoxo de “desequilibrio” que no descarta la existencia del equilibrio Walrasiano (Foster, 2000).

⁷ El concepto de competición es compatible con la idea Schumpeteriana de la transformación económica desde adentro, abierta y sin reposo basada en la innovación y la rivalidad empresarial.

micro y macro del sistema (Foster & Potts, 2009; Dopfer K. , 2006; Dopfer, Foster, & Potts, 2004).

Por otra parte, el empleo de la estructura analítica M-M-M en el estudio de la introducción de la novedad, su difusión y uso en una industria conduce a una interpretación del cambio tecnológico como resultado de la interacción entre el comportamiento innovador e imitador empresarial, la estructura de mercado y la participación de organizaciones públicas y privadas (instituciones) como agentes que brindan cierta estabilidad y, simultáneamente, posibilitan las propuestas estratégicas empresariales. De esta manera, las ventajas de apropiación empresariales, las cuales redundan en mayores beneficios económicos y contribuyen a la acumulación de capacidades tecnológicas y de aprendizaje, son determinantes del cambio tecnológico en tanto que permiten mayores tasas de acumulación de capital y, simultáneamente, incrementan las posibilidades de éxito innovador/imitador que conducirán a mayores tasas de crecimiento de la productividad del acervo de capital.

Con esta investigación, motivada en gran medida en la necesidad de desarrollar enfoques teóricos y metodológicos que, a partir del reconocimiento de la existencia de capacidades tecnológicas y de aprendizaje empresariales en las economías no industrializadas, se reivindica la posibilidad de estudios específicos que, aunque posiblemente limitados en su alcance predictivo, permiten dar cuenta de las características y especificidades del entorno tecno-económico e institucional relevantes para el cambio tecnológico industrial que acompaña el proceso de desarrollo económico. Las potenciales limitaciones se refieren, en primer término, a la naturaleza misma del método de modelado y simulación computacional basada en agentes empleado como herramienta metodológica en cuya parametrización y verificación empírica se emplean criterios difícilmente generalizables; y, segundo, la insuficiente disponibilidad de información a nivel de grupos industriales que dificulta una parametrización y calibración más precisa y la verificación empírica del modelo. No obstante, la simulación computacional se identifica como una alternativa viable frente a las dificultades señaladas.

La tesis se compone de cuatro capítulos; el primero contiene los antecedentes del análisis teórico y empírico de la interacción entre el comportamiento innovador/imitador empresarial y la estructura de mercado como variables endógenas relacionadas con el cambio tecnológico de una industria. El núcleo del capítulo, se ubica en la discusión teórica respecto a este vínculo complejo enmarcada en la estructura analítica M-M-M que inscribe la actividad innovadora/imitadora y la competencia en el mercado en una trayectoria meso, concepto asimilable al de "régimen tecnológico", en la cual las instituciones y otras organizaciones públicas y privadas relevantes desempeñan un rol sustancial en relación con los procesos innovadores y de transformación en las industrias (Carlsson, Jacobsson, Holmen, & Rickne, 2002).

En el segundo capítulo se define el modelo metodológico M-M-M por el cual se hace operativa la dinámica de la generación, uso, difusión y retención de conocimiento productivo que subyacen a las actividades innovadoras e imitadoras empresariales en tres (3) segmentos productivos y las diversas trayectorias tecnológicas que conforman el régimen tecnológico de una industria en progreso normal, sin presencia predominante de innovaciones radicales (Dosi G. , 1984). La metodología se compone de dos etapas; en la primera se identifican, mediante el examen de datos estadísticos provenientes de fuentes secundarias, las características relevantes de la industria de transformación de

productos de café en Colombia, las relaciones competitivas de mercado y de cooperación entre empresas y otras organizaciones, entidades públicas y privadas de apoyo, cuyos cambios en el tiempo se atribuyen a las variaciones en las capacidades tecnológicas y de aprendizaje de las empresas. En la segunda etapa, mediante el ejercicio la simulación computacional de un modelo baso en agentes (ABM, por sus siglas en inglés), se caracterizan los procesos auto-organizacionales micro y de emergencia en el orden macro en la industria expresados en las regularidades (patrones) de mediano y largo plazo en el comportamiento innovador/imitador y la dinámica de la participación de las de empresas en el mercado.

El tercer capítulo contiene los resultados del ejercicio de simulación computacional del ABM en dos escenarios de interés analítico; el primero incluye la presencia de organizaciones privadas de apoyo (OPA) y el gobierno, el segundo no. Los dos tipos de OPA modeladas se componen de empresas que colaboran mutuamente en procura de mejorar la productividad del acervo de capital; por su parte, el gobierno interviene periódicamente, cada cuatro años, facilitando a las empresas el acceso a recursos para el financiamiento de la inversión. Finalmente en el cuarto capítulo se presentan las principales conclusiones y recomendaciones derivadas de la investigación.

1. El vínculo complejo entre innovación, competencia y desempeño tecnológico

Los antecedentes directos del análisis teórico y empírico de la relación entre actividad innovadora, competencia empresarial y cambio tecnológico al nivel de una industria se encuentran en los aportes pioneros de Joseph Schumpeter contenidos en *The Theory of Economic Development* (1989/1934) y *Capitalism, Socialism and Democracy* (1971/1942) en los cuales el autor trata sobre la presencia y relevancia del sujeto innovador en la industria y respecto a la importancia de las ventajas de apropiación de las grandes empresas en relación con el desempeño innovador en las economías capitalistas desarrolladas, respectivamente.

En efecto, Schumpeter sentó las bases para una aproximación teórica al problema de la relación entre innovación y estructuras de mercado desde una perspectiva microeconómica que, sustancialmente, reconcilia "... [la] organización de empresas y mercados más apropiada para la resolución del problema estático de la asignación de recursos con las formas organizacionales más propicias al rápido progreso tecnológico" (Cohen & Levin, 1989). Su análisis reconoce la naturaleza dual, estática y dinámica, del mercado expresada, en el primer caso, en su papel como mecanismo más o menos eficiente de asignación de recursos, y, en el segundo, al albergar en su seno la actividad innovadora en interacción con la competencia empresarial en procura de la obtención de beneficios económicos positivos.

No obstante, pese a la concepción Schumpeteriana del capitalismo como un sistema dinámico, el análisis de la relación entre estructura de mercado e innovación y el cambio tecnológico industrial que le sucedió adoptó primordialmente el enfoque estático subyacente al paradigma convencional estructura-conducta-desempeño cuyos desarrollos teóricos y empíricos contenidos en los modelos de economía y organización industrial, privilegian el estudio del problema de la eficiencia en la asignación de recursos destinados a la actividad innovadora e ignoraron el problema del cambio estructural. Dichos modelos no ubican el sujeto innovador en el empresario motivado en la búsqueda de beneficios económicos, sino en la gran empresa capitalista en condiciones de aprovechar las ventajas de apropiación derivadas del poder de mercado que posibilita mayor cantidad y calidad de actividades de investigación y desarrollo (Schumpeter J. A., 1989), y que tiene una mayor facilidad de acceso a recursos financieros para la innovación y el cambio tecnológico (Cohen & Levin, 1989; Scherer F. M., 1992).

De otra parte, a partir de las dos últimas décadas del siglo pasado, los modelos teóricos de los regímenes y trayectorias tecnológicas, el ciclo de vida industrial y, en cierto modo,

el marco conceptual del Sistema Nacional de Innovación en la perspectiva neo-Schumpeteriana, así como el marco analítico y metodológico evolucionista M-M-M, reintroducen la esencia dinámica y compleja del planteamiento Schumpeteriano en el tratamiento de la temática en cuestión. En esencia, la interacción entre comportamiento innovador y competencia empresarial, la cual es determinante de la estructura del mercado, forma parte de la transformación tecnológica subyacente al proceso de desarrollo económico capitalista; como aporte fundamental, los modelos neo-Schumpeterianos y evolucionistas redefinen la ventaja competitiva empresarial al fundamentarla tanto en la capacidad innovadora, como en la habilidad imitadora desarrollada mediante el aprendizaje y la práctica productiva; cambio analítico especialmente relevante para el estudio de la problemática referida a las condiciones particulares de las economías de menor desarrollo en las cuales la imitación y el aprendizaje en la práctica son más frecuentes que las actividades innovadoras en sentido estricto (Burachik, 2000).

En la primera parte de este capítulo se presentan, a manera de antecedente, los aportes teórico y empírico de los estudios de la relación de causalidad unidireccional que va de la estructura de mercado a la innovación empresarial, y viceversa, en la perspectiva convencional estructura-conducta-desempeño cuyos hallazgos, aunque no concluyentes, sugieren una relación no-lineal entre ambas variables, explicada por otros factores que, sin embargo, no han sido incluidos de manera sistemática en el análisis. A continuación se discuten los aportes neo-Schumpeterianos al debate contenidos en el modelo pionero de Nelson & Winter(1982), y los modelos de dinámica industrial, el ciclo de vida industrial y el marco conceptual del Sistema Nacional de Innovación (SIN) en los cuales, a partir del reconocimiento de la existencia de la dinámica competitiva en el mercado sustentada en la actividad innovadora/imitadora, se vinculan ciertas características de la innovación con los cambios en la concentración en el mercado expresados en los patrones de entrada, supervivencia y salida de las empresas, y viceversa. Por último, como núcleo del debate teórico, se presentan los aportes desde el enfoque evolucionista moderno contenidos en la estructura analítica y metodológica M-M-M.

1.1 Antecedentes: La relación de causalidad entre estructura de mercado e innovación

Por largos años la relación entre estructura de mercado e innovación ha sido el objeto de estudio de la economía industrial que analiza a profundidad las denominadas hipótesis schumpeterianas con el doble propósito de determinar el grado de eficiencia de la asignación de recursos destinados a las actividades de investigación y desarrollo (I&D), como medida de la actividad innovadora, y de evaluar empíricamente los efectos que sobre esta última tienen el grado de concentración en el mercado y el tamaño de la empresa(Symeonidis, 1996; Scherer F. M., 1992; Kamien & Schwartz, 1989; Cohen & Levin, 1989). El énfasis analítico reside en la búsqueda de relaciones óptimas entre estructura de mercado en términos de tamaño de la empresa y concentración en el mercado y el desempeño innovador empresarial medido por el número de patentes.

Con este enfoque se estudian los incentivos económicos determinados por la estructura de mercado conducentes a diferentes grados de compromiso con la actividad innovadora empresarial; fundamentalmente, en el marco del equilibrio estático y asumiendo el comportamiento optimizador de los agentes (empresas), el carácter exógeno de la

estructura de mercado y el conocimiento con la característica de un bien público parcialmente apropiable (Arrow, 1979), se contrasta la hipótesis teórica que los mercados perfectamente competitivos brindan mayores incentivos para la innovación empresarial en comparación con aquellos en condiciones de competencia imperfecta.

1.1.1 El paradigma estructura-conducta-desempeño y las hipótesis schumpeterianas

En este tipo de estudios se indaga por la relación de causalidad que va del grado de concentración de la industria, estimado mediante la participación de las empresas en las ventas o el producto industrial, y el tamaño de las empresas, medido por el valor de los activos, número de trabajadores, entre otras aproximaciones, y el desempeño innovador de las empresas estimado por el gasto en I&D, el número de científicos e ingenieros contratados y el número de patentes desarrolladas por las empresas. Los trabajos empíricos correspondientes son ejercicios de estática comparativa en los cuales el mecanismo de mercado garantiza tanto la estabilidad del equilibrio, como la asignación eficiente de recursos destinados a la actividad innovadora en diversas industrias en el contexto de las economías desarrolladas.

En general, los datos no arrojan conclusiones definitivas respecto al tamaño óptimo de empresa, ni sobre la preeminencia de estructuras de monopolio u oligopolio como determinantes últimos de la actividad y los resultados innovadores en contextos en los cuales el progreso técnico es vigoroso. Adicionalmente, se han identificado por lo menos dos dificultades metodológicas relacionadas, en primer término, con el uso de aproximaciones (*proxys*) en la medición de las variables involucradas, entre ellas la estructura de mercado, el esfuerzo y el resultado innovador; y, segundo, con la no inclusión de diferencias interindustriales que parecen tener una incidencia significativa sobre la relación objeto de estudio; en consecuencia, los resultados de los estudios empíricos sugieren una relación entre estructura de mercado e innovación sensible a la influencia de variables tales como las decisiones empresariales sobre esfuerzo y resultado innovador, el papel desempeñado por factores considerados “difusos” como los grados de apropiación y oportunidad tecnológica en las industrias, las características de la demanda, el grado de apertura del mercado, la rivalidad y el espíritu empresarial, entre otros (Cohen & Levin, 1989; Dosi G. , 1984).

En suma, la revisión de la literatura crítica respecto a los estudios de alcance teórico y empírico en el campo convencional de la economía industrial a lo largo de las últimas cinco décadas permite algunas conclusiones relevantes. En primer lugar, en ellos aparece constantemente la referencia más o menos explícita al concepto Schumpeteriano de competición empresarial basada en los resultados innovadores motivados en la búsqueda de rentas monopólicas que convierten en irrelevantes los incentivos que a la actividad innovadora empresarial pudieran ofrecer los mercados en competencia perfecta (Nelson & Winter, 1982; Symeonidis, 1996). Sin embargo, no puede afirmarse que el análisis sea consecuente con la naturaleza dinámica del planteamiento Schumpeteriano en tanto que prevalece el énfasis en la eficiencia de la asignación de recursos y no en la explicación de los patrones de transformación tecnológica industrial (Dosi & Orsenigo, 1989).

Segundo, los resultados empíricos confirman marcadas diferencias interindustriales y la no existencia de características generalizables de la relación causal entre estructura de mercado e innovación; en efecto, se reportan relaciones nulas, positivas, negativas, o

ambas, en forma de “U” invertida, atribuidas tanto a factores de oferta (tipo de oportunidad y posibilidades de apropiación tecnológica), como a las características de la demanda (Symeonidis, 1996; Scherer F. M., 1992; Dosi G. , 1984); factores que, aunque considerados relevantes, no se involucran sistemáticamente en el análisis. Esta amplia gama de resultados también puede interpretarse como un indicio de la imposibilidad de establecer un grado óptimo de competición que promueva el progreso tecnológico identificable y medible en todas las industrias y en todo momento e, inclusive, sugieren la existencia de otros factores determinantes del cambio tecnológico industrial (Williamson, 1975).

Tercera, en estrecha relación con lo anterior, la relación en forma de “U” invertida sugiere el carácter no-lineal (complejo) de la interacción entre estructura de mercado e innovación en la medida en que el grado de concentración de mercado y el mayor tamaño de la empresa estimulan los esfuerzos innovadores solo dentro de cierto límite definido por el freno que el propio poder monopolístico impone a la actividad innovadora⁸ y, posiblemente, debido a las particularidades del régimen y las trayectorias tecnológicas de cada industria.

Cuarto, dadas las dificultades metodológicas relacionadas con la obtención y uso de datos empíricos que midan el esfuerzo y el resultado innovador de las empresas, normalmente estimados por los registros de gastos en I&D y el número de patentes, respectivamente, se concluye que existe escasa oportunidad de aplicación fructífera de este enfoque analítico y metodológico en el tratamiento de la temática referida a las economías de menor desarrollo industrial, en las cuales son más acentuados los problemas de subregistro y escasez de información estadística al nivel de industrias y empresas. Situación agravada por el hecho de que en las condiciones propias del subdesarrollo no se puede dar por sentada la existencia de actividad innovadora estricta como soporte de la ventaja competitiva empresarial (Burachik, 2000), ni tampoco se puede hacer la suposición de la existencia de vínculos económicos eficientes, generalizados y estables entre agentes e instituciones que los sustenten (Arocena & Sutz, 2006).

Finalmente, los hallazgos y aportes, pero también las carencias del análisis teórico y empírico de los estudios de las hipótesis schumpeterianas en el ámbito de las economías de mayor desarrollo industrial, sugieren la necesidad de otros enfoques analíticos y metodológicos que, al tomar en consideración las especificidades de las economías de menor desarrollo industrial, permitan describir y explicar la interacción compleja entre del comportamiento innovador e imitador empresarial, la estructura de mercado y las características del cambio tecnológico. En este sentido, los enfoques que asumen como endógena la estructura de mercado y el comportamiento innovador/imitador empresarial en el análisis del cambio tecnológico de las industrias constituyen un avance significativo, como se expondrá en los siguientes apartados.

1.1.2 Dinámica industrial: La endogenización de la estructura de mercado

El debate respecto a la endogeneidad de la estructura de mercado surge como resultado de la crítica a los estudios sobre las hipótesis schumpeterianas que pone en duda la

⁸ De acuerdo a Schumpeter (1971), el poder monopolístico actúa simultáneamente como poderoso incentivo, pero también como freno a la innovación en tanto que al perpetuarse el poder monopolista la falta de competidores desestimula el interés innovador.

existencia de una relación de causalidad unidireccional que vade la estructura de mercado, dada exógenamente, a la actividad innovadora empresarial. En su lugar, propone la hipótesis alternativa según la cual las ganancias de bienestar para la sociedad asociadas al progreso tecnológico en condiciones de competencia imperfecta son mayores comparadas con las pérdidas de eficiencia debido a su presencia (Cohen & Levin, 1989). Por ello, desde el punto de vista de la eficiencia estática, los efectos del tamaño de la empresa y el grado de concentración del mercado sobre la innovación, si existen, son irrelevantes.

En este contexto los estudios en la perspectiva de la dinámica industrial retoman los elementos Schumpeterianos respecto al papel de la rivalidad empresarial en la determinación de la velocidad del cambio tecnológico y privilegian la búsqueda de la relación causal que va de la actividad innovadora a la estructura de mercado definida como una variable endógena (Kamien & Schwartz, 1975). Como fundamento del cambio tecnológico industrial se encuentran la habilidad de aprendizaje y las capacidades innovadoras empresariales diferenciadas y motivadas por las expectativas de mayores ganancias y en respuesta a las amenazas a la posición ocupada en la industria; así mismo, se reconoce que diversos factores y la aleatoriedad intrínseca de la actividad innovadora son los determinantes de las decisiones empresariales respecto al comportamiento innovador y sus consecuencias en la participación en el mercado, el precio y sus tasas de cambio.

En consecuencia, los patrones de comportamiento tecnológico de los agentes empresariales, la participación en el mercado y el grado de concentración de la industria están determinados por variables estructurales tales como las características de la demanda, las ventajas de los primeros entrantes en la industria, los costos unitarios de producción empresariales, la presencia de economías de escala y las diferencias en las capacidades tecnológicas de las empresas presentes y nuevas entrantes. En una dinámica de retroalimentación permanente, la competencia empresarial, resultado directo de las actividades innovadoras que generan nuevos productos y productos de mejor calidad, nuevos procesos productivos, organizaciones más eficientes, entre otras posibilidades, define simultáneamente las condiciones para el desarrollo de capacidades tecnológicas y de aprendizaje mediadas por el poder de mercado de las empresas (Stiglitz & Dasgupta, 1980).

Desde esta perspectiva teórica, Calderini & Garrone (2003), con fundamento en la hipótesis que las diferencias en las propiedades económicas de las actividades de investigación y desarrollo (I&D)⁹ interactúan con la estructura de mercado, identifican dos tipos de fuerzas diferenciadas subyacentes a la relación entre competencia en el mercado e innovación. En primer lugar, el “efecto Schumpeteriano” asociado a la actividad de investigación básica como fuente de innovación; y, segundo, el “efecto darwiniano”, asociado a las actividades investigación aplicada o desarrollo. Con fundamento en estos criterios concluyen que el incremento en la competencia en la industria actúa sobre las actividades de investigación básica y aplicada en direcciones opuestas y con diferente intensidad, ocasionando un desbalance en la participación relativa de ambas actividades en favor de las actividades de desarrollo y en detrimento de la investigación básica; por lo

⁹ En el trabajo de Calderini & Garrone (2003) la “investigación” se refiere a la investigación básica llevada a cabo en universidades y centros de investigación, en tanto que el “desarrollo” a la investigación aplicada de las empresas.

tanto, en el proceso interactivo el incremento de la competencia en el mercado conlleva a más actividades de desarrollo que de investigación básica.

Un aporte metodológico relevante del enfoque de dinámica industrial descrito es el reconocimiento de las limitaciones del análisis agregado para la comprensión de los mecanismos inherentes a la innovación. En el desarrollo del planteamiento Schumpeteriano, los modelos formales estilizados incorporan componentes microeconómicos que contribuyen con la identificación de patrones de innovación al nivel de industrias (Coombs, Saviotti, & Walsh, 1989). Dichos modelos, de amplia difusión desde los años 60's del siglo pasado debido posiblemente al enorme acopio de información estadística sobre empresas e industrias en el mundo industrializado, aunque han aportado elementos en el análisis de las ganancias de eficiencia dinámica en la producción agregada derivadas de la incorporación de mejores técnicas, no lo hacen respecto al grado de eficiencia estática propia de los trabajos sobre las hipótesis Schumpeterianas.

De manera específica, el foco del análisis teórico y empírico se ubica en la identificación y caracterización de los factores industriales que se resumen en las oportunidades tecnológicas de la industria, las características de la demanda, la acumulatividad del progreso técnico y las condiciones de apropiabilidad de los beneficios derivados de la innovación como determinantes de las diferencias del comportamiento innovador al interior de las industrias y entre ellas (Coombs, Saviotti, & Walsh, 1989; Cohen & Levin, 1989; Dosi, 1984); factores que, de manera conjunta, definen las características de la interacción entre los resultados innovadores empresariales y el grado de concentración en el mercado, y generan dinámicas que no conduce necesariamente a un único resultado de equilibrio.

- La oportunidad tecnológica.

La oportunidad tecnológica se define como la extensión o profusión del conocimiento tecnológico básico asequible a empresas presentes y nuevas entrantes que soporta su desempeño innovador absoluto y relativo; todo lo demás constante, a mayor oportunidad tecnológica en una industria crece la probabilidad de actividad innovadora en ella (Kamien & Schwartz, 1989). El aprovechamiento diferenciado de este acervo de conocimientos en la industria es determinante de la intensidad del gasto en I&D, los patrones estocásticos de innovación y, por lo tanto, del desarrollo y aprovechamiento de las ventajas competitivas en el mercado.

Las primeras referencias teóricas a la oportunidad tecnológica como variable interviniente en el vínculo entre innovación y estructura de mercado se encuentran en Scherer (1965) y Shrieves (1978) quienes intentan su caracterización y cuantificación mediante el registro de la distribución de científicos y empleos tecnológicos en la industria. Adicionalmente, Phillips (1971, citado en Coombs, Saviotti y Walsh, 1989) y Rosenberg (1976) encuentran que las diferencias interindustriales respecto a la difusión del conocimiento científico básico repercuten en los esfuerzos y resultados innovadores de las empresas. Sin embargo, los autores citados no ofrecen una explicación satisfactoria de la relevancia de la extensión del conocimiento tecnológico disponible respecto a la obtención de beneficios económicos empresariales subyacentes al crecimiento de las empresas y el desempeño tecnológico de la industria, ni una medida satisfactoria de la misma.

De otra parte, Cohen & Levin (1989), señalan que el aprovechamiento de las oportunidades tecnológicas materializado en actividades innovadoras empresariales dan forma concreta a las trayectorias tecnológicas en cada industria. No obstante, la oportunidad tecnológica, si bien un factor importante desde el punto de vista de la oferta de condiciones para la innovación, se subsume analíticamente en las ventajas de apropiación y las oportunidades de mercado existentes en la industria, variables que, según los autores, brindan una explicación más expedita de la innovación como una actividad empresarial motivada en la obtención de ganancias.

- Las características de la demanda.

Cohen & Levin (1989) señalan dos características de la demanda que afectan los incentivos para innovar, el tamaño y la elasticidad-precio. En el primer caso, si bien la inversión requerida para introducir mejoras en procesos reductores de costos unitarios de producción o en el desarrollo de nuevos productos es independiente del nivel de producción de la empresa, los beneficios derivados de dicha inversión sí son proporcionales al tamaño del mercado, por lo tanto, a mayor demanda es posible una mayor inversión innovadora en procesos o productos, dada la mayor posibilidad de aprovechamiento de economías de escala y las expectativas sobre su expansión.

Por su parte, la elasticidad-precio de la demanda afecta los beneficios marginales de la inversión en I&D destinada a las mejoras de procesos o el desarrollo de nuevos productos (Cohen & Levin, 1989); como es de esperarse, la reducción de costos de producción debido a mejoras en procesos implicará mayores ganancias si la elasticidad-precio de la demanda es alta, en tanto que la introducción de productos novedosos implicará mayores beneficios si la demanda es inelástica.

En realidad, la consideración detallada de las características de la demanda en relación con el comportamiento innovador de las empresas constituye un campo especializado de análisis que desborda los propósitos de esta investigación. Al respecto, basta señalar que los trabajos de Lündvall (1992) y Freeman (1987) en el marco conceptual de los Sistemas de Innovación y Sistema Nacional de Innovación, respectivamente, se fundamentan en el reconocimiento y exploración del papel relevante de las relaciones usuario-productor en la actividad inventiva y el comportamiento innovador de las empresas.

- El carácter acumulativo del progreso tecnológico.

El avance tecnológico industrial, cuya naturaleza es acumulativa en el tiempo histórico irreversible, se inscribe en un “régimen tecnológico” en el cual se definen diversas “trayectorias tecnológicas” que, conjuntamente, son determinantes de las capacidades tecnológicas, las posibilidades de aprendizaje y el desempeño de las empresas en los mercados. Con fines prácticos, la acumulación del progreso tecnológico implica que los cambios de la productividad empresarial del futuro dependen de la experiencia acumulada en el presente y, a su vez, las tecnologías de producción en el momento actual son determinantes de los procesos de aprendizaje y las características de la experiencia a acumular en el futuro.

Un régimen tecnológico (Dosi 1991; 1988; 1984) o “trayectoria natural de la industria”, en la denominación de Nelson & Winter (1978), se define a partir de diversos factores de carácter tecnológico y económico que condicionan el desarrollo de las tecnologías en la

industria en una senda que se articula con el desarrollo histórico de otras instituciones además del mercado (Cohen & Levin, 1989). En su seno, se definen trayectorias tecnológicas que dan forma a patrones acumulativos específicos de cambio técnico en el cual “los perfiles temporales de la innovación (y/o velocidad de imitación) respetan ampliamente el rango innovador inicial...” (Dosi, 1984, p. 88); en ellas se definen los problemas tecnológicos específicos de cada industria.

En resumen, definida la frontera de posibilidades tecnológicas en términos del régimen tecnológico prevaleciente en una industria, las empresas invertirán recursos en innovación e imitación en la medida de las expectativas favorables de obtención de ganancias, o ante la amenaza a su posición en el mercado; es decir, las estrategias competitivas en búsqueda de beneficios son afectadas por el avance tecnológico vinculado a otros factores económicos y de carácter institucional propios del régimen tecnológico vigente. Así, a la participación de las empresas en el mercado ya las posibilidades de aprovechamiento de sus ventajas competitivas les subyacen el desarrollo de capacidades tecnológicas acumulables diferenciadas (Dosi, 1984) y, en cierta medida, las condiciones de apropiabilidad tecnológicas en la industria.

- La apropiabilidad tecnológica.

La existencia de un sistema de patentes parece ser una solución teórica satisfactoria al problema de la apropiabilidad de los beneficios derivados de la innovación e, inclusive, de alguna de sus externalidades. Dadas las oportunidades tecnológicas en la industria, dicho sistema garantizaría beneficios económicos proporcionales al grado de apropiabilidad privada reconocido mediante la definición de los derechos de propiedad. Sin embargo, no existe consenso ni evidencia respecto a la hipótesis que las mejores y más claras condiciones de apropiabilidad tecnológica en la industria incentiven la actividad innovadora; los hallazgos empíricos no han permitido establecer si el efecto neto de la definición de las condiciones de apropiación constituyen incentivos positivos, negativos o nulos de las actividades de I&D de las empresas, ni explican de manera satisfactoria las marcadas diferencias interindustriales sobre el particular (Cohen & Levin, 1989, p. 1094).

El grado de efectividad de las patentes, de acuerdo con éstos autores, difiere entre las industrias; así, por ejemplo, en ausencia de patentes y otras barreras tecnológicas la imitación puede ser costosa o, en el otro extremo, la inversión empresarial en activos complementarios para el mercadeo, los esfuerzos sistemáticos para incrementar las ventas, el servicio al cliente, entre otros factores, pueden facilitar la apropiación de los beneficios derivados de la innovación, independientemente de la existencia de patentes (p. 1093). En última instancia, los autores señalan que en la medida que el conocimiento puede ser transmitido a costos casi nulos al materializarse en productos y procesos, la definición de los derechos de propiedad resulta insuficiente para explicar el esfuerzo innovador empresarial.

1.1.3 El enfoque neo-Schumpeteriano: dinámica competitiva y cambio tecnológico industrial

La interacción entre innovación y competición empresarial en el mercado es un tema central en los estudios de cambio tecnológico industrial con el enfoque neo-Schumpeteriano y evolucionista que trascienden el problema estático de la asignación

eficiente de recursos característico de los enfoques ortodoxos convencionales. En dichos estudios el avance del conocimiento que se expresa en el desarrollo de capacidades tecnológicas y de aprendizaje en las empresas subyace a la transformación industrial, e implica cambios en el entramado de sus relaciones e interdependencias y con otros agentes relevantes en la industria, cambios no cuantificables ni incluidos en los indicadores del grado de concentración del mercado y el tamaño de las empresas empleados en los modelos convencionales.

El trabajo pionero sobre la dinámica competitiva en presencia de cambio tecnológico de Nelson & Winter (1982) retoma elementos originales Schumpeterianos respecto al proceso innovador empresarial en condiciones de no-equilibrio como núcleo de la indagación acerca de la naturaleza y el valor de la competición en los mercados y su vínculo con los resultados innovadores y el cambio tecnológico en una industria. Por su parte, los desarrollos contenidos en los modelos del ciclo de vida industrial, los regímenes tecnológicos y el marco conceptual del Sistema Nacional de Innovación en las perspectiva evolucionista aportan elementos en la comprensión de las especificidades institucionales respecto a la actividad innovadora empresarial (Burachik, 2000). Ambas enfoques teóricos, el neo-Schumpeteriano y evolucionista, introducen tres elementos cruciales para el análisis de la interacción entre innovación y estructura de mercado como elemento consustancial del cambio tecnológico industrial: el reconocimiento de la naturaleza compleja de la interacción no-lineal entre innovación y estructura de mercado, la noción de competición basada en las actividades de innovación e imitación y, asociadas a los anteriores, el papel de las instituciones que, sin embargo, no ha sido incluido de manera explícita.

- El modelo pionero de Nelson & Winter (1982).

La hipótesis teórica subyacente al modelo de Nelson & Winter(1982) y sus desarrollos posteriores¹⁰es que la heterogeneidad del desempeño innovador/imitador empresarial es consecuencia tanto de las decisiones estratégicas adoptadas al enfrentar la competencia en los mercados, como de la historia de éxitos y fracasos en dicha competición; las diferencias en las capacidades tecnológicas empresariales se derivan del aprendizaje en la práctica productiva y de las actividades de I&D del pasado, y se acentúan como resultado de las buenas y malas decisiones al enfrentar la incertidumbre en el mercado.

En el análisis se asume que los resultados innovadores/imitadores y la estructura de mercado, su grado de concentración, son variables endógenas a la industria, ambas en interacción permanente determinada por factores tales como la oportunidad tecnológica y de mercado, la dificultad de imitación, el tamaño del mercado y, aunque no se incluyen explícitamente en el análisis, las especificidades institucionales. Nelson y Winter (1982: 280) señalan expresamente que no es el poder de mercado *per se* ni el tamaño de la empresa la causa última de la innovación, en sus propios términos:“...(en) la medida en que es necesaria una escala mínima para innovar es, por supuesto, posible que la escala necesaria sea alcanzada por un monopolista o por una estructura que involucra precisamente pocas firmas.”

De acuerdo a Dosi (1984), los autores enfatizan en el papel de las ventajas diferenciales prospectivas derivadas del poder de mercado, o ventajas de apropiación en la

¹⁰ Una revisión exhaustiva sobre los desarrollos previos y posteriores a Nelson & Winter (1982) se encuentra en Andersen (1996).

denominación de Schumpeter (1971), como determinantes de la actividad innovadora empresarial en lugar de la estructura de mercado *ex ante*. El tamaño de la firma y el grado de concentración del mercado son relevantes respecto de la actividad innovadora en tanto que derivan en poder de mercado *ex post* que permite mejorar las condiciones de apropiabilidad mediante la prevención o retardo de la imitación y la reducción de la presencia de competidores, pero no como causas últimas del esfuerzo la actividad y el resultado innovador. En el análisis de la competición Schumpeteriana, la estructura de mercado se asume endógena "... con las conexiones en ambos sentidos entre innovación y estructura de mercado". (Nelson & Winter, 1982, p. 281)

En el modelo analítico de los Capítulos 12 y 13(pp. 275- 351) ubican el eje del análisis formal en el comportamiento innovador e imitador de las empresas como fundamento de la dinámica competitiva y el avance tecnológico de la industria; de este modo, dadas las oportunidades tecnológicas y las condiciones de apropiabilidad privada, las empresas tienen a su disposición un determinado rango de políticas de gasto que orientan sus prácticas diferenciadas de innovación e imitación; así mismo, los mayores beneficios derivados de las ventajas competitivas alcanzadas permiten destinar más recursos a las actividades de innovación o imitación.

Próximo a los modelos de dinámica industrial *a la Dosi* (1984, 1988), pero distante de los modelos de equilibrio en la perspectiva de la organización industrial, las empresas innovadoras que no son rápidamente imitadas pueden invertir sus ganancias y crecer respecto al resto de sus competidores; de la misma manera, mediante una estrategia imitadora también es posible el crecimiento diferencial de las empresas y el control de la industria. Así mismo, de acuerdo con el concepto Schumpeteriano de "creación-destrucción", existen en los mercados empresas ganadoras y perdedoras en función de su éxito innovador/imitador incentivado por la expectativa de obtención de beneficios positivos; de esta manera, el comportamiento estratégico empresarial respecto a las actividades innovación e imitación define el patrón de cambio tecnológico y la dinámica competitiva en la industria que, a su vez, determinan la inversión en actividades I&D.

En desarrollos posteriores del modelo de Nelson y Winter, específicamente Mazzucato (1998), Mazzucato y Semmler (1999), el resultado innovador e imitador de las empresas en interacción con las estructuras de mercado, se aborda mediante el modelo del replicador dinámico para identificar algunos hechos estilizados.¹¹ En primer lugar, entre ambas variables existe una relación dinámica no-lineal que se manifiestan en procesos de retroalimentación negativa y positiva; la primera implica un incremento de la participación en el mercado asociado a la disminución de la actividad innovadora y la segunda el efecto inverso. Y, segundo, esta interacción es sensible a varios factores inscritos y determinados por características institucionales de la industria y las capacidades tecnológicas de las empresas tales como la habilidad de aprendizaje tecnológico determinante de la tasa y dirección de la innovación, la complejidad del conocimiento base subyacente a la tecnología productiva usada por las empresas y los procedimientos empleados en el manejo de dicho conocimiento y los diversos grados de apropiabilidad o efectividad con las cuales las innovaciones se protegen de imitadores y competidores.

¹¹ Mazzucato (1998) y Mazzucato & Semmler (1998) aproximan en sus respectivos modelos el resultado innovador empresarial mediante la tasa de variación de costos unitarios; así mismo, la competición en el mercado se introduce, al igual que en Nelson & Winter (1982), a través de los cambios en el tiempo en la concentración y las variaciones de la participación en el mercado.

Por otra parte, los desarrollos posteriores contenidos en los modelos del ciclo de vida industrial (o del producto), los regímenes tecnológicos y el marco conceptual del Sistema Nacional de Innovación (SIN), en las perspectivas neo-Schumpeteriana y evolucionista, han aportado elementos en la comprensión de las especificidades institucionales en relación con la actividad innovadora empresarial (Burachik, 2000). En ellos el avance del conocimiento subyacente a la actividad productiva, las capacidades tecnológicas y de aprendizaje de las empresas son el fundamento de la transformación de la industria que se expresa en los cambios en el entramado de relaciones e interdependencias empresariales y con otras organizaciones, no cuantificables en los indicadores de uso convencional (grado de concentración del mercado y el tamaño de la empresa). En los dos primeros modelos se asume como fundamento del cambio tecnológico la dinámica de la competición empresarial basada en la innovación; por su parte, el marco conceptual del SIN incluye teóricamente factores institucionales en el estudio de la problemática, aspecto especialmente relevante en el contexto de las economías de menor desarrollo industrial.

- El modelo del ciclo de vida industrial.

Vernon (1966), citado en Burachik (2000), introdujo el modelo de ciclo de vida industrial para estudiar la manera como la estandarización de los métodos de producción y de las características del producto originalmente innovador propician la relocalización de las unidades productivas desde el país innovador hacia los países de similar desarrollo industrial primero, y de menor desarrollo industrial posteriormente. Esquemáticamente el ciclo de vida industrial, o del producto, describe la trayectoria que va desde la aparición comercial de un producto hasta su maduración en cinco etapas, a saber:

- 1) Una empresa o un grupo reducido de ellas inicia la actividad productiva innovadora.
- 2) La tasa neta de entrada y el número total de empresas en la industria, experimentan un aumento abrupto.
- 3) El flujo de empresas entrantes disminuye, equiparándose con el flujo de empresas salientes, la tasa neta nula de crecimiento de empresas en la industria determina el número máximo de productores en ella.
- 4) La tasa de entrada se debilita respecto a la de salida determinando una tasa neta de entrada negativa.
- 5) La tasa de salida declina hasta el punto en el cual se restaura una tasa neta de entrada aproximadamente nula con un número intermedio de productores entre el mínimo inicial y el máximo de la tercera etapa.

En las diferentes etapas o fases del ciclo se presentan períodos diferenciados de retroalimentación positiva y negativa entre el tamaño de la empresa y su eficiencia, los cuales definen fases de inestabilidad y estabilidad de la participación en términos de la participación del producto empresarial en el producto industrial y, consecuentemente, la estructura de mercado (Abernathy & Utterback, 1975). Las fases inestables se caracterizan por la existencia de una base de conocimiento genérico y la escasa presencia de barreras a la entrada que favorecen el éxito innovador de empresas de tamaño reducido en la industria, dada la mayor flexibilidad relativa de sus estructuras organizacionales; en ellas el estallido de descubrimientos científicos y tecnológicos obedece al azar y a la actividad científica planificada de las empresas (Coombs, 1988); también se registra alta inestabilidad en el número de empresas en la industria, de su participación y el grado de concentración en el mercado.

Por otra parte, en las fases estables del ciclo tiene lugar el aprovechamiento de las economías de escala presentes en la industria por parte de las empresas de mayor tamaño relativo, la presencia de estructuras de oligopolio y una actividad innovadora dependiente de la trayectoria tecnológica, caracterizada por mejoras en productos y procesos ya existentes que se ajustan a los patrones de cambio en la demanda; adicionalmente, se presenta mayor estabilidad, tanto de la participación y la concentración en el mercado, como en la demanda y el producto; por último, en la fase estable del ciclo ocurre la relocalización de empresas arriba mencionada.

Se debe señalar la correspondencia existente entre las fases del ciclo de vida del producto y los regímenes tecnológicos identificados en Nelson & Winter (1982, 1978); en efecto, el régimen tecnológico empresarial Schumpeter Marca I corresponde a las fases tempranas inestables del ciclo, de la primera a la tercera; en tanto que el régimen rutinizado Schumpeter Marca II corresponde a las fases estables cuatro y cinco del ciclo. Las formas de acumulación de conocimiento en las empresas, bien sea a partir de una base genérica de conocimientos o a partir del conocimiento rutinizado, definen las posibilidades de éxito innovador como principal vehículo para el ingreso de nuevos entrantes en industrias en las economías desarrolladas; esto es, los atributos de la tecnología se vinculan definen los patrones de entrada, supervivencia y salida de las empresas en cada etapa del ciclo (Burachik, 2000).

Como aporte sustantivo, válido respecto a las condiciones del subdesarrollo, se debe destacar el énfasis sectorial del análisis que permite vincular de manera explícita el grado de concentración de la industria con la evolución de la tecnología dominante en ella; así, el poder de mercado y las características demográficas de la industria son determinantes de características tecnológicas tales como las fuentes y tipos de conocimientos disponible, el tipo de agentes innovadores y las formas concretas de innovación (producto o proceso). En general, en las primeras etapas del ciclo la mayor parte de la innovación proviene de fuentes externas, las empresas nuevas entrantes provienen de otras actividades productivas y reducen el valor de la experiencia efectiva acumulada en la práctica; en contraste, a partir de la tercera etapa, el balance favorece a las empresas ya establecidas en la industria cuyos conocimientos acumulados mediante el aprendizaje en la práctica facilitan las mejoras incrementales en procesos y productos que operan como barreras a la entrada de nuevos competidores.

En cuanto a las fuentes de información que soportan la acumulación de conocimiento en las empresas, en el modelo se definen dos tipos: primero, las fuentes alternativas, esto es, empresas en actividades tecnológicamente relacionadas, inventores independientes, productores y proveedores de equipos, entre otros, cuya importancia relativa varía a lo largo del ciclo; y, segundo, las empresas presentes en la industria. La presencia de fuentes alternativas de información reduce el valor de la experiencia efectiva acumulada en la práctica y afecta positivamente la tasa de entrada de empresas innovadoras; en general, en las primeras etapas del ciclo la mayor parte de la innovación proviene de las fuentes externas en tanto que, a partir de la tercera etapa, el balance favorece a las empresas ya establecidas. En este último caso, por su parte, los conocimientos acumulados mediante el aprendizaje en la práctica facilitan las mejoras incrementales en procesos y productos que operan como barreras a la entrada de nuevos competidores.

- El régimen tecnológico industrial.

En lo que constituye uno de sus más importantes aportes Dosi (1991; 1988; 1984) concibe el cambio tecnológico como un proceso de diferenciación no trivial inscrito en el régimen tecnológico dominante en la industria. Éste último definido como

“Un patrón de solución de problemas tecno-económicos seleccionados, basado en principios derivados de las ciencias naturales junto con *reglas* específicas dirigidas a adquirir nuevos conocimientos y salvaguardarlos siempre que sea posible de la rápida difusión entre los competidores” (Dosi, 1988, p. 5, cursivas propias).

Se destaca en esta definición el reconocimiento explícito de las instituciones en la forma de reglas estables, formas de conocimiento que hacen posibles los intercambios económicos. Al respecto, Dopfer (2006) señala que el concepto de régimen tecnológico articula los marcos cognitivos compartidos, visiones respecto a la manera de hacer y mejorar las cosas en los niveles meta y macroeconómicos, y en el nivel microeconómico, la existencia de habilidades de aprendizaje y el desarrollo de capacidades tecnológicas en las empresas asociadas a las actividades productiva y de I&D.

Un régimen tecnológico es la consecuencia lógica de la interacción entre las dimensiones tecnológica y económica en una industria; en su interior coexisten trayectorias tecnológicas específicas, definidas como realizaciones progresivas de las diversas oportunidades innovadoras que se materializan en artefactos y procesos de producción y de prestación de servicios (Cimolli & della Giusta 1998: 8). En éstas la actividad innovadora, en tanto que fundamento último de la competición empresarial, ocasiona cambios en la participación de las empresas en el mercado debido a la presencia simultánea y permanente de empresas ganadoras, perdedoras y, posiblemente de empresas nuevas entrantes en función de los márgenes de beneficios (Dosi G. , 1984).

Ambas instancias, régimen y trayectorias tecnológicas, son conceptos dinámicos, la(s) última(s) contenida(s) en el primero; mientras que en el régimen tienen lugar los cambios en las dimensiones tecnológica y económica, en las trayectorias tecnológicas se definen las tendencias empresariales de incorporación de conocimiento y tecnología como factor fundamental del cambio en la industria; mientras que los cambios radicales en el paradigma condicionan los patrones de evolución tecnológica y de actividades productivas en las industrias, las trayectorias tecnológicas constituyen un factor fundamental del cambio tecnológico en la industria en tanto que determinan la tendencia empresarial de incorporación de tecnología (Cimoli & della Giusta 1998). En una trayectoria los procesos de innovación afectan la estructura de la industria y dan forma a su transformación, por ello esta no se asume “osificada” o estática sino en permanente cambio debido a la presencia simultánea y permanente de empresas ganadoras, perdedoras y nuevas entrantes (Dosi 1984).

El concepto de régimen tecnológico reúne en un esquema unificado los aportes del modelo del ciclo de vida industrial con las ideas schumpeterianas sobre creación-destrucción y la hipótesis que las grandes empresas son la principal fuente de innovación (Malerba & Orsenigo, 1996). En consecuencia, un régimen tecnológico industrial se representa esquemáticamente mediante dos arquetipos básicos, denominados Schumpeter Marca I y II, en los cuales el progreso tecnológico exhibe cierta direccionalidad o “dependencia de la trayectoria” (*path dependence*) que se materializa en diversas trayectorias tecnológicas.

En el primer arquetipo, Schumpeter Marca I, se registra el progreso técnico por “ensanchamiento” caracterizado por la presencia de un entorno favorable a los nuevos entrantes en una carrera innovadora más o menos pareja entre empresas predominantemente medianas y pequeñas, altas tasas de entrada que erosionan las ventajas competitivas y tecnológicas de las empresas ya establecidas y alta inestabilidad de la participación en el mercado. En contraste, en el segundo arquetipo, Schumpeter Marca II, el avance técnico ocurre por “profundización”, o mediante el proceso de “acumulación creadora” en el cual la actividad innovadora es jalonada por un grupo reducido de empresas de gran tamaño que, habiendo institucionalizado el proceso innovador, introducen mejoras continuas en procesos y productos; así mismo, la alta concentración e intensidad de capital permiten la imposición de barreras a la entrada frente a nuevos competidores, hecho que redundo en bajas tasas de entrada y mayor estabilidad de la participación de las empresas en el mercado (Audretsch, 1996).

- El marco conceptual del Sistema Nacional de Innovación (SNI).

Dos observaciones empíricas subyacen al marco conceptual de los SNI introducido en Lündvall (1985, citado en Sörn-Friese (2000) y Freeman (1987), en primer término, que la competitividad de las economías nacionales se incrementaren a medida que avanza en la profundización de la heterogeneidad de la estructura productiva; y, segundo, la evidencia de que la presión competitiva en el contexto de la globalización económica ha obligado a las empresas y a los gobiernos a concentrarse tanto en el aprovechamiento de los recursos inmóviles, como en las capacidades que puedan surgir endógenamente en el sistema económico (Sörn-Friese, 2000). Con estos antecedentes, el análisis teórico y empírico con fundamento en el marco conceptual del SNI se centra en las interdependencias entre los agentes del sistema económico que, en el ámbito de la Nación, potencian y permiten el aprovechamiento económico de la diversidad de los recursos disponibles y las capacidades de los agentes.

De acuerdo a la definición de Freeman (1995), todo SNI está conformado por las redes de instituciones en los sectores público y privado cuyas actividades e interacciones inician, importan y difunden nuevas tecnologías. Por lo tanto, las características del arreglo institucional y la capacidad de aprendizaje constituyen el núcleo teórico de este enfoque respecto al estudio de la actividad innovadora y la dinámica industrial; explícitamente, las instituciones vigentes tienen una influencia decisiva en las organizaciones empresariales y el desempeño innovador determinante de la participación en el mercado. Respecto a la evolución de una industria, Malerba (2006) encuentra que ésta involucra simultáneamente los procesos de transformación del conocimiento base subyacente determinante de la innovación y de los vínculos entre empresas y otras organizaciones e instituciones que, a su vez, implican cambios sustanciales en la estructura de la industria entendida como el entramado de relaciones e interdependencias entre agentes, no restringida a la estructura del mercado.

El marco conceptual del SNI aplicado al análisis comparativo entre economías nacionales aporta elementos para explicar la presencia de brechas tecnológicas entre países desarrollados y no desarrollados como resultado de diferencias en los procesos de generación de conocimiento y aprendizaje por parte de los agentes económicos. Específicamente, los estudios encuentran que en las economías no desarrolladas existen rigideces institucionales y organizacionales que retrasan el cambio, en muchos casos las redes generadoras de conocimiento pueden estar subutilizadas debido a la presencia de

vínculos dispersos o inadecuados entre agentes e instituciones aisladas o desarticuladas; a sí mismo, el desarrollo organizacional presenta ineficiencias acumuladas que se expresan en redes poco eficaces que refuerzan el tradicionalismo, falta de visión y el miedo a lo desconocido (Metcalf & Ramlogan, 2006).

Respecto a las economías de menor desarrollo industrial, desde esta perspectiva se asume la existencia de cierto tipo actividad innovadora empresarial restringida a delimitados circuitos innovadores y soportada en el aprendizaje en la práctica y la imitación, que son la condición necesaria para el desarrollo de capacidades y el aprendizaje tecnológico (Arocena & Sutz, 2006). Esta actividad tecnológica está presente especialmente en actividades manufactureras e inclusive en las industrias de transformación de recursos naturales (Katz, 2006), a pesar del reconocido rezago de las estructuras productivas y la relativa debilidad de los arreglos institucionales y su limitada contribución al fortalecimiento de la competitividad de sus aparatos productivos.

Con estas características, el análisis de la innovación como principal fuente de desarrollo y evolución económica en estrecha relación con los procesos de competición empresarial cobra relevancia respecto debate centrado en el tamaño ideal eficiente de la empresa o el grado óptimo de concentración del mercado como causa última de la innovación en entornos institucionales maduros en los cuales el mecanismo de precios transmite toda la información requerida para la toma de decisiones. El interés analítico se desplaza hacia el papel desempeñado y las características de los diversos agentes que participan en los sistemas económicos capitalistas, el estudio de sus relaciones e interdependencias, aun con agentes y sistemas externos, mediadas por el arreglo institucional vigente.

En suma, el arreglo institucional define la capacidad de auto-organización y es factor determinante de las posibilidades de auto-transformación del sistema con fundamento en la generación, uso y difusión de conocimiento con fines productivos. Las instituciones son el producto histórico y no intencionado de la consolidación de las relaciones entre agentes, su existencia responde a la necesidad de reunir conocimiento e información dado el carácter acotado de la racionalidad de los agentes económicos (Egidi, 2002); son reglas, normas, hábitos y expectativas compartidas por los agentes respecto a los patrones de comportamiento técnico y económico. Como elemento central de la teoría evolucionista de la producción y la innovación, las instituciones en el marco conceptual del SIN posibilitan los vínculos entre los ámbitos micro y macro en los cuales, respectivamente, se sitúan la actividad innovadora y los resultados del desempeño económico.

Por su parte, la competición empresarial como elemento consustancial de la dinámica industrial evolucionista presenta dos características. En primer lugar, es un proceso de no-equilibrio en virtud de la continua y diferenciada actividad innovadora empresarial; y, segundo, premia a los ganadores y sanciona a los perdedores en un proceso permanente de creación-destrucción, en la denominación de Schumpeter (1989). La función de la competición es hacer posible la diversidad y premiar e incentivar las decisiones que conllevan a mejores resultados innovadores; sin embargo, las empresas no aprenden ni innovan de manera aislada sino que crean y usan conocimientos en un entramado de relaciones complejas de carácter formal e informal, en instancias de mercado y no-mercado, con otras organizaciones y agentes de la industria (Edquist, 2005). Así mismo, dada la diversidad de rutinas y comportamientos estratégicos impuestos por las condiciones de competición en el mercado, las empresas tienen la

facultad de implementar y ejercer liderazgo económico para organizar y dirigir los recursos productivos.

1.2 Un marco teórico M-M-M para el estudio de la interacción entre resultado innovador/imitador empresarial y la estructura de mercado

El modelo analítico y metodológico M-M-M en la perspectiva económica evolucionista moderna asume la endogeneidad del comportamiento innovador e imitador empresarial en interacción con la competencia empresarial como el elemento fundamental del proceso de cambio tecnológico de una industria, en este caso un grupo industrial manufacturero localizado en una economía de menor desarrollo industrial. En su formulación se asume que, aun en los casos en los que la generación de innovaciones es poco significativa como sucede en dichas economías, la teoría evolucionista conserva su contenido explicativo y, posiblemente, predictivo, no tanto por permitir la identificación y caracterización de la tendencia hacia un estado estacionario analítico en el que prevalece la homogeneidad, sino del estado estacionario histórico en el cual la amenaza permanente de la eliminación competitiva constituye un estímulo para la generación de conocimiento (Foster, 2000).

El modelo conjuga la dinámica competitiva en el tiempo y el espacio con las propiedades sistémicas de la innovación empresarial en sentido amplio¹² que implica procesos de introducción de conocimientos y tecnologías en las economías de menor desarrollo asociados al aprendizaje en la práctica productiva, la imitación y las mejoras incrementales. Con fines analíticos, el modelo incluye el desarrollo de capacidades tecnológicas empresariales en interdependencias con otros agentes, organizaciones privadas y el ente gubernamental, expresadas en el crecimiento de la productividad de su acervo de capital, y las oportunidades tecnológica y de mercado mediadas por el gobierno.

Así mismo, dado que las economías no desarrolladas no cuentan de una base amplia de conocimiento que soporte una vigorosa actividad innovadora empresarial, la actividad tecnológica de las empresas depende de la imitación de las tecnologías originadas en las economías avanzadas y, en menor grado, del desarrollo de capacidades tecnológicas endógenas; en este sentido, las fuerzas transformadoras provienen desde adentro del sistema ligadas al desarrollo de capacidades de aprendizaje y tecnológicas empresariales y a las características del arreglo institucional vigente (Lündvall, Johnson, Andersen & Dalumet, 2002).

El foco analítico en la evaluación de los resultados innovadores/imitadores y su interacción con el desempeño empresarial en los mercados se desplaza desde la capacidad de introducir innovaciones radicales característica de las empresas en industrias en el contexto de las economías desarrolladas hacia las ventajas competitivas

¹² No sin ambigüedad Schumpeter (1989, p. 66) define la innovación en términos de i) la introducción de un nuevo bien, ii) un nuevo método de producción, iii) la apertura de un nuevo mercado, iv) la conquista de una nueva fuente de abastecimiento de insumos y v) nuevas formas de organización en la industria, como la creación de una posición monopolista. Como puede apreciarse, la innovación en sentido estricto solo se ajusta a los casos i) y ii).

empresariales fundamentadas en la habilidad de imitación y las capacidades tecnológicas que permiten innovaciones incrementales que generan mayor productividad (Burachik, 2000). En las economías de menor desarrollo industrial las capacidades y habilidades empresariales para imitar e innovar se definen tanto en las relaciones competitivas de mercado, como en relaciones de no-mercado fundadas en la confianza, el poder, la lealtad, entre otros aspectos (Harvey & Metcalfe, 2005). La ventaja competitiva así definida se fundamenta en las capacidades imitadora e innovadoras que hacen posibles la introducción de mejoras técnicas incrementales (Burachik, 2000).

En suma, a partir del reconocimiento del papel desempeñado por las instituciones como instancias de articulación de los procesos de innovación/imitación, competición empresarial y cambio tecnológico en las economías de la periferia capitalista (Sutz, 1998), la estructura analítica M-M-M permite indagar por las características y las repercusiones de la interacción permanente entre la actividad tecnológica basada en la innovación, la imitación y el aprendizaje en la práctica con la estructura de mercado en el proceso de cambio tecnológico en un grupo industrial manufacturero característico de una economía de menor desarrollo industrial. Entre el comportamiento innovador/imitador de las empresas y su participación en el mercado, existe una interacción no-lineal que se expresa en los procesos permanentes de retroalimentación negativa y positiva que determinan el incremento (disminución) de la participación en el mercado y ocasionan una disminución (incremento) de la actividad innovadora. La actividad innovadora/imitadora de las empresas define las condiciones y características de la competición y las posibilidades de crecimiento de las empresas, estimadas en el modelo por los cambios en la concentración, las variaciones de la participación de las empresas en el mercado y la acumulación de capital.

En este apartado del capítulo se describe la estructura analítica evolucionista M-M-M como marco de la discusión teórica de la interacción entre competición empresarial y cambio tecnológico como variables endógenas de una industria. Desde esta perspectiva los sistemas económicos, concebidos como sistemas complejos y adaptativos (Holland, 1995), están compuestos de subsistemas articulados de reglas y sus materializaciones adoptadas por los agentes que conforman la dimensión analítica meso cuyos bloques de construcción son las unidades meso compuestas de una regla y la población de sus materializaciones; en ella se definen las posibilidades de cambio del sistema en la medida de la introducción, adopción y retención de nuevas reglas. Por su parte, las dimensiones micro y macro son instancias de coordinación, la primera contiene los agentes portadores de las reglas, sus organizaciones e interacciones; la segunda contiene las estructuras coherentes de unidades meso (Dopfer, Foster & Potts, 2004). Este enfoque teórico remite al papel crucial de las reglas meso como estructuras coherentes en las formas de instituciones, organizaciones, rutinas, hábitos, convenciones, entre otras, que median entre las relaciones generadoras de valor económico entre los agentes del sistema, en este caso una industria, e inscribe el avance tecnológico y las interacciones competitivas en la denominada "trayectoria meso" en la cual las instituciones y otras organizaciones públicas y privadas desempeñan un papel sustancial en relación con los procesos innovadores y de transformación de la industria.

1.2.1 Elementos de la estructura analítica evolucionista M-M-M

El sistema económico capitalista, de naturaleza compleja y adaptativa, es comprensible a partir de tres categorías analíticas básicas: modularidad, apertura y jerarquía (Holland,

1995). La modularidad obedece a la presencia de sub-sistemas funcionales o módulos auto-organizados que confieren estructura jerárquica al sistema de manera que su comportamiento como un todo coherente no se explica por la suma de los comportamientos de sus partes, sino como el resultado de las interacciones entre sus módulos funcionales; por su parte, la apertura implica la presencia de interacciones e interdependencias entre los módulos del sistema con diversos grados de libertad y variabilidad en el tiempo; por último, la presencia de jerarquías en el interior del sistema implica la existencia de módulos como procesos cerrados auto-organizados, articulados de manera complementaria como parte de un todo cuyas características no corresponden a la de ninguna de sus partes.

Los módulos funcionales en la industria son los agentes capaces de generación, adopción, adaptación y retención de conocimiento en la forma de reglas genéricas que subyacen a sus comportamientos e interacciones locales y por fuera del sistema, y a partir de las cuales emergen regularidades globales en el sistema (Potts, 2007; Foster & Hözl, 2004). Los agentes son individuos y organizaciones dotadas de atributos y comportamientos heterogéneos en un amplio rango de posibilidades que incluye desde las reacciones a las condiciones impuestas por el ambiente hasta los comportamientos sofisticados, intencionalmente planificados, dirigidos al logro de metas cambiantes y al control del entorno (Tesfatsion, 2006).

En el análisis del proceso de transformación endógena de una industria entendida como un sistema complejo adaptativo se adopta una perspectiva poblacional que toma en consideración la heterogeneidad de los agentes que se expresa en la composición de la población de empresas y otras organizaciones y la diversidad de sus capacidades tecnológicas y de relacionamiento. Con este enfoque los resultados innovadores empresariales, asociados a la generación, uso y retención de conocimiento productivo en la forma de reglas genéricas, se alcanzan en la interacción no-lineal con la estructura de mercado. La transformación tecnológica de la industria se vincula conceptualmente tanto a la competición en los mercados, la cual exige esfuerzos innovadores e imitadores a las empresas (Katz, 2006), como a la capacidad de relacionamiento en instancias de no mercado que promueven y difunden la novedad como motor de cambio. El mercado se concibe como un arreglo instituido para la asignación de recursos y la coordinación de los comportamientos que promueven la novedad en la forma de técnicas más productivas, mejores arreglos organizacionales y productos más atractivos.

Desde la perspectiva teórica evolucionista moderna el marco analítico y metodológico M-M-M asume el concepto Schumpeteriano de "transformación endógena" fundamentado en la innovación de los agentes empresariales en competición en los mercados; ambas instancias, innovación y competición, definidas por las capacidades tecnológicas y de relacionamiento de las empresas, el conocimiento disponible en la industria y el desempeño de las instituciones. El cambio tecnológico es un proceso de no-equilibrio resultado de la actividad innovadora/imitadora de empresas en competición en los mercados; el concepto evolucionista de no-equilibrio descarta toda posibilidad de un único resultado estacionario derivado del proceso de selección competitiva; en su lugar, dada la presencia de los fenómenos de auto-organización y orden emergente que afectan la tendencia hacia un único estado estacionario, la selección evolucionista que opera sobre las reglas y las poblaciones de portadores propicia la emergencia de instancias de orden que cumplen la función de incentivar y promover decisiones de los agentes en la búsqueda de mejores resultados (Foster, 2000).

En contraste con los modelos inscritos en el paradigma estructura-conducta-desempeño y los estudios sobre dinámica industrial centrados en la determinación de la causalidad entre actividad innovadora y estructuras de mercado, o viceversa, el énfasis analítico se ubica en la manera como la permanente interacción entre los resultados innovadores/imitadores, la participación empresarial en el producto industrial y el grado de concentración en el mercado se articulan al proceso de cambio tecnológico industrial respecto al cual operan otros factores, tales como el desarrollo de capacidades tecnológicas y de aprendizaje, las oportunidades tecnológica y de mercado, la dificultad de imitación y el tamaño del mercado, entre otros, definidos por la estructura coherente de reglas genéricas del nivel meso (instituciones) en la industrial.

Consecuentemente, el debate teórico se sustenta en tres elementos: primero, la noción de heterogeneidad del comportamiento entre empresas rivales en la industria; segundo, el concepto evolucionista de competición cuya función es posibilitar la diversidad y premiar e incentivar las decisiones que conllevan a los mejores resultados en condiciones de no-equilibrio (Metcalf, 1998); y, tercero, el entorno institucional asociado a la actividad innovadora/imitadora empresarial y al funcionamiento de los mercados. Las instituciones son complejos genéricos de reglas objeto (tecnologías físicas y sociales) y sujeto que definen los comportamientos y median en las interacciones e interdependencias entre los agentes en la industria (Potts, 2007; Nelson & Sampat, 2001).

Las instituciones, por lo tanto, definen el desempeño innovador empresarial en sentido amplio que requiere del desarrollo de capacidades tecnológicas y el aprendizaje en la práctica productiva. Aplicado a las condiciones particulares de una economía de menor desarrollo industrial el concepto de innovación en sentido amplio no se restringe a las innovaciones radicales introducidos por nuevos entrantes sino que incluye la actividad imitadora y la introducción de mejoras incrementales por parte de empresas ya establecidas en la industria, cuyas trayectorias tecnológicas siguen un curso en progreso normal inscritas en un régimen tecnológico caracterizado por la presencia de empresas en capacidad de imponer barreras a la entrada en estructuras de mercado más o menos concentradas y estables (Chica, 1994; Centro Regional de Estudios Cafeteros y Empresariales - CRECE, 2005).

Los bloques de construcción del modelo analítico M-M-M son las unidades meso conformadas por una regla de amplia aceptación,¹³ o regla meso, y la población de sus materializaciones adoptadas por los agentes de la industria; con fundamento en dichas unidades el modelo da cuenta de los procesos auto-organizacionales en el ámbito micro por los cuales los agentes generan, difunden y retienen el conocimiento, y de la emergencia del orden en el ámbito macro en la forma de una estructura coherente de reglas. La transformación tecnológica de la industria se explica como un proceso complejo de cambio en la estructura de reglas genéricas en la denominada trayectoria meso en la cual los agentes económicos heterogéneos (empresas y organizaciones privadas y públicas) crean, adoptan y retienen reglas genéricas que definen sus posibilidades de sobrevivencia y crecimiento.

¹³ En una perspectiva más amplia del análisis, el cual no objetivo de esta investigación, las reglas genéricas son, desde un punto de vista ontológico, *procesos bimodales asociativos* que soportan la existencia de la realidad económica a partir de tres axiomas, a saber: 1) Todas las existencias son bimodales o realizaciones de las ideas o reglas en materia-energía; 2) Todas las existencias se asocian; y, 3) Todas las existencias son procesos (Dopfer, Foster & Potts, 2004, pp. 200-8).

De manera específica, la estructura analítica M-M-M vincula los comportamientos innovadores e imitadores de las empresas en el ámbito micro con los resultados agregados en el nivel macro que se expresan en la estructura de mercado como instancia de orden. En la industria, existen e interactúan agentes diversos capaces de generación endógena, difusión y retención contingente de conocimiento, y también de dar respuesta adaptativa a las fuerzas que seleccionan de dicha variedad (Witt, 2008, pp. 551-2). Las interacciones entre agentes y de estos con su entorno están mediadas por reglas sobre los objetos físicos y sociales que hacen posible el funcionamiento coordinado y, simultáneamente, la transformación (cambio) del sistema (Nelson & Sampat, 2001). En esencia, el modelo analítico conjuga los mecanismos evolucionistas de selección y cambio en el nivel meso, la propiedades de auto-organización en el micro y la emergencia del orden en el nivel macro (Witt, 2008; Tesfatsion, 2006; Dopfer, Foster, & Potts, 2004).

1.2.2 Las reglas genéricas: Tecnologías físicas y sociales

El conjunto articulado de reglas genéricas en el ámbito meso de la industria define los comportamientos de los agentes en relación con la producción y el consumo de bienes y servicios y, adicionalmente, hace posible sus interacciones y define sus interdependencias (Nelson & Sampat, 2001). Las reglas genéricas son aquellas de amplia aceptación entre los agentes, las rutinas contenidas en los comportamientos y otros aspectos cognitivos, organizacionales, técnicos, sociales y culturales en las cuales se arraiga toda actividad económica; analíticamente son formas de conocimiento que capacitan a los agentes para desempeñar operaciones económicas, la transformación y el intercambio de recursos. Su articulación y funcionamiento como un todo complementario y coherente, de acuerdo con Amable (2000), define la dinámica institucional de la industria.

Según Potts (2007), en un sistema económico existen dos tipos de reglas genéricas, unas referidas a los individuos o reglas sujeto, y otras referidas al mundo de los objetos materiales y sociales o reglas objeto; las primeras definen las funciones cognitivas y el comportamiento de los agentes, por ejemplo, las reglas implícitas en el comportamiento racional, los hábitos, preferencias, instintos, entre otros aspectos. Las segundas son las reglas subyacentes a la organización de los objetos, denominadas tecnologías físicas y sociales si se refieren a la organización de los recursos materiales y las organizaciones de los individuos, respectivamente; ejemplos de tecnologías físicas son las tecnologías de producción, derechos de propiedad, reglas de mercado, entre otras; por su parte, las tecnologías sociales son las rutinas culturalmente compartidas por los individuos (Nelson & Sampat, 2001, p. 42).

Mediante el uso repetido y la operación de reglas genéricas en la forma de tecnologías físicas y sociales se define la estructura de relaciones y redes de vínculos de los agentes en la industria y el proceso productivo en el espacio y el tiempo. Las reglas genéricas subyacen a los constructos sociales o instituciones que median entre los individuos y la sociedad para la definición de sus restricciones y la percepción de sus oportunidades (Amable, 2000) y sirven de soporte a las interacciones entre los agentes micro de las cuales emerge el orden en el ámbito macro. Por último, en tanto que unidades de conocimiento, las reglas pueden ser generadas, difundidas y retenidas por los agentes en

cada momento como soporte de sus relaciones e interdependencias dentro y fuera de la industria (Potts, 2007, p. 344).

En un intento válido de clasificación de las reglas genéricas con fines analíticos, Amable (2000, p. 646) establece un ranking que incluye, en orden descendente de estabilidad, el orden constitucional, las instituciones, las organizaciones y las convenciones. En el nivel de estabilidad mayor ubica el orden constitucional, el conjunto de estructuras de conocimiento que gobiernan las relaciones entre instituciones, organizaciones y las interacciones de los individuos (agentes). Seguidamente, las instituciones son los complejos genéricos de reglas de amplia aceptación, formas intangibles que confieren estructura a las interacciones e interdependencias de los agentes; ellas están contenidas en el ámbito meso que soporta tanto los procesos de auto-organización en los agentes individuales en el ámbito micro, como el orden emergente en la dimensión macro. Las organizaciones, en un nivel jerárquico inferior, son definidas como el conjunto de reglas que estructuran las acciones de los agentes y sus relaciones de poder. Finalmente, en el nivel jerárquico básico, se ubican las reglas genéricas en la forma de convenciones, mecanismos de auto-reforzamiento de la coordinación social, y hábitos, los patrones de comportamiento adoptados por los agentes en los procesos de intercambio. La complementariedad entre los distintos tipos de reglas genéricas define una estructura coherente y estable, pero no inmodificable, que contiene el patrón de evolución de un sistema en la denominada trayectoria meso.

1.2.3 El ámbito meso: Las reglas genéricas y las poblaciones de portadores

Las unidades meso son los bloques de construcción del modelo analítico M-M-M, categorías teóricas de carácter dual en tanto que estructura y proceso. Son estructura por contener el conocimiento (reglas genéricas) generado, empleado y retenido por los agentes en sus interacciones de mercado y no mercado, al interior y por fuera del sistema; así mismo, contienen el proceso por el cual las ideas se materializan en el tiempo y el espacio en trayectorias que incluyen la generación, difusión y su retención en la población de agentes. Las unidades meso también son estructuras duales, de carácter artificial al contener conocimiento humano (ideas) en la forma de reglas que, simultáneamente, toman forma material en los procesos de auto-organización y orden en el sistema económico (Potts, 2007, p. 342).

Así mismo, las unidades meso definen los ámbito micro y macro de una industria; el primero corresponde al espacio de los agentes empresariales, sus acciones e interacciones mediadas por reglas. El segundo es la instancia de coordinación entre las unidades meso que define el orden emergente del sistema; más que la agregación de unidades micro, el ámbito macro es la estructura articulada de reglas en tanto que ideas (estructura profunda) y de las frecuencias de las poblaciones de sus materializaciones (estructura superficial).

Con fines prácticos, en concordancia con el planteamiento de Amable (2000), la dimensión analítica meso toma forma en los arreglos constitucional, institucional, organizacional y de comportamiento de los agentes individuales que definen las estructuras de coordinación de una industria y, a la vez, los procesos en el tiempo histórico que conllevan a la transformación del sistema; por lo tanto, el ámbito meso contiene el conjunto de reglas formales (normas, leyes, regulaciones) e informales

(convenciones, rutinas, hábitos) que definen el espacio de las oportunidades económicas.

1.2.4 El ámbito macro: La instancia del orden

De acuerdo con Dopfer, Foster & Potts (2004: 270), dado el carácter bimodal de cada unidad meso, el nivel analítico macro se compone de dos capas estructurales, la profunda y la superficial. La capa profunda contiene tanto la estructura asociativa emergente de reglas genéricas, la cuales permiten la coordinación económica, como las brechas estructurales debido a la posible ausencia de asociaciones entre ellas. Por su parte, la capa superficial es la manifestación externa mensurable de la estructura profunda, esto es, los valores operacionales expresados en frecuencias estadísticas de las poblaciones de agentes portadores de reglas y de las materializaciones del conjunto de reglas meso en cada momento del tiempo. La estructura profunda del ámbito meso, aunque invisible, confiere orden al sistema en tanto que la estructura superficial visible es la manifestación cuantificable (mensurable) de dicho orden.

La conexión de ambas estructuras corresponde analíticamente a la instancia de coordinación en un sistema económico de la cual emerge orden y, a la vez, las posibilidades de cambio a partir de la transformación de por lo menos una de las reglas genéricas involucradas, o la introducción de una nueva regla. Con fines prácticos, la dimensión macro se expresa en el modelo en la presencia de tres segmentos productivos (mercados) de la industria y los registros estadísticos respecto a las tecnologías seleccionadas en función de su productividad, la participación de las empresas en el producto industrial y el grado de concentración en el mercado.

1.2.5 El ámbito micro: El espacio de los agentes, sus funciones e interacciones.

Una industria en tanto que sistema complejo adaptativo está compuesto de agentes diversos en permanentes interdependencias que exhibe propiedades emergentes que no están presentes en sus unidades constitutivas individuales (Tsfatsion, 2006). En ella el ámbito micro corresponde al espacio de los agentes, sus funciones e interacciones autónomas que definen las organizaciones e interdependencias de carácter local, en la proximidad de los agentes, y de largo alcance, por fuera del sistema. El elemento fundamental de la instancia micro de la industria son los agentes cuya autonomía para generar, adoptar y retener reglas los capacita para operar sobre los recursos, competir y cooperar con agentes rivales, proceso que conduce a la definición de las interdependencias características del sistema (Dopfer, Foster, & Potts, 2004: 270).

El ámbito micro corresponde al espacio de la auto-organización de la industria en el cual se definen las características y capacidades tecnológicas y de aprendizaje de los agentes empresariales, sus organizaciones e interacciones; instancias en las cuales estos generan nuevas reglas idiosincráticas que conforman la masa crítica de reglas que desembocan en los cambios en el conjunto de las reglas genéricas meso del sistema. No obstante, las reglas idiosincráticas novedosas, generadas y empleadas por los agentes respecto a condiciones particulares del sistema, no proporcionan la estructura de conexiones (interacciones e interdependencias) en tanto que no se conviertan en reglas de amplia aceptación o reglas genéricas del ámbito meso (Foster & Potts, 2009). Las

reglas genéricas meso surgen de aquellas reglas específicas operacionales idiosincráticas generadas por los agentes en el ámbito micro que se difunden en el sistema al ser empleadas y materializadas por un número significativo de sus agentes.

Con fines prácticos, los diversos agentes en la industria, empresas de diversos tipos, organizaciones empresariales, mercados y otras entidades públicas (gobierno), se definen en el modelo mediante el conjunto de sus características o atributos específicos, y por los métodos (rutinas, convenciones y hábitos) que soportan sus comportamientos, interacciones e interdependencias. Las funciones cognitivas de los agentes, definidas mediante reglas sujeto, se ubican en un rango amplio que comprende desde las más complejas que capacitan para la toma de decisiones y el desarrollo de capacidades sofisticadas de aprendizaje hasta aquellas las que solo habilitan a las entidades para un comportamiento reactivo y pasivo (Holland, 1995).

1.2.6 La trayectoria meso: La instancia del cambio

Consecuente con la idea evolucionista de que los sistemas económicos están hechos de reglas que definen su estructura y los procesos de transformación endógenos (Foster & Potts, 2009), el modelo analítico y metodológico M-M-M ubica el cambio estructural en la trayectoria meso que vincula conceptualmente el proceso de creación-destrucción Schumpeteriano con los mecanismos de variación y selección evolucionistas (Dopfer, 2006). La creación-destrucción es el resultado de la introducción de una nueva regla en el ámbito micro que, debido a su amplia aceptación (difusión) perturba tanto el orden establecido en la capa profunda macro, como las variaciones en las frecuencias de sus materializaciones y poblaciones de adoptantes en la capa superficial macro (Dopfer, Foster & Potts, 2004: 269-70).

El cambio en una trayectoria meso se inicia en el momento que tanto los agentes del nivel micro, como las estructuras de unidades meso en el nivel macro son perturbadas por la introducción de nuevo conocimiento en la forma de una o varias reglas novedosas; la transformación del conjunto de reglas genéricas como resultado de la introducción de la novedad se describe como un proceso en tres fases que tiene implicaciones en las instancias micro, meso y macro, éstas son: generación, uso y difusión y retención y mantenimiento de la regla.

En la trayectoria meso la instancia micro es el espacio de la generación de reglas novedosas mediante la experimentación y el aprendizaje de los agentes; en ella cada agente individual explora nuevas reglas idiosincráticas con la intención de mejorar sus capacidades, reglas que el resto de agentes estarían en disposición de adoptar, adaptar y retener en la medida de la eficacia experimentada en su uso. En el ámbito meso ocurre el fenómeno de difusión por el cual la nueva regla introducida, adoptada y adaptada por muchos agentes hasta convertirse en una regla genérica en la medida de su difusión. Por su parte, la retención y mantenimiento de las reglas novedosas tienen lugar en la instancia macro en la cual se define la meta-estabilidad de las conexiones de las reglas en el tiempo y en el espacio.

El concepto de trayectoria meso en tanto que estructura ordenada de conocimientos que sirve de soporte al cambio tecnológico generaliza la idea del régimen tecnológico en una industria definido en la literatura neo-Schumpeteriana y evolucionista (Dopfer, Foster, & Potts, 2004). Al igual que en un régimen tecnológico, en la trayectoria meso se definen

las oportunidades tecnológicas y de mercado por explotar que se materializan tanto en los resultados innovadores en trayectorias tecnológicas específicas, como en relaciones y estructuras de mercado resultado de la competición empresarial.

En síntesis, la trayectoria meso contiene la dinámica tecnológica y de la competición empresarial que, conjuntamente, definen las oportunidades tecnológicas y de mercado por explotar. La dinámica meso es conducida y restringida por los procesos de cambio en los ámbitos micro y macro que, respectivamente, modifican las formas organizativas internas y alteran el orden en la industria. Operativamente, el cambio en la trayectoria meso se describe en tres fases: generación, adopción/adaptación y retención (Potts, 2007); en la primera fase un agente origina una nueva regla de impacto económico; en la segunda una población de agentes adopta la regla previamente generada; y, en la tercera, se establece un nuevo orden meta-estable entre la regla novedosa y el resto de reglas relevantes en el sistema.

- Generación de la novedad (innovación y/o imitación).

Esta primera etapa se inicia en el momento que un agente empresarial actúa deliberadamente frente a la incertidumbre e imagina, entiende y produce una nueva idea que aplica respecto al mundo subjetivo, material o en su relación con otros agentes (Dopfer, Foster & Potts, 2004). La generación idiosincrática de una nueva regla implica la creación de nuevo conocimiento o la combinación del ya existente. El agente generador y primer adoptante de la regla novedosa puede potencialmente desarrollar nuevas capacidades tecnológicas y nuevas interacciones con otros agentes para obtener nuevos productos o procesos, acceder a nuevos consumidores, definir nuevas organizaciones, leyes e instituciones, formular nuevas expectativas, entre otras posibilidades, o quizás combinaciones de todo lo anterior.

La generación de nuevas reglas en la interacción estratégica con competidores es un fenómeno propio de los agentes en el ámbito micro. Las reglas son conocimiento nuevo articulado al ya existente, en la forma de un concepto, teoría, conjetura, producto, relaciones, diseño y diversas soluciones a problemas productivos; las nuevas reglas definen, en el caso de las reglas sujeto, el mundo interno de los agentes micro, sus características y funciones cognitivas y racionales que les permite articularse al sistema;¹⁴ y, en el caso de las reglas objeto, las reglas novedosas definen las capacidades requeridas en el uso, transformación e intercambio de los recursos físicos y formas concretas de generación de valor, y nuevas maneras de establecer relaciones de cooperación con otros agentes.

La introducción de una nueva regla objeto por parte de un agente empresarial tiene efectos en el ámbito macro en la medida que implica el surgimiento de un poder monopólico que, sin embargo, no significa el colapso de la competición en el mercado, como se ha asumido en la teoría convencional; en todo momento la introducción de conocimiento nuevo y conjetural favorece la competición entre agentes que luchan por lograr mayor participación en el mercado. Las reglas objeto novedosas, tecnologías físicas y sociales, son de especial interés en el modelo analítico en tanto que, idiosincráticas en su origen, pueden llegar a convertirse en reglas de amplia aceptación entre los agentes. Su introducción implica, en primer término, cambios en el propio

¹⁴ Las reglas sujeto no son objeto de estudio específico de esta investigación, en general se consideran dadas, asociadas a las características de los agentes.

agente y en el orden de sus interacciones; y, segundo, cambios en las estructuras de reglas en el nivel macro, las cuales definen las posibilidades de competición, cooperación y rivalidad. De esta manera, la presencia de la novedad así descrita tiene un efecto des-coordinador de la estructura previamente existente en la medida en que las conexiones entre sus materializaciones se modifican y reacomodan.

- Difusión (adopción y adaptación).

La difusión de la regla novedosa en la segunda etapa de la trayectoria meso es un proceso de aprendizaje que conduce a la adopción y adaptación de la regla por parte de un número significativo de agentes; la nueva regla gana presencia en el sistema al materializarse en nuevos comportamientos en el ámbito micro, proceso que culmina con la normalización de comportamientos alrededor de la nueva regla introducida (Dopfer, Foster & Potts, 2004: 273).

El proceso de difusión implica tanto la cooperación, como la rivalidad entre los agentes del sistema; la primera prevalece en el momento inicial de la introducción de la novedad cuando la regla, que no es suficientemente conocida, es comunicada y replicada; de ser exitosa, conlleva al crecimiento del número de agentes adoptantes por unidad de tiempo hasta alcanzar el número máximo posible a una tasa inicialmente creciente. La rivalidad prevalece una vez que la regla ha sido ampliamente adoptada, e implica la disminución de la tasa de adopción hasta aproximarse a una tasa nula cuando muchos agentes son portadores de la regla, aquellos con suficiente capacidad para adoptarla y usarla.

La difusión de la regla tiene implicaciones en los ámbitos meso y macro del sistema. Los cambios en el nivel meso obedecen al crecimiento de la variedad en la población de reglas y sus materializaciones portadas por los agentes; así mismo, junto al crecimiento de la variedad descrito, aparece la tendencia de una determinada materialización de la regla a convertirse en dominante sobre las diversas variantes presentes. En la instancia macro de esta segunda fase, dada la difusión de la novedad, se experimentan cambios en la relación entre sus capas profunda y superficial. En la capa profunda tiene lugar la creación y destrucción del orden de asociaciones entre las reglas previamente existentes y de las conexiones entre las actividades por ella soportadas; en esencia, la re-coordinación del sistema concluye con la instauración de un nuevo orden en la estructura de reglas que, a su vez, da cabida a nuevas formas organizativas y de reasignación del poder en la industria. Simultáneamente, en la capa macro superficial se verifica el cambio en las frecuencias de las reglas, de sus materializaciones, de las poblaciones de adoptantes y de las covarianzas estructurales, cambio del cual emergerá una nueva escala de asociaciones y frecuencias de las reglas y sus materializaciones.

En una industria la difusión de la regla novedosa conduce a nuevas oportunidades tecnológicas y de mercado, así como a nuevas condiciones de apropiabilidad que, conjuntamente, definen las posibilidades de acumulación de conocimiento y de imposición de barreras a la entrada. De manera esquemática, el éxito innovador/imitador soportado en el uso del nuevo conocimiento por parte de las empresas se materializa en una mayor participación en el mercado y en su crecimiento (mayor acervo de capital); proceso que, a su vez, puede ir acompañado por el desarrollo de capacidades tecnológicas y de relacionamiento, los cuales definen variados grados y niveles de cooperación entre empresas, con otras organizaciones e instituciones públicas y privadas.

- Retención y meta-estabilidad.

El proceso previo de difusión de la regla desemboca en la tercera fase de la trayectoria meso, denominada retención, en la cual se estabiliza la estructura de unidades meso generadas (reglas y sus materializaciones) y, simultáneamente, se crean las condiciones para el surgimiento de nuevas unidades meso. Esta fase es el núcleo del proceso de creación-destrucción Schumpeteriano por el cual la difusión previa de la novedad, en la totalidad o un número significativo de agentes, conduce al reacondicionamiento de sus comportamientos. La introducción del nuevo conocimiento y el comportamiento estratégico para evitar su propagación por parte del agente innovador, junto a los esfuerzos de imitación de los competidores, desembocan en esta última fase en el surgimiento de nuevos líderes y seguidores empresariales; así mismo, el aumento de la diversidad de materializaciones de la regla que acompaña el proceso de difusión crea las condiciones para el crecimiento del mercado y el aprovechamiento de economías de escala y alcance en un entorno ordenado y estable que, no obstante, crea las condiciones para el surgimiento de la novedad (Dopfer, Foster, & Potts, 2004, pp. 273-74).

La retención implica la coexistencia de procesos de re-coordinación y des-coordinación de las unidades meso. En el primero, una vez que la novedad ha sido adoptada por una parte o la totalidad de los agentes, ocurre una depuración que culmina en la estabilidad de la(s) variante(s) viable(s) de la regla y de sus materializaciones; en el segundo, la estructura estable de reglas meso existentes es perturbada por la introducción de la nueva regla y el crecimiento de la variedad.

La meta-estabilidad se refiere, por lo tanto, a la presencia de actividades institucionalizadas soportadas en conocimiento (reglas) contenido en habilidades, rutina y competencias como fundamento de nuevas posibilidades y habilidades para la creación por parte de los agentes. Es la situación de orden en la que, sin embargo, nuevos ordenes eventualmente irrumpen y se replican en sus propias trayectorias; es decir, cierto grado de estabilidad que posibilita el cambio; de manera más precisa, la meta-estabilidad proporciona condiciones de estado estacionario suficientes para la emergencia de la novedad en la forma de nuevas reglas. De acuerdo con Loasby (1999), citado en Dopfer, Foster & Potts (2004: 273-74), de manera un tanto paradójica, la imaginación y las conjeturas son más poderosas cuando la estabilidad propiciada por las tecnologías sociales en la forma de instituciones hace más claras las oportunidades y disminuye la incertidumbre.

En esta última etapa todos los agentes micro en capacidad de adoptar una regla lo han hecho, con lo cual se establece una nueva división del trabajo en las nuevas estructuras del conocimiento y del mercado que, simultáneamente, pueden conducir a nuevos procesos y productos. De otra parte, en el ámbito macro de esta última fase se verifican cambios en sus capas superficial y profunda; en la primera, los registros estadísticos dan cuenta del mantenimiento y retención de los nuevos comportamientos y las estructuras de reglas que, en su conjunto, ponen en evidencia las condiciones de orden y organización de la industria. En la estructura profunda macro, la cual contiene el orden en el que se arraiga finalmente la regla novedosa, se forman los conglomerados de conocimiento en la forma de poblaciones de reglas una vez que se verifica la destrucción del orden de asociaciones entre reglas previamente existente y de las conexiones entre las actividades por ellas soportadas; así mismo, surgen nuevas estructuras que propician

el surgimiento de nuevas reglas y nuevas trayectorias meso en un proceso repetitivo y sin fin.

En síntesis, trayectoria meso describe una dinámica de no-equilibrio que contiene los procesos auto-organizativos del ámbito micro y la emergencia de orden macro que definen, en el primer caso, las características y funciones los agentes y sus interacciones en términos de comportamientos y capacidades; y, en el segundo, las características y funciones organizacionales de los agentes expresados en tecnologías dominantes, diferentes segmentos de la producción (mercados), la estructura de mercado en términos de la participación del producto de las empresas respecto al producto en cada uno de ellos, entre otros. En la trayectoria meso industrial las empresas, de acuerdo a su tipo y capacidades, y las características del segmento productivo en el que participan, introducen la novedad mediante actividades estratégicas de innovación/imitación determinadas por la tasa de beneficios, la participación en el mercado y el apoyo de entidades públicas y privadas que facilitan el acceso a recursos financieros y contribuyen a mejorar su productividad por unidad de capital acumulado.

2. Metodología: Modelado basado en agentes y cambio tecnológico industrial

La concepción y definición del modelo metodológico parte del reconocimiento de que las economías no desarrolladas adolecen de una base amplia de conocimientos como soporte de la actividad innovadora radical, como se asume respecto a las economías desarrolladas desde los diferentes enfoques teóricos convencionales. En su lugar, el aprendizaje en la práctica y la imitación, así como la posibilidad de acumulación de capacidades tecnológicas y el desarrollo de habilidades, cumplen una función esencial para la generación, empleo y difusión de conocimiento con fines productivos; se asume, así mismo, que las fuerzas transformadoras de la industria, en este caso un subsector manufacturero de una economía de menor desarrollo industrial, provienen desde su interior, ligadas al desarrollo de capacidades de las empresas y las características del arreglo institucional vigente (Lündvall, Johnson, Andersen & Dalumet, 2002).

Una característica distintiva del modelo metodológico M-M-M es la inclusión de escalas temporales y de niveles jerárquicos en la estructura de reglas relevantes para el análisis. Respecto a las escalas temporales, se define el corto plazo como el lapso temporal en el cual las empresas toman decisiones sobre sus ofertas en el mercado en procura de mayores niveles de ganancias. En el mediano y largo plazo ocurren los procesos de generación, difusión y retención de conocimiento productivo mediante actividades de imitación/innovación por parte de las empresas y la intervención de organizaciones privadas y de gobierno que las promueven y apoyan; en cada período, según sus capacidades y características, los distintos tipos de empresas destinan estratégicamente parte de sus beneficios a ambos tipos de actividades en función de su tamaño (acervo de capital). En todo caso, las empresas que introducen nuevo conocimiento mediante imitación o innovación estarán en condiciones de imponer barreras y establecer el ritmo o velocidad de cambio que dificulte la imitación por parte de sus competidoras. Ambas actividades toman tiempo, más la innovación que la imitación, no obstante, en la medida de la disponibilidad de recursos, es posible aumentar la probabilidad de éxito en su ejecución.

La estructura jerárquica de reglas del modelo metodológico define el ámbito meso y, consecuentemente, de los ámbitos macro y micro. Respecto al primero de ellos se postula la existencia de reglas genéricas que al ser adoptadas por los agentes forman las unidades duales regla-población de adoptantes, o unidades meso, que subyacen tanto a los hábitos y rutinas de los agentes en la industria (Potts, 2007), como a las organizaciones, instituciones y la estructura constitucional que permiten los intercambio (Nelson & Sampat, 2001). Por su parte, el nivel micro contiene tres tipos de organizaciones empresariales que, de acuerdo con sus características y capacidades

productivas ofrecen diferentes tipos de productos demandados en tres segmentos de la industria; así mismo, se atribuye a todas las empresas un comportamiento estratégico dirigido a ganar mayor participación en el mercado. En el nivel macro, en sus capas profunda y superficial, se verifican los cambios estructurales de mediano y largo plazo, de menor frecuencia en comparación con los cambios de corto plazo propios de la instancia micro.

En síntesis, el modelo metodológico M-M-M con el enfoque teórico evolucionista contiene la interacción entre los resultados de decisiones empresariales sobre innovación e imitación en el ámbito micro de la industria y las estructuras de mercado emergentes en el nivel macro como factor de cambio tecnológico. En el ámbito micro de la industria las empresas generan, adoptan, usan y difunden conocimiento en la forma de reglas que soportan tanto la actividad innovadora/imitadora como el relacionamiento con otras empresas. En el nivel meso se articulan de manera jerárquica y funcional las reglas de amplia aceptación (reglas genéricas o meso) y sus materializaciones adoptadas por los agentes; el cambio en este ámbito analítico se describe en la trayectoria meso. Y, la instancia macro, por su parte, comprende tanto la estructura de reglas operantes en la industria en su capa profunda, como los registros estadísticos de las frecuencias y valores operacionales agregados de sus materializaciones en su capa superficial; éste ámbito es único en el espacio y el tiempo, pero incompleto dada la presencia de agentes heterogéneos que introducen la variedad en la forma de nuevas reglas (Foster & Potts, 2009).

La metodología se desarrolla en dos etapas; en la primera se identifican las características y los hitos más sobresalientes en la evolución del grupo industrial “Elaboración de productos de café” (CIIU 156, Rev. 3, A.C) en Colombia, así como el desarrollo institucional que ha contribuido con la consolidación de esta actividad manufacturera en el país durante el período 1990-2012. En la segunda etapa se define un ABM con el propósito de simular los procesos competitivos y los comportamientos innovadores e imitadores empresariales como núcleo del avance tecnológico industrial. De manera específica, el ABM contiene el conjunto de reglas genéricas del ámbito meso que posibilitan en el tiempo las conexiones generadoras de valor entre los agentes la industria, reglas de amplia aceptación que definen las características institucionales del régimen tecnológico y las trayectorias tecnológicas de la industria (Dopfer, 2006). En el ámbito macro, los registros estadísticos agregados revelan las conexiones claves en la industria en términos de acumulación de capital, variaciones en la productividad y participación en el mercado, entre otras; por su parte, en el nivel micro, actúan los agentes (empresas, organizaciones e instituciones) que crean y comparten conocimiento y vínculos variables en el tiempo.

Las variables características del ámbito micro son aquellos atributos referidos a las capacidades tecnológicas de las empresas y las habilidades para el relacionamiento que definen su productividad y las posibilidades de entrada y sobrevivencia en cada uno de los tres segmentos productivos de la industria. Por su parte, el ámbito macro contiene la emergencia de la estructura del mercado caracterizada por el grado de concentración de la participación de las empresas en el producto industrial y sus cambios en el tiempo; las variables de estado relevantes en este nivel son el crecimiento de la productividad por unidad de capital de la tecnología prevaleciente en cada segmento productivo y el grado de concentración en el mercado medido por la participación de las empresas en el producto industrial mediante el índice de Herfindalh-Hirschman (HH).

Este capítulo contiene dos secciones, en la primera se presentan las características de la industria de “Elaboración de productos de café” en Colombia, que sirve de referente empírico en la definición del ABM que soporta el análisis; en la segunda parte se presentan los detalles de su definición y calibración. En el anexo metodológico (Anexo A) se presentan detalles respecto a la caracterización de la industria y la definición de variables y parámetros en la construcción del ABM.

2.1. Hitos en el desarrollo de la industria de transformación de café en Colombia (1990-2012)

La industria de transformación de café en Colombia sirve como referente empírico del modelo metodológico desarrollado en esta investigación con el objetivo estudiar la interacción entre los resultados de la actividad innovadora/imitadora empresarial, la estructura en el mercado y el cambio tecnológico industrial. En esta primera etapa metodológica se describe el grupo industrial “Elaboración de productos de café” con base los registros estadísticos provenientes de fuentes secundarias respecto a algunas características relevantes de la industria y los segmentos productivos o clases industriales que lo conforman. De manera complementaria, mediante el uso de información proveniente de encuestas aplicadas a un grupo seleccionado de empresas, se caracterizan los desempeños productivo y tecnológico, las características de las interacciones entre empresas y con otros agentes de la industria y algunos hitos históricos del desarrollo reciente de la industria en el país. Con la información proveniente de estas dos fuentes se definen los valores iniciales de las variables de estado y los parámetros y la calibración del ABM.

En primer término, respecto a la caracterización de la industria con base en información estadística secundaria, se identifica como eslabón primario de la cadena cafetera en Colombia al grupo de actividades agrícolas o caficultura cuyo producto final es el grano de café pergamino,¹⁵ el cual es el principal insumo del eslabón industrial de la cadena cafetera. Éste último, de acuerdo a las cuentas del Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE), corresponde al grupo industrial “Elaboración de productos de café” (CIIU 156) conformado por las clases industriales “Trilla de café” (CIIU 1561), “Descafeinado” (CIIU 1562), “Tostión y molienda de café” (CIIU 1563) y “Elaboración de otros derivados de café” (CIIU1564), cuyos productos son el grano verde de café, café descafeinado, café tostado y molido y café soluble y extractos del café, en su orden¹⁶. El café industrialmente procesado se destina mayoritariamente al consumo final en los mercados doméstico e internacional, sin embargo, también es utilizado como insumo intermedio en la industria alimenticia y farmacéutica.

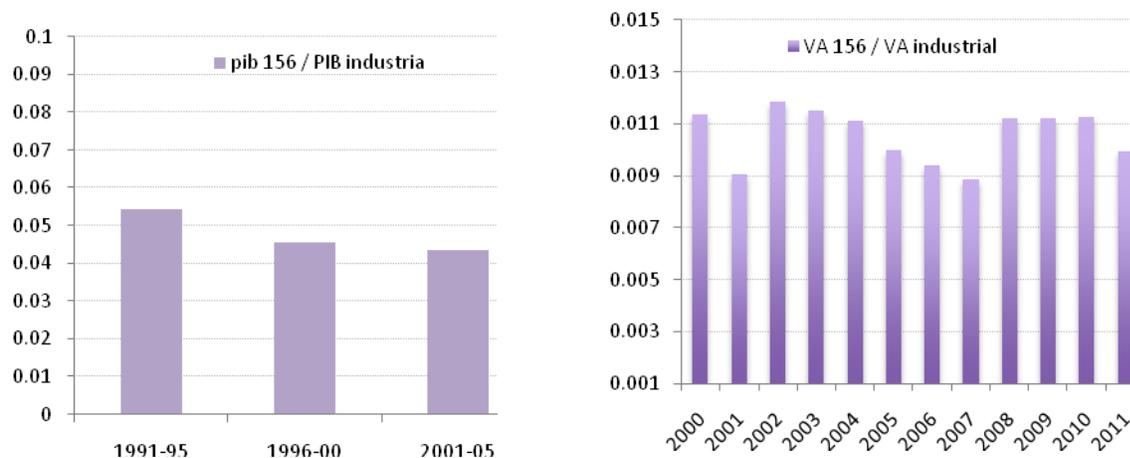
La participación de la industria de transformación de café en el PIB y el valor agregado del sector industrial del país durante el período se muestran en la Figura 2-1; como puede observarse, mientras que en el período 1991-2005 la participación de la industria

¹⁵ El café cultivado en Colombia, conocido en el mercado mundial de café como “café suave colombiano”, pertenece a la especie *coffea arabica* cuya identidad es única y su calidad del grado superior es reconocida mundialmente. Las variedades más conocidas cultivadas son: “café típica”, variedad primitiva de amplia difusión; “café borbón”, variedad de alto porte y productividad; “café caturra”: variedad obtenida en Brasil como mutación del café borbón de productividad similar a la arábica típica; “café maragogipe”: forma gigante de la variedad típica, ocurrida por mutación originaria del Brasil; y “Colombia”: variedad resistente a la roya obtenida del cruzamiento de caturra con híbrido de timor de alta productividad y fácil adaptación.

¹⁶ Para los detalles metodológicos ver el Anexo A.

en el PIB nacional disminuyó 1.4 unidades porcentuales, de 5.5% a 4.1%, la participación del valor agregado de la industria respecto al valor agregado (VA) industrial nacional presenta un comportamiento cíclico con variaciones mínimas alrededor de una media próxima a 1% durante el período; es decir, la generación de VA se ha mantenido relativamente constante en tanto que la participación en el producto industrial total nacional ha experimentado una disminución. El comportamiento relativamente estable del valor agregado y la disminución simultánea de la participación en el producto industrial en el contexto de crisis generalizada del sector industrial colombiano durante el período sugiere cierto dinamismo de crecimiento de la productividad que, no obstante, parece no consolidarse en el tiempo.

Figura 2-1. Participación del grupo industrial CIU 156 en el producto y el valor agregado (VA) industrial nacional.



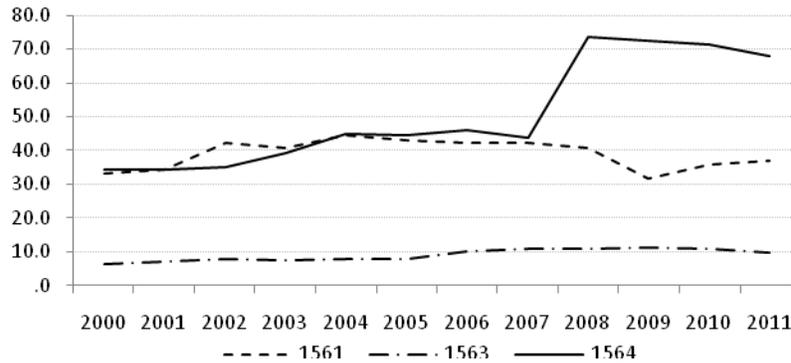
Fuente: EAM, DANE. Elaboración propia.

Otra característica a resaltar del grupo manufacturero es el uso intensivo de bienes de capital en las tres clases industriales que lo componen; al respecto, en la Figura 2-2 se presenta, como una medida indirecta del uso de capital en la industria, el comportamiento del consumo de energía implicado en el uso más o menos intensivo de bienes de capital (maquinaria y equipo) en cada una de dichas clases durante el período 2000-2011.

Se observan mayores niveles de consumo energético en las clases 1564 y 1561 comparados con la clase 1563¹⁷; así mismo, se debe resaltar el incremento súbito del consumo energético experimentado por la clase 1564 en 2007, en la cual participan las empresas de mayor complejidad tecnológica en la industria; comportamiento que contrasta con la dinámica más o menos estable de la clase 1561 en donde participan las empresas de menor complejidad tecnológica, aunque más numerosas, y la tendencia levemente creciente del consumo energético de la clase 1563, de complejidad tecnológica intermedia.

¹⁷ El mayor consumo energético de la clase industrial 1561 en comparación con la 1563 se explica posiblemente por la presencia de mayor número de empresas en la primera clase industrial que procesan un volumen de materia prima también mayor.

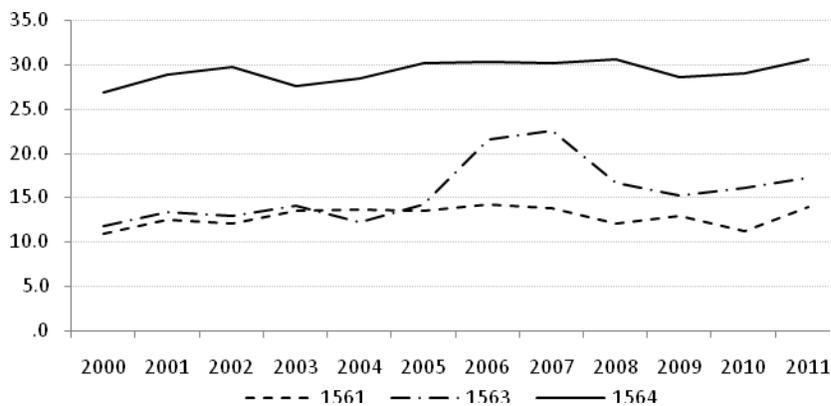
Figura 2-2. Consumo de energía por clases industriales (2000-11).



Fuente: DANE, EAM. Consumo de energía en millones de KW-h.

Respecto al factor trabajo, en la Figura 2-3 se compara la razón entre activos netos, que incluye maquinaria y equipos, y el total de sueldos y salarios pagados en cada clase industrial en el período 2000-2011. Exceptuando el cambio súbito experimentado por el indicador en la clase 1563 durante el período 2005-08, en el cual crece y disminuye al nivel histórico, se observa una tendencia levemente creciente del indicador en cada una de las clases industriales; así mismo existe una clara diferencia entre los niveles del indicador entre las tres clases industriales especialmente significativo a partir de 2005. Estos resultados sugieren un proceso sostenido de tecnificación en los segmentos de complejidad tecnológica medio y alto, que ha favorecido el uso del capital respecto al trabajo especialmente significativo en el segmento de mayor complejidad tecnológica (clase 1564).

Figura 2-3. Relación entre activos netos y sueldos y salarios pagados en cada clase industrial (2000-2011).

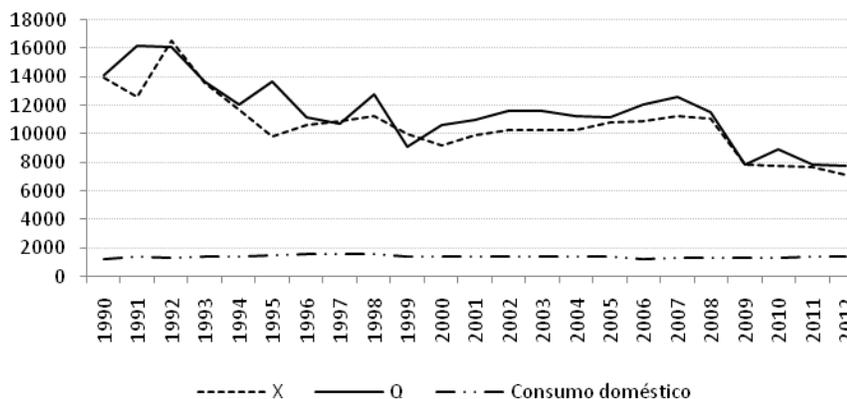


Fuente: DANE, EAM.

Adicionalmente, de acuerdo a la Figura 2-4, la producción total y las exportaciones de café verde en Colombia coinciden en su dinámica y en la tendencia decreciente durante el período 1990-2012; inclusive, se observa que a partir de 1993, excepto un corto lapso a partir de 1999, la producción de café verde en el país ha sido mayor que sus exportaciones, hecho que confirma la presencia sostenida de las actividades industriales (trilla, tostado y molienda y obtención de extractos) en el territorio nacional. El comportamiento de la demanda doméstica de café verde durante el período, el cual sirve

de materia prima a los procesos de transformación más complejos de la cadena industrial, se ha mantenido estable, en alrededor 1.8 millones de sacos de café verde, inclusive a pesar de la tendencia histórica decreciente de la producción y las exportaciones.

Figura 2-4. Producción (Q), exportaciones (X) y consumo doméstico de café* (1990-2010).



Fuente: FNC, la información sobre producción y exportaciones; los datos sobre consumo provienen de la Organización Internacional del Café (OIC).

* Todas las variables medidas en miles de sacos de café verde equivalente.

En segundo término, en relación con el proceso histórico de surgimiento, consolidación y desarrollo de la industria de transformación de café en Colombia, los inicios de la actividad industrial del café propiamente dicha en Colombia se remontan a las primeras décadas del siglo XX en la región del Eje Cafetero (los actuales departamentos de Caldas, Quindío y Risaralda), Antioquia y el Valle del Cauca; en 1925 en el gran Caldas, existían 54 trilladoras integradas verticalmente a firmas exportadoras y cultivadoras del grano; y en 1973, con el apoyo de la Federación Nacional de Cafeteros (FNC), se inauguró la planta de café liofilizado en Chinchiná (Caldas) cuya producción se destinó a la exportación hasta finales de los noventa (Centro Regional de Estudios Cafeteros y Empresariales - CRECE, 2005). En la actualidad las empresas trilladoras, tostadoras y procesadoras se ubican a lo largo y ancho de la geografía nacional, en las proximidades o en los principales centros urbanos del país.

Así mismo, se identifica como hito histórico en el desarrollo de la industria la ruptura de las cláusulas económicas del Convenio Internacional del Café en 1989, medida tomada por la Organización Internacional del Café (OIC) con el objetivo de promover el libre juego de la oferta y la demanda en el comercio internacional de café verde. Como consecuencia de dicha ruptura el mercado internacional de café es controlado, desde los últimos años del siglo XX, por un grupo de veinte empresas multinacionales comercializadoras y procesadoras (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, 2003). La liberación del esquema de cuotas preexistente condujo a un nuevo panorama en el cual las empresas transnacionales dedicadas a la fabricación de café soluble, Kraft Foods (USA), Nestlé (Suiza), Sara Lee (USA), Procter & Gamble (USA) y Tchibo (Alemania), configuraron una estructura de oligopolio en el mercado internacional de café procesado que prevalece en la actualidad.

No obstante, en esta industria localizada en el territorio nacional ha ocurrido un proceso de especialización y diversificación durante las últimas tres décadas a partir de la trilla de

café conducente al surgimiento de segmentos productivos de mayor complejidad tecnológica como el tostado y molienda y la elaboración de extractos (lío-filizado) y derivados de café. Proceso simultáneo a la introducción de medidas desreguladoras y las reformas aperturistas de la economía iniciada en 1990, aproximadamente, que ha implicado cambios institucionales, con efectos en las condiciones de exportación del café verde,¹⁸ y la reorientación de la producción industrial hacia el mercado doméstico.¹⁹

En este contexto, la industria colombiana de transformación de café, orientada en sus orígenes al mercado internacional, recibió el impulso definitivo para su consolidación en respuesta a la caída de las exportaciones de café verde ocasionadas por la ruptura del Convenio o pacto cafetero de 1989. En efecto, se consolidaron nuevas actividades en el eslabón industrial de la cadena cafetera orientadas al mercado internacional y doméstico tales como el tostado y molienda y la obtención de derivados, especialmente café soluble, complementarias a la trilla del grano de café pergamino que se adelantaba en el país desde las primeras décadas del siglo XX.

Por último, ajustado al ordenamiento constitucional colombiano, la presencia de instituciones y organizaciones de amplio arraigo y reconocimiento por parte de los agentes ha contribuido al desarrollo de la industria cafetera desde sus etapas iniciales mediante la regulación de la oferta, la comercialización y, en cierta medida, la promoción del consumo en el mercado doméstico. Entre éstas se deben mencionar:

- 1) La Organización Internacional del Café - OIC. En el plano internacional esta entidad, con sede en Londres, proporciona el marco institucional para la regulación de precios que cuenta con las Naciones Unidas como depositaria de los acuerdos entre países productores y consumidores del grano en el mundo; su creación data del año 1963 con la promulgación del primer Acuerdo Internacional del Café de 1962.²⁰ No obstante, el desmonte como ente regulador del precio en 1989, reorientó la función reguladora del mercado hacia temas administrativos, de sostenibilidad de la producción y hacia la definición de estándares de calidad del producto.

¹⁸ El grano de café verde, el cual se obtiene al retirar la cubierta o pergamino del grano seco sin tostar mediante un proceso mecanizado o trilla, es el producto exportable del país por excelencia desde las postrimerías del XIX.

¹⁹ Un indicio del proceso de este proceso diversificación productiva y tecnológica se encuentra en la inclusión en las cuentas nacionales a partir del 2000 del grupo manufacturero 156 compuesto por las clases: "Trilla de café" (1561), "Descafeinado" (1562), "Tostión y molienda de café" (1563) y "Elaboración de otros derivados del café" (1564), de acuerdo con la clasificación CIIU, Revisión 3, adaptada para Colombia, en reemplazo de las ramas "Trilla de café" (31168) y "Molienda y tostado de café, incluso café soluble y extractos de café" (31211), según la clasificación CIIU, 2ª Revisión, vigente hasta 1998, las cuales agrupaban todas las actividades de transformación de café verde en el país; inclusive, hasta ese momento la trilla de café fue considerada un servicio de tipo industrial en la obtención de café verde de exportación, excluida de todo tipo de análisis de la actividad manufacturera propiamente dicha en Colombia.

²⁰ El Convenio Internacional del Café fue la instancia regulatoria internacional para la comercialización del grano de café verde que funcionó durante 27 años a instancias de la Organización Mundial del Café. Este mecanismo de regulación concedió prioridad al equilibrio y seguridad en el abastecimiento del grado verde a las empresas multinacionales transformadoras. El primer convenio o acuerdo entró en vigencia en 1962 para un período de cinco años; posteriormente, en 1968 se firmó un nuevo convenio que tuvo dos extensiones por cinco años hasta 1976. Un tercer convenio fue puesto en marcha en 1976; y, finalmente, el cuarto convenio de 1983, tuvo cuatro extensiones que dejaron de ser efectivas en 1989. A partir de ese momento se desmontan los mecanismos de regulación del comercio internacional con el fin de promover la libre competencia en el comercio mundial de café verde, y la regulación internacional se ha centrado en garantizar las calidades del grano.

- 2) Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNC). Creada en 1927, es una institución de carácter gremial, privada y sin ánimo de lucro cuyo objetivo central es el fomento de la caficultura y el bienestar de los caficultores. No obstante, la entidad ha contribuido directa e indirectamente, a través de su participación en otras actividades distintas a la caficultura, a consolidar la cadena del café en el país.
- 3) Asociación de Exportadores de Café de Colombia - ASOEXPORT. Agrupa, desde 1933, a los exportadores de café debidamente registrados y licenciados por la FNC, y a las entidades dedicadas a la compra, venta y exportación de café en el país.
- 4) Centro Nacional de Investigaciones sobre el Café - CENICAFE. Creado en 1938 es el ente de apoyo tecnológico que contribuye a la generación de conocimiento sobre el café mediante estudios genéticos para la creación de nuevas variedades, e investigación sobre cultivo, cosecha y, en menor medida, sobre el procesamiento del café.
- 5) Almacafé. Organización empresarial de la FNC creada en 1965 con el objetivo de agregar valor a la producción agrícola cafetera mediante la prestación de servicios para la exportación de café verde como el acopio y conservación del excedente exportable, el control de calidad del producto exportable, el manejo de la logística interna para la comercialización y el apoyo a la estrategia de generación de valor agregado de la FNC mediante actividades de producción y suministro de café tostado, molido y empacado comercializado en las tiendas Juan Valdez y otros proyectos.
- 6) Fábrica de Café Liofilizado (Chinchiná, Caldas). Fundada en 1973, produce café tostado y molido y café liofilizado.²¹ Originalmente la producción de café liofilizado estuvo dirigida a la exportación, pero en la actualidad también se dirige al mercado doméstico; de 1800 ton/año en 1983 se incrementó a 7800 ton/año en 1994 (CRECE, 2005).
- 7) Expocafé Ltda. Empresa fundada en 1985 por las Cooperativas de Caficultores, las organizaciones de base de la FNC, cuyo objeto social es la comercialización y exportación de café verde de propiedad de los caficultores.

En lo que resta del presente apartado se presentan las principales características de cada clase industrial en el grupo manufacturero CIIU 156; la exposición enfatiza en el desarrollo de la normatividad y regulación de las actividades productivas manufactureras durante el período en relación con las tecnologías de procesos y productos como elemento esencial respecto al cual gira el progreso tecnológico, agenciado por empresas de diversos tamaños y organizaciones privadas y estatales como el Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC) y los Ministerios de Salud y Agricultura. Esta descripción se apoya en la información primaria recogida mediante encuesta a empresas participantes en cada una de las clases industriales. En el Anexo B se presenta el formato de la encuesta aplicada a dichas empresas.

²¹ El liofilizado consiste en la deshidratación y concentración en frío del extracto de café proveniente de la torrefacción.

- Trilla de café (1561) y descafeinado (1562).

La trilla del café pergamino seco proveniente del eslabón agrícola de la cadena se fundamenta en un proceso mecánico estandarizado²² que separa la cáscara o cisco que cubre la almendra de café, la selección de los granos de café por tamaño, aspecto, color, entre otros tópicos, y la extracción de impurezas mediante procesos manuales y automatizados; ambos procesos ajustados a normas técnicas nacionales e internacionales. Los procesos de selección y clasificación empleados son:

- 1) Cribado: Se emplea un “monitor de almendra” equipado con un conjunto de siete mallas con agujeros de diámetros medidos en 64-avos de pulgada numeradas en el siguiente orden descendente: 19 (desbrozadora), 18, 17, 16, 15, 14 y 12, mediante las cuales la almendra de café se separa y clasifica.²³
- 2) Clasificación por densidad: Los equipos neumáticos de clasificación por densidad de la almendra, los denominados *Styles* y catadoras, permiten separar granos de café aplicando el principio de Arquímedes por el cual los granos de idéntico tamaño pero de diferente densidad según su calidad pueden ser seleccionados; en general los granos de inferior calidad son menos densos que los de mayor calidad. Las máquinas *Styles* emplean una corriente de aire horizontal o lecho fluido, en tanto que las catadoras usan una corriente ascendente de aire en un túnel vertical, que eleva y separa los granos menos densos de menor calidad.
- 3) Clasificación manual y electrónica: Los granos de menor calidad son seleccionados por su color y apariencia de acuerdo a normas técnicas. Los equipos electrónicos empleados en este proceso de clasificación observan el color de cada grano con sensores ópticos que comparan con el color de la almendra verde sana; en algunos casos se emplea luz ultravioleta para separar granos infectados por hongos o fermentados.

De la combinación de éstas actividades se obtiene el café excelso tipo exportación de diferentes calidades y una amplia gama de subproductos compuestos de aquellos granos que no cumplen las normas de calidad sobre tamaño (granulometría), aspecto, grado de humedad, infestaciones, olor, color, prueba de taza e impurezas (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2007). En el Cuadro 2-1 se resumen las principales características granulométricas y de procesamiento del café verde exportables y los subproductos de la trilla definidas en las normas regulatorias vigentes.

²² En la trilla se emplean máquinas dotadas de un “cilindro en forma hexagonal con superficie labrada, que gira dentro de un cilindro cóncavo, estacionario y fraccionado en dos cámaras; en la primera cámara, la fricción elimina entre 60 y 70% de la cascarilla, luego pasa a la segunda cámara (cámara de retrilla) transportado por un elevador de cangilones, donde termina de retirarse la cascarilla y se pule la superficie de la almendra, eliminándole la cutícula. Durante el paso de una cámara a otra y a la salida de la máquina, existen campanas extractoras que aspiran el cisco produciendo una almendra limpia.” (FNC, 2007: 18)

²³ Las clasificadoras cilíndricas y de cilindros concéntricos paralelos en las cuales las arañas están dispuestas en serie conservando el orden de menor a mayor respecto al orificio de las mallas son poco empleadas en Colombia.

Cuadro 2-1. Productos de la trilla de café y sus características.

Calidades		Clasificación granulométrica (Nº)*	Características**
Café excelso	<i>Premium</i>	18	Grano grande, retenido en la malla No. 18; selección a solicitud del cliente ajustada a protocolos definidos.
	<i>Supremo</i>	17	Grano grande y parejo retenido en la malla No. 17, pero retenido por la malla No. 14; café de esmerado beneficio y seleccionado.
	<i>Extra (supremo especial)</i>	16	Grano plano y caracol, tamaño grande y mediano, retenido en la malla No. 16 con una tolerancia del 5% inferior a la malla 16, pero retenido por la malla No. 14 debidamente seleccionado.
	<i>Europa</i>	15	Grano plano y caracol, tamaño grande, mediano y pequeño, retenido en la malla No. 15 con una tolerancia del 2.5% de café de tamaño inferior a la malla 15, pero retenido por la malla 12.
	<i>Usual Good Quality (UGQ)</i>	14	Norma de calidades No.2, V2; compuesto de grano plano y caracol, tamaño grande, mediano y pequeño, con tolerancia del 1.5% de café de tamaño inferior a la malla 15, pero retenido por la malla 12.
	<i>Caracol</i>	12	Café excelso cultivados en zonas altas, ácido, sin mezcla de Magarogipe, de tamaño grande, mediano y pequeño en forma de caracol, debidamente seleccionado, con tolerancia de hasta 10% de grano plano.
	<i>Magarogipe</i>	17	Café de la variedad del mismo nombre, de tamaño grande, mediano o pequeño, sin caracol, con tolerancia del 5% inferior a esa malla, pero retenido por la malla 14, de esmerado beneficio y debidamente seleccionado.
Subproductos	<i>Consumo</i>	15	10% almendras defectuosas del café excelso Europa y UGQ
	<i>Consumo superior</i>	14	Almendras de café no aptas como excelso de exportación; clasificación manual y/o electrónica
	<i>Pasilla de mano</i>	12	Almendras de café no aptas como excelso de exportación; clasificación manual y/o electrónica
	<i>Pasilla mecánica</i>	12	Almendras de café no aptas como excelso de exportación; clasificación mediante máquinas tipo Style y catadora
	<i>Pasilla de Exportación</i>	12	Pasillas mecánica y de manos.
	<i>Ripio</i>	12	Todo grano que no cumplen los exámenes normalizados de café de tamaño inferior a 14.

*64-avos de pulgada

**Limite de control ajustado a normas (humedad, granulometría, defectos mayores (granos ennegrecidos, avinagrados, cardenillo), infestación (hongos, insectos, materia extraña), olor, color y prueba de taza. Según Norma de Calidades No.2, V2, Federación de Cafeteros; Resolución No. 5 de 2002 del Comité Nacional de Cafeteros, NTC ICONTEC 4806, 3663.

Adicionalmente, el Cuadro 2-2 contiene una lista de normas y los tópicos más relevantes estandarizados de la actividad industrial de trilla de café.

Cuadro 2-2. Normatividad relacionada con la trilla de café en Colombia.

<i>Normatividad</i>	<i>Tópico</i>
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Decreto 444 de 1967, FNC ▪ Resolución No. 5 del 2002 de la FNC. 	Definición de características y calidades del café excelso tipo exportación.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ ISO 3509, NTC 3314 	Terminología.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ ISO 4149 ▪ NTC 2324 	Examen olfativo y visual. Determinación de materia extraña y defectos en el café verde.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ NTC 3566 	Industria agrícola. Café verde, preparación de muestras para uso en análisis sensorial (Prueba de taza).
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Norma de calidad No. 3, versión 2 de agosto de 1988. ▪ Norma de Calidades No. 4, versión 1 de agosto de 1988. 	Revisión de excelsos de exportación (Fondo Nacional del Café). Clasificación de calidad del grano de café. (Fondo Nacional del Café).
<ul style="list-style-type: none"> ▪ NORMA DE CALIDADES No. 5 V1, FNC agosto de 1988 	Vocabulario: defectos del café
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Resolución número 01 de mayo 19 de 1993 – FNC 	Café verde descafeinado y tostado a mercados tradicionales, normas de calidad para la exportación de café verde descafeinado y tostado, molido o en grano, con destino a mercados tradicionales.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ NTC 2323 de 2002. ▪ ISO 6666 y 4012 	Muestreo. Café pergamino, verde y semitostado en sacos. Condiciones generales de muestreo de lotes de 10 sacos o más de café pergamino, verde o semitostado para examinar las características y condiciones de acuerdo a los parámetros de referencia establecidos en contratos, normas o convenios entre las partes, entre otros.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ NTC 2312 ▪ NTC 2323, ISO 4072 	Muestreador para café verde y pergamino. Especifica las características que lo habilita para la toma de muestras de los sacos cerrados. Muestreo de café.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ ISO 6667 	Infestación. Determinación granos dañados por insectos.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ ISO 1446 y 1447 ▪ NTC 2325, ISO 6673 	Humedad. Método de referencia y de rutina. Secado de café a 105 °C.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ ISO 8460 ▪ NTC 4607 	Densidad café verde. Método por caída libre. Café verde y tostado. Determinación de la densidad a granel por caída libre de los granos enteros.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ ISO 4150, ISO 3310 	Tamaño. Tamizado manual y tamaño de mallas o tamices.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ NTC 2758 ▪ NTC 3566 e ISO 6668 	Análisis sensorial: Vocabulario y preparación de muestras. Café verde. Preparación de muestras para uso en análisis sensorial. (Segunda actualización 2011)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ NTC 3314 	Café y sus productos. Vocabulario, términos y definiciones.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ NTC 4806 	Café consumo
<ul style="list-style-type: none"> ▪ NTC 3633 	Café pasilla

Fuente: Elaboración propia con base en Rodríguez (2000) y FNC (2007).

La trilla de café es la actividad industrial de menor complejidad tecnológica realizada por organizaciones empresariales de diverso tamaño que históricamente han acumulado capacidades en la caficultura y el comercio de café pergamino, con el acompañamiento de la FNC y otras entidades. Esta actividad industrial es la primera en instalarse en el país, ligada a la comercialización del café pergamino y la exportación de café verde excelso dirigida al mercado internacional, especialmente a los Estados Unidos. Las empresas trilladoras encuestadas (ver Anexo A) informan sobre el inicio de operaciones entre los años sesenta y noventa del siglo pasado, con presencia mayoritaria de capitales nacionales sin vínculos con los grandes grupos económicos nacionales o las compañías multinacionales que tienen amplia presencia en la industria de transformación de café; adicionalmente, estas empresas presentan una estructura administrativa plana, en la cual participa un número alto de trabajadores en la producción relativo a los empleados en la administración.

Son prácticamente nulos los esfuerzos tecnológicos de las empresas en la clase industrial 1561; ninguna de las encuestadas reporta vínculos con otras empresas u otras organizaciones de apoyo, excepto los vínculos comerciales requeridos como apoyo logístico para la exportación del producto. No obstante, las empresas informan sobre la destinación de recursos necesarios para el cumplimiento de los estándares del proceso de trilla mecánica, clasificación granulométrica y almacenamiento que condicionan el acceso al cada vez más competido al mercado internacional de café verde. En esta clase industrial son frecuentes las organizaciones empresariales pequeñas y medianas que emplean más trabajo que capital en los procesos de producción y selección del grano; así mismo, es frecuente la realización simultánea de actividades de tostado y molienda aunque en una proporción poco significativa.

De otra parte, el descafeinado consiste en eliminar o reducir la cafeína del grano de café verde obtenido de la trilla a niveles de concentración final menores de 0.1% desde una concentración inicial que se encuentra entre 3.5 y 4.5%, el proceso se realiza antes del tostado del grano para obtener dos insumos de amplio uso en la industria farmacéutica y alimenticia, la cafeína y el grano descafeinado de café verde. Existen dos métodos de uso industrial para el descafeinado, el procesamiento químico y la extracción mediante la utilización de agua; para ambos métodos, la norma técnica NTC 2736 de 1990 sobre determinación del contenido de cafeína, define el contenido de cafeína aplicable al café verde, descafeinado o tostado, y a los extractos de café, tanto secos como líquidos

El primero consiste en la aplicación de distintos solventes orgánicos (cloruro de metileno, acetato de etileno, CO₂ supercrítico, entre otros) al grano humedecido; posteriormente los granos son tratados con vapor de agua para eliminar el disolvente empleado hasta contenidos inferiores al límite legal establecido; este método es ampliamente aplicado por su flexibilidad, a pesar de que puede afectar los aromas y sabores naturales y otras propiedades organolépticas del café. El segundo método consiste en disolver poco a poco la cafeína contenida en el grano de café con agua, procedimiento que no es agresivo con el grano de café y no altera su aroma y sabor. Los granos de café verde se vierten en un recipiente a través del cual se pasa agua caliente, la cafeína se disuelve en el agua que es procesada para su aprovechamiento.

- Tostión y molienda de café (1563).

Los dos procesos industriales en este eslabón son la torrefacción y la molienda. La primera consiste en el calentamiento y enfriamiento de los granos de café verde por un

tiempo controlado, de dos a veinte minutos según el grado de tostado deseado; según el grado de tostado se provocan cambios físicos y químicos que definen el sabor y aroma al grano. Este proceso se realiza en tres etapas que incluyen el secado, el tostado propiamente dicho (pirolisis) y el enfriamiento del grano; en la primera, la cual corresponde al 80% del proceso, la temperatura se eleva de manera controlada hasta 125-187°C; en la segunda etapa ocurre el tostado o pirolisis interna del grano que implica un proceso de “...fragmentación térmica de las moléculas grandes en ausencia de oxígeno...” en un tiempo inferior a un minuto (FNC, 2006); dado el carácter exotérmico del proceso las temperaturas se elevan a 220°C, aproximadamente, ocasionando cambios fisicoquímicos que confieren sabor y olor al grano. Y, la tercera etapa corresponde al enfriamiento mediante el cual se detiene el proceso previamente descrito, una vez alcanzado el grado deseado de tostado; los granos se enfrían mediante dos mecanismos, insuflando aire frío a los granos tostados o mediante *quenching*, que consiste en la aspersión de agua directamente sobre ellos. Desde 1998 se aplica en el país la norma técnica NTC 2442 para la determinación del grado de tostado del grano.

Mediante la molienda se reduce el tamaño del grano previamente tostado para facilitar la extracción de aromas y compuestos solubles en la preparación de la bebida final. Se definen tres tipos de molienda destinadas a diferentes tipos y medios de preparación y usos, la fina, la media y la gruesa. De acuerdo a las normas NTC 3534 de 1997 y 2441 de 2011, la molienda fina reduce el grano a partículas menores de 0.5mm, la media a 0.5 mm y la gruesa a partículas de 1 mm, aproximadamente; adicionalmente, las moliendas entre 1.2 y 2 mm se emplean en la industria extractora. En el procedimiento se emplean molinos de discos para usos domésticos y comerciales en pequeñas escalas y de rodillos en las grandes plantas industriales (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2007). La regulación y normatividad de diversos aspectos relacionados con esta actividad, inclusive aspectos medioambientales, se resumen en el Cuadro 2-3.

El tostado y molienda de café, incluido en el segundo segmento de la producción de la industria (*SP-2*), es una actividad de complejidad tecnológica intermedia, realizada por las empresas de mayor experiencia en la industria cuyo capital es de origen nacional, primordialmente. Se presume que en sus orígenes estas empresas fueron trilladoras y comercializadoras que han incorporado las actividades de tostado y molienda en la medida de la acumulación de capacidades tecnológicas y productivas en el tiempo. Las empresas encuestadas reportan participación en gremios como la Federación Nacional de Comerciantes (FENALCO), Cámaras de Comercio y con la FNC que presta apoyo tanto en actividades relacionadas con la producción y la comercialización, como en los procesos de normalización; así mismo, se destaca el menor número de trabajadores y empleados comparado con las empresas participantes en el *SP-1*.

Las empresas tostadoras encuestadas (ver Anexo A) manifiestan realizar esfuerzos encaminados a la adquisición de tecnologías productivas y el desarrollo de nuevos productos diferenciados en el marco de los estándares de calidad de la industria; reconocen el papel estratégico de la variable tecnológica a pesar de que el gasto en tecnología es muy bajo. El Cuadro 2-3 presenta una síntesis de la normatividad existente en esta actividad.

Por otra parte, el mercado doméstico es el principal destino de la producción de las empresas en la clase industrial 1563; la oferta se compone de diferentes tipos de café tostado y molido diferenciados de acuerdo al origen de la materia prima, la granulometría y las especificaciones del empaque del producto.

Cuadro 2-3. Normatividad de la actividad tostado y molido de café.

Normatividad	Año	Tópico
<ul style="list-style-type: none"> ▪ NTC 3314 ▪ ISO 3509 	1992	Café y sus productos. Vocabulario. Términos y definiciones.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ministerio del Medio Ambiente, decreto 948. ▪ Resolución No. 898 ▪ Resolución No. 1351 	1995	Contiene el reglamento de protección y control de calidad del aire en todo el territorio nacional. Criterios ambientales de calidad de combustibles líquidos y sólidos utilizados en hornos y calderas de uso comercial e industrial. Adopta la declaración denominada Informe de Estado de Emisiones (IE-1).
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ministerio de Salud. Decreto 3075 	1997	Regula las condiciones básicas de higiene en la fabricación de alimentos en Colombia, contiene elementos de vigilancia y control de la industria alimenticia y define medidas sanitarias de seguridad, procedimientos y sanciones.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ NTC 4084 	1997	Método para la determinación de la densidad por compactación del café tostado y molido.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ NTC 3534 	1998	Establece los requisitos y los métodos de ensayo que debe cumplir el café tostado, en grano o molido.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Comité Nacional de Cafeteros, Resolución No. 1 	1999	Café tostado de exportación, materia prima y empaques.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ NTC 2558 ▪ ISO 11294 	2000 1994	Café tostado y molido. Determinación del contenido de humedad. Método por determinación de la pérdida de masa a 103 °C – método de rutina.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ NTC 4883 	2000	Metodología para el análisis sensorial en taza de muestras de café verde, tostado en grano y/o molido, extracto de café y café soluble, mediante el método de análisis sensorial cuantitativo descriptivo (ACD).
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Comité Nacional de Cafeteros, Resolución No. 1 	2002	Modificación de requisitos para la inscripción de trilladoras, de tostadoras de café y de fábricas de café soluble y otras disposiciones afines.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ NTC 2323 ▪ ISO 4072 	2002 1982	Condiciones generales relacionados en el muestreo de café pergamino, verde o semitostado para el examen de las características y condiciones.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ NTC 5181 	2003	Directrices básicas para procesamiento y comercialización de diferentes productos de café, y para las prácticas y estándares que garanticen la inocuidad e idoneidad de los productos de café.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ NTC 2442 	2004	Método para la determinación del grado de tostado del café en grano y/o molido mediante mediciones calorimétricas.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ NTC 5597 	2008	Establece requisitos mínimos que deben cumplir y los ensayos a los cuales se deben someter las válvulas de desgasificación utilizadas en empaques para café para garantizar la conservación de las propiedades organolépticas del café tostado (en grano o molido).
<ul style="list-style-type: none"> ▪ NTC 2441 	2011	Café tostado y molido. Establece un método para determinar el tamaño promedio de partícula del café tostado y molido.

Fuente: elaboración propia con base en Rodríguez, (2000) y FNC (2007).

▪ Derivados de café (1564)

El principal extracto de café, café soluble con destino al consumo humano, se obtiene a partir del café tostado y molido mediante los métodos de “*spray drying*” y liofilización;

mediante el empleo de ambos métodos se obtiene el extracto de café deshidratado y soluble que se ofrece en el mercado como café instantáneo en polvo y granulado. En el primer método se emplea un flujo de aire caliente para evaporar la parte líquida del extracto acuoso obtenido del proceso de descafeinado y el principio de precipitación para la obtención de partículas secas de café soluble; el método de liofilizado, por su parte, consiste en la congelación y posterior sublimación (paso directo del estado sólido a vapor) del extracto acuoso para separar el agua de las partículas de café.

Tanto para el grano de café tostado y molido como para los derivados, el envasado o empacado es primordial para evitar la oxidación y el envejecimiento que alteran las características del producto; el empacado y envasado constituyen un subproceso determinante de la calidad del producto que llega al consumidor final (ver Cuadro 2-4).

Cuadro 2-4. Regulación y normatividad de la actividad producción de extracto de café.

<i>Normatividad</i>	<i>Año</i>	<i>Tópico</i>
▪ NTC 512	1981	Industrias alimentarias. Productos alimenticios rotulados. Establece los requisitos mínimos de los rótulos ó etiquetas de los envases o empaques en que se expenden los productos alimenticios, incluidos los de hostelería, para consumo humano.
▪ NTC 2443	1988	Industrias Agrícolas. Café instantáneo. Determinación del contenido de materia insoluble. Especifica un método para la determinación del contenido de materia insoluble del café instantáneo.
▪ NTC 2737	1990	Café Instantáneo. Determinación de la pérdida de masa a 70°C bajo presión reducida. Referencias: ISO 3509: Café y sus productos ISO 6670: Café instantáneo en cajas con recubrimiento.
▪ NTC 2167	1995	Industrias alimentarias. Productos alimenticios pre-empacados. Establece los requisitos de contenido neto que deben cumplir los productos alimenticios empacados. No cubre los productos alimenticios empacados congelados.
▪ NTC 3880	1996	Determinación del contenido de Cafeína. Método por cromatografía líquida de alta resolución –HPLC Referencia: ISO 10095 de 1992
▪ NTC 4602-1	1999	Establece un método para determinar el rendimiento en la extracción y los sólidos solubles de la bebida de café el cual se ha denominado método por goteo. Este método se recomienda para evaluar el café tostado y molido con un grado de molienda media según normas.
▪ NTC 4602-2	1999	Establece un método para determinar el rendimiento en la extracción y los sólidos solubles de la bebida de café el cual se ha denominado método por contacto directo. Este método se recomienda para evaluar el café tostado y molido con un grado de molienda gruesa, según normas.
▪ NTC 4675	1999	Extractos solubles de café. Establece los requisitos y los métodos de ensayo que debe cumplir los extractos solubles de café.

Fuente: elaboración propia con base en Rodríguez (2000) y FNC (2007).

En esta clase industrial, el tercer segmento productivo de la industria (SP-3), participan empresas de reconocida trayectoria en la industria; organizaciones empresariales de origen nacional e internacional que han permanecido en la industria por décadas acumulando conocimiento y capacidades. Estas empresas, a diferencia de las participantes en las anteriores clases industriales, financian actividades de investigación y desarrollo tecnológico con recursos propios y accediendo al sistema financiero. Las principales motivaciones para el desarrollo de dichas actividades se ubican en la compra de equipos y la atención de las necesidades de los clientes; así mismo, se reconocen

progresos significativos en el manejo experto de la materia prima y las características inimitables del producto.²⁴

2.2. Modelo basado en agentes (ABM) y simulación computacional de la interacción entre progreso tecnológico y estructura de mercado

El ABM contiene una red articulada de nodos y sus vínculos que representan la estructura de conocimientos y los comportamientos empresariales referidos al relacionamiento (cooperación) con otros agentes y a las estrategias competitivas que, conjuntamente, dan forma al régimen tecnológico prevaleciente en la industria (Caiani, 2012). Con estas características fundamentales, el ABM desarrollado se emplea, mediante simulación computacional, para identificar patrones en los procesos de innovación e imitación empresarial en el ámbito micro, y para identificar la emergencia del orden en el nivel macro de una industria, en este caso el grupo industrial “Elaboración de productos de café” en Colombia en el período 1990-2012, compuesta de tres clases industriales o segmentos productivos.²⁵ De esta manera, el progreso tecnológico de la industria se articula analíticamente a las interacciones entre los resultados innovadores e imitadores empresariales y la estructura de mercado emergente en la industria.

En el régimen tecnológico²⁶ de la industria se sitúan los elementos tecno-económicos que soportan los procesos de auto-organización del ámbito micro subyacentes tanto al desarrollo de capacidades tecnológicas, las cuales posibilitan las actividades de imitación e innovación cuyos resultados configuran trayectorias tecnológicas seguidas por las empresas en cada segmento de la producción, como a las posibilidades de apropiación y la configuración de las interdependencias empresariales. Así mismo, la dimensión macro contiene la estructura de mercado emergente, definida por la participación de las empresas en el producto total del segmento industrial en el que participa y por el desempeño tecnológico de las empresas en el mismo.

De manera específica, en el ABM la red de nodos y sus vínculos representan el régimen tecnológico y las diversas trayectorias tecnológicas seguidas por las empresas en tres segmentos de la producción de la industria. En la red, cada nodo contiene conocimiento en la forma de reglas objeto genéricas respecto a los recursos y otros agentes que definen tanto los desempeños productivo y tecnológico de las empresas, como las posibilidades de relacionamiento empresarial al interior de cada segmento en la industria (Nelson & Sampat, 2001); el relacionamiento entre los agentes empresariales tiene lugar en los espacios de interacción competitiva (mercados) y cooperativa, esta última referida a las posibilidades de participación en organizaciones privadas de apoyo y la intervención gubernamental.

La reglas objeto referidas a los recursos materiales son unidades de conocimiento por las cuales es posible su aprovechamiento económico; las reglas de relacionamiento,

²⁴ Ver listado de empresas encuestadas en el Anexo A.

²⁵ Con fines prácticos y ajustado a las características de la industria tomada como caso de aplicación en el primer segmento productivo se agrupan las clases “Trilla de café” (1561) y “Descafeinado” (1562). Ver el apartado A.2 del Anexo A.

²⁶ En el modelo, la trayectoria meso es la generalización del concepto de régimen tecnológico de la industria (Dopfer, Foster, & Potts, 2004).

posibilitan las interacciones de dos tipos entre agentes en la industria, la rivalidad en el mercado (competición) y de colaboración mediante vínculos formales en organizaciones privadas de apoyo (OPA) y con el ente público gubernamental que brinda apoyo para el acceso a recursos financieros para la inversión en capital. En el ABM desarrollado las reglas objeto representadas por los nodos articulados en la red son aprendidas (adquiridas) por las empresas mediante procesos innovadores y, fundamentalmente, mediante la imitación de sus competidores próximos (Nelson y Winter, 1982).

De manera consistente con los aportes teóricos evolucionistas en la formulación del ABM se asume que el mercado existe y opera como un agente dentro del conjunto de reglas que lo establece; así mismo, que la estructura institucional de mayor nivel jerárquico y estabilidad crea patrones de incentivos y restricciones que definen los intereses y comportamientos específicos de las empresas en la industria (Cimoli & De Ila Giusta, 1998, p. 34), en este caso expresado en la productividad de la empresa, la conformación de las OPA y la intervención gubernamental en las condiciones arriba mencionadas.

El ABM así concebido se compone de dos sub-modelos²⁷, el primero, identificado como Submodelo-1, contiene la red de nodos y vínculos que representa el régimen tecnológico, las trayectorias tecnológicas que lo conforman y los tres (3) segmentos de la producción característicos de la industria, los cuales se diferencian por el tipo de producto, las tecnologías productivas y los niveles de productividad de las técnicas empleadas por las empresas participantes. Al primer segmento productivo (*SP-1*) pertenece el grupo de nodos articulados en listas genealógicas (*LG*) conformadas por los nodos padres iniciales y sus descendientes que contienen el conocimiento tecnológico básico, de menor complejidad tecnológica en la industria; al segundo segmento productivo (*SP-2*), de complejidad tecnológica y productividad intermedia, pertenecen los nodos descendiente del conjunto de nodos hijos de los nodos padres iniciales, que no se articulan directamente a ellos; y, el tercer segmento productivo (*SP-3*), de mayor complejidad tecnológica y productividad, está conformado por los nodos con el mayor número de vínculos y nodos ascendientes, depositarios del conocimiento más complejo en la frontera exterior de la red. En cada segmento productivo de la industria las empresas producen un único bien homogéneo dirigido a mercados cuyas demandas se diferencian por su elasticidad, así: demanda inelástica en el caso del *SP-1*; de elasticidad unitaria en el *SP-2*; y elástica en el *SP-3*.

El segundo submodelo (Submodelo-2), contiene y describe, en primer término, los cambios en la productividad en el ámbito micro derivados del los desempeños tecnológicos empresariales y los procesos de competición entre empresas en los tres segmentos productivos previamente definidos; y, segundo, los vínculos entre agentes empresariales a partir de los cuales se configuran las OPA. A sí mismo, en el Submodelo-2 se describe la movilidad de las empresas entre los diferentes segmentos productivos de acuerdo con los resultados innovadores/imitadores, el desempeño en los mercados y la presencia de las OPA y el gobierno.

2.2.1 Agentes en el modelo: Características y funciones

Los agentes en el modelo son subsistemas cerrados de reglas funcionales al logro de objetivos económicos. En primer lugar empresas, las cuales compiten por la obtención de

²⁷ Los detalles metodológicos se presentan en Anexo A y el código de programación en el Anexo E.

beneficios económicos al mismo tiempo desarrollan capacidades tecnológicas y aprenden; segundo, el mercado o espacio instituido de los intercambios; y, tercero, las organizaciones privadas de apoyo (*OPA*) y el gobierno, que promueven el aprendizaje y el desarrollo de capacidades en el caso de las *OPA* y el acceso a recursos para la acumulación de capital en las empresas en lo que respecta al ente gubernamental. Las empresas en el modelo son de tres tipos: Pequeñas y Medianas Empresas (*Pymes*), Grandes Empresas Nacionales (*GEN*) y Empresas Transnacionales (*ET*) que operan inicialmente en los *SP-1* a 3, respectivamente. En el Cuadro 2-5 se presentan los atributos, variables y funciones de los diferentes tipos de agentes empresariales incluidos en el modelo.

Cuadro 2-5. Agentes empresariales: características, métodos y variables.

<i>Empresas</i>	<i>Características</i>	<i>Variables</i>	<i>Métodos</i>
<i>Pyme</i>	<ul style="list-style-type: none"> Heterogeneidad a interior del SP: <ul style="list-style-type: none"> - Lista genealógica y trayectoria tecnológica - Productividad - Comportamiento estratégico (innovación/imitación) - Acumulación de capital Relación precio-costo de producción o <i>mark-up</i> ($r_{ij,t}$). 	<ul style="list-style-type: none"> Acervo de capital ($k_{j,t}$) Productividad del capital ($A_{j,t}$) Producto ($q_{ij,t}$) Beneficios ($\rho_{ij,t}$) Participación en el mercado ($s_{j,t}$) 	<ul style="list-style-type: none"> Obtención de beneficios Inversión en nuevo capital Asignación de recursos en actividades de innovadora y/o imitación. Participación en <i>OPA</i> e interacción con el gobierno
<i>Gran empresa nacional (GEN)</i>			
<i>Empresa transnacional (ET)</i>			

La heterogeneidad de los agentes empresariales, de acuerdo con su tipología, se refiere a dos aspectos: las capacidades tecnológica y de aprendizaje y las posibilidades de relacionamiento con otras empresas en las *OPA* y con el ente gubernamental. En el modelo, cada empresa sigue una determinada curva de aprendizaje en una trayectoria tecnológica perteneciente a uno de los segmentos de la industria; esta curva se define por la dotación inicial de nodos de la empresa y los nuevos nodos adquiridos como resultado de los esfuerzos innovadores/imitadores; el desempeño tecnológico define, así mismo, las ganancias y las posibilidades de crecimiento de las empresas.

En relación con las capacidades tecnológicas y de aprendizaje, los atributos o características modelados son: la capacidad de aprendizaje tecnológico que hace posible la imitación y/o innovación determinante del nivel de productividad por unidad de capital ($A_{j,t}$) de la técnica productiva empleada por la empresa, la capacidad de acumulación de capital ($k_{j,t}$) período tras período y, asociados a estos, la participación en el mercado ($s_{j,t}$) y los beneficios ($\rho_{ij,t}$), como medidas del desempeño en el mercado. En cuanto a las capacidades de relacionamiento, las empresas al interior de los segmentos productivos 1 y 2 pueden asociarse con sus pares en las *OPA*, incentivadas en la búsqueda de mayor productividad y en función del desempeño tecnológico expresado en el nivel de productividad; adicionalmente, el acceso a recursos financieros para la inversión es facilitada por la intervención gubernamental cada 16 períodos trimestrales (cuatro años) que beneficia a todas las empresas en la industria, de acuerdo al nivel de participación en el producto del segmento productivo en el cual participa.

Dadas las características y funciones, las empresas participantes en los tres *SP* deciden en el corto plazo respecto a su oferta $(q_{ij,t})$ en mercados más o menos concentrados, y toman decisiones estratégicas, con repercusiones en el mediano y largo plazo, respecto a la acumulación de capital y el incremento de la productividad; para cada *SP* se define la importancia relativa del comportamiento innovador sobre el imitador, o viceversa, mediante los coeficientes de gasto en innovación $(r_{inn,j})$ e imitación $(r_{im,j})$.

El segundo tipo de agentes en el modelo son los mercados en los que confluyen las ofertas de las empresas y las demandas de los consumidores de cada segmento productivo de la industria (*SP*-*j*, $j = 1, 2, 3$). Los mercados se definen como sistemas funcionales de reglas (instituciones) con tres características distintivas, el grado de concentración, el precio del producto y el grado de complejidad de la tecnología predominante; sus funciones más relevantes son definir las condiciones de competencia en oligopolios de las empresas y el precio del producto, así como la selección de la tecnología más productiva a ser empleada por las empresas.

El *SP-1* corresponde a la clase industrial “Trilla de café” (1561), el *SP-2* contiene la clase “Tostión y molienda de café” (1563) y el *SP-3* contiene la clase industrial “Derivados de café” (1564); en cada uno de los segmentos productivos, diferenciados por el grado de complejidad tecnológica, actúan empresas con grados diferenciados de aprendizaje y capacidades tecnológicas contenidas en las listas genealógicas de nodos asignadas de manera aleatoria en el momento previo al inicial. Dada la productividad y el capital inicial cada empresa determina su oferta, la sumatoria de las ofertas de las empresas en cada segmento productivo corresponde a su oferta total. Para cada segmento de la producción se asumen demandas isoelásticas de diferentes valores de elasticidad-precio. En el *SP-1*, cuyo producto se obtiene de la primera transformación industrial del insumo agrícola, la demanda se asume inelástica, unitaria en el *SP-2*, cuyo producto requiere de mayor elaboración que en el caso anterior, y elástica en el *SP-3*, cuya producción requiere el mayor nivel de procesamiento industrial.

El tercer tipo de agentes son las *OPA* y la instancia gubernamental. Las primeras son organizaciones que fomentan y promueven el desarrollo de capacidades tecnológicas empresariales determinantes tanto de la productividad del capital acumulado en una trayectoria tecnológica específica, representada por la lista genealógica de nodos asignada a una empresa, como del nivel de participación en el mercado. En estas organizaciones convergen empresas de según la productividad en cada segmento de la producción evaluada cada ocho períodos trimestrales. Las ganancias en productividad derivadas de la participación en las *OPA* se definen en función del nivel de participación de la empresa en el mercado de acuerdo al criterio de que el “éxito llama al éxito”, es decir, obtienen mayores ventajas, en términos de crecimiento de la productividad por unidad de capital, las empresas con mayor nivel de participación en el mercado.

Se modelan dos tipos de *OPA*; la *OPA-1*, conformada por las empresas que operan en el *SP-1*, cuya productividad es igual o mayor que la productividad promedio del segmento productivo y la *OPA-2*, conformada por las empresas que participan en el *SP-2* cuya productividad es igual o mayor que la productividad promedio de las empresas en dicho segmento productivo. Así mismo, la instancia gubernamental que regula el comportamiento de las empresas presentes en los segmentos productivos de la industria

cumple la función de facilitar el acceso al financiamiento de la inversión (acumulación de capital) que conlleva a mayor gasto en actividades de innovación e imitación cada período y al incremento de las posibilidades de éxito de las mismas. La intervención gubernamental también favorece a las empresas de mayor éxito en el mercado al garantizar mayor facilidad de acceso financiero a aquellas que obtienen mayores beneficios en cada período. En el siguiente cuadro se sintetizan las características (atributos) y funciones (métodos) de las OPA y la instancia gubernamental en el modelo.

Cuadro 2-6. OPA y Gobierno: características y métodos.

<i>Organizaciones</i>	<i>Características</i>	<i>Métodos</i>
<i>OPA - 1</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Conformado por empresas Pymes nacionales de los segmentos de la producción 1561 y 1563 en cada período. • Los beneficios derivados de la participación se reparten de acuerdo a la participación en el mercado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contribuyen, mediante diversos mecanismos, a incrementar la productividad empresarial. • Incremento paramétrico de la probabilidad de éxito imitador e innovador.
<i>OPA - 2</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Conformado por empresas medianas (principalmente) de los segmentos de la producción 1563 y 1564. • Los beneficios derivados de la participación se reparten de acuerdo a la participación en el mercado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Apoyo selectivo a empresas nacionales para mejorar condiciones de acceso al conocimiento.
<i>Gobierno</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Ente regulador y de ejecución de políticas públicas que facilitan el acceso al financiamiento de las actividades innovadoras. 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejoran las condiciones de acceso a recursos financieros para de actividades innovadoras. • Incremento paramétrico de la probabilidad de éxito imitador e innovador.

2.2.2 Procesos y plan general del modelo de simulación

Dadas las características (variables) y funciones (métodos) de los agentes, se definen los procesos y su respectivo orden de ocurrencia en el ABM; primero, la articulación de la red de nodos y sus vínculos que representa el paradigma tecnológico, las trayectorias tecnológicas y los tres segmentos productivos de la industria; segundo, la toma de decisiones empresariales respecto al comportamiento innovador/imitador que conduce a mayores niveles de productividad; tercero, la dinámica competitiva, acumulación de capital y concentración en el mercado; y, cuarto, la conformación e intervención de las OPA y el gobierno. Los detalles del código de programación se incluyen en el Anexo D.²⁸

- Régimen tecnológico²⁹, trayectorias tecnológicas y segmentos de la producción en la industria.

²⁸ Los archivos magnéticos con el código de programación están disponibles a solicitud del interesado.

²⁹ Caiani (2012) denomina "paradigma tecnológico" a la red de nodos y vínculos que representan la estructura articulada de conocimientos disponibles en la industria; sin embargo, en el presente contexto en el cual se introducen en el análisis trayectorias tecnológicas y segmentos productivos dentro de una misma

El punto de partida del modelo es la representación del régimen tecnológico, las trayectorias tecnológicas en él contenidas y los segmentos de la producción en la industria como una estructura en red de nodos y sus vínculos. En dicha red los nodos contienen conocimiento en la forma de reglas objeto que definen las capacidades tecnológicas de las empresas que se materializan en los niveles de productividad por unidad de capital; adicionalmente, sus vínculos definen las trayectorias tecnológicas que siguen las empresas de acuerdo con sus esfuerzos y resultados imitadores/innovadores (Caiani, 2012).

El proceso por el cual se configura la red a partir de un número dado de nodos se lleva a cabo en el momento previo al inicio del resto de procesos en el modelo. La totalidad de nodos en la red (N) se compone de un nodo raíz y dos subconjunto adicionales, el primero contiene los nodos padres iniciales y el segundo las generaciones descendientes de nodos a partir del conjunto de nodos iniciales, nodos que una vez articulados en la red se convierten en padres potenciales (y reales) de los próximos nodos a ser articulados (Caiani, 2012). Al nodo raíz (N_0), el cual sirve de referente y punto de partida en la construcción de la red, se articulan los nodos iniciales; seguidamente, a éstos, se articulan hasta el 95% de los nodos restantes disponibles como nodos hijos mediante un proceso aleatorio que sigue una distribución de probabilidad Binomial, nodos que se convierten automáticamente en padres potenciales de nuevos nodos a ser articulados en la red. El 5% de los nodos restantes, solo se articularán a ella como resultado de la actividad innovadora de las empresas pertenecientes al *SP-3* que los vinculan a sus trayectorias tecnológicas, como se describirá más adelante. Las múltiples secuencias de nodos articuladas de manera aleatoria a partir de los nodos iniciales definen listas genealógicas (*LG*) aleatorias, secuencias de nodos de diferentes longitudes que conforman las trayectorias tecnológicas pertenecientes a los tres segmentos productivos de la industria.

En una representación esquemática de la red de nodos articulada a partir del nodo raíz de referencia, las trayectorias tecnológicas de diversas longitudes aparecen en la dirección longitudinal a partir de los nodos padres iniciales y los segmentos productivos se definen en la dirección transversal, según el esquema presentado en el apartado A.2 del Anexo A. Al *SP-1* pertenecen las trayectorias vinculadas directamente al nodo raíz, cuyas listas genealógicas asignadas a las empresas contienen una cantidad límite máxima de nodos, la cual resulta del proceso aleatorio de asignación de nodos padres; a las empresas participantes en este segmento productivo se atribuye el nivel más bajo de complejidad tecnológica en virtud del bajo nivel de productividad asignado en el momento inicial a sus *LG*. Al *SP-2* pertenecen los tramos intermedios y finales de las trayectorias tecnológicas que contienen una cantidad de nodos mayor que el límite máximo definido para *LG* asignadas al *SP-1*; a este segmento productivo pertenecen las *LG* compuestas por nodos que contienen conocimiento de complejidad tecnológica intermedia, de acuerdo al nivel de productividad inicial asignada a las empresas que se divide entre los nodos de la *LG* asignada. Por último, en la periferia de la red, se ubican las *LG* finales de las trayectorias tecnológicas de mayor longitud y los nodos a ser adquiridos mediante los

industria, en un ambiente institucional específico, se emplea el concepto más preciso de "régimen tecnológico", centrado en la relación entre los esfuerzos empresariales en I&D, el crecimiento de la productividad y las instituciones (Kim & Lee, 2003).

esfuerzos innovadores de las empresas en el *SP-3* cuyas *LG* contienen los nodos depositarios del conocimiento tecnológico más complejo en la industria.

En el *SP-1* actúan empresas pequeñas y medianas, dotadas del menor acervo de capital en la industria en el momento inicial; al *SP-2* pertenecen grandes empresas nacionales (*GEN*) dotadas inicialmente de un acervo de capital intermedio; y, por último, al *SP-3* pertenecen las empresas transnacionales (*ET*) dotadas inicialmente del mayor acervo de capital relativo. En cada período al interior de cada *SP* el desempeño innovador/imitador y la participación de la empresa en el mercado definen las posibilidades de crecimiento de la productividad del capital acumulado.

- El comportamiento innovador/imitador empresarial y la acumulación de capital.

Una vez estructurada la red nodos que contiene las trayectorias tecnológicas y los segmentos productivos, se asignan al azar las diferentes *LG* de nodos en las trayectorias tecnológicas, una por empresa, en cada uno de los segmentos productivos de la industria; desde el punto de vista de las capacidades tecnológicas y de aprendizaje cada empresa queda definida por su *LG* perteneciente a una trayectoria tecnológica específica. Desde el primer momento de la simulación las empresas están en capacidad de adquirir (aprender) nuevos nodos, es decir, pueden acumular conocimiento para mejorar la productividad de su acervo de capital. Esta adquisición está determinada, en primer lugar, por la genealogía de su dotación inicial y por la cantidad de recursos destinados de manera consciente y sistemática a la adquisición de nuevos nodos mediante decisiones estratégicas respecto a innovar y/o imitar; y, en segundo término, por el azar como elemento inherente del proceso. Por una u otra vía, las empresas avanzan en su trayectoria tecnológica mediante la incorporación de nuevos nodos a su *LG* inicial que suman a la productividad de la técnica productiva en uso (ver esquema algorítmico en apartado A3 del Anexo A).

La innovación consiste en adquirir un nuevo nodo, denominado nodo objetivo, perteneciente a un segmento productivo de igual o mayor nivel de productividad, o en el caso de las empresas en el segmento productivo de mayor complejidad tecnológica (*SP-3*), un nodo aún no articulado a ninguna trayectoria tecnológica; previo al éxito innovador, la empresa deberá adquirir los nodos padres o ascendientes en la *LG* del nodo objetivo. Así mismo, el comportamiento imitador consiste en la adquisición aleatoria, a partir de la genealogía de nodos que forman parte del perfil de capacidades y habilidades de una empresa definido por su *LG*, de nodos articulados en *LG* pertenecientes a otras empresas que participan en su segmento productivo.

En el modelo se asume que las empresas producen un único bien en cada segmento productivo empleando la mejor técnica de producción a su alcance cuya productividad (cantidad de producto por unidad de capital) es la suma de la productividad asignada a los nodos en su “perfil de habilidades y capacidades” (Caiani, 2012) definido por su *LG*. Dicha técnica se caracteriza por la presencia de rendimientos constantes a escala y coeficientes técnicos fijos, a la Nelson y Winter (1982); los insumos necesarios para la producción se adquieren en mercados de factores cuya oferta es perfectamente elástica, y, por simplicidad, sus precios se suponen constantes.³⁰

³⁰ Dado el supuesto de coeficientes técnicos fijos, la relación de precios de los factores es irrelevante para el análisis.

Dado el supuesto de coeficientes técnicos fijos, cada técnica productiva requiere la misma cantidad complementaria de insumos por unidad de capital y, dados los precios constantes de los insumos, los costos por unidad de capital, costos unitarios o costos de rentar una unidad de capital (c_j) por parte de las empresas en cada segmento productivo permanecen constantes, aunque diferenciados de acuerdo al *SP*. Una vez definido el acervo de capital ($k_{j,t}$) y la productividad ($A_{j,t}$) de la técnica empleada por cada empresa en cada período, la cual es susceptible de mejora mediante actividades conscientes de innovación e imitación, se determina el producto de cada empresa y, así, la oferta en cada segmento productivo de la industria.

- Dinámica competitiva, beneficios empresariales y cambio tecnológico.

Los agentes empresariales de tres tipos usan, difunden y retienen conocimiento en la forma de reglas contenido en los nodos articulados en *LG* que, junto a las instancias institucionales, conforman el régimen tecnológico de la industria. A los tres tipos genéricos de empresas en el modelo se atribuyen habilidades de aprendizaje y capacidades tecnológicas diferenciadas expresadas en el nivel de productividad contenida en los nodos de sus *LG*, las cuales definen sus *PHC*. En cada período las empresas en su segmento productivo, una vez determinada su relación precio-costo de producción o *mark-up* ($r_{ij,t}$), llevan su oferta al mercado advertidas de que, dado el nivel de productividad, un exceso de oferta puede estropear el mercado. La participación de la empresa en el producto total del *SP* en el cual participa define el nivel de beneficios que, a su vez, es determinante de las posibilidades de acumulación de capital (inversión) por período; simultáneamente, las mejoras en la productividad derivadas de las actividades de innovación e imitación conllevan a mayores beneficios que definen la dinámica de acumulación de capital.

De otra parte, el nivel de beneficios por unidad de capital ($p_{ij,t}$) se define como la diferencia entre el ingreso, igual al precio del producto por la productividad del acervo de capital, menos los costos, entre los cuales se incluye el costo de producción por unidad de capital y los gastos en actividades de investigación y desarrollo (*I&D*), los cuales se dividen entre gastos en innovación ($r_{inn,t}$) y gastos en imitación por unidad de capital ($r_{im,t}$), diferenciados de acuerdo al *SP* actual de la empresa. En la estimación de la tasa de beneficios se asume que las empresas siguen una estrategia innovadora/imitadora que privilegia una sobre otra según el tipo de empresa y el *SP* en el que participe.

La tasa de beneficios por unidad de capital y la participación en el mercado ($s_{ij,t}$) definen, a su vez, las ventajas derivadas de la participación de la empresa en las *OPA* y la intervención gubernamental que facilita el acceso a los recursos financieros requeridos para la inversión. En cada *SP* emergen, en primer término, la estructura de mercado como resultado agregado de la participación del producto de cada empresa en el producto total del *SP*, cuyo grado de concentración se estima mediante el índice de Herfindahl-Hirschman (*HH*); y, segundo, los patrones de entrada, permanencia y salida de las empresas en cada *SP* de la industria.³¹

³¹ Por las características del modelo, solo es posible analizar patrones de entrada y salida en el *SP*-2.

- Las OPA y la intervención del gobierno.

A partir del desempeño en el mercado y tecnológico de los diferentes tipos de empresas en la industria se estructuran las OPA que cumplen la función de apoyo al desarrollo de las habilidades de aprendizaje y capacidades tecnológicas que redundan en mejoras en la productividad del acervo de capital de sus miembros participantes. Se modelan dos tipos de organizaciones; en la primera de ellas, la OPA-1, participan empresas del SP-1; en la segunda, OPA-2, conformada por empresas de participantes del SP-2; en ambos casos el criterio para la pertenencia es la tasa de crecimiento de los beneficios y la productividad de la empresa; específicamente, la productividad por encima del promedio del segmento productivo y la tasa de crecimiento positiva de los beneficios, evaluada cada ocho periodos, garantizan la participación de la empresa en la OPA que conlleva a mayores niveles de productividad del capital acumulado en función de la participación en el mercado, de manera que obtienen más ventajas, en términos de mayor productividad, las empresas con mayor poder de mercado.

La intervención gubernamental facilita, así mismo, el acceso al financiamiento por parte de las empresas participantes en los diferentes SP con una periodicidad de dieciséis periodos correspondientes a cuatro años. La intervención gubernamental favorece a las empresas de acuerdo al nivel de su participación en el mercado. Una vez definida la tasa de beneficios por unidad de capital, la relación precio-costo (*mark-up*) y la participación en el mercado, la empresa decide la tasa de inversión en cada período. En este proceso se definen mediante parámetros las características del régimen financiero que permite el acceso a recursos para la inversión.

2.2.3 Submodelo-1: régimen tecnológico (RT), trayectorias tecnológicas (TT) y segmentos de la producción (SP) en la industria

En el momento previo al inicio de la simulación se define la red de nodos y vínculos que confiere estructura al régimen tecnológico, las trayectorias tecnológicas y los segmentos productivos de la industria, instancias en las cuales se articulan los procesos de auto-organización en el nivel micro y de emergencia del orden en el ámbito macro que subyacen a las características tecnológicas y del entorno institucional de la industria (Caiani, 2012; Morone y Taylor, 2005).

De acuerdo con Caiani (2012), la red de nodos y vínculos se estructura mediante un algoritmo estocástico complejo que define el régimen y las trayectorias tecnológicas a partir de un conjunto determinado de nodos, $x = \{N_0, N_1, \dots, N_n, N_{n+1}, \dots, N\}$ que representa el conjunto de capacidades definidos por el régimen tecnológico de la industria, donde, N_0 designa el nodo raíz estructurante de la red; N_1, N_2, \dots, N_n , $n > 1$: el subconjunto de nodos padres iniciales que se articulan directamente al nodo raíz; y, N_{n+1}, \dots, N es el conjunto de nodos hijos o descendientes que se articulan directa e indirectamente a los nodos iniciales. Adicionalmente, $y = \{y(i), i \in x\}$ representa la lista de vínculos, que se convierten en los requerimientos para aprender un nodo a partir de otro mediante imitación y/o imitación.

La red de nodos y vínculos que definen el régimen tecnológico y las trayectorias tecnológicas posibles en él se estructura a partir del nodo raíz mediante un proceso aleatorio que asigna secuencialmente nodos hijos a partir del conjunto de nodos padres iniciales vinculados directamente al nodo raíz de referencia. El proceso secuencial de asignación de nodos descendientes a partir del subconjunto de nodos padres iniciales consta de cinco pasos:³²

- 1) Asignación de nodos hijos al subconjunto de nodos padres iniciales. Una vez seleccionada aleatoriamente la cantidad de nodos padres iniciales (n) , los cuales se vinculan directamente al nodo raíz de referencia, se inicia el proceso aleatorio de asignación de nodos descendientes por el cual se eligen los nodos padres reales de cada nodo perteneciente al conjunto N_{n+1}, \dots, N ; dicho proceso involucra, primero, una distribución Binomial de probabilidad de parámetros (n, P_{split}) , donde P_{split} es la probabilidad de ser un nodo padre, para determinar el número máximo de nodos padres; y, segundo, la elección sobre una distribución uniforme de probabilidad entre cero y el número máximo de padres de los padres reales del nodo. Una vez vinculado a la red, el nodo hijo se incluye en la lista de padres potenciales de la cual el próximo nodo a ser articulado seleccionará su(s) nodo(s) padres reales; de esta manera, el número de nodos padres potenciales se actualiza e incrementa en la medida que se articulan nuevos nodos a la red a partir del conjunto de nodos iniciales.
- 2) Definición de listas genealógicas (*LG*) conformadas por secuencias de nodos padres y sus respectivos descendientes. Una vez establecidos los vínculos padre-hijo en el conjunto de nodos descendientes, cada nodo articulado en la red se caracteriza por una secuencia que representa su genealogía completa desde el nodo padre inicial hasta sus padres directos.
- 3) Eliminación de redundancias. Para cada nodo articulado a la red se sigue un procedimiento adicional para evitar redundancias en su *LG* que consiste, en primer lugar, en eliminar de su lista de padres directos los nodos que a su vez son antecesores de un nodo padre, es decir, aquellos que aparecen en la *LG* de un padre; y, en segundo lugar, también se eliminan los nodos padres sin antecesores, aquellos que aleatoriamente generan trayectorias no vinculadas al nodo raíz.
- 4) Identificación de las trayectorias tecnológicas (*TT*) en la red. Una vez eliminadas las redundancias se definen las *TT* como las ramificaciones de nodos de diversa longitud resultantes del proceso aleatorio de asignación sucesiva de nodos padres a los nodos pertenecientes al conjunto de nodos descendientes, a partir del conjunto de nodos padres iniciales; la definición e identificación de las trayectorias generadas se basa en el registro y conteo de los nodos vinculados por la relación direccional padre-hijo en la red de nodos. Dependiendo de la cantidad total nodos, del número de nodos padres iniciales y de la probabilidad de éxito en la asignación de nodos padres, se definen tanto trayectorias mínimas, compuestas de un nodo

³² El método para definición de la red de nodos y vínculos sigue a Caiani (2012); sin embargo, se han introducido modificaciones esenciales como la introducción de tres segmentos productivos a partir de la clasificación de las trayectorias tecnológicas de acuerdo a su longitud y la determinación de probabilidades parámetros de éxito innovador e imitador.

padre inicial y un nodo hijo, como medianas y largas compuestas de *LG* de diversa longitud.

- 5) Definición de los segmentos productivos (*SP*). Una vez identificadas y agrupadas proporcionalmente las *TT* en función de su longitud, los tres (3) *SP* en la industria resultan de su subdivisión en listas genealógicas según el número de nodos que las conforman. En primer lugar, al *SP-3* se asignan los tramos finales de las *TT* largas, aquellas con el mayor número de nodos, que contienen los nodos ubicados en la periferia de la red con el mayor número de ascendientes; seguidamente, al *SP-2* se asignan los tramos intermedios restantes de las *TT* largas cuyos tramos finales fueron previamente asignados al *SP-3*, y los tramos finales del subconjunto *TT* medianas dotadas de un menor número de nodos relativo a las anteriores; por último, por defecto, al *SP-1*, se asignan los tramos iniciales de todas las *TT* y las restantes de menor longitud. En el momento inicial la característica distintiva de los *SP*, además del número de empresas, una por cada *LG*, es el grado de complejidad tecnológica definido por el nivel de productividad y el acervo de capital asignados a las empresas participantes en ellos.

El proceso aleatorio de generación de la red conduce a múltiples *TT* a partir del nodo raíz, cada una de las cuales está conformada de tramos o *LG* que se articulan en secuencias de mínimo dos y hasta aproximadamente doce nodos, de acuerdo al número total de nodos en la red. En el caso específico de 200 nodos en la red, $N = 200$, una vez definidas las *TT*, se eligen aleatoriamente entre 3 y el 7% de las *TT* de mayor longitud, cuyos tramos finales, a partir del nodo octavo o noveno aproximadamente, conforman *LG* que se asignan a sendas empresas que conforman el *SP-3*. Mediante el mismo procedimiento se alijen entre 23 y 27% de los tramos finales de las *TT* de longitud mediana y los tramos intermedios de las *TT* largas, las cuales conforman *LG* a partir del nodo cuarto o quinto que se asignan a sendas empresas que conforman el *SP-2* en la industria. Por último, el *SP-1* queda residualmente conformado por las trayectorias cortas restantes, y los tramos iniciales de las trayectorias previamente asignadas a los *SP-2* y *3*; en ambos casos corresponden a ramificaciones de dos y hasta cinco nodos, aproximadamente, aquellos más próximas al nodo raíz; la cantidad de *LG* en el *SP-1* corresponde, aproximadamente, al 70-66% de las *TT* en la red.

Una vez definidas las *LG* y las correspondientes empresas en cada segmento productivo se asigna la productividad por unidad de capital y el acervo de capital iniciales de las segundas. En lo sucesivo, en períodos trimestrales discretos que comprenden un lapso temporal de 25 años (100 períodos), se verifican los procesos de competición en el mercado en el corto plazo, y cambio tecnológico en el mediano y largo plazo. Dados el acervo de capital y la productividad por unidad de capital iniciales, cada empresa obtiene beneficios de la venta de su producción en el mercado período tras período, parte de los cuales destina a la acumulación de capital cuya productividad está definida por los nodos adquiridos mediante las actividades de imitación e innovación. La Figura 2-5 contiene el esquema del proceso de definición de las *TT* y los tres segmentos productivos en la industria.

La imitación, de otra parte, implica que la empresa puede adquirir, o aprehender, nuevos nodos presentes en la trayectoria tecnológica que contiene su *LG*, pero no presentes en su *PHC*, o nodos pertenecientes al *PHC* de sus competidores directos en el segmento productivo en el cual participa. La probabilidad de éxito imitador es:

$$P_{imi,ij}(d_{imi} = 1) = \beta \quad \text{Ec. 2-2}$$

donde β : coeficiente de probabilidad imitación por período, determinado de manera exógena.

Como criterio básico para establecer los valores de los coeficientes paramétricos de innovación e imitación, se asume que en todos los SP la probabilidad de alcanzar el éxito imitador es el doble de la del éxito innovador; así mismo, al comparar entre SP, las empresas en el SP-1 son por lo menos el doble más exitosas imitando que las del SP-2 y éstas son también dos veces más exitosas imitando que las del SP-3; del mismo modo, las empresa del SP-1 pueden alcanzar el éxito innovador con una probabilidad que es el doble de lo que lo pueden hacer las del SP-2, y éstas son también dos veces más exitosas innovando que las del SP-3, las cuales se encuentran en la frontera tecnológica de la industria. Adicionalmente, ambos coeficientes se incrementan durante el período de permanencia de las empresas de los SP-1 y 2 en sus correspondientes OPA.

En todo caso, el éxito innovador o imitador conduce, en primer término, a incrementar la productividad del acervo de capital de la empresa mediante la adición de la productividad del nodo adquirido a su *PHC*; y, segundo, define la dirección en la cual se moverá la empresa y, por lo tanto, la especialización en el régimen tecnológico de la industria al avanzar tecnológicamente en una determinada trayectoria (Caiani, 2012). Como resultado del proceso innovador/imitador cada empresa se especializa dentro de su segmento productivo atendiendo el conjunto inicial de competencias tecnológicas definido por su *PHC* inicial; de esta manera, aun empresas con competencias tecnológicas similares e idénticas estrategias innovadoras puedan experimentar diferentes caminos de desarrollo tecnológico y, por lo tanto, diferentes desempeños económicos (Caiani, 2012). El Cuadro 2-7 contiene una síntesis de las condiciones iniciales y los parámetros del primer submodelo.

Cuadro 2-7. Parámetros y valores iniciales en el S-1.

Segmento, (j)	Longitud de trayectorias tecnológicas,	Proporción de empresas en t=1, (%)	Probabilidad de éxito imitador, β	Probabilidad de éxito innovador, α
1	2 - 5	4 - 7	0.42	0.21
2	3 - 4	23 - 26	0.21	0.10
3	3 - 4	63 - 70	0.10	0.05

2.2.4 Submodelo-2. Competición y cooperación entre agentes

Las trayectorias tecnológicas en la industria definen las posibilidades de aprendizaje y apropiación de conocimiento de las empresas y de imponer barreras a su difusión en función del desempeño de las empresas en el mercado dado que a mayor productividad, mayores beneficios económicos y mayor acumulación de capital. Así mismo, la diversidad de habilidades y capacidades de las empresas, expresada en el nivel de productividad del capital acumulado, el perfil y el nivel de participación en el mercado,

implican diferencias en el comportamiento innovador/imitador (Nelson y Winter, 1982). En este submodelo se describe, en primer lugar, el proceso de adquisición de nodos por parte de las empresas en los tres *SP* como mecanismo de crecimiento de la productividad del capital acumulado. Y, segundo, el relacionamiento entre empresas en términos de competición (rivalidad), las instancias de colaboración y la intervención gubernamental.

Dadas la productividad $(A_{ij,t})$ y el capital $(k_{ij,t})$ de las empresas en cualquier instante t , donde $i=1, 2, \dots, n$ es el número de empresas en los segmentos de la producción, $SP-j$, $j=1, 2, 3$; las ofertas individuales de las empresas quedan determinadas a partir del primer período ($t=1$), dados los valores iniciales de productividad y capital,

$$q_{ij,t} = A_{ij,t} k_{ij,t} \quad \text{Ec. 2-3}$$

donde,

$A_{ij,t} = \sum a_{N_n}^j$: sumatoria de la productividad asignada a cada nodo N_n en el *PHC* de la empresa i .

La oferta en cada segmento de la producción en la industria es la sumatoria de las ofertas individuales de las empresas participantes en el,

$$Q_{j,t} = \sum q_{ij,t} \quad \text{Ec. 2-4}$$

En cada segmento de la producción en la industria se asumen demandas isoelásticas de la forma,

$$P_{j,t} = \frac{R_j}{Q_{j,t}^{b_j}} \quad \text{Ec. 2-5}$$

donde,

b_j : coeficiente de elasticidad de la demanda, tal que la elasticidad se define

como $\varepsilon_j = \left| \frac{1}{b_j} \right|$.

R_j : valor constante de la oferta total del segmento productivo, cuyos valores se establecen exógenamente con fines comparación (ver Cuadro 2.8).

Para medir el desempeño empresarial en cada segmento productivo se definen, en cada período, la participación de las empresas en el producto total de este $(s_{ij,t})$ y la relación precio-costo o *mark-up*, $(\rho_{ij,t})$; ambos indicadores se relacionan con las decisiones sobre inversión de las empresas, como se establecerá más adelante, y se definen de la siguiente manera,

$$s_{ij,t} = \frac{q_{ij,t}}{Q_{j,t}} \quad \text{Ec. 2-6}$$

$$\rho_{ij,t} = \frac{p_{j,t}}{c_j / A_{ij,t}} \quad \text{Ec. 2-7}$$

Tal que el denominador $\frac{c_j}{A_{ij,t}}$ corresponde al costo variable por unidad de producto de cada empresa en cada uno de los segmentos productivos.

El grado de concentración en el mercado se mide mediante el índice de concentración de Herfindahl-Hirschman (HH):

$$HH_{j,t} = \sum s_{ij,t}^2 \quad \text{Ec. 2-8}$$

cuyo valor, entre $\frac{1}{n_j}$ y la unidad, permite clasificar la concentración en el mercado de acuerdo a los siguientes rangos:

- i) $HH_{j,t} < 0.01$, mercado altamente competitivo.
- ii) $0.01 \leq HH_{j,t} < 0.15$, mercado desconcentrado.
- iii) $0.15 \leq HH_{j,t} < 0.25$, mercado moderadamente concentrado.
- iv) $HH_{j,t} \geq 0.25$, mercado altamente concentrado.

Una vez establecido el precio del producto en cada SP , el cual se asume como el resultado de la competición en oligopolios tipo Cournot, la tasa de beneficios por unidad de capital ($\rho_{ij,t}$) de cada una de ellas es:

$$\pi_{ij,t} = p_{j,t} A_{ij,t} - (c_j + r_{inn,j} + r_{imi,j}) \quad \text{Ec. 2-9}$$

donde:

- c_j : costos unitarios de producción por unidad de capital en el SP - j ,
- $r_{inn,j}$: gasto de la empresa en innovación,
- $r_{imi,j}$: gasto de la empresa en imitación.

La dinámica de acumulación de capital de la empresa está definida por:

$$k_{ij,t+1} = I(\pi_{ij,t}, s_{ij,t}, \rho_{ij,t}, \delta) k_{ij,t} + (1 - \delta) k_{ij,t} \quad \text{Ec. 2-10}$$

donde:

- $I(\pi_{ij,t}, s_{ij,t}, \rho_{ij,t}, \delta)$: tasa de inversión bruta deseada por unidad de capital de la empresa, función no-negativa cuyo límite superior es la inversión financiable o efectiva por unidad de capital determinada por la rentabilidad de la empresa y las reglas de acceso al sector financiero.
- δ : la tasa constante de depreciación física por unidad de capital.

Las empresas explotan al máximo su capacidad productiva, período tras período pueden ajustar su oferta al incrementar el acervo de capital (Nelson & Winter, 1982); en este

proceso el margen del precio sobre los costos o *mark-up* es determinante de las decisiones de inversión. En un oligopolio tipo Cournot, con múltiples empresas con iguales costos unitarios de producción, en el cual se asume que se cumplen las conjeturas sobre las ofertas de los competidores, la relación precio-costo objetivo es el estándar respecto al cual cada empresa compara su desempeño a la hora de decidir sobre si acumula o no más capital. La relación precio-costo objetivo se define por:

$$\rho_{ij,t}^* = \frac{\varepsilon_j}{\varepsilon_j - s_{ij,t}} \quad \text{Ec. 2-11}$$

De modo que:

- i) si $\rho_{ij,t} > \rho_{ij,t}^*$, el precio del producto en ese período es mayor que la expectativa de la empresa sobre el mismo, lo cual asegura beneficios positivos, el incentivo para incrementar su acervo de capital con el fin de aumentar su oferta; o
- ii) si $\rho_{ij,t} \leq \rho_{ij,t}^*$, el precio del producto en el mercado es menor o igual que la expectativa de la empresa sobre el mismo, lo cual no asegura beneficios positivos para la empresa y, por ello, la empresa no tendrá incentivo alguno para incrementar su acervo de capital.

En el primer caso, ante la expectativa de beneficios positivos, el monto de la inversión efectiva debe ser mayor a la depreciación del capital; de hecho, la empresa financia la inversión efectiva de acuerdo a su desempeño en el mercado, en términos de su participación en el mercado y el margen precio-costo o, eventualmente, acudiendo al sistema financiero regulado por el gobierno. De acuerdo con Caiani (2012), la inversión efectiva de la empresa es:

$$I(\pi, s, \rho, \delta) = \max \left\{ 0, \min \left[\left(1 + \delta - \frac{2 - s_{ij,t}}{2\rho_{ij,t}(1 - s_{ij,t})} \right), f(\pi) \right] \right\} \quad \text{Ec. 2-12}$$

donde:

$f(\pi_{ij,t})$: restricción financiera, función de la tasa de beneficios de la empresa y, en caso de beneficios positivos, del régimen financiero definido por el gobierno, tal que:

$$f(\pi_{ij,t}) = \begin{cases} \delta + \pi_{ij,t}, & \text{si } \pi_{ij,t} \leq 0 \\ \delta + B^{reg} \pi_{ij,t}, & \text{si } \pi_{ij,t} > 0 \end{cases} \quad \text{Ec. 2-13}$$

donde:

$B^{reg} > 1$: parámetro financiero cuyo valor define el régimen de financiación, es decir la facilidad de acceso a recursos financieros de la empresas promovida por el gobierno de acuerdo al tipo de empresa y el segmento productivo en el que participa.

El gobierno opera sobre el valor del parámetro financiero que define la inversión efectiva de la empresa en caso de beneficios positivos. Los valores paramétricos de B^{reg} según el segmento productivo son:

$$B^{reg} = \begin{cases} 1.1, & \text{para } SP-1 \\ 1.2, & \text{para } SP-2 \\ 1.3, & \text{para } SP-3 \end{cases} \quad \text{Ec. 2-14}$$

Mediante esta regla el gobierno garantiza un mínimo de recursos financieros para la inversión a las empresas de mayor productividad, de acuerdo a su desempeño en el mercado. Este define directamente el valor del parámetro financiero para cada segmento de la producción, valor que, en caso de beneficios positivos, determina el monto mínimo de la inversión efectiva de acuerdo a la participación de la empresa en el mercado, la relación precio-costo y nivel de beneficios período tras período (ver Ec. 2-13). Adicionalmente, el acceso a los recursos financieros para la inversión promovida por la intervención del gobierno incrementa la probabilidad de éxito imitador/innovador en 50% de las empresas que registran una tasa creciente de los beneficios durante los dos períodos previos al momento de la intervención gubernamental que ocurre cada dieciséis períodos trimestrales, es decir, cada cuatro años.

Los valores iniciales de las variables y parámetros en el segundo submodelo se resumen en el siguiente cuadro:

Cuadro 2-8. Valores paramétricos en el Submodelo-2

<i>SP</i>	Valor constante de la oferta, R_j	Coefficiente de elasticidad, b_j	Elasticidad de la demanda, $\varepsilon_j = \left \frac{1}{b_j} \right $	Costo de producción por unidad de capital, c_j	Gasto en innovación por unidad de capital, $r_{inn, j}$	Gasto en imitación por unidad de capital, $r_{imi, j}$ $r_{mi, j}$	δ
1	7	0.83	1.2	0.015	0.0021	0.00490	0.0025
2	28	1.00	1.0	0.009	0.0063	0.00245	
3	52	1.25	0.8	0.002	0.0280	0.00082	

Los valores paramétricos contenidos en el Cuadro 2.8 reflejan diferencias entre los tres segmentos de la producción de la industria; se establecen valores proporcionales estimados a partir de información proveniente de fuentes secundarias y recogida mediante encuestas a agentes empresariales que permiten contrastar el comportamiento y desempeño de las empresas de acuerdo a su tipo y al segmento productivo en el que participan.³³

En el momento inicial de la simulación se asignan a las empresas los mismos niveles de productividad y acervo capital según el segmento de la producción. De acuerdo a la hipótesis teórica que son más productivas las empresas con menor capital acumulado, se asignan niveles de productividad inversamente proporcional al acervo inicial de capital de las empresas, pero semejantes para las empresas que participan en el mismo segmento productivo (ver Cuadro 2-9).

³³ En el Anexo A, Cuadro A.1.2, se presentan los detalles metodológicos de la definición de los parámetros.

Cuadro 2-9. Valores y parámetros iniciales del modelo según segmento productivo⁽¹⁾.

Segmento productivo ($SP - j$)	Productividad por unidad de capital, ($A_{ij,t=0}$)	Acervo de capital, ($k_{ij,t=0}$)
SP-1	20	1.0
SP-2	12	2.0
SP-3	6	3.0

¹ Ver los detalles metodológicos de la estimación de los valores iniciales de las variables de estado en Anexo A, Cuadro A.1.1.

Consecuentemente, la productividad inicial por unidad de capital de cada nodo en la lista genealógica de una empresa se obtiene al dividir la productividad total asignada a ella por el número de nodos en dicha lista. Con el transcurrir del tiempo cada empresa en cada segmento productivo sigue una senda tecnológica y productiva, resultado de su experiencia, sus éxitos y fracasos innovadores e imitadores y su desempeño en el mercado.

- El relacionamiento entre agentes: las OPA y la intervención del gobierno.

En cada período se evalúa la productividad promedio del acervo de capital en el segmento productivo ($\bar{A}_{j,t}$) definida por:

$$\bar{A}_{j,t} = \frac{\sum A_{ij,t}}{n_{j,t}} \tag{Ec. 2-15}$$

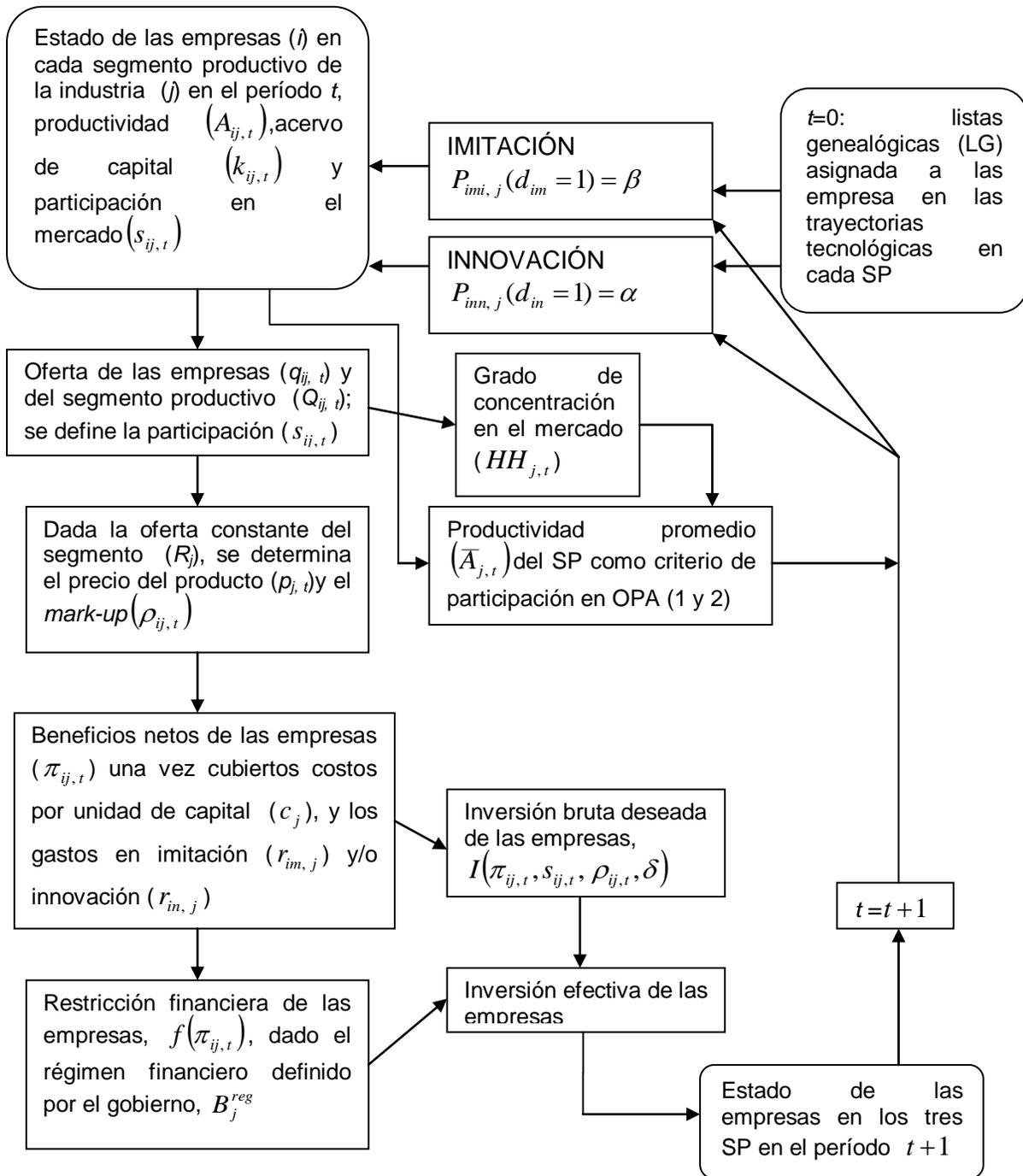
donde:

$n_{j,t}$: cantidad de empresas en el segmento productivo ($j = 1, 2, \text{ o } 3$) en el período t .

En las OPA operantes en los segmentos productivos 1 y 2 participan empresas cuya productividad sea mayor que la productividad promedio de su segmento productivo e incentivadas por la obtención de ganancias sostenidas de la misma en valores correspondientes al 3 y 5% de la participación de la empresa en las ofertas de los segmentos productivos 1 y 2, respectivamente, durante el tiempo de permanencia de la empresa en la OPA, el cual se evalúa cada ocho períodos trimestrales de acuerdo al criterio de acceso inicial, es decir, la empresa permanece si su productividad es mayor que la del promedio. Simultáneamente, durante el tiempo de la participación en la OPA, la empresa incrementa la probabilidad de éxito innovador e imitador en un 50%.

Por último, la Figura 2.6 contiene el algoritmo básico de este Submodelo-2 cuyos procesos parten de la definición de la red de nodos, las TT y los segmentos productivos en el momento $t = 0$.

Figura 2-6. ABM: Diagrama de flujo.



3. Resultados

En este capítulo se presentan los resultados del ejercicio de simulación y calibración computacional del *ABM* cuyos agentes, reglas de interacción y demás características fueron definidos en el Capítulo 2; estos resultados se refieren a dos escenarios. El primero se caracteriza por la presencia simultáneamente de las *OPA* en los *SP-1* y *2*, las cuales promueven la acumulación de capacidades tecnológicas que se expresa en la adquisición o aprendizaje de nuevos nodos como fundamento del desempeño innovador e imitador empresarial, y la participación del gobierno que facilita el acceso a recursos para el financiamiento de la inversión; de otra parte, el segundo escenario se caracteriza por la ausencia de ambas instancias institucionales.

En la conceptualización y construcción del *ABM* como parte fundamental de la metodología abordada con el enfoque metodológico “amigable con la historia” (Fagiolo, Moneta & Windrum, 2007; Malerba & Orsenigo, 2001; Malerba, Nelson, Orsenigo, & Winter, 1999; Malerba, 1991) se toma como referente el caso de una industria específica para definir los valores paramétricos y los valores iniciales de las variables de estado, así como las interacciones entre agentes y sus reglas de decisión. Desde esta perspectiva, un buen modelo “...[es] aquel que puede generar múltiples hechos estilizados observados en una industria” (Fagiolo, *et al.*, 2007, p. 28). Una vez generada la red de nodos que representa las trayectorias tecnológicas que constituyen el paradigma tecnológico, las listas genealógicas asignadas a las empresas y los segmentos productivos en la industria, la verificación del modelo se centra en el análisis de la convergencia de sus resultados como indicador del grado de precisión de la representación del fenómeno objeto de estudio.

Este capítulo contiene dos apartados, en el primero se presentan detalles concernientes con la verificación y validación del *ABM* en el espacio paramétrico que define los dos escenarios simulados; en el segundo se presentan los resultados respecto a los desempeños tecnológicos empresariales, en términos de imitación e innovación, y la estructura del mercado (grado de concentración en el mercado, participación empresarial en el producto industrial y acumulación de capital) en cada uno de los tres segmentos de la producción, en cada escenario y las comparaciones pertinentes entre ellos.

3.1 Verificación y validación del *ABM*

El primer submodelo del *ABM* contiene la red de nodos y sus vínculos que representa el régimen tecnológico, las trayectorias tecnológicas (*TT*) y los segmentos productivos (*SP*) de la industria; esta red se define a partir de un nodo raíz y un subconjunto de nodos padres iniciales al cual se articulan de manera aleatoria, con base en una distribución

Binomial de parámetros (n_p, P_{split}) , los nodos restantes a ser articulados en la red, nodos hijos que se convierten en padres de nuevos nodos hijos en un proceso iterativo por el cual se articulan los nodos descendientes a la red.

Definido el número total de nodos que conforman la red, en este caso $N = 200$, el subconjunto de nodos padres, $n_p = 9$, y el parámetro de probabilidad de la distribución Binomial de probabilidad que subyace al proceso iterativo de nodos hijos, $P_{split} = 0.25$, se procede a asignar nodos padres al conjunto de nodos descendientes para generar un conjunto de trayectorias tecnológicas de diversas longitudes compuestas de ramificaciones articuladas o listas genealógicas (LG) a partir del nodo raíz.³⁴ Mediante este procedimiento aleatorio se articula a la red el 95% del total de nodos mientras que el 5% restante se reserva para ser articulado en las trayectorias tecnológicas como resultado de los procesos innovadores de las empresas de mayor complejidad tecnológica participantes del SP-3, cuyo comportamiento es primordialmente innovador.

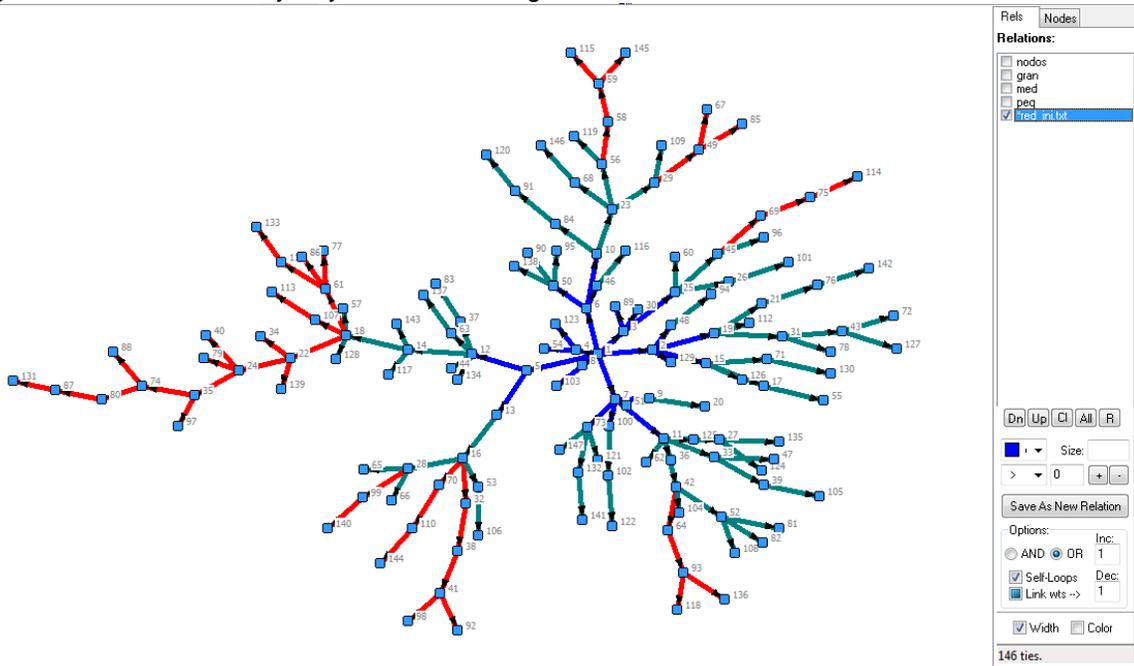
La Figura 3-1 contiene la representación de la red de nodos típica en el momento $t = 0$ definida mediante el primer submodelo. Ella contiene las trayectorias tecnológicas que, a partir del nodo raíz, correspondiente al nodo identificado con el No. 1 ubicado al centro de la figura, se extienden con diferentes longitudes. Los tonos de grises, correspondientes a los colores azules, oscuro y claro, y rojo, representan ramificaciones de nodos o LG asignadas a las empresas en tres segmentos productivos correspondientes (ver apartado 2.2.3). Así mismo, en esta representación la complejidad tecnológica crece del centro a la periferia de la red en virtud de que los nodos hijos se consideran depositarios del conocimiento de su(s) nodos padres, de modo que a mayor número de nodos en la trayectoria el conocimiento se considera más estructurado y complejo, poseído por las empresas transnacionales pertenecientes al SP-3. A manera de ejemplo, en la Figura 3-1 la trayectoria conformada por los nodos 1-5-12-14-18-22-24-35-74-80-87, se descompone analíticamente una vez definidos los segmentos productivos en tres listas genealógicas en orden de complejidad tecnológica creciente, la primera de ellas, perteneciente al SP-1, contiene los nodos 5-12; la segunda, perteneciente al SP-2, los nodos 14-18; y, la tercera, en el SP-3, los nodos 22-24-35-74-80-87; así mismo, cada LG se asigna a una empresa en cada uno de los segmentos productivos.

En la verificación de la convergencia del modelo se realizan 93 iteraciones de los dos escenarios relevantes para el análisis definidos mediante las combinaciones de valores de parámetros y de las variables de estado en el momento inicial adecuadas; los resultados de dichas iteraciones, los cuales son coherentes en términos del número y la longitud de las trayectorias tecnológicas generadas y del número de empresas por segmento productivo, se sintetizan en un modelo representativo de cada escenario cuyas variables relevantes tales como número de empresas, tamaño (capital acumulado), participación en el mercado y productividad, junto a sus características estadísticas básicas expresadas en sus valores promedios y desviaciones estándar, se detallan en los Anexos C y D. Los resultados presentados en el siguiente apartado corresponden al

³⁴ De acuerdo a Caiani (2012) y Fagiolo, Moneta & Windrum (2007), la definición de los parámetros se hace por tanteo hasta obtener la red más representativa de las características de la industria tomada como caso de aplicación. En este trabajo se ensayaron combinaciones con los valores de $n_p = 5, 7, 9$ y 12 , $N = 100, 150, 200$ y $P_{split} = 0.15, 0.25, 0.40$.

promedio de 93 iteraciones del *ABM* según las características y condiciones a los dos escenarios definidos.

Figura 3-1. Red de nodos y trayectorias tecnológicas.⁽¹⁾



⁽¹⁾ $N = 200, n = 9, P_{split} = 0.25$

En el momento inicial de la simulación, $t = 1$, se asignan los mismos niveles de productividad y acervo capital a las empresas pertenecientes en cada segmento productivo, no obstante, estos valores se diferencian según el grado de complejidad tecnológica en cada uno de ellos (ver Cuadro 3-1). La productividad inicial por unidad de capital asignada a cada nodo articulado en la *LG* de una empresa se obtiene al dividir la productividad total asignada a ella entre el número de nodos en ella (ver Anexo A, cuadro A.1.1). Con el transcurrir del tiempo cada empresa en su segmento productivo sigue una senda tecnológica y productiva, resultado de su experiencia, éxitos y fracasos innovadores e imitadores y su desempeño en el mercado.

Cuadro 3-1. Productividad y capital iniciales por segmento productivo.

Segmento productivo	Productividad, $(A_{ij, t=0})$	Acervo de capital, $(k_{ij, t=0})$
1	20	1.0
2	12	2.0
3	6	3.0

Por último, el paso final en la validación empírica del *ABM*, cuyos parámetros y relaciones significativas se han definido y caracterizado con base en datos provenientes de fuentes primaria y secundaria, consiste en la comparación y contraste de las características relevantes de la historia simulada con las características y los registros históricos de a las variables relevantes en la industria tomada como caso de aplicación; con este criterio se validan los parámetros estructurales y las condiciones iniciales a

partir de las cuales se adelanta el análisis de sensibilidad referido, en este caso, a la presencia o no de las *OPA* y la acción gubernamental. Las magnitudes de los parámetros y las condiciones iniciales relevantes se establecen para hacer las comparaciones pertinentes entre los tres segmentos de productivos al interior de cada escenario y entre los dos escenarios definidos (ver los detalles en Anexo A).

3.2 Estructura de mercado y desempeño tecnológico por segmento de la producción

A partir de los valores iniciales de variables y parámetros que definen dos Escenarios analíticos y las características de tres segmentos de la producción en la industria se evalúan los cambios en las variables pertinentes (productividad, acervo de capital y participación en el mercado) como resultado de los desempeños tecnológicos asociados a actividades de imitación e innovación, y del relacionamiento a instancias de la presencia, o no, del arreglo institucional expresado en las *OPA* y la intervención gubernamental. En la primera parte se presentan los resultados del Escenario 1, en el cual se simula el *ABM* con la presencia de las *OPA*, que promueven el desarrollo de capacidades tecnológicas en los *SP-1* y *2*, y de la acción gubernamental que facilita al acceso de las empresas a recursos financieros para la acumulación de capital; en la segunda parte se presentan los resultados correspondientes al Escenario 2 en el cual no se considera la intervención de las *OPA* ni del gobierno. En ambos casos, los resultados corresponden a los obtenidos de una iteración típica del modelo y a los del promedio de 93 iteraciones del mismo.

3.2.1 Escenario 1: Presencia activa de las *OPA* y el gobierno

La presencia de las *OPA* en los *SP-1* y *2* y la intervención del gobierno en todos los segmentos productivos de la industria, con las periodicidades definidas en cada caso, tienen repercusiones en el crecimiento de la productividad, los resultados innovadores/imitadores y la acumulación de capital de las empresas. A continuación se presentan los resultados del ejercicio de simulación para cada segmento productivo de la industria.

- *SP-1*: Baja complejidad tecnológica.

En este segmento productivo participan, en el momento inicial, empresas pequeñas y medianas (*Pymes*) que desarrollan la actividad de trilla de café, actividad de menor complejidad tecnológica relativa en la industria. La iteración típica del modelo arroja resultados respecto al número de empresas y la dinámica tecnológica del segmento productivo expresada en la adquisición nuevos nodos a partir de sus *LG* iniciales mediante innovación/imitación sinterizados en el Cuadro 3-2. En este cuadro de doble entrada las filas identifican el número de nodos iniciales y las columnas los nodos finales de las empresas; la diagonal sombreada contiene el número de empresas que no adquieren nuevos nodos durante los cien períodos de la simulación. Por lo tanto, en la dirección horizontal es posible identificar las empresas que adquieren nuevos nodos mediante imitación e innovación; por ejemplo, en la fila correspondiente a las empresas dotadas de tres nodos iniciales, de un total dieciséis empresas en el momento inicial, diez permanecen con el número constantes, cinco adquirieron mediante imitación un nodo

adicional, por lo cual presentan cuatro nodos al final, y solo una adquiere dos nuevos nodos mediante imitación, por lo cual tiene cinco nodos en su *LG* al final de la simulación. Se observa, así mismo, que de las veinte empresas con *LG* de cinco nodos de longitud en el momento inicial, cinco de ellas adquieren en diferentes períodos un nodo adicional mediante innovación, éxito que les permite la entrada al *SP-2* en una *TT* de mayor complejidad tecnológica relativa. La entrada a un nuevo *SP* implica un cambio cuantitativo y cualitativo que se expresa en los mayores niveles de productividad y del tamaño de las empresas.

Cuadro 3-2. Adquisición de nodos por imitación e innovación (*SP-1*).

	Nodos finales ($t=100$)					Total empresas ($t=0$)
	2	3	4	5	6	
Nodos iniciales ($t=0$)						
2	11	3	1			15
3		10	5	1		16
4			11	7		18
5				20	5	25

El análisis más detallado de la dinámica tecnológica revela dos tipos de comportamientos empresariales típicos del primer escenario simulado, las empresas que adquieren nuevos nodos mediante imitación/innovación y aquellas, la mayoría, que no son exitosas en sus esfuerzos tecnológicos (ver Cuadro 3-4). En el primer caso, el rasgo distintivo de las empresas es la participación en la *OPA* operante en el segmento productivo y el acceso al apoyo gubernamental que facilita la acumulación de capital; adicionalmente, este grupo de 23 empresas presentan un comportamiento tecnológico y desempeño en el mercado caracterizado por cambios en la participación en el producto total del segmento que, no obstante, no alteran la estructura del mercado que se mantiene en la categoría de mercado desconcentrado durante todo el período.

De acuerdo a la información contenida en el Cuadro 3-3, las veintitrés empresas con actividad tecnológica imitadora e innovadora adquieren nuevos nodos, diecisiete de ellas aprenden uno o dos nodos adicionales (No. 1 a 17 en el Cuadro 3-3) mediante imitación de sus competidores en el *SP-1*, y cinco mediante innovación (No. 18 a 22) que les permite la entrada al *SP-2* de mayor complejidad tecnológica; estas poseen las *LG* iniciales más largas como dotación inicial (5 nodos). En unas y otras se observa un incremento porcentual positivo de la productividad por unidad de capital y de la participación en el mercado, así como un relativamente alto crecimiento proporcional del acervo de capital durante el período simulado.

Por otra parte, se debe resaltar que las empresas innovadores en el *SP-1* registran cambios porcentuales de la productividad y la participación en el mercado y de la proporción de acumulación de capital relativamente bajos hasta el momento del éxito innovador; las tasas de crecimiento de la participación las empresas innovadoras son las más bajas en el *SP-2*, inclusive una de ellas, la No. 19, registra una variación negativa. No obstante, la entrada al nuevo segmento implicará un crecimiento de la productividad y la participación de mercado por encima del promedio de las empresas en el *SP-1* de origen.³⁵ Estos resultados sugieren la existencia de una relación positiva entre la longitud

³⁵ Información no registrada en el Cuadro 3.3.

de *LG* inicial y el éxito innovador, sin perjuicio de que empresas dotadas de *LG* más cortas experimenten incrementos porcentuales de la productividad significativos atribuibles al éxito imitador (ver Cuadro 3-3); hecho que confirma la posibilidad de, mediante imitación, lograr el crecimiento sostenido del tamaño de las empresas y niveles crecientes de participación en la industria.

Cuadro 3-3. Cambio en la productividad, participación en el mercado y acervo de capital de empresas apoyadas por OPA y el gobierno (SP-1).

No.	Lista genealógica final (ID)*	Δ Nodos	ΔA (%)	Δs (%)	ΔK
1	1 2 83 119	2-3	34,9	119,9	28,5
2	1 5 31 131		34,2	68,5	22,0
3	1 8 143 151		33,5	28,9	16,9
4	1 9 61 49 94	2-4	61,1	307,2	34,7
5	1 2 37 49 125	3-4	26,4	91,1	26,5
6	1 3 12 80 150		25,9	55,2	21,6
7	1 4 14 30 145		27,3	168,3	36,9
8	1 4 14 87 94		25,1	13,8	15,9
9	1 5 24 101 94		25,6	42,1	19,8
10	1 4 27 63 134 163	3-5	46,8	175,7	32,8
11	1 10 46 121 148 35	4-5	21,3	69,1	24,4
12	1 2 15 69 140 170		20,3	15,5	16,8
13	1 3 12 13 150 59		20,5	27,5	18,5
14	1 3 12 13 72 29		20,8	45,8	21,1
15	1 4 11 55 66 106		21,1	56,4	22,6
16	1 8 45 56 82 57		20,3	16,0	16,9
17	1 9 85 117 167 162		21,6	90,3	27,4
18	1 3 12 13 17 18**	5-6	0,1	4,8	5,9
19	1 3 12 13 17 21**		0,1	-2,2	14,2
20	1 3 12 13 17 34**		0,1	0,4	12,9
21	1 4 47 58 93 109**		0,1	0,9	12,3
22	1 9 22 25 32 178**		0,1	1,6	10,9

* Las empresas se identifican por el número asignado a cada nodo en su lista genealógica.

** Empresas innovadoras nuevas entrantes al SP-2.

Las empresas que no son exitosas en sus esfuerzos tecnológicos, las más numerosas en el SP-1, no logran aprender nuevos nodos mediante sus esfuerzos imitadores e innovadores; los datos contenidos en el Cuadro 3-4 permiten constatar el estancamiento de los nodos en sus *LG*, aún en un grupo de empresas dotadas de *LG* largas de cinco nodos. En este grupo diverso de empresas el cambio porcentual de la productividad es de solamente el 0,08% durante el período simulado, el cambio porcentual de la participación en el mercado es negativo, -9%, por lo cual pierden participación en el mercado, en tanto que la proporción de acumulación de capital es relativamente alta, del orden de 12 aproximadamente, la cual se atribuye al apoyo gubernamental en función de los beneficios que facilita el acceso a recursos financieros para la acumulación de capital, siempre que la productividad se mantenga por encima del promedio. La no participación en la OPA activa en el segmento productivo, en razón de los bajos niveles de productividad por debajo del promedio, parece ser la explicación del casi nulo dinamismo

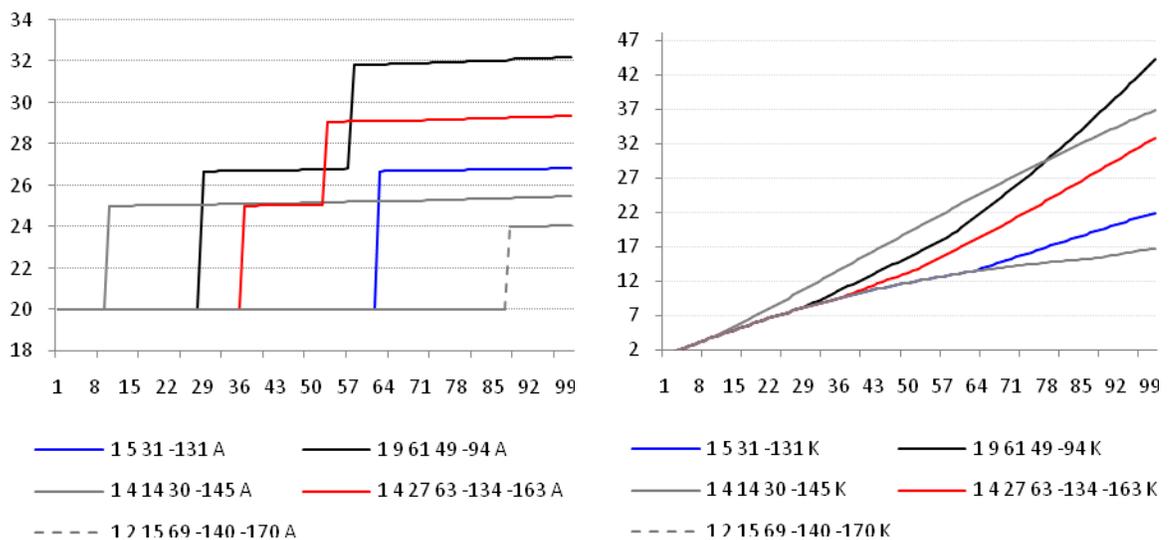
tecnológico de este grupo de empresas, independientemente del crecimiento del tamaño de la empresa.

Cuadro 3-4. Estancamiento de la productividad de empresas en el SP-1.

Lista genealógica (ID)	No.	Nodos (constantes)
1 2 16, 1 3 19, 1 4 55, 1 5 113, 1 6 169, 1 7 185, 1 7 54, 1 8 116, 1 8 70, 1 9 160, 1 9 180	11	2
1 10 46 159, 1 2 37 151, 1 4 28 110, 1 4 28 179, 1 9 22 135, 1 9 48 144, 1 9 85 97, 1 9 98 119, 1 9 98 131, 1 9 98 158	10	3
1 2 37 126 145, 1 2 92 122 141, 1 4 27 40 94, 1 4 28 67 171, 1 4 42 68 168, 1 4 42 77 175, 1 4 47 58 123, 1 8 45 64 173, 1 9 22 164 165, 1 9 48 130 134, 1 9 85 117 125	11	4
1 2 37 39 104 163, 1 3 12 13 17 26, 1 3 12 13 20 106, 1 3 12 13 20 136, 1 3 12 13 20 170, 1 3 12 13 20 29, 1 3 12 13 20 38, 1 3 12 13 20 52, 1 3 12 13 20 57, 1 4 28 67 137 162, 1 4 42 77 100 112, 1 4 42 77 78 105, 1 4 42 77 78 156, 1 4 42 77 78 183, 1 4 42 90 142 174, 1 9 22 25 32 35, 1 9 22 25 32 59, 1 9 22 41 60 111, 1 9 22 41 60 127, 1 9 22 41 60 86	20	5

Por otra parte, en la Figura 3-2 se muestran los detalles del comportamiento de la productividad y el acervo de capital de algunas empresas representativas del SP-1 en tanto que exitosas en sus esfuerzos imitadores/innovadores. Se verifica, en todos los casos, el incremento de la productividad acompañados de la acumulación sostenida de capital durante el período; el crecimiento de la productividad ocurre de dos formas, la primera, corresponde a un crecimiento leve y sostenido, acompañado de la participación en la OPA del segmento y el apoyo gubernamental, y la otra un crecimiento escalonado según los éxitos empresariales imitadores e innovadores alcanzados en el tiempo.

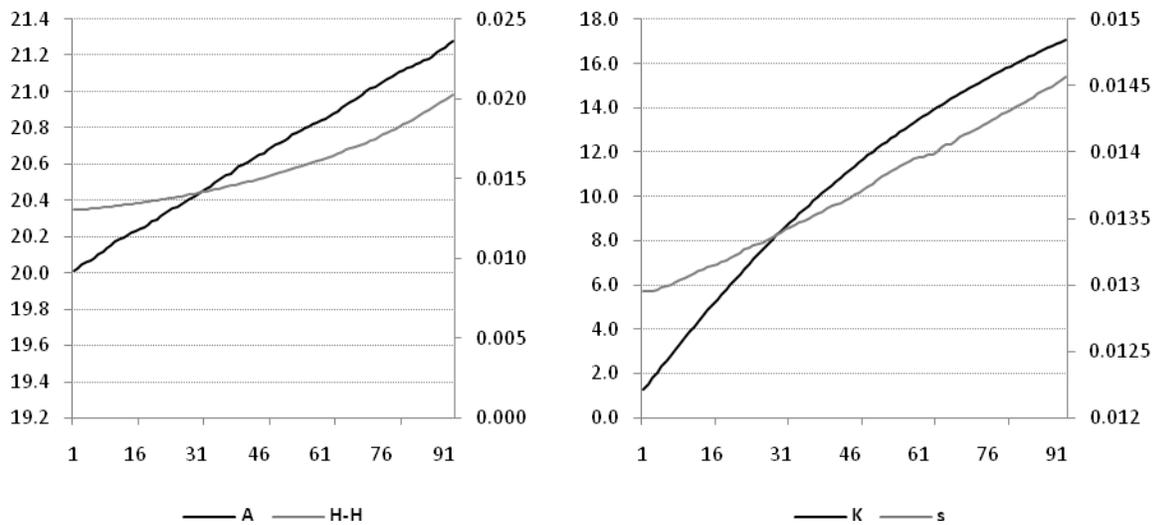
Figura 3-2. Dinámica de la productividad y acumulación de capital de las empresas innovadoras del SP-1.



Finalmente, en la Figura 3-3 se presentan los resultados promedios de 93 iteraciones del primer escenario respecto al crecimiento de la de la productividad en contraste con la dinámica de la concentración en el mercado y la acumulación de capital en contraste con la participación de las empresas en el mercado. Como puede observarse, aun ante cambios menores en el grado de concentración del mercado medido por el índice HH , de 0.014 a 0.020, se registra una tasa positiva y constante de crecimiento de la productividad; así mismo, el crecimiento significativo del tamaño de las empresas, que se deduce de la tasa positiva aunque moderadamente decreciente del acervo de capital, aparece acompañado del crecimiento de la participación promedio en el producto total del mercado.

El poder en el mercado de las empresas y su desempeño tecnológico se presentan estrechamente relacionados incluso en condiciones de los relativamente bajos niveles de concentración del mercado y productividad característicos del $SP-1$; en efecto, un leve crecimiento de la productividad promedio, la cual crece del nivel inicial de 20 unidades de producto por cada unidad de capital al nivel final de 21.2, aproximadamente, se verifica en el contexto de un mercado desconcentrado cuyo índice HH oscila entre 0.014 y 0.020 durante los cien períodos trimestrales de la simulación. De la misma manera, el leve incremento de la participación en el mercado (s), entre 0.013 y 0.014, se presenta acompañada del incremento significativo del acervo de capital (K), el cual crece cerca de 17 veces. En este escenario el apoyo gubernamentales decisivo para los resultados favorables en términos de acumulación de capital, sin que ello implique resultados innovadores significativos.

Figura 3-3. Productividad (A) vs. concentración del mercado ($H-H$) y acumulación de capital (K) vs. participación en el mercado (s).



▪ SP-2: Complejidad tecnológica intermedia.

En este segmento participan las empresas que desarrollan el tostado y la molienda del café trillado proveniente del primer segmento productivo, actividades productivas de complejidad tecnológica intermedia relativa en la industria. Los resultados respecto al número de empresas y la dinámica tecnológica expresada en la adquisición de nodos mediante innovación e imitación se resumen en el Cuadro 3-5 que contiene, en las filas,

el número de empresas discriminadas según la cantidad de nodos iniciales en sus *LG* y, en las columnas, la cantidad de nodos finales en sus listas tecnológicas al cabo de cien períodos, excepto la segunda columna que indica el número de empresas que entran en diferentes momentos al *SP-2* provenientes del *SP-1*; la diagonal sombreada contiene la cantidad de empresas cuyas trayectorias tecnológicas permanecen inalteradas durante la simulación.

Cuadro 3-5. Adquisición de nodos por imitación e innovación en el *SP-2*.

	<i>SP-1</i>	<i>Nodos finales (t=100)</i>				<i>Total empresas (t=100)</i>
<i>Nodos iniciales (t=0)</i>	5*	6	7	8	9**	
6	5	12	4	1		22
7			3	3		6
8				8	2	10

* *Empresas provenientes del SP-1 que entran en diversos períodos de la simulación.*

** *Nodo de mayor complejidad contenido en una TT perteneciente al SP-3.*

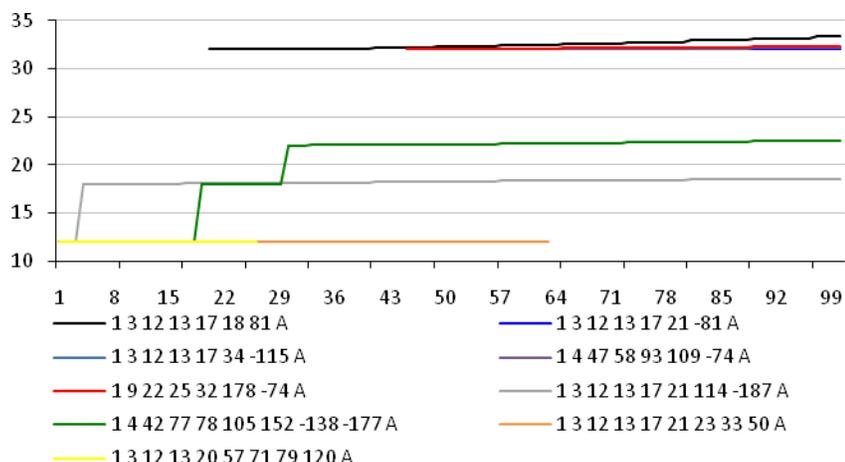
En el triangulo superior, sobre la diagonal sombreada, se encuentran las empresas que incorporan nuevos nodos a sus *LG* hasta completar la cantidad indicada en la columna correspondiente; por ejemplo, de un total de diecisiete empresa con *LG* iniciales de seis nodos, doce permanecen con esa cantidad, cuatro adquieren un nodo adicional mediante imitación para finalizar con siete de ellos, y una adquiere dos nodos adicionales para terminar con ocho nodos en su *LG*. La penúltima columna del cuadro contiene la cantidad de empresas innovadoras que adquieren nodos pertenecientes al segmento productivo de mayor complejidad relativa (*SP-3*), en este caso dos empresas, cuyas *LG* iniciales eran de ocho nodos. La presencia de la institucionalidad, en la forma de *OPA* y el gobierno, favorece el éxito imitador de ocho empresas, el cual se expresa en la adquisición de nodos pertenecientes a *LG* de empresas que participan en el *SP-2*, y el éxito innovador de dos empresas que, dotadas inicialmente de ocho nodos, adquieren un nodo adicional de mayor productividad y complejidad, contenido en trayectorias tecnológicas pertenecientes al *SP-3*.

En la Figura 3-4 se presenta la dinámica de la productividad promedio de las empresas en el *SP-2* que simultáneamente participan en la *OPA* y reciben apoyo gubernamental; éstas son empresas nuevas entrantes, provenientes del *SP-1*, cuyas trayectorias se ubican en la parte superior del gráfico a partir del período 20, aproximadamente; empresas salientes en la parte inferior que permanecen en el *SP-2* hasta el período 62, momento en el cual logran el éxito innovador que les permite acceder al *SP-3*; y, empresas que incrementan de manera significativa sus niveles de productividad mediante el aprendizaje (imitación) de uno o dos nodos adicionales pertenecientes a las *TT* de sus competidoras, pero que permanecen durante todo el período de la simulación en el *SP-2*.

Como puede observarse, los mayores niveles de la productividad corresponden a las empresas nuevas entrantes a partir del período 20 provenientes del *SP-1*, las cuales continúan incrementando su productividad de manera sostenida sin experimentar cambios significativos después de su entrada; en el rango intermedio se encuentran las empresas imitadoras que permanecen en el *SP-2* y logran mejoras significativas en su productividad mediante imitación, que se manifiesta en los saltos de esta; y, el nivel más

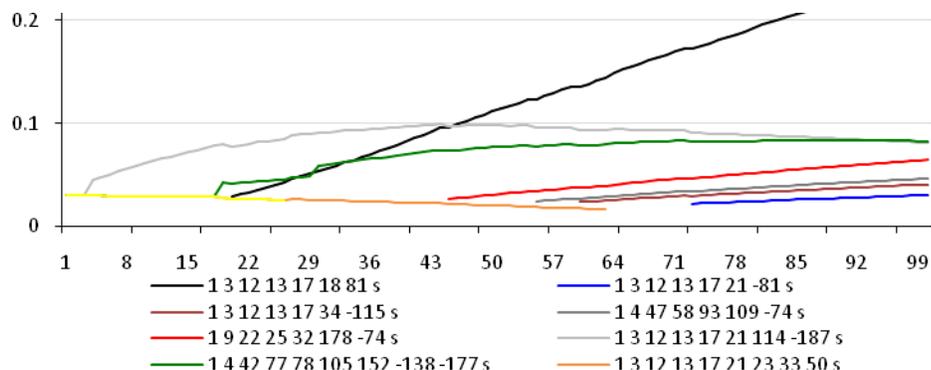
bajo de productividad, aunque por encima del promedio, corresponde a las empresas dotadas inicialmente con las *LG* más largas que, debido al éxito innovador, logran acceder al *SP-3* de mayor complejidad tecnológica. Estas son empresas primeras entrantes que, no obstante estar dotadas de las *LG* más largas y complejas, registran una escasa dinámica tecnológica y pérdida leve de participación en el mercado (ver Figura 3-5) hasta el momento de alcanzar el éxito innovador.

Figura 3-4. Dinámica de la productividad de empresas innovadoras e imitadoras en el *SP-2*.



La Figura 3-5 presenta, para el mismo grupo de empresas, la dinámica de la participación en el mercado. En ella el grupo de empresas nuevas entrantes provenientes del *SP-1* que exhiben los más altos niveles y tasas de crecimiento de la participación en el mercado desde el momento de su entrada al segmento productivo; por su parte, este indicador tiende a deteriorarse levemente en el caso de las empresas imitadoras luego de los saltos en el nivel de productividad mediante imitación. Por último, las dos empresas innovadoras disminuyen de manera leve pero sostenida su participación en el mercado hasta el momento en el cual logran el éxito innovador; no obstante, al acceder al *SP-3* de mayor complejidad tecnológica y mayores exigencias competitivas, registran incrementos significativos del capital acumulado y la productividad, de 12 a 18 unidades de producto por cada unidad de capital. Como balance final, al *SP-2* entran seis y salen dos empresas durante el período, hecho que explica la tendencia a la disminución de la participación promedio de las empresas participantes en el producto total del segmento, excepto en el caso de empresas nuevas entrantes que, probablemente con el concurso de la *OPA* y el gobierno, logran romper esta tendencia.

Figura 3-5. Dinámica de la participación de empresas imitadoras e innovadoras (SP-2).



En el Cuadro 3-6 se presentan los detalles de la dinámica de la productividad, la participación en el mercado y la acumulación de capital de las empresas imitadoras e innovadoras en el SP-2. Se debe destacar la presencia de dos empresas que logran el éxito innovador representado por la adquisición de nodos pertenecientes a trayectorias tecnológicas en el SP-3, de mayor complejidad tecnológica.

Cuadro 3-6. Cambio en la productividad, participación en el mercado y acervo de capital de empresas imitadoras/innovadoras apoyadas por la institucionalidad (SP-2).

No.	Lista genealógica inicial (ID)	Δ Nodos	ΔA (%)	Δs (%)	ΔK
1	1 3 12 13 17 18	5 - 6	178,0	715,7	192,6
3	1 3 12 13 17 21		167,4	0,0	22,1
4	1 3 12 13 17 34		168,1	34,3	30,6
5	1 4 47 58 93 109		168,5	53,7	35,3
6	1 9 22 25 32 178		169,4	112,9	49,8
7	1 3 12 13 17 21 114	6 - 7	54,7	166,8	112,0
8	1 9 22 25 32 59 88		50,7	-21,4	31,9
9	1 3 12 13 20 38 102		52,1	34,4	56,0
10	1 3 12 13 20 38 73		51,3	0,8	41,6
11	1 4 42 77 78 105 152	6 - 8	87,4	172,7	94,1
12	1 3 12 13 17 21 23 33 50*	8-9	0,0	-44,5	22,8
13	1 3 12 13 20 57 71 79 120*		0,0	-14,9	18,1

* Empresas que pasan al SP-3 mediante éxito innovador.

De otra parte, en el Cuadro 3-7 se sintetiza el comportamiento de las empresas cuya productividad se encuentra por debajo del promedio del segmento, las cuales no pueden vincularse a la OPA del SP-2, pero, en virtud de que obtienen beneficios significativos, reciben apoyo gubernamental para el acceso a recursos financieros que facilitan la acumulación de capital. En este grupo de empresas se destaca el subgrupo conformado por tres empresas que, mediante imitación, adquieren un nodo adicional (7- 8 nodos) que incrementan la productividad en 34% en promedio y, simultáneamente, incrementan su

tamaño 11 veces en promedio. El resto de empresas, aquellas dotadas de *LG* de seis, siete y ocho nodos, no presentan crecimiento significativo de su productividad, pero incrementan significativamente su tamaño, dado el apoyo gubernamental, aproximadamente siete veces el capital inicial, al tiempo que disminuyen levemente su participación en el mercado.

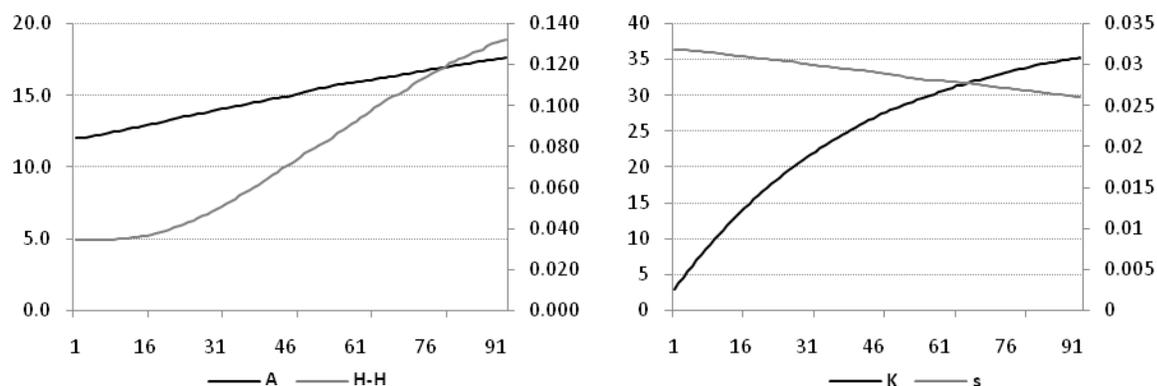
Cuadro 3-7. Dinámica tecnológica de empresas no articuladas a la OPA en el *SP-2*.

<i>Lista genealógica (ID)</i>	<i>Total</i>	<i>Nodos</i>
1 3 12 13 17 21 51, 1 3 12 13 17 26 65, 1 3 12 13 17 26 74, 1 3 12 13 17 34 182, 1 3 12 13 17 34 76, 1 3 12 13 20 57 115, 1 3 12 13 20 57 129, 1 3 12 13 20 57 149, 1 3 12 13 20 57 161, 1 9 22 25 32 35 81, 1 9 22 25 32 59 108, 1 9 22 25 32 59 124	12	6
1 3 12 13 20 38 53 147, 1 3 12 13 20 38 89 187, 1 3 12 13 20 57 75 91	3	7
1 3 12 13 17 21 43 146 -50, 1 3 12 13 20 38 89 103 -176 1 3 12 13 20 52 99 138 -50	3	7 - 8*
1 3 12 13 17 21 23 33 36, 1 3 12 13 17 21 23 33 84 1 3 12 13 17 21 23 62 176, 1 3 12 13 20 57 71 107 132 1 3 12 13 20 57 75 153 181, 1 9 22 25 32 35 44 96 139 1 9 22 25 32 35 44 96 166	7	8

* Incrementan productividad mediante imitación

Finalmente, en la Figura 3-6 se resume el comportamiento promedio de los indicadores empresariales en el *SP-2*. Se observa durante el período un mercado desconcentrado cuyo índice $HH < 0.15$ experimenta un leve incremento a partir del período veinte, simultáneamente, se observa un significativo incremento porcentual de la productividad, aproximadamente 47%, de 12 unidades el momento inicial a 17,5 en el momento final. Así mismo, se destaca una leve disminución de la participación promedio de las empresas en el mercado asociada a la presencia de cuatro nuevas empresas proveniente del *SP-1*; al mismo tiempo se verifica la disminución de la tasa de de acumulación de capital a pesar del aumento significativo del nivel de capital acumulado promedio experimentado por las empresas, aproximadamente seis veces el capital inicial.

Figura 3-6. Dinámica promedio de la productividad, participación en el mercado y acumulación de capital en el *SP-2*.



▪ **SP-3: Alta complejidad tecnológica.**

En este segmento de la producción, en este primer escenario, participan grandes empresas transnacionales en el momento inicial y nuevas empresas entrantes

provenientes del *SP-2* a partir del período veinticinco, aproximadamente. Una primera característica es un mercado altamente concentrado cuyo índice $HH= 0.35$, en promedio; en el *SP-3* participan inicialmente cuatro empresas e ingresan, en los períodos 27 y 64, dos empresas adicionales para un total de seis al final de la simulación.

Con fines analíticos, en razón de la baja cantidad de empresas participantes, se presentan las características tecnológicas de todas ellas. De acuerdo a los datos del Cuadro 3-8, al segmento de mayor complejidad tecnológica relativa entran dos empresas nuevas provenientes del *SP-2*, éstas suman un nodo adicional en el momento de su entrada para completar un total de nueve. Así mismo, existen en el segmento cuatro empresas desde el momento inicial, la primera de nueve nodos, la segunda de diez y dos empresas adicionales de once nodos en su *LG* inicial.

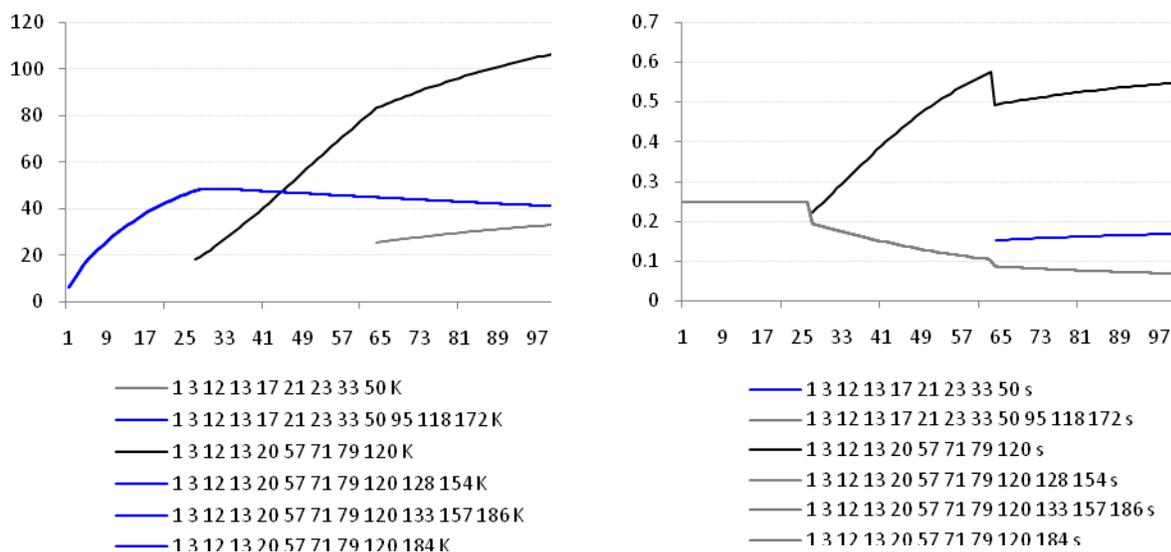
En este segmento industrial no opera ningún tipo de *OPA*, pero si el apoyo gubernamental para el financiamiento de la inversión; por ello, los resultados empresariales respecto a la productividad pueden ser atribuidos al azar y el poder en el mercado de las empresas. Se observa que la innovación, en el sentido del aprendizaje de nuevos nodos aún no articulados al conocimiento y la práctica productiva en la industria, no tiene lugar durante el período de la simulación.

Cuadro 3-8. Nodos y dinámica tecnológica *SP-3*.

	<i>SP-2</i>	Nodos finales ($t=100$)			Total empresas ($t=100$)
Nodos iniciales ($t=1$)	8	9	10	11	
9	2	1			3
10			1		1
11				2	2

Los detalles de la dinámica de la acumulación de capital y la participación en el mercado de las empresas participantes del *SP-3* se presentan en la Figura 3-7. Se observa, en primer lugar, el grupo de empresas inicialistas que acumulan capital a una tasa creciente hasta el período número 30, aproximadamente, a partir del cual muestran tasas negativas de acumulación de capital, justo en el momento de la entrada de una de las dos nuevas empresas provenientes del *SP-2*, dinámica que se consolida en el resto del período analizado. Las empresas nuevas entrantes, a partir de niveles relativamente bajos de capital, muestran tasas positivas de acumulación de capital. En efecto, puede afirmarse que las empresas nuevas entrantes asumen el liderazgo en el *SP-3*. Este comportamiento de la dinámica de acumulación de capital tiene su correlato en la dinámica de la participación en el mercado que confirma el crecimiento del indicador en las empresas nuevas entrantes, más pronunciado en una que en otra pese a tener el mismo número de nodos, a expensas de la participación de las empresas originalmente pertenecientes al *SP-3*.

Figura 3-7. Acumulación de capital y participación en el mercado (SP-3).



En el Cuadro 3-9 se presentan los detalles de la dinámica previamente descrita. Se observa que las empresas en la frontera tecnológica de la industria no registran cambios significativos de la productividad asociados a las adquisiciones de nuevos nodos mediante imitación o innovaciones, la cual exige gastos mayores, además de la mayor incertidumbre implícita. No obstante, puede afirmarse que, pese a la presencia de barreras a la entrada que favorecen a las empresas primeras entrantes en el segmento, los resultados confirman la posibilidad de entrada con el apoyo efectivo del ente gubernamental que facilita la acumulación de capital y la OPA, la cual favorece la acumulación de capacidades tecnológicas a las empresas provenientes del SP-2.

Cuadro 3-9. Cambio en productividad, participación en el mercado y acervo de capital de empresas en el SP-3.

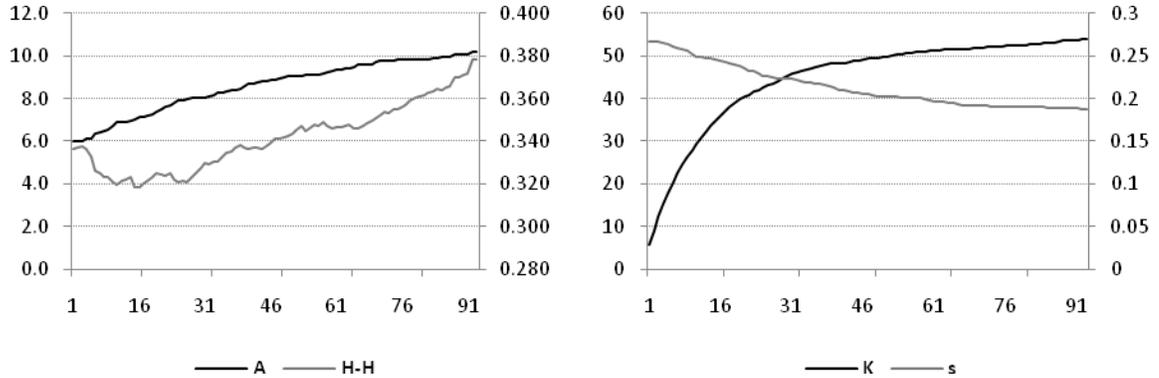
No.	Lista genealógica inicial (ID)	Δ Nodos	ΔA (%)	Δs (%)	ΔK
1	1 3 12 13 20 57 71 79 120 184*	9-9	0,0	144,9	4,8
2	1 3 12 13 17 21 23 33 50 184*		0,0	11,2	0,28
3	1 3 12 13 20 57 71 79 120 184		0,0	-72	5,8
4	1 3 12 13 20 57 71 79 120 128 154	10-10	0,0	-72	5,8
5	1 3 12 13 17 21 23 33 50 95 118 172	11-11	0,0	-72	5,8
6	1 3 12 13 20 57 71 79 120 133 157 186		0,0	-72	5,8

* Empresas nuevas entrantes al SP-3.

Por otra parte, el comportamiento promedio de los indicadores del SP-3 contenidos en la Figura 3-8 revela la tendencia levemente creciente de la concentración del mercado (indicador *HH*) a partir del período 25, desde el valor inicial de 0.32 al final de 0.38; en ese contexto el crecimiento de la productividad promedio prácticamente se duplica al incrementarse de 6 a 10 unidades de producto por cada unidad de capital. Los datos promedios del SP-3 muestran el crecimiento de la concentración en el mercado

acompañada del crecimiento promedio de la productividad, lo cual sugiere que el poder creciente de mercado es relevante como estímulo del cambio tecnológico.

Figura 3-8. Dinámica del promedio de la productividad, participación en el mercado y acumulación de capital de las empresas en el SP-3.



En el caso de un mercado altamente concentrado como el del SP-3, la disminución leve pero sostenida de la participación promedio de las empresas en el producto total del segmento, de aproximadamente una décima en este caso, se presenta acompañada de una fuerte disminución de la tasa de acumulación de capital de las empresas; como se observa, las empresas acumulan capital durante los primeros 30 períodos en tanto que en los restantes 70 períodos, su crecimiento se estanca. Dada el alto grado de concentración, la disminución de una décima de la participación promedio en el mercado, sugiere pérdida de poder en el mismo y, con ello, dificultades para alcanzar resultados innovadores.

- Escenario - 1: Balance final.

En el análisis final de los resultados del Escenario-1 se comparan los resultados entre los tres segmentos productivos de la industria obtenidos de la iteración número 30 y el promedio convergente de de 93 iteraciones durante 100 períodos trimestrales que simulan la dinámica industrial durante 25 años. En este escenario las ganancias de productividad y la dinámica de acumulación de capital de las empresas se explican tanto por el esfuerzo imitador/innovador empresarial específico dirigido a la adquisición de nuevos nodos, como por la participación en las OPA operantes en los SP-1 y 2, y la intervención del ente gubernamental en los tres segmentos productivos.

En el Cuadro 3-10 se sintetizan los resultados obtenidos mediante la iteración típica respecto a la dinámica tecnológica por segmento de la producción en la industria. En el SP-1veintidos empresas de un total de 74 (29.7%) son innovadoras e imitadoras en un ambiente de mercado desconcentrado cuyo índice de concentración *HH* promedio es menor a 0.02. En el SP-2, diez empresas de un total de 33, el 30%, registran una dinámica tecnológica significativa en un mercado desconcentrado cuyo índice *HH* es menor a 0.015 durante el período; así mismo, 23 empresas no registran actividad tecnológica significativa fuera de moderadas ganancias en su productividad. Por último, el SP-3de mayor complejidad tecnológica relativa se caracteriza por el menor número de empresas, cuatro de las cuales son filiales de transnacionales y dos son nuevas entrantes provenientes del SP-2 que alcanzan el éxito innovador; este mercado se caracteriza por el alto grado de concentración ($HH = 0.35$, en promedio)

Cuadro 3-10. Escenario -1: dinámica tecnológica empresarial.

	Grado de concentración, (HH)	Inicialistas, No	Nuevas entrantes, No.	Imitadoras, No.	Innovadoras, No.	Sin éxito imitador / innovador, No.
SP-1	< 0.020	74	n.a	17	5	52
SP-2	< 0.015	33	5	8	2	23
SP-3	> 0.25	4	2	0	0	6

El mayor dinamismo tecnológico se encuentra, por lo tanto, en los *SP-1* y *2* donde participan, respectivamente, Pymes y grandes empresas de capital nacional, en un contexto institucional caracterizado por la presencia de las instancias organizativas de carácter privado y la intervención del ente gubernamental que facilita la acumulación de capital; en estas circunstancias, el bajo poder en el mercado de las empresas participantes, inicialistas y nuevas entrantes, propio de un mercado desconcentrado, aparece asociada con el crecimiento sostenido de la productividad mediante imitación e innovación.

Se registra el hecho que dos empresas participantes del *SP-2* logran entrar, con el apoyo de la *OPA* y el gobierno, al segmento productivo de mayor complejidad tecnológica y alto grado de concentración, es decir, a un ambiente caracterizado por la presencia de importantes barreras a la entrada. Este resultado sugiere que la participación activa de las instituciones en la industria es un factor decisivo frente al poder de mercado de las empresas que impiden la presencia de nuevos competidores.

La intervención del ente gubernamental en el *SP-3*, si bien contribuye a la presencia de nuevos entrantes, no es suficiente para estimular el éxito innovador altamente riesgoso y que demanda grandes gastos. En este segmento productivo, caracterizado por la presencia de grandes poderes de mercado, prevalece un régimen rutinizado en el cual es posible la presencia estadísticamente significativa de nuevos entrantes, el 50%, debido a la intervención de las instancias institucionales que promueven la adquisición de capacidades y la acumulación de capital por parte de las empresas provenientes de actividades de menor complejidad tecnológica relativa.

En el Cuadro 3-11 se comparan el comportamiento de los niveles y tasas de crecimiento promedio de los indicadores relevantes por segmento productivo en la industria resultado de las 93 iteraciones del escenario. En promedio, el *SP-1* se caracteriza por su baja concentración en el grado de mercado desconcentrado y muy bajo crecimiento de la productividad empresarial (escasamente 1.4 unidades) durante el tiempo de la simulación; en contraste, las empresas experimentan acumulación de capital de manera sostenida y significativa, a una tasa de crecimiento positiva y levemente decreciente, acompañada de participación constante en el mercado. El bajo crecimiento de la productividad aparece en el segmento de menor complejidad tecnológica acompañado de niveles de participación baja en el mercado.

El *SP-2*, de complejidad tecnológica intermedia, experimenta crecimiento significativo de la concentración acompañada del crecimiento de la productividad durante los últimos períodos de la simulación; así mismo, el más alto incremento relativo del acervo de

capital de las empresas, del orden de 13 veces el capital promedio inicial, aparece acompañado de una leve pero sostenida disminución de la participación empresarial en el producto del segmento que se explica por el mayor número de empresas entrantes (5) respecto a las salientes (2).

Cuadro 3-11. Escenario-1: niveles y tasas de crecimiento promedio de los indicadores por segmentos productivos.

	Concentración en el mercado (<i>HH</i>)	Productividad (<i>A</i>)	Acervo de capital (<i>K</i>)	Participación en el mercado (<i>s</i>)**
SP-1	Nivel inicial y final: 0.013 - 0.021 (desconcentrado) TCPA* (%):1.5	Nivel inicial y final: 20 – 21.4 TCPA (%): 0.2	Nivel inicial y final: 1.25 – 17.7 TCPA (%): 9.2 (levemente decreciente)	Nivel inicial y final: 0.013 – 0.015 TCPA (%): 0.4
SP-2	Nivel inicial y final: 0.034 – 0.138 (desconcentrado a moderadamente concentrado) TCPA (%):4.1	Nivel inicial y final: 12 – 17.9 (últimos 30 períodos) TCPA (%):1.2 (crece al final)	Nivel inicial y final: 2.8 – 36 TCPA* (%): 9.4 (decreciente)	Nivel inicial y final: 0.032 – 0.025 TCPA (%): -0.7
SP-3	Nivel inicial y final: 0.337 – 0.384 (altamente concentrado) TCPA (%):0.4	Nivel inicial y final: 6 – 10.3 TCPA (%):1.7	Nivel inicial y final: 5.9 – 54.1 TCPA (%): 10.3 (negativa al inicio)	Nivel inicial y final: 0.266 – 0.189 TCPA (%): -1.1

* TCPA: tasa de crecimiento promedio anual.

** Valores promedios del *SP*.

Por último, en el mercado altamente concentrados característico del *SP-3* las empresas participantes incrementan de manera significativa la productividad a una tasa de crecimiento porcentual positiva y levemente decreciente durante el período. En este segmento de la producción se verifica el segundo mayor crecimiento proporcional del acervo de capital de las empresas, del orden de 9 veces el capital promedio inicial, dinámica acompañada de una leve disminución de la participación promedio empresarial en el producto del segmento. En este caso, la presencia del ente gubernamental que promueve la acumulación de capital contribuye al desarrollo de economías de escala que redundan en mayor productividad.

3.2.2 Escenario 2: Ausencia de las OPA y el gobierno

Los resultados del segundo escenario se sintetizan en los promedios de las variables de interés obtenidos a partir de 93 iteraciones del ABM sin la inclusión de las *OPA* ni la intervención gubernamental que interfieran con el desarrollo de capacidades tecnológicas y la acumulación de capital, respectivamente. Así mismo, se presentan los resultados de una iteración típica del escenario, en este caso la iteración número 44, la cual exhibe indicadores con la menor varianza respecto a los promedios.³⁶ En su orden se presentan los resultados para los segmentos de baja (*SP-1*), media (*SP-2*) y alta (*SP-3*) complejidad

³⁶En el Anexo D se presentan los valores de los indicadores en las simulaciones promedio y sus correspondientes desviaciones estándar, así como los valores correspondientes a la iteración 44 tomada como referente para el análisis de este escenario.

tecnológica. De acuerdo a los resultados de la iteración 44 del ABM, la industria se compone de 103 empresas en el momento inicial, de las cuales 74 participan en el *SP-1*, 25 en el *SP-2* y 4 en el *SP-3*; en el momento final, 68, 30 y 5 empresas en cada uno de los segmentos, respectivamente.

- *SP-1*: Baja complejidad tecnológica.

Sin la intervención del gobierno ni de las *OPA* este segmento de la producción en la industria presenta un índice de concentración promedio en el período de simulación $HH=0.0171$, el cual corresponde a una estructura de mercado desconcentrado; en el segmento participan inicialmente 74 empresas, 6 de las cuales, aquellas dotadas con las *LG* de mayor longitud, alcanzan el éxito innovador y abandonan su segmento original para ingresar, en diferentes momentos, al *SP-2* de mayor complejidad tecnológica relativa. Según los datos contenidos en el Cuadro 3-12, de las 68 empresas que permanecen en el *SP-1*, 25 son exitosas en la imitación de sus competidores directos y 43 (diagonal sombreada), no logran adquirir nuevos nodos ni incrementos significativos de su productividad durante el período analizado. Por ejemplo, de las empresas dotadas con dos nodos en sus *LG* iniciales, cinco finalizan con la misma cantidad de nodos, dos con tres y otras dos con cuatro; adicionalmente, de las 21 empresas con tres nodos iniciales, siete los conservan, once ganan un nodo mediante imitación y finalizan con cuatro de ellos, y tres adquieren mediante imitación dos nodos adicionales para finalizar con cinco.

Cuadro 3-12. Dinámica tecnológica empresarial asociada a la imitación/innovación en el *SP-1*.

Nodos iniciales ($t=1$)	Nodos finales ($t=100$)					Total empresas ($t=0$)
	2	3	4	5	6	
2	5	2	2			9
3		7	11	3		21
4			9	7		16
5				22	6	28

Los detalles de la variación en el período de la simulación de los principales indicadores de las empresas innovadoras contenidos en el Cuadro 3-13 revelan cambios porcentuales positivos aunque bajos de la productividad, cambios negativos de la participación en el mercado y cambios proporcionales positivos y relativamente altos de la acumulación de capital hasta el momento en el cual entran al *SP-2*; el éxito innovador aparece acompañado de incrementos de la productividad y el acervo de capital y disminución de la participación en el mercado. Las empresas innovadoras están dotadas de las *LG* más largas y complejas del *SP-1* en el momento inicial; con esta ventaja logran niveles importantes de acumulación de capital hasta el momento de alcanzar el éxito innovador que les permite acceder al *SP-2* con un incremento de la productividad de 60% en promedio. El crecimiento sostenido de la productividad es atribuible al gasto sostenido en actividades de imitación e innovación que redundan en mayores de las ganancias de las empresas pese a la menor participación relativa en el mercado.

Cuadro 3-13. Cambio en productividad, participación en el mercado y acervo de capital de empresas innovadoras⁽¹⁾.

No.	<i>TT final (ID)</i>	Δ Nodos	ΔA (%)	Δs (%)	ΔK
1	1 2 61 86 98 141	5 - 6	0,7	-0,7	1,9
2	1 3 11 17 24 104		3,8	-10,7	8,0
3	1 3 11 22 48 131		5,5	-19,0	9,6
4	1 3 11 22 51 62		1,7	-3,37	4,3
5	1 3 18 19 28 33		6,9	-27,0	10,3
6	1 3 44 64 101 137		2,2	-4,1	5,3

⁽¹⁾ Empresas nuevas entrantes al SP-2 que salen del SP-1 en los períodos 10, 22, 72, 22, 93 y 28, en el orden de la enumeración.

Por otra parte, las empresas imitadoras, cuyos cambios en los indicadores se presentan en detalle en el Cuadro 3-14, exhiben cambios porcentuales positivos y altos de la productividad y la participación en el mercado, así como cambios proporcionales también positivos del acervo de capital, relativamente mayores que las empresas innovadoras. En dos casos, no obstante, se registran cambios porcentuales negativos pero muy leves de la participación en el mercado, en empresas que adquieren un nodo adicional.

Cuadro 3-14. Cambio en productividad, participación en el mercado y acervo de capital de empresas imitadoras (E2, SP-1).

No.	<i>Lista genealógica final (ID)</i>	Δ Nodos	ΔA (%)	Δs (%)	ΔK
1	1 10 85 -168	2-3	46,3	63,9	18,2
2	1 9 148 -74		46,7	68,9	18,8
3	1 5 186 -102 -45	2-4	82,7	263,1	33,2
4	1 6 100 -71 -150		92,4	411,1	44,7
5	1 2 154 182 -55	3-4	35,3	24,3	14,8
6	1 2 23 91 -45		35,1	22,0	14,5
7	1 3 44 164 -55		40,3	82,4	21,3
8	1 3 44 168 -185		35,1	22,0	14,5
9	1 4 14 158 -150		35,8	29,3	15,4
10	1 4 14 165 -150		32,8	-6,1	11,1
11	1 4 78 133 -45		40,6	86,0	21,7
12	1 7 16 138 -150		35,7	28,0	15,2
13	1 8 25 56 -124		33,2	-0,7	11,8
14	1 8 52 71- 45		41,2	94,1	22,6
15	1 8 84 97 -88		37,1	44,7	17,1
16	1 7 82 102 -185 -72	3-5	55,2	41,4	14,6
17	1 8 13 21 -45 -166		57,0	64,9	17,0
18	1 8 31 95 - 45 -109		60,9	118,0	22,3
19	1 2 23 118 156 -179	4-5	33,3	52,9	18,7
20	1 3 27 36 88 -107		29,4	8,9	13,5
21	1 6 12 37 170 -49		30,8	24,3	15,3
22	1 6 12 37 183 -163		38,3	112,5	25,4

No.	Lista genealógica final (ID)	Δ Nodos	ΔA (%)	Δs (%)	ΔK
23	1 7 119 125 140 -115		36,2	87,4	22,6
24	1 7 16 90 187 -105		32,1	38,7	17,0
25	1 7 82 96 161 -107		35,5	78,3	21,6

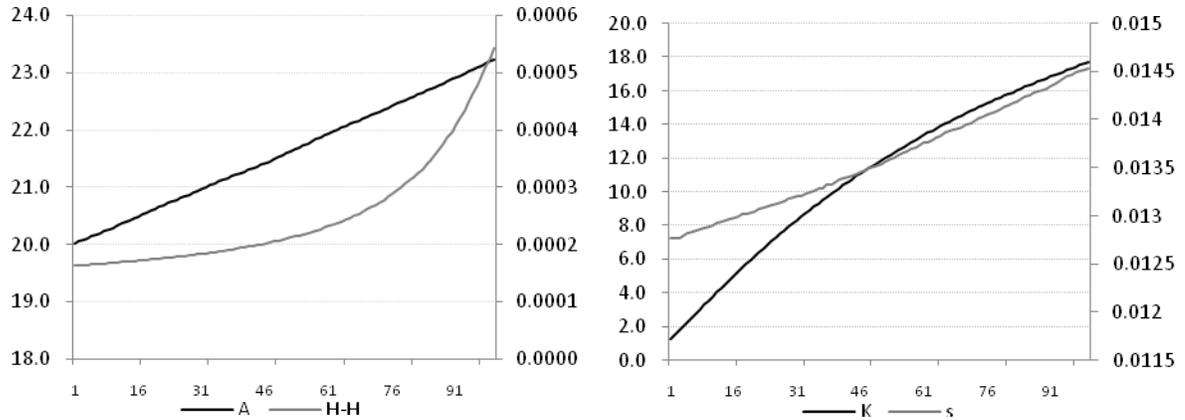
En cuanto al grupo de empresas que permanecen en el *SP-1* sin actividad tecnológica significativa, se destaca un comportamiento homogéneo caracterizado por el cambio porcentual negativo de la participación en el mercado (-29%) combinada con una leve ganancia de la productividad igual al 7% y un cambio proporcional del capital acumulado próximo a 10 durante el período (Ver Cuadro 3-15). Estas empresas, 43 3n total, el grupo más numeroso en el *SP-1*, compiten en el mercado y conservan sus listas genealógicas trayectorias tecnológicos iniciales sin adquisición de nuevos nodos.

Cuadro 3-15. Productividad, participación en el mercado y acervo de capital de empresas sin cambio tecnológico.

Lista genealógica (ID)	Total	Nodos
1 2 65, 1 3 116, 1 7 40, 1 7 68, 1 9 144	5	2
1 2 23 74, 1 3 44 112, 1 4 77 169, 1 6 12 171 1 6 93 121, 1 6 93 172, 1 7 16 94	7	3
1 2 15 113 160, 1 2 23 118 175, 1 2 23 41 150 1 2 23 41 174, 1 4 77 79 124, 1 4 77 79 185 1 6 12 20 55, 1 7 16 35 45, 1 7 16 90 99	9	4
1 2 15 29 63 114, 1 2 61 86 98 108 1 2 61 86 98 163, 1 3 11 17 24 139 1 3 11 17 26 30, 1 3 11 17 26 72 1 3 11 22 34 49, 1 3 11 22 48 58 1 3 11 22 51 107, 1 3 18 19 28 129 1 3 18 19 28 132, 1 3 18 19 28 166 1 3 18 19 28 39, 1 3 18 19 28 46 1 3 18 19 60 122, 1 3 18 19 69 105 1 3 27 36 50 75, 1 3 44 64 101 109 1 3 44 64 101 130, 1 4 14 126 152 177 1 5 54 57 67 115, 1 7 16 35 151 179	22	5

Por último, la Figura 3-9 describe el comportamiento promedio y en el tiempo de los indicadores relevantes del *SP-1*; se aprecia la tasa constante positiva aunque leve de crecimiento de la productividad acompañada del crecimiento tardío del grado de concentración del mercado, a partir del período 50 aproximadamente, una vez que han salido empresas del segmento, sin que se pierda la condición de mercado desconcentrado cuyo índice *HH* se mantiene en el rango 0.002-0.006; así mismo, se observa el crecimiento leve pero sostenido de la participación promedio de las empresas en el producto total del segmento acompañado de una tasa promedio de crecimiento positiva, aunque decreciente, de la acumulación de capital. Pese a la presencia mayoritaria de empresas sin actividad tecnológica significativa, la dinámica tecnológica expresada en las ganancias de productividad de las empresas innovadoras/imitadoras, parece jalonar el comportamiento creciente promedio de esta variable, así como el crecimiento del tamaño promedio de las empresas.

Figura 3-9. Dinámica del promedio de la productividad, participación en el mercado y acumulación de capital de las empresas en el *E2*, *SP-1*.



- **SP-2: Complejidad tecnológica media.**

En este segmento productivo participan inicialmente empresas dotadas de *LG* de seis a ocho nodos de longitud que caracterizan la complejidad tecnológica intermedia en el modelo. En el participan 25 empresas inicialistas y seis nuevas entrantes provenientes del *SP-1* que ingresan en diferentes momentos; adicionalmente una empresa dotada de ocho nodos en su *LG* inicial alcanza el éxito innovador en el período 30 e ingresa al *SP-3* de mayor complejidad tecnológica. A lo largo de los 100 períodos de la simulación, cinco empresas adquieren un nodo adicional mediante imitación en tanto que 19 de ellas, dotadas inicialmente de 6 a 8 nodos, permanecen en el *SP-2* sin ganancias significativas de productividad; al final del ejercicio de simulación el mercado presenta un índice $HH=0.28$ que corresponde a un mercado altamente concentrado.

De acuerdo a la información contenida en el Cuadro 3-16, la actividad imitadora se concentra en las empresas dotadas inicialmente de seis nodos, de las cuales tres aprenden un nodo adicional en diferentes momentos de la simulación para finalizar con siete nodos en sus *LG*; de las empresas inicialistas con *LG* de siete nodos, dos adquieren un nodo adicional mediante imitación para finalizar con ocho de ellos; y, por último, de once empresas dotadas de ocho nodos en sus *LG* iniciales, solo una, mediante innovación, adquiere un nodo perteneciente a una trayectoria tecnológica en el *SP-3*.

Cuadro 3-16. Dinámica tecnológica asociada a la adquisición de nodos en el SP-2.

	SP-1	Nodos finales ($t=100$)				Total empresas ($t=0$)
Nodos iniciales ($t=0$)	5	6	7	8	9*	
6	6	4	3			7
7			5	2		7
8				10	1	11

* Nodo en una trayectoria tecnológica del SP-3

Detalles de los indicadores de las empresas imitadoras e innovadora se presentan en el Cuadro 3-17. Como puede observarse, las cinco empresas imitadoras registran mayores variaciones de sus indicadores en comparación con la empresa innovadora hasta el momento en el cual esta última adquiere el nodo noveno perteneciente a una trayectoria tecnológica en el SP-3. De manera específica, la acumulación de capital de las empresas imitadoras crece en proporciones importantes que oscilan entre ocho y once veces el capital inicial; por su parte, dada la entrada de nuevas empresas provenientes del SP-1, la tasa de participación en el mercado de estas empresas disminuye significativamente. Nuevamente se observa la disminución de la participación en el mercado que acompaña el crecimiento de la productividad y la acumulación de capital en las empresas con mayor dinamismo tecnológico.

Cuadro 3-17. Cambios en productividad, participación en el mercado y acervo de capital de empresas imitadoras e innovadoras (SP-2).

No.	Trayectoria tecnológica (ID)	Δ Nodos	ΔA (%)	Δs (%)	ΔK
1	1 3 18 19 69 105 155 103	6 - 7	74,1	-89,3	11,4
2	1 3 27 36 50 75 143 66		67,5	-91,8	8,9
3	1 3 44 64 101 109 145 153		86,7	-84,3	16,0
4	1 3 11 17 26 30 38 106 127	7 - 8	49,2	-92,9	8,5
5	1 3 18 19 28 46 80 167 111		50,8	-92,4	9,2
6	1 3 18 19 28 46 47 59 70*	8 - 9	6,9	-22,4	7,4

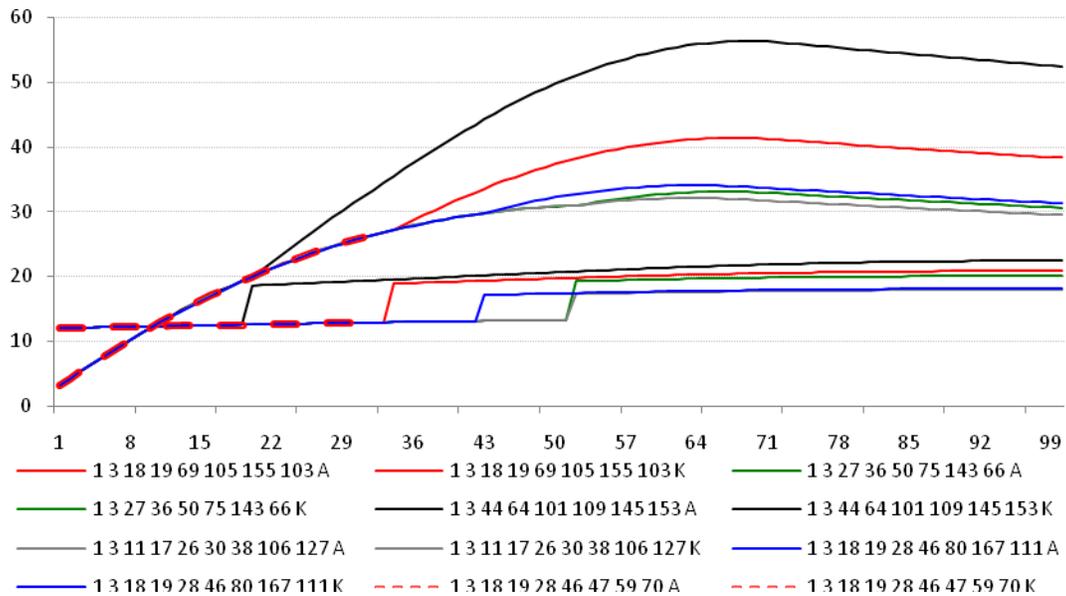
* Empresa innovadora en el período 31, entra al SP-3.

La Figura 3-10 presenta los detalles de la dinámica tecnológica asociada a las actividades de imitación e innovación determinantes del crecimiento de la productividad (A) y el crecimiento empresarial en términos de la acumulación de capital (K) en el SP-2. Se observa que hasta el período 60, aproximadamente, las empresas con éxito imitador/innovador aumentan de manera sostenida y significativa su tamaño en una alta proporción respecto al capital inicial; posteriormente, sin embargo, las tasas de acumulación son levemente decrecientes como resultado de la ausencia de nuevos aprendizajes tecnológicos significativos. En todos los casos el dinamismo de la acumulación de capital aparece positivamente correlacionado con el crecimiento de la productividad; inclusive el momento del éxito imitador determina la magnitud y presencia en el tiempo de tasas positivas de acumulación de capital.

Esta dinámica de acumulación asociada positivamente al avance tecnológico se asemeja a la de las empresas imitadoras en el SP-1; el incremento del acervo de capital coincide

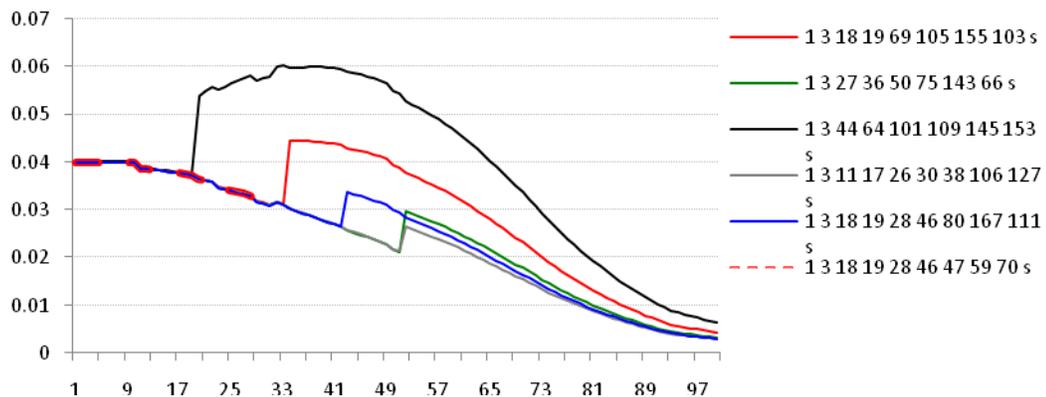
con la adquisición de nuevos nodos en diferentes momentos a partir del período 20. Adicionalmente, la empresa que alcanza el éxito innovador (No. 6) exhibe un leve crecimiento de la productividad y una tasa positiva de acumulación de capital durante su permanencia en el SP-2, una vez alcanzado el éxito innovador se verifica un incremento significativo en su productividad (no registrado en la figura).

Figura 3-10. Productividad (A) y acumulación de capital (K) de las empresas imitadoras e innovadora en el SP-2.



La dinámica de la participación en el mercado de este grupo de empresas, la cual se aprecia en la Figura 3-11, se caracteriza por la presencia de una leve tendencia, del orden de las centésimas, a disminuir su participación en el mercado; no obstante, se observa que dicho comportamiento es perturbado por los éxitos imitadores que parecen contrarrestar la tendencia. Este comportamiento sugiere una relación entre crecimiento de la productividad y recuperación de la participación en el mercado cuya magnitud y duración en el tiempo depende del momento del éxito tecnológico, es decir, su presencia es mayor en la medida en que este último se alcanza más temprano.

Figura 3-11. Dinámica de la participación en el mercado en el SP-2.



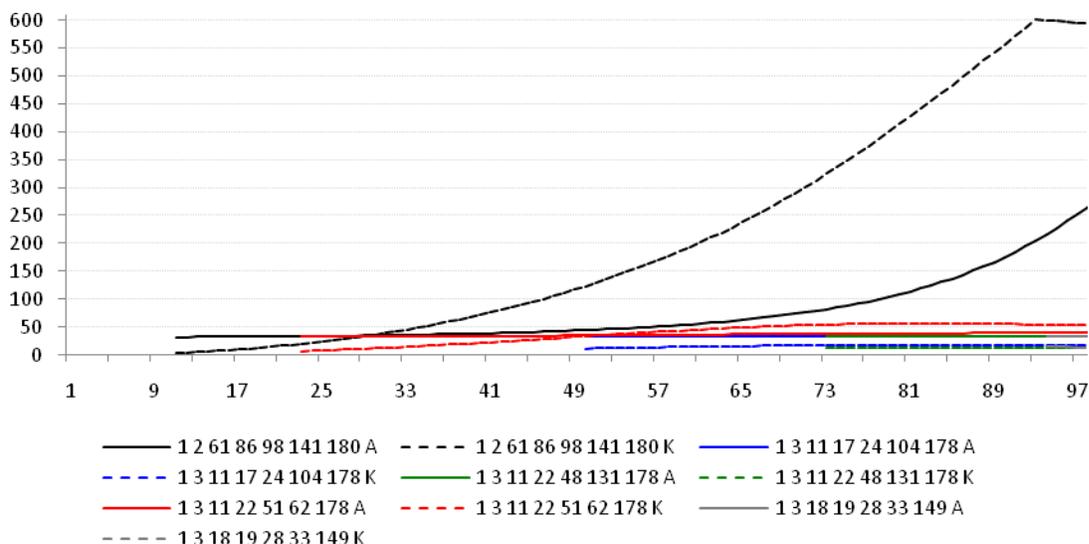
Respecto a las empresas que no registran una dinámica tecnológica significativa, algunas registran crecimiento moderado de la productividad del capital. En este grupo se destaca el desempeño de las seis empresas provenientes del SP-1 que incrementan de manera leve pero sostenida la productividad del capital acumulado durante su permanencia en el SP-2 (ver Cuadro y Figura 3-12). La razón promedio de acumulación de capital es relativamente baja, cercana al 8%, acompañada de pérdida de participación en el mercado, del orden de las centésimas. Adicionalmente, se observa el crecimiento de la productividad de las empresas nuevas entrantes aparece acompañado por la creciente y significativa participación en el producto total. Inclusive, en el caso de baja actividad tecnológica, el momento en el cual se alcanza el éxito tecnológico es crucial para el desempeño de la empresa en el mercado.

Cuadro 3-18. Empresas sin cambios en sus listas genealógicas en el SP-2.

Lista genealógica (ID)	Cantidad	Nodos
1 2 61 86 98 108 146, 1 3 18 19 69 105 149, 1 3 44 64 101 130 178, 1 3 44 64 101 137 143, 1 3 44 64 101 137 180 1 2 61 86 98 141 180*, 1 3 11 17 24 104 178*, 1 3 11 22 48 131 178*, 1 3 11 22 51 62 178*, 1 3 18 19 28 33 149*	10	6
1 3 11 17 26 72 73 103, 1 3 11 17 26 72 83 120 1 3 18 19 28 33 43 66, 3 18 19 28 46 47 142 1 3 18 19 28 46 47 153	5	7
1 3 11 17 26 30 32 42 111, 1 3 11 17 26 30 32 42 136 1 3 11 17 26 72 83 92 110, 1 3 11 17 26 72 83 92 117 1 3 11 17 26 72 83 92 134, 1 3 11 22 51 62 76 81 89 1 3 18 19 28 33 43 53 128, 1 3 18 19 28 46 47 59 127 1 3 18 19 28 46 80 123 159, 1 5 54 57 67 115 147 157 184	10	8

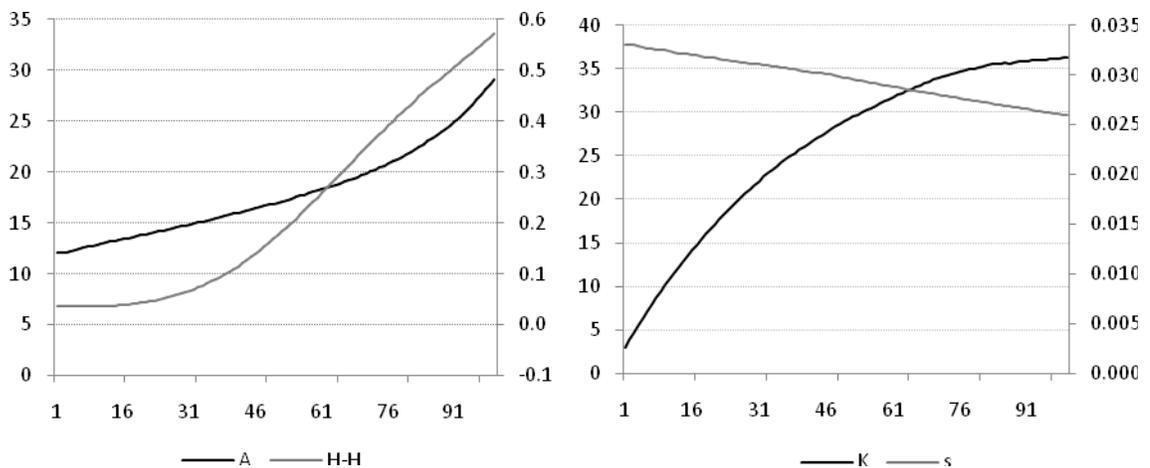
* Empresas que, provenientes del SP-1, exhiben una dinámica diferentes al promedio.

Figura 3-12. Dinámica de la productividad y la acumulación de capital de empresas nuevas entrantes en el SP-2.



Por último, de acuerdo a la Figura 3-13, el crecimiento de la productividad promedio de las empresas en el SP-2 aparece acompañado del crecimiento en la concentración en el mercado; inclusive, en el último tercio del período ambas tasas de crecimiento se asemejan, aunque en niveles diferentes. En efecto, el índice *HH* promedio crece constantemente durante los dos tercios finales del período, hasta alcanzar su máximo valor (0.56), correspondiente a un mercado altamente concentrado al final del mismo; por su parte, la productividad se triplica durante el período considerado. Simultáneamente, el leve descenso de la participación promedio en el mercado, del orden de la centésima durante el período, a una tasa negativa constante, aparece acompañado de una disminución de la tasa de crecimiento de la acumulación de capital promedio; este resultado parece confirmar la relación entre el poder de las empresas en el mercado y su desempeño tecnológico.

Figura 3-13. Dinámica del promedio de la productividad, participación en el mercado y acumulación de capital de las empresas (SP-2).



▪ SP-3: Alta complejidad tecnológica.

En este segmento productivo participan inicialmente cuatro grandes empresas transnacionales y una empresa entrante en el período 31 proveniente del SP-2. El mercado presenta condiciones de concentración moderada ($HH = 0.225$) al final de la simulación. En el momento inicial dos empresa poseen *LG* de nueve nodos, los mismos que la empresa nueva entrante, y las dos restantes inicialistas *LG* de diez nodos; en consecuencia, existen cinco empresas en el segmento productivo (ver Cuadro 3-19) al final de la simulación.

Cuadro 3-19. Nodos y dinámica tecnológica SP-3.

	SP-2	Nodos finales (t=100)		Total empresas (t=100)
Nodos iniciales (t=0)		9	10	
9	1	2		3
10			2	2

En este segmento de la producción, a diferencia de los *SP-1* y *2*, las empresas innovan solamente al adquirir nuevos nodos que se encuentran articulados a las *TT* largas contenidas en el segmento productivo, pero que no se encuentran articulados a las *LG* de las empresas; de hecho este segmento corresponde a la frontera tecnológica de la industria en la cual las actividades de innovación e imitación demandan mayores esfuerzos dada la posible presencia de barreras a la imitación. La dinámica de los indicadores relevantes en el análisis respecto al comportamiento tecnológico y de desempeño en el mercado de las empresas en este segmento productivo se resume en el Cuadro 3-20.

Cuadro 3-20. Cambio en productividad, participación en el mercado y razón de acumulación de de capital en le SP-3.

No.	Lista genealógica final (ID)	Nodos	ΔA (%)	Δs (%)	K_{fin}/K_{in}
1	1 3 18 19 28 46 47 59 70 181*	9	612,2	294,1	273,8
2	1 3 18 19 28 46 80 123 159 181	9	168,0	-82,8	6,0
3	1 3 18 19 28 46 47 59 70 87				
4	1 3 11 17 26 72 83 92 117 135 162	10			
5	1 3 18 19 28 46 47 59 127 173 176				

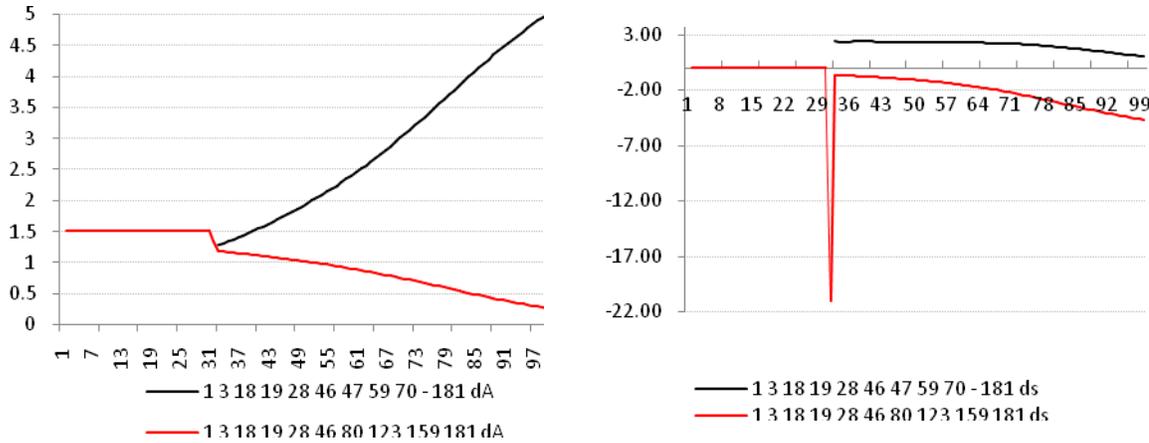
* Empresa entrante en el SP-3 en el período 31 proveniente del SP-2.

En este grupo de empresas contrasta el comportamiento de los indicadores de la empresa nueva entrante (No.1) respecto al comportamiento del resto de sus competidoras, el grupo de empresa inicialistas; dicha empresa exhibe las más altas tasas de crecimiento de la productividad y participación en el mercado durante el período, así como una mayor razón de acumulación de capital. Este dinamismo puede atribuirse tanto al aprendizaje acumulado en el segmento de origen, como a las ventajas de derivadas del poder en el mercado; de hecho, durante el período, esta empresa gana participación en el mercado a expensas de la pérdida que experimentan las inicialistas que experimentan incrementos de menor nivel de la productividad.

En la

Figura 3-14 se observa, en el lado izquierdo, la dinámica de la tasa de crecimiento de la productividad de la empresa nueva entrante (ID: 1 3 18 19 28 46 47 59 70 181) y de una empresa típica en el segmento (ID: 1 3 18 19 28 46 80 123 159 181); la primera exhibe una tasa de crecimiento positiva de la productividad desde el momento de su ingreso al *SP-3*; la segunda, cuyo comportamiento es representativo del resto de empresas inicialistas en el segmento, exhibe la caída progresiva de la tasa de crecimiento de la productividad a partir del ingreso de la primera. En este caso, en el contexto de un mercado altamente concentrado, parece ser que el avance tecnológico de la empresa nueva entrante, que acumuló capacidades en su segmento de origen, jalona la dinámica tecnológica del *SP-3*, pero bloquea las posibilidades de imitación por parte de sus competidoras.

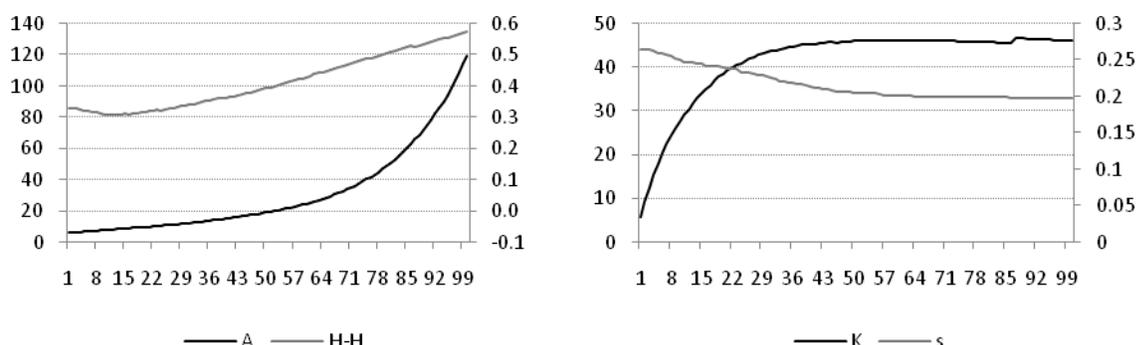
Figura 3-14. Cambios en la productividad y tasa de acumulación de capital de empresas (SP-3).



Al lado derecho de la figura, se observa la tasa de crecimiento de la participación en el mercado de ambas empresas; la empresa nueva entrante, a partir del período 31, muestra una tasa de crecimiento positiva aunque levemente decreciente, en tanto que la empresa inicialista registra tasa de crecimiento de participación en el mercado negativa y decreciente. En este caso, el mayor nivel de participación en el mercado de la primera empresa ocurre a expensas de la segunda; la caída e instantánea recuperación de la tasa de cambio de la participación en el mercado no tiene consecuencias y puede atribuirse al desajuste instantáneo que produce la entrada del nuevo competidor en el segmento productivo)

Finalmente, el comportamiento de los indicadores para el promedio de las iteraciones se presenta en la Figura 3-15. También en este segmento altamente concentrado ($HH = 0.45$, promedio) se confirma la presencia simultánea de crecimiento de la productividad y el grado de concentración del mercado; así mismo, se registra la presencia simultánea de una disminución de la participación de las empresas en el mercado, aunque muy leve, del orden de las seis centésimas, con la sensible caída de la velocidad de acumulación de capital. En este caso, inclusive, se verifica el estancamiento simultáneo de ambos indicadores a partir del período 48, aproximadamente. Es decir, la pérdida de la dinámica de la acumulación de capital de las empresas está acompañada de la disminución en de la participación en el mercado.

Figura 3-15. Dinámica del promedio de la productividad, participación en el mercado y acumulación de capital de las empresas en el SP-3.



▪ Escenario-2: balance final.

En el Cuadro 3-19 se sintetizan los resultados del escenario-2 respecto a la dinámica tecnológica empresarial por segmento de la producción. En primer lugar, las ganancias de productividad se explican tanto por el esfuerzo imitador/innovador empresarial específico dirigido a la adquisición de nuevos nodos, los cuales generan saltos en la productividad de las empresas, como por el aprendizaje en la práctica productiva que conduce a su crecimiento sostenido aunque de menor nivel, asociado al desempeño en el mercado. En el SP-1 se encuentra el mayor número relativo de empresas innovadoras e imitadoras, 31 de 74 (31%) en un ambiente de mercado desconcentrado ($HH=0.017$); simultáneamente, en el SP-2, altamente concentrado ($HH = 0.28$), seis empresas de 25 (24%) adquieren nuevos nodos mediante imitación e innovación; y, en el SP-3, moderadamente concentrado ($HH = 0.22$), las empresas participantes no registran éxito imitador/innovador.

Cuadro 3-21. Escenario-2: dinámica tecnológica empresarial.

	Grado de concentración, (HH)	Inicialistas, No	Nuevas entrantes, No.	Imitadoras, No.	Innovadoras, No.	Sin éxito imitador / innovador, No.
SP-1	Desconcentrado ($HH=0.017$)	74	n.a	25	6	43
SP-2	Altamente concentrado ($HH=0.28$)	25	6	5	1	19
SP-3	Moderadamente concentrado ($HH = 0.22$)	3	1	0	0	4

Por lo tanto, el SP-1 donde participan empresas pequeñas y medianas de capital nacional, registra el mayor dinamismo tecnológico en el contexto institucional caracterizado por la ausencia de instancias organizativas empresariales y del ente gubernamental; en estas circunstancias, el bajo poder de mercado propio de un mercado desconcentrado aparece asociada con el crecimiento constante y moderado de la. En el segundo segmento productivo, de complejidad tecnológica intermedia, confluyen

empresas nuevas entrantes, pequeñas, medianas provenientes del *SP-1*, y empresas grandes de capital nacional, una de las cuales logra acceder al *SP-3* de mayor complejidad tecnológica. La concentración creciente del mercado en los últimos dos tercios del período de la simulación explicaría que solo una empresa en el *SP-2* alcance el éxito innovador, y ninguna en tercer segmento de la producción.

En general, la dinámica tecnológica y de mercado de los *SP-1* y *2* se puede asimilar al de un régimen tecnológico no rutinizado en el cual existen altas tasas de entrada y salida y posibilidades de experimentación. Por otra parte, la dinámica del *SP-3*, se caracteriza por el grado moderado de concentración y escasa movilidad empresarial atribuible a la presencia de grandes poderes de mercado consolidados; en este segmento la actividad tecnológica rutinizada está asociada a la acumulación de capacidades en empresas establecidas y la nueva entrantes cuyo aprendizaje tecnológico se ha consolidado previamente en *SP-2*, pero no a los nuevos descubrimientos empresariales.

En el Cuadro 3-20 se comparan las características de los resultados promedios, obtenidos de 93 iteraciones del ABM (Escenario-2), de los indicadores relevantes por segmento productivo. La tasa de crecimiento de la productividad es positiva y constante, pero de bajo nivel durante el período simulado en el mercado desconcentrado característico del *SP-1*; dinámica que aparece acompañada de tasas positivas pero decreciente de acumulación de capital y positivas moderadas de participación en el mercado, se destaca el hecho de que la dinámica de crecimiento de la productividad no aparece asociada con tasas también crecientes de participación en el mercado.

Cuadro 3-22. Escenario-2: niveles y tasas de crecimiento promedio de los indicadores relevantes.

	Concentración del mercado, (<i>HH</i>)	Productividad (<i>A</i>)	Acervo de capital (<i>K</i>)	Participación en el mercado (<i>s</i>)**
SP-1	Nivel inicial y final: 0.013 - 0.037 (desconcentrado) TCPA* (%): 3.3 Tasa positiva creciente.	Nivel inicial y final: 20 – 23.2 TCPA (%): 0.5 Constante	Nivel inicial y final: 1.25 – 17.7 TCPA (%): 9.2 Levemente decreciente	Nivel inicial y final: 0.013 – 0.014 TCPA (%): 0.4 Positiva constante
SP-2	Nivel inicial y final: 0.329 – 0.572 (altamente concentrado) TCPA (%): 8.8 Constante al final del período.	Nivel inicial y final: 12.0 – 29.1 Incremento en últimos 30 períodos. TCPA (%): 2.8 Moderada, creciente al final del período	Nivel inicial y final: 2.89 – 36.3 TCPA* (%): 9.4 Decreciente.	Nivel inicial y final: 0.033 – 0.026 TCPA (%): -0.7 Negativa y constante,
SP-3	Nivel inicial y final : 0.329 – 0.574 (altamente concentrado) TCPA (%): 1.7 Decreciente en los primeros 10 períodos.	Nivel inicial y final: 6.1 – 119.8 crece en último tercio TCPA (%): 9.5 Constante en el primer tercio y creciente al final.	Nivel inicial y final: 5.8 – 46.0 TCPA (%): 9.9 Decreciente en el primer tercio, constante los dos últimos.	Nivel inicial y final: 0.265 – 0.198 TCPA (%): -1.1 Negativa en la primera mitad, nula en la segunda.

* TCPA: tasa de crecimiento promedio anual.

** Valores promedios del *SP*.

En los mercados altamente concentrados característicos de los *SP-2* y *3* aparece la relación inversa entre el crecimiento de la productividad y la disminución de la participación en el mercado; en ambos segmentos, especialmente en *SP-3*, se verifican los mayores crecimientos de la productividad en la industria durante los últimos períodos de la simulación. Adicionalmente, se verifica en todos los segmentos de la producción el crecimiento del acervo de capital empresarial que se atenúa en el tiempo; por último, la comparación por variable entre los diferentes escenarios confirma los resultados previos referidos a una iteración típica del escenario; se destaca el incremento de la concentración del mercado a mayores niveles de complejidad tecnológica

4. Conclusiones y recomendaciones

En este estudio apreciativo de la interacción de mediano y largo plazo entre los resultados imitadores e innovadores empresariales y la estructura de mercado en una industria que opera en una economía no desarrollada se adopta la estructura analítica y metodológica evolucionista Micro-Meso-Macro (*M-M-M*) cuyo eje es la simulación computacional de un modelo basado en agentes (*ABM*). En la caracterización y definición de los agentes en la industria modelada, sus funciones, variables y parámetros se ha empleado información secundaria y encuestas a empresas participantes en la industria tomada como caso de aplicación del modelo analítico, en este caso el grupo industrial de transformación de productos de café compuesto de tres clases industriales: trilla, tostado y molido y obtención de extractos de café en Colombia.

Mediante un *ABM* se simula el proceso de competición y avance tecnológico de una industria de transformación de un recurso natural de origen agrícola cuyas características distintivas son la heterogeneidad tecnológica, la presencia significativa de actividades imitadoras sobre las innovadoras en sentido estricto y el papel determinante de las instituciones. En el modelo la industria contiene tres segmentos productivos caracterizados por el grado de complejidad tecnológica, baja en el caso de la trilla, media en el segmento de tostado y molido y alta en el segmento de fabricación de extractos de café; así mismo, se atribuye un comportamiento fundamentalmente imitador a las empresas participantes en el primer segmento productivo, mixto en el segundo y esencialmente innovador en el tercero.

Dadas las características de heterogeneidad y el comportamiento imitador/innovador de las empresas en la industria, se definen dos escenarios referidos a las situaciones en las cuales operan, o no, las instancias institucionales expresadas en organizaciones privadas de apoyo (*OPA*) que contribuyen al desarrollo de capacidades tecnológicas empresariales, y el gobierno que facilita el acceso a recursos financieros para la inversión. El primer escenario refleja condiciones ideales de la industria, próximas a las de una economía desarrollada, en las cuales el funcionamiento de las instituciones, incluyendo los mercados, favorece la dinámica tecnológica de las industrias; el segundo escenario representa la situación más realista característica de las economías de menor desarrollo industrial en la cual las instituciones, en los términos descritos, son prácticamente inoperantes. En ambos casos prevalece la actividad imitadora sobre la innovadora; esta última, se verifica en la forma de adquisición e introducción de conocimiento (nodos) previamente existente en la industria, sin embargo, en ningún caso se verifica el aprendizaje de nuevos nodos aún no articulados a las trayectorias tecnológicas de la industria.

La simulación y contraste de ambos escenarios produce resultados respecto a la dinámica tecnológica y el ambiente del mercado por segmento productivo de la industria que se expresan, en el primer caso, en los niveles y tasa de crecimiento de la productividad por unidad de capital; y, respecto a la estructura en el mercado, en el número de empresas, el grado de concentración en el mercado, participación en el producto de cada segmento productivo y acumulación de capital de las empresas, entre las variables más relevantes involucradas en el análisis. Estos resultados se validan con los datos factuales respecto al desempeño del grupo de transformación de café (CIIU 156) y las clases industriales que lo conforman en Colombia durante el período 1990-2010. Este ejercicio permite dos tipos de conclusiones: primero, las concernientes con las características y los factores determinantes del vínculo entre innovación y estructura de mercado de la industria en cada escenario analizado; y, segundo, respecto a las características comparables entre ambos escenarios, relevantes en la comprensión de la dinámica tecnológica y la rivalidad empresarial de una industria.

1) El vínculo entre innovación y estructura de mercado.

El primer escenario, el cual simula la industria en la que opera la institucionalidad en la forma de las *OPA* y el gobierno, presenta mayor dinamismo tecnológico empresarial en comparación con el segundo en el cual ambas instancias institucionales son inoperantes; este dinamismo se manifiesta en las mayores tasas de crecimiento de la productividad por unidad de capital de las empresas participantes en los tres segmentos productivos. Se observa que la presencia activa de instancias institucionales públicas (gobierno) y privadas (*OPA*) que, mediante mecanismos diferenciados, promueven la acumulación de capital y capacidades tecnológicas en las empresas, es decir, mayor difusión del conocimiento productivo, conlleva a menores grados de concentración en los mercados.

La inclusión de las instancias institucionales conlleva al progreso tecnológico de un mayor número de empresas en todos los segmentos productivos de la industria, cuyos incrementos de productividad les permite crecer y avanzar, desde niveles bajos en el *SP-1* hasta la mayor complejidad tecnológica relativa del *SP-3*. Esta investigación, como resultado de la simulación computacional, aporta evidencia respecto a la importancia de los procesos de aprendizaje colaborativo en las *OPA* y el apoyo financiero gubernamental que conducen a la acumulación de capacidades tecnológicas empresariales como fundamento del progreso tecnológico en una industria caracterizada por la presencia de heterogeneidad tecnológica en la cual coexisten tres segmentos de complejidad tecnológica diferenciada. Estos rasgos característicos del primer escenario describen de manera aproximada el período inicial de surgimiento y consolidación de la industria de transformación de café en Colombia, que contó con la participación indirecta de la Federación Nacional de Cafeteros y su apoyo para la adquisición de capacidades empresariales en el procesamiento, almacenamiento y comercialización de café tostado, pero que posteriormente se vio disminuida por los cambios institucionales que acompañaron la ruptura del pacto cafetero (1989), la apertura y desregulación de los mercados.

En el segundo escenario, caracterizado por la ausencia de ambas instancias institucionales, se reducen las posibilidades de difusión del conocimiento y se agrava el problema de la escasez de recursos para la inversión; así mismo, se observan mayores niveles de concentración en los tres segmentos productivos al final del período analizado, aunque se conserva un patrón de entrada y salida de empresas semejante al del primer escenario. La menor difusión del conocimiento explica la presencia de menores tasas de

crecimiento de la productividad comparadas con las verificadas en el primer escenario; adicionalmente, es menor el número de empresas que logran avanzar tecnológicamente, dada la presencia de barreras a la entrada asociada al mayor poder de mercado de un menor número de empresas en cada segmento productivo.

En el estudio se introducen características propias del subdesarrollo presentes en las actividades industriales manufactureras que son factores determinantes de la interacción entre cambio tecnológico y estructura del mercado no contemplados en los modelos evolucionistas referidos a las economías industrializadas. Así, en contraste con el modelo teórico evolucionista de Nelson & Winter (1982), cuyo eje analítico es el comportamiento innovador e imitador de las empresas como fundamento de la dinámica competitiva y el avance tecnológico de una industria, y la propuesta metodológica más reciente contenida en Caianni (2012), esta investigación introduce teórica y empíricamente la heterogeneidad de la industria, representada en la complejidad tecnológica diferenciada de los tres segmentos productivos, las diferencias poblacionales en cuanto al número y tamaño de empresas presentes en cada segmento tecnológico de la industria, y, no menos importante, el comportamiento estratégico de las empresas modelado mediante decisiones y los resultados aleatorios sobre imitación e innovación.

- 2) Algunos elementos para la comprensión de la dinámica industrial y el cambio tecnológico en el subdesarrollo.

La comparación de los resultados del ejercicio de simulación de los dos escenarios permite constatar la lógica de desarrollo de capacidades tecnológicas empresariales en la forma de un círculo virtuoso por el cual los éxitos innovadores/imitadores se concentran en las empresas que, aleatoriamente, alcanzan dichos logros primero en el tiempo. Sin embargo, este efecto se atenúa en la medida que se incrementan los valores de los parámetros probabilísticos que definen las posibilidades de éxito innovador/imitador empresarial y se introducen las instancias institucionales que contribuyen a disminuir los niveles de incertidumbre que acompañan el proceso de cambio tecnológico en la industria; en estas condiciones, en ambos escenarios, se incrementa el número de empresas imitadoras e innovadoras en los tres segmentos productivos de la industria. Por otra parte, al mantener invariables las probabilidades de éxito innovador e imitador en ambos escenarios, pero diferenciadas según los segmentos productivos, se constata una mayor frecuencia relativa de la imitación en comparación con las innovaciones en la industria.

Los resultados respecto a la concentración en el mercado y los cambios de la participación de las empresas en el producto total en los tres segmentos productivos de la industria no indican una relación de dirección y sentido inequívoco entre estas variables y la dinámica de la productividad de las empresas, como se ha señalado en la literatura especializada. No obstante, en ambos escenarios, las empresas de mayor dinamismo tecnológico, aquellas que participan en las trayectorias tecnológicas más largas y complejas, presentan con mayor frecuencia mayores tasas de acumulación de capital, las cuales son altamente sensibles a los cambios en la participación en el mercado; es decir, la mayor participación en el mercado aparece vinculada a una mayor tasa de crecimiento de productividad del capital acumulado.

Se observa que el comportamiento estratégico seguido por las empresas en relación con las actividades de innovación e imitación define tanto el patrón de cambio tecnológico, como la dinámica competitiva que, a su vez, es determinante de los patrones de

acumulación de capital en cada segmento productivo; al parecer, más que la participación de la empresa en el mercado que confiere poderes monopólicos, es la eficacia en el aprovechamiento de sus capacidades y habilidades, o ventajas de apropiación empresariales, el factor determinante del desempeño tecnológico que, de acuerdo a los resultados de la tesis, puede potenciarse mediante el concurso de las instancias institucionales de carácter público o privado; no obstante, en esta investigación no es posible establecer diferencias ni contrastar la eficacia de unas y otras.

Dado el carácter novedoso del marco teórico adoptado y la propuesta metodológica desarrollada en la perspectiva evolucionista, se recomienda la realización de estudios de caso aplicados a industrias que permitan superar posibles limitaciones del modelo relacionadas con la precisión de los valores de los parámetros empleados, la verificación y validación empírica de los resultados arrojados por la simulación computacional. Sobre este particular, en esta investigación se ha seguido la línea sugerida en la literatura especializada según la cual la definición de los valores paramétricos, la verificación y la validación empírica de los resultados del *ABM* se fundamentan en el contraste con los registros históricos de las variables bajo observación (Brenner & Werker, 2006). Al respecto, se sugiere como futura temática de estudio establecer los posibles vínculos y complementariedades entre las técnicas econométricas de verificación y validación empírica con los resultados del ejercicio de simulación computacional basada en agentes.

Finalmente, si bien en el modelo se incluyó el comportamiento diferenciado de la demanda en términos de su elasticidad según el segmento productivo de la industria, con el propósito de resaltar las diferencias del mercado en cada uno de ellos, se recomienda la realización de estudios sobre el cambio tecnológico y la dinámica industrial que incluyan de manera detallada los factores de demanda asociados.

Anexo A. Anexo metodológico.

A.1. Caracterización de la industria de transformación de café en Colombia.

El grupo y las clases industriales.

A partir de la publicación de la actualización de la Clasificación Internacional Industrial Uniforme, tercera revisión (CIIU, 3ª rev.) por el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE) en 1990, aprobada en 1989, se incluye, en la Sección D (Industrias Manufactureras), División 15 (Elaboración de productos alimenticios y de bebidas), el Grupo 156: “Elaboración de productos de café” compuesto por tres Clases industriales:

- 1561: “Trilla de café”, cuyo producto principal es el café verde o trillado para la exportación y el consumo en el mercado doméstico, obtenido al eliminar la envoltura o pergamino del café. Excluye la producción especializada del cultivo de café.
- 1562: “Descafeinado”, cuyo producto principal es el grano de café trillado descafeinado y la cafeína.
- 1563: “Tostión y molienda del café”, cuyo producto es el café tostado y molido envasado y empacado, inclusive el café trillado descafeinado.
- 1564: “Elaboración de otros derivados del café”, cuyos productos principales son los extractos de café, café soluble (instantáneo en polvo o aglomerado) y café liofilizado granulado.

Los agentes empresariales

La caracterización del comportamiento típico de los agentes empresariales en el grupo industrial se fundamenta en información primaria obtenida de una muestra aleatoria de empresas pertenecientes a tres clases industriales, cuyas características se presentan en el siguiente apartado, y de la información sectorial contenida en la Encuesta Anual Manufacturera del Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE). El listado de las empresas inicialmente contactadas vía telefónica y por correo electrónico a partir de abril de 2011 es el siguiente:

Trilla de café (1561) y Descafeinado (1562):

No.	Nombre de la empresa	Localización
1	Agrior Ltda.	Girón (Santander)
2	Aristizábal Arango Y Cía. S. en C.	Manizales
3	C.I. Compañía Cafetera Agrícola De Santander S.A.	Bogotá
4	Compañía Cafetera San Luis S.A.	Chinchiná (Caldas)
5	Cordillera Suave S.A.	Armenia (Quindío)
6	Family Coffe S.A.	Pereira

No.	Nombre de la empresa	Localización
7	Indiana S.A.	Manizales
8	Intercafe Colombia Ltda.	Bogotá
9	Inversiones Echeverry Barsa & Compañía S. en C.	Cartago (Valle)
10	Osorio López & Cía. S. en C.	Santa Rosa de Cabal (Risaralda)
11	Sociedad Trilladora Cafetera del Valle del Cauca Ltda.	Tulúa
12	Sucafe Ltda.	Santa Rosa de Cabal (Risaralda)
13	Trilladoras de las Cooperativas de Caficultores de Caldas Ltda.	Anserma (Caldas)
14	Arabicas de Colombia	Armenia (Quindío)
15	Boncafé S.A	Calarcá
16	Caduche Special Coffe Ltda.	Bogotá
17	Café Don Alvaro Ltda.	Bogotá
18	Cafetalera Exportadora de Especiales Ltda. - Cafés Ltda.	Armenia (Quindío)
19	Central Cooperativa de Comercialización Cafetera del Tolima Ltda.	Ibagué
20	Comercial Cafetera Ltda.	Bogotá
21	Comercializadora El Micay EU	Argelia (Cauca)
22	Cooperativa de Trabajo Asociado de Trabajadores del Café (Cootrcafé)	Chinchiná
23	Empresa Asociativa de Trabajo Cafetero	Chinchiná
24	Empresa Asociativa de Trabajo Torrefactores de la Amazonía	Florencia (Caquetá)
25	Indufaca	Facatativá (Cundinamarca)
26	Industria Cafetera del Tolima Ltda.	Chaparral (Tol)
27	Inversiones Seed & Fruit Special Ltda.	Honda
28	JL Cafetera Ltda.	Chinchiná (Caldas)
29	Mazuera Cárdenas y Cía. S. en C.	Cartago (Valle)
30	Pulido Soto y Cía. S. En C.	Neiva
31	Sociedad Agroindustrial Cafez Ltda.	Santa Rosa de Cabal (Risaralda)
32	Sociedad Cafetera y Cacaotera de Santander Ltda.	Bucaramanga
33	Trilladora Central Ltda.	Medellín
34	Trilladora Fusagasugá Ltda.	Fusugasugá
35	Trilladora Pubenza Ltda.	Popayán

Tostión y molienda de café (1563):

No.	Nombre de la empresa	Localización
36	Café Diamante Negro Ltda.	Bucaramanga
37	Café Universal S. A.	Barranquilla
38	Café y Compañía S.A.	Pereira
39	Comercializadora y Procesadora Colombiana de Café S.A.	Sevilla (Valle)
40	Compañía Torrefactora de Café S.A.	Medellín
41	Fábrica De Café Don Quijote Ltda.	Itagüí (Antioquia)
42	Fábrica De Café La Bastilla S.A.	Medellín
43	Industria Cafetera De Nariño Ltda.	Pasto

No.	Nombre de la empresa	Localización
44	Industria De Productos Alimenticios Del Cauca S.A.	Cali
45	Sucesores de Cesar Vásquez Ltda.	Montería
46	Águila y Cía. Ltda.	Cali
47	Toscafe Oma S.A.	Bogotá
48	Tostadora de Café Bon Ami Ltda.	Bucaramanga
49	Taza Fina S.A.	Medellín
50	Torrecafe Bemolco y Cía. S.A.	Cali
51	Torrefactora del Oriente Ltda.	Sogamoso (Boyacá)
52	Tostadora de Cafenar S.C.	Pasto
53	Tostadora de Café Frontera S.H.	Cúcuta
54	Tostadora de Café Orozco S.H.	Cali
55	Tostadora de Café Paris Ltda.	Bogotá
56	Tostadora de Café Suave Estrella EU	Cali
57	Tostadora de Café Versalles Ltda.	Cali

Elaboración de otros derivados del café (1564):

No.	Nombre de la empresa	Localización
58	Torrecafe Águila Roja & Cía. S.A.	Candelaria (Valle)
59	Industria Colombiana de Café S.A.	Medellín
60	Industrias Aliadas S.A.	Bogotá
61	Promotora de Café Colombia S. A.	Bogotá
62	Caribecafe Ltda.	Bogotá
63	Viale International S.A.	Cartagena

La respuesta afirmativa a la solicitud de colaboración mediante el diligenciamiento de la encuesta se obtuvo de las siguientes empresas:

Trillado - descafeinado	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Compañía Cafetera Agrícola de Santander S.A ▪ Inversiones Echeverri Barsa SAS ▪ Banexport S.A ▪ Compañía Cafetera La Meseta S.A ▪ Inversiones Jaramillo S.A ▪ Trilladoras de las Cooperativas de Caficultores de Caldas Ltda.
Tostado y molienda	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tostadora de Café Frontera ▪ Toscafé Oma S.A
Derivados	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Torrecafé Águila Roja y Cía. S.A ▪ Industria Colombiana de Café SAS

Características de encuesta a agentes empresariales

La encuesta, cuyo texto se incluye en el Anexo B, tuvo como objetivo obtener información cualitativa primaria respecto a las características generales de la industria, capacidades tecnológicas y habilidades de aprendizaje de los agentes empresariales, las trayectorias tecnológicas y las capacidades de relacionamiento de las empresas. Cada componente es evaluado mediante pregunta(s) simple, de selección múltiple y/o valoración de múltiples ítems en la escala cualitativa de 1 a 5, donde 1 corresponde al menor nivel de cumplimiento y 5 al pleno. A continuación se presentan, para cada uno de los

componentes enunciados, la formulación y valoración de las preguntas en la encuesta, las cuales se referencias mediante su numeración original entre corchetes.

1) PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE LA INDUSTRIA

- Listado con los datos de las empresas en el subgrupo manufacturero [1.1]:
 - Tabla 1. Identificación de empresas: Trilla de café
 - Tabla 2. Identificación de empresas: Tostión y molienda de café
 - Tabla 3. Identificación de empresas: Elaboración de otros derivados de café
- Aproximación a un patrón de entrada de las empresas en la industria hasta el momento [1.2].
 - En el horizonte temporal, a partir del año de inicio de operaciones, los cambios en la naturaleza jurídica [1.3 y 1.4] son indicio del cambio en las capacidades de las empresas.

1	Persona natural	2	Sociedad limitada	3	Sociedad anónima
4	Sociedad de hecho	5	Sociedad comanditaria	6	Sociedad anónima por acciones

- En el horizonte temporal, a partir del año de inicio de operaciones, los cambios en la composición del capital de la empresa [1.5 y 1.6] evidencian, junto con los cambio en la naturaleza jurídica, la evolución en las capacidades de la empresa.
 - ♦ participación porcentual del capital nacional vs. participación de capital extranjero
- Aproximación a la estructura de industrial: tamaño según por el número total de trabajadores [1.7, 1.8 y 1.9].
 - Empresas que pertenecen a grupos económicos nacionales
 - Empresas que pertenecen a un grupo económico internacional
 - [1.5-6]: control para confirmar la información.

0	No pertenece a ningún grupo económico
1	Grupo económico nacional
2	Grupo económico internacional

- Vínculos con gremios y asociaciones empresariales [1.10], otras empresas e instituciones públicas y privadas: construir y caracterizar la red en el momento actual
 - ♦ [1.10]: Participación en organizaciones empresariales. Nombre de la organización y año de ingreso
- [1.11]: el tipo de bien indica el grado de articulación con el resto del aparato industrial y con la demanda final (confirma la participación en el mercado)
 - ♦ pregunta de control, se asume que se produce un único bien

Bien intermedio	Café trillado
Bien final	Café tostado y molido Derivados

- [1.12]: demanda local o internacional (indicio del desarrollo de capacidades), la mayor participación en el mercado internacional confirma mayores desarrollos (cruzar con la composición del capital: [1.6-7])
- [1.13]: Mejoras en calidad (diversificación de la producción) reflejada en el tipo de producto, periodicidad quinquenal.
 - Se confirma el subgrupo manufacturero

- Caracterización de una trayectoria tecnológica que va de la trilla, pasa por el tostado y molienda y termina en la fabricación de derivados:

Producto	Denominación
1	Café excelso
2	Café pasilla
3	Café tostado
4	Derivados de café

2) CAPACIDADES TECNOLÓGICAS Y DE APRENDIZAJE

- [2.1]: capacidad innovadora (imitación):

<i>Eslabón en la cadena de valor</i>	<i>Ítem</i>	<i>Detalle</i>
Logística interna		
Operaciones	d e	Aprovechamiento de economías de escala Flexibilidad del proceso productivo
Logística externa		
Mercadeo y ventas	f, g	Las relaciones con los clientes Canales de distribución de sus productos
Servicio postventa al cliente	h	Servicio al cliente
Abastecimiento (compras)	a, b, c	Costo y calidad de la materia prima Aprovechamiento de economías de escala Acceso y calidad a bienes de calidad
Desarrollo tecnológico	m, n, o, j	Modernización y actualización tecnológica Diseño de nuevos productos y servicios Esfuerzos en I+D Sistemas de información y bases de datos (Uso de TIC's)
Recursos humanos	k, l	Formación y capacitación del personal Incentivos y pagos por productividad
Infraestructura	i, p	Cultura y estructura organizacional Localización del establecimiento

- [2.5]: contraste.

Al señalar la tecnología asociada con el proceso, la flexibilidad del proceso, conocimiento del mercado u otra se confirma la opinión sobre los diferentes elementos de la cadena de valor.

Se establece un perfil de las capacidades tecnológicas en relación con la cadena de valor que soporta la generación de valor agregado

- [2.8]: prácticas y procesos relacionados con el desarrollo tecnológico de la empresa:

	<i>Capacidad</i>	<i>Producto</i>	<i>Proceso</i>
Innovación	a, i, j, e	h	c
Imitación	g, c, e	b,	f

- ✓ d): informa sobre relacionamiento de la empresa

- [2.2]: factores estratégicos respecto de la tecnología en la empresa.

<i>Comportamiento estratégico respecto a la tecnología</i>	<i>Items</i>
Reconocimiento del factor tecnológico como factor competitivo de importancia	a, b
Ejercicios de prospectiva tecnológica para la anticipación de cambios	e,
Existencia de un departamento de I+D	g
Aprendizaje de otras organizaciones (públicas y privadas)	h
Formulación de estrategia tecnológica innovadora	c
Formulación de estrategia tecnológica imitadora	d

- Se identifica predominio de estrategia innovadora y/o imitadora de acuerdo al tipo de empresa
- [2.6]: contraste
 - ✓ 1: ejercicio de prospectiva tecnológica
 - ✓ 2: auditoría tecnológica
 - ✓ 3: la reposición de equipos asociada a la estrategia imitadora
 - ✓ 4: respuesta a las exigencias de la competencia, estrategia imitadora
 - ✓ 5: respuesta a las necesidades de los clientes, estrategia innovadora.
 - ✓ 6: otra
- [3.2]: evaluación de estrategias de acuerdo a los resultados en la cadena de valor:

<i>Eslabón en la cadena de valor</i>	<i>Ítems</i>
Logística interna*	
Operaciones	k
Logística externa	
Mercadeo y ventas	a, b, c
Servicio postventa al cliente	i
Abastecimiento (compras)	j
Desarrollo tecnológico	e, f, g, h, l, m
Recursos humanos	n

* La logística interna en la cadena de valor no es objeto de análisis.

- [4.7]: resultados (desarrollo de capacidades) asociados a la cadena de valor de la empresa

<i>Eslabón en la cadena de valor</i>	<i>Ítems</i>
Operaciones	n
Logística externa	d, e
Mercadeo y ventas	b
Servicio postventa al cliente	c
Abastecimiento (compras)	f,
Desarrollo tecnológico	a, g, h, i, j, l, m
Recursos humanos	o, p

- [2.3]: Presupuesto anual destinado a actividades de I+D (1990-2010)
 - coherencia con la definición estratégica [2.2]
 - discriminar por tipo de empresa
 - [2.4]: fuente del financiamiento. ¿qué empresa accede al crédito?
 - [2.6]: sistematización, acceso a capacidad tecnológica (contrastar con 2.1). Discriminar por tipo de empresa.
 - [2.9]: contraste. Resultados del aprendizaje en la práctica desarrollo de capacidades en el área de producción (de acuerdo a 2.1) en virtud de la implementación de programas específicos:

<i>Eslabón Operaciones</i>	<i>Ítems</i>
Reducción de costos, incremento de productividad	a, b, e, f, g, j
Mejora en calidad	c, d, h

3) LA TRAYECTORIA TECNOLÓGICA

- [4.1]: aproximación a *la trayectoria tecnológica* de la industria, se establece, por tipo de empresa, las características de la tecnología empleada de acuerdo con las cuatro actividades principales en la industria
 - [4.2]: detalles de la tecnología, complemento de 4.1
 - [4.3]: tipo de innovaciones, asociado con la trayectoria tecnológica
 - [4.4]: duración del ciclo del proceso innovador, por tipo de empresa

- [4.5]: imitación, asociada a la adquisición y empleo de tecnología existente en el mercado:

Características de la imitación	Ítems
Mejora en calidad	b, f
Disminución de costos	c
Proximidad tecnológica	a
Relación con proveedores, otras empresas, organizaciones	d, e, j
Licencias tecnológicas	g, h
I+D, desarrollo de capacidad, especialización	i

- [4.6]: Resultado innovador (imitador)

Resultado	Ítems
Desarrollo de capacidad innovadora	a
Relaciones con universidades, CDT's	b, d
Crecimiento empresarial	c
Acceso a recursos asociado con la capacidad	e, g, h
Desarrollo de capital humano	f

4) RELACIONAMIENTO DE LA EMPRESA

- [3.1]: relevancia de prácticas que implican relacionamiento con otros agentes, encaminadas a la actualización tecnológica

→ otras empresas competidoras: a, b

→ proveedores y clientes: d

- [3.3]: estrategia competitiva, relación con otras empresas en el mercado.

Regla	Ítems
Disminuir costo (innovación) o mayor precio	a, g
Calidad: diferenciación de productos, normalización	b, d, e
Nuevos segmentos del mercado	c
Clientelización	f

- [3.4]: tecnología, vínculo con otras organizaciones

Regla	Ítems
Oportunidad tecnológica	a, b
Esfuerzo tecnológico	c, f
Relación con proveedores	d
Relacionamiento con clientes	e
Relación con gremios (nacionales, extranjeros)	g

→ Discriminar por tipo de empresa

→ [3.5]: tipos de entidades públicas y privadas: se debe precisar cuales

→ [3.6]: formas de transferencia tecnológica

→ [3.7]: mecanismos de protección de la tecnología (patentes)

- [3.8]: elementos del entorno (macro, meso)

Elementos del entorno (macro, meso, meta)	Ítems
Macro (tasas de cambio, interés, acceso a crédito, etc.)	a-k
Meso (infraestructura)	l-s
Meta	r-w

Información de fuente secundaria: EAN

De la información desagregada a cuatro dígitos (CIIU, tercera revisión) contenida en la Encuesta Anual Manufacturera del DANE para los años 2000 y 2011p permite identificar las características iniciales y finales de la industria que se presentan en el Cuadro A.1.1. Los datos en el 2000 se toman como referentes del número de empresas por SP, acervo

inicial de capital y su productividad; la información provisional en 2011, se ofrece como indicio de las características de la industria y su evolución en el tiempo.

Cuadro A.1.1

Segmento Productivo	SP-1 (CIIU 1561)		SP-2 (CIIU 1563)		SP-3 (CIIU 1564)	
	Año	2000	2011	2000	2011	2000
No. Empresas (n_{0j}) y proporción (%)	73 (60.8)	55 (56.1)	43 (35.8)	39 (39.8)	4 (3.3)	4 (4.1)
Activos netos (millones)	1517,5	3718,2	1981,3	8121,7	86082,7	194076,6
Acervo de capital (k_{0j})	1,0	2,5	1,3	5,4	56,7	127,9
Producto por unidad de capital (A_{0j})	10,2	13,8	2,9	1,6	0,0007	1,0

- Número de empresas en cada segmento productivo de la industria (n_{0j}) y su distribución porcentual respecto al total de empresas. Dado que la información disponible no permite discriminar la distribución por tipo al interior de cada clase industrial, con propósitos analíticos, se asume que, en el momento inicial, las pequeñas y micro empresas se encuentran en el SP-1, las medianas en el SP-2 y las grandes en el SP-3. En Colombia, y mientras se reglamenta el artículo 43 de la Ley 1450 de 2011, los parámetros vigentes para clasificar las empresas por su tamaño son las siguientes (artículo 2º de la Ley 590 de 2000, modificado por el artículo 2º de la Ley 905 de 2004):
 1. Microempresa:
 - a) Planta de personal no superior a los diez (10) trabajadores.
 - b) Activos totales excluida la vivienda por valor inferior a quinientos (500) salarios mínimos mensuales legales vigentes.
 2. Pequeña empresa:
 - a) Planta de personal entre once (11) y cincuenta (50) trabajadores.
 - b) Activos totales por valor entre quinientos uno (501) y menos de cinco mil (5.000) salarios mínimos mensuales legales vigentes.
 3. Mediana empresa:
 - a) Planta de personal entre cincuenta y uno (51) y doscientos (200) trabajadores.
 - b) Activos totales por valor entre cinco mil uno (5.001) a treinta mil (30.000) salarios mínimos mensuales legales vigentes.
 4. Gran Empresa
 - a) Planta de personal superior a los doscientos (200) trabajadores.
 - b) Activos totales superiores a treinta mil (30.000) salarios mínimos mensuales legales vigentes.
- El acervo de capital por empresa (k_{0j}) se aproxima mediante el valor de los activos netos por empresa en cada clase industrial, el valor de la variable en el submodelo se establece como proporción del valor de los activos de las empresas en la clase 1561.
- La productividad inicial del acervo de capital (A_{0j}), corresponde a la división del producto bruto entre los activos netos de la clase industrial.

Adicionalmente, respecto al Submodelo-2, en el Cuadro A.1.2 se sintetiza la información tomada de la EAM (2000-2011p) para el cálculo de los valores paramétricos de la oferta contante de cada segmento productivo (R_j) y los costos constantes por unidad de capital.

Cuadro A.1.2

Segmento Productivo	SP-1 (CIIU 1561)		SP-2 (CIIU 1563)		SP-3 (CIIU 1564)	
	2000	2011	2000	2011	2000	2011
Valor Agregado, \$	201.740.456	380.884.025	61.621.162	197.370.725	40.475.810	184.226.779
Producto bruto, \$	1.129.495.244	2.815.429.603	247.928.046	500.564.594	244.835.152	809.879.874
Coefficiente de elasticidad, (b_j)	0,83		1,00		1,25	
(Producto bruto) ^a b	34.757.834	74.382.490	247.928.046	500.564.594	30.626.136.531	136.623.610.561
Valor de la oferta (R_j)	1,0	1,0	7,1	6,7	881,1	1836,8
Consumo intermedio, \$	927.754.788	2.434.545.578	186.306.884	303.193.869	204.359.342	625.653.095
Activos netos, \$	110.774.282	204.498.473	85.196.870	316.746.176	344.330.635	776.306.535
Costos por unidad de capital (c_j)	8,4	11,9	2,2	1,0	0,6	0,8

- Valor constante de la oferta del segmento productivo (R_j): al asumir una demanda isoelástica, este valor corresponde a la oferta bruta de la clase industrial elevada al coeficiente de elasticidad.
- Costos de por unidad de capital (c_j): se estima como el valor del consumo intermedio dividido por los activos netos de la clase industrial.

Anexo B. Formato de encuesta a empresas.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
Doctorado en Ciencias Económicas
Cuestionario

1. INFORMACIÓN GENERAL DEL ESTABLECIMIENTO

1.1. Identificación:

Nombre del establecimiento: _____
 NIT: _____
 Actividad comercial: _____
 Dirección: _____
 Teléfono: _____
 Fax: _____
 Página WEB: _____
 Ciudad/Municipio: _____
 Departamento: _____
 Nombre de la persona que diligencia la encuesta: _____
 E-mail: _____
 Cargo: _____
 Fecha de diligenciamiento _____

1.2. Año de iniciación de operaciones del establecimiento: _____

1.3. Señale la naturaleza jurídica del establecimiento:

<input type="checkbox"/> Persona natural	<input type="checkbox"/> Sociedad limitada
<input type="checkbox"/> Sociedad anónima	<input type="checkbox"/> Sociedad de hecho
<input type="checkbox"/> Sociedad comanditaria	<input type="checkbox"/>

1.4. Indique si el establecimiento ha cambiado la naturaleza jurídica en los últimos 20 años:

Año del cambio	De:	A:

1.5. Composición actual del capital del establecimiento:

Nacional (%)	Extranjero (%)

- 1.6. Si han ocurrido cambios en la composición del capital del establecimiento en los últimos veinte años, indíquelos en el siguiente cuadro:

Año	Capital		Año	Capital	
	Nal. (%)	Ext. (%)		Nal. (%)	Ext. (%)

- 1.7. Información sobre el número de trabajadores del establecimiento:

Año	No. Trabajadores		Año	No. Trabajadores	
	Producción	Administración		Producción	Administración
1990			2001		
1991			2002		
1992			2003		
1993			2004		
1994			2005		
1995			2006		
1996			2007		
1997			2008		
1998			2009		
1999			2010		
2000					

- 1.8. ¿El establecimiento pertenece a algún grupo económico Nacional?

Si	No	NS/NR

En caso de que su respuesta sea afirmativa, señale desde cuando _____

- 1.9. ¿El establecimiento pertenece a algún grupo económico Internacional?

Si	No	NS/NR

En caso de que su respuesta sea afirmativa, señale desde cuando _____

- 1.10. Enumere, en orden de antigüedad, la participación en gremios o asociaciones empresariales:

Nombre del gremio o asociación	Desde (año)

- 1.11. Valor de las ventas anuales de la empresa (millones de pesos corrientes):

Año	Ventas	Año	Ventas	Año	Ventas	Año	Ventas
1990		1996		2002		2008	
1991		1997		2003		2009	
1992		1998		2004		2010	
1993		1999		2005			
1994		2000		2006			
1995		2001		2007			

- 1.12. Discrimine la producción de acuerdo con el tipo de bien:

Año	Final (%)	Intermedio (%)	Año	Final (%)	Intermedio (%)
1990			2001		

1991			2002		
1992			2003		
1993			2004		
1994			2005		
1995			2006		
1996			2007		
1997			2008		
1998			2009		
1999			2010		
2000					

1.13. Discrimine porcentualmente para cada año el destino de la producción:

Año	Nacional (%)	Extranjero (%)	Año	Nacional (%)	Extranjero (%)
1990			2001		
1991			2002		
1992			2003		
1993			2004		
1994			2005		
1995			2006		
1996			2007		
1997			2008		
1998			2009		
1999			2010		
2000					

1.14. Discrimine, para cada período, los tres principales productos (aquellos más vendidos o solicitados) y su participación porcentual en las ventas del establecimiento:

Período	Productos	%	Período	Productos	%
1990 a 1995			1996 a 2000		
2001 a 2005			2006 a 2010		

2. CAPACIDADES TECNOLÓGICAS Y DE APRENDIZAJE

2.1. Califique, en una escala de -1 a 2, los siguientes factores internos al establecimiento en tanto que fuentes de ventaja competitiva de la organización (-1: desventaja; 0: ventaja nula; 2: gran ventaja):

	-1	-2	0	1	2
a) Costo y calidad de la materia prima nacional					
b) Relaciones con proveedores					
c) Accesibilidad y calidad de los bienes de capital					
d) La disminución de los costos de producción asociada con el incremento del nivel del producto					
e) La flexibilidad del proceso de producción u operación del establecimiento					
f) Las relaciones con los clientes					
g) El mercadeo y los canales de distribución de sus productos					
h) El servicio al cliente					
i) La cultura y la estructura organizacional					
j) Los sistemas de información y las bases de datos					
k) El nivel de formación y capacitación del personal					
l) Los programas de incentivos y pagos por productividad					
m) La modernización y adquisición de nuevas tecnologías					
n) El diseño de nuevos productos y servicios					

- o) Los esfuerzos de investigación y desarrollo
- p) La localización del establecimiento
- q) La reputación del establecimiento

2.2. En relación con los siguientes factores estratégicos, responda sí, no, o no sabe (NS):

- a) La variable tecnológica juega un papel central dentro de la estrategia competitiva
- b) El establecimiento formula estrategias tecnológicas de manera explícita
- c) Define estrategias tratando de ser el primero en ofrecer nuevos productos en el mercado
- d) Define estrategias tratando de seguir el paso de los líderes en la oferta de nuevos productos o servicios
- e) En el establecimiento se realizan ejercicios de prospectiva tecnológica para anticipar los cambios tecnológicos que se avecinan
- f) Existe un departamento o división encargada de específicamente de la gerencia de la tecnología
- g) Existe un departamento de investigación y desarrollo
- h) Mantiene una relación estrecha con Centros de Desarrollo Tecnológico (CDT's) u otras entidades públicas y privadas

	SI	NO	NS

2.3. Especifique el porcentaje del presupuesto anual que el establecimiento ha destinado históricamente para el desarrollo tecnológico e innovación en productos y procesos:

Año	%	Año	%	Año	%
1990		1997		2004	
1991		1998		2005	
1992		1999		2006	
1993		2000		2007	
1994		2001		2008	
1995		2002		2009	
1996		2003		2010	

2.4. Especifique, en porcentajes, cuáles han sido las principales fuentes de financiación de los programas de desarrollo tecnológico del establecimiento:

Fuente	%
Recursos propios	
Recursos de créditos provenientes del sistema financiero	
Recursos de fomento empresarial (SENA, Colciencias, otros)	
Recursos provenientes de alianzas estratégicas y cooperación con otras organizaciones	
Otra, ¿cuál? _____	

2.5. Señale la(s) tecnología(s) que lo diferencia de la competencia:

Tecnología	
Uso experto de la materia prima	
Uso experto de maquinaria o quipos sofisticados	
Un proceso de producción difícil de imitar	
Conocimiento del(los) mercado(s) objetivo(s)	
Otra, cuál? _____	

2.6. Señale la(s) razón(es) histórica(s) que ha(n) definido la incorporación de nuevas tecnologías en la empresa:

Ejercicios de prospectiva tecnológica	
Auditorías tecnológicas	
Reemplazo de equipos depreciados u obsoletos	
Exigencia frente a los avances de la competencia	
Como respuesta frente a las necesidades de los clientes	
Otra, cuál?	

2.7. El establecimiento se ha sistematizado en:

Procesos administrativos	
Procesos productivos	
Procesos de diseño	

2.8. Califique la importancia de las siguientes prácticas y procesos dentro del establecimiento (1: poco importante; 5: muy importante)

	1	2	3	4	5
a) Recolectar información sobre las necesidades de los clientes respecto a sus productos					
b) Recolectar información sobre productos de sus competidores					
c) Búsqueda activa de información sobre nuevas tecnologías, materiales o procesos que soporten cambios en el negocio					
d) Cooperar con clientes, proveedores y otras empresas en cuanto a mejoras o desarrollo de nuevos productos y procesos					
e) Capacitación del personal técnico y administrativo					
f) Compra y/o actualización de maquinaria y equipo					
g) Protección de sus productos y procesos de la imitación por parte de la competencia					
h) Cambio frecuente en el diseño de productos					
i) Sistematización y uso de redes de información					
j) Aprendizaje de ideas nuevas más allá de los límites de la empresa o establecimiento					

2.9. Califique los resultados de las inversiones y programas llevados a cabo en el área de producción del establecimiento (1: poco importante; 5: muy importante):

	1	2	3	4	5
a) Reducción de costos de operación					
b) Reducción del precio de venta del producto					
c) Mejora en la calidad de los productos					
d) Incremento del precio derivado de la mejor calidad					
e) Mejora en los indicadores de productividad y desempeño					
f) Mejora en el rendimiento de la fuerza laboral					
g) Mejora en el uso de sistemas de información					
h) Mejora en las relaciones con proveedores					
i) Disminución de costos de producción					
j) Mejora en las economías de especialización					
k) Otro, Cuál? _____					

- 4.4. La duración promedio del ciclo de desarrollo de un cambio tecnológico, desde su concepción hasta su introducción en el mercado es (seleccione una opción):

Menos de 1 año	
Entre 1 y 5 años	
Más de 5 años	

- 4.5. En una escala de 1 a 5, califique la importancia para el establecimiento de los siguientes criterios para la selección y adquisición de tecnología (1: poco; 5: mucho):

	1	2	3	4	5
a) El establecimiento elige una nueva tecnología sólo si es compatible con lo que sabe hacer y producir?					
b) La selección de una nueva tecnología (proceso o producto) es determinada por la búsqueda de mejor calidad?					
c) La selección de una nueva tecnología (proceso o producto) es determinada por la búsqueda de un mejor precio?					
d) el establecimiento selecciona la tecnología a incorporar por recomendación de sus proveedores?					
e) el establecimiento selecciona la tecnología a incorporar por recomendación de otros empresarios o competidores?					
f) La forma natural de incorporar nueva tecnología es mediante la compra de maquinaria y equipo?					
g) La forma más frecuente de actualizar sus procesos productivos es a través del uso de licencias tecnológicas?					
h) ¿ el establecimiento adapta a la operación del negocio tecnologías adquiridas en el extranjero?					
i) La forma más frecuente de modernizar sus procesos productivos es a través de desarrollo interno en el departamento de investigación y desarrollo?					
j) ¿La forma más frecuente de actualizar sus procesos productivos es utilizando CDT's o centros de investigación bajo alguna forma de contratación o alianza estratégica?					

- 4.6. En una escala de 1 a 5 (1: poco importante; 5: muy importante) califique los efectos que han tenido las inversiones y programas realizados en relación con los procesos de innovación:

	1	2	3	4	5
a) Mayores grados de innovación					
b) Vínculos más estrechos con Universidades					
c) Mayor participación en el mercado					
d) Mejores vínculos con CDT's					
e) Acceso a recursos de fomento (SENA, IFI, COLCIENCIAS)					
f) Mejoras en los programas de capacitación					
g) Mejoras en los sistemas de búsqueda de tecnología					
h) Mejora en las economías de especialización					

- 4.7. Califique en una escala de 1 a 5 que tanto el cambio experimentado en las siguientes actividades en (1: escaso; 5: mucho):

	1	2	3	4	5
a) Los sistemas de información					
b) Los criterios de compra de los clientes					
c) Las relaciones con los clientes					
d) Los canales de distribución					
e) El acceso a mercados internacionales					
f) Las relaciones con proveedores					
g) Las relaciones con Universidades					
h) Las relaciones con el gobierno					
i) Las relaciones con entidades oferentes de servicios tecnológicos (SENA, CDT's)					
j) Alianzas estratégicas con otras empresas					
k) La capacidad de producción de el establecimiento					

- l) La actividad de investigación y desarrollo
- m) Nuevos productos y servicios
- n) El uso de insumos y materias primas
- o) La capacitación del personal
- p) El perfil profesional de los empleados

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

Anexo C. Escenario 1: Valores promedios de la simulación (OPA y gobierno) vs. Valores iteración No. 30.

<i>Indicador</i>	SP-1			SP-2			SP-3		
	<i>Promedio iteraciones</i>	S_x	<i>Iter. 30*</i>	<i>Promedio iteraciones</i>	S_x	<i>Iter. 30*</i>	<i>Promedio iteraciones</i>	S_x	<i>Iter. 30*</i>
Empresas, <i>No</i>	68,78	2,847	71,0	38,49	2,485	27,5	4,8	0,396	4,5
Productividad, <i>A</i>	21,62	0,936	22,13	17,92	4,444	17,84	30,98	28,162	17,01
Índice <i>HH</i>	0,0181	0,0061	0,017	0,2255	0,1797	0,28	0,4128	0,0854	0,34
Capital, <i>K</i>	11,43	4,81	18,43	26,09	9,67	32,82	41,52	8,91	44,40
Participación, <i>s</i>	0,01359	0,00052	0,0141	0,0295	0,00214	0,0363	0,2166	0,0211	0,2132

* Los datos de la iteración 30 se asemeja al promedio de los 100 períodos. Para el caso del número de empresas se toma el promedio entre las empresas iniciales y las finales.

Anexo D. Escenario 2: Valores promedios de la simulación vs. Valores iteración No. 44.

Indicador	SP-1			SP-2			SP-3		
	<i>Promedio iteraciones</i>	S_x	<i>Iter. 44*</i>	<i>Promedio iteraciones</i>	S_x	<i>Iter.44*</i>	<i>Promedio iteraciones</i>	S_x	<i>Iter. 44*</i>
Empresas, No.	77,19	6,5626	70,74	31,47	8,0809	25,57	3,55	1,5882	4,69
Productividad, A	21,60	0,9364	22,12	17,92	4,4456	17,84	30,97	28,162	17,01
Índice <i>HH</i>	0,0181	0,0854	0,017	0,225	0,1798	0,277	0,413	0,0061	0,341
Capital, <i>K</i>	11,01	4,8085	11,43	26,09	9,6752	32,82	45,51	8,91	44,39
Participación, <i>s</i>	0,013	0,00053	0,014	0,0296	0,0021	0,036	0,216	0,021	0,213

* Los datos de la iteración 44 corresponden al promedio de los 100 periodos.

Anexo E. Código ABM.

```

ub red_conocimiento()
Sheets("datos").Select
Sheets("datos").Columns("A:K").Select
Selection.ClearContents
Sheets("datos").Cells(1, 1) = "**node data"
Sheets("datos").Cells(2, 1) = "**node properties"
Sheets("datos").Cells(3, 1) = "**Tie data"
Sheets("datos").Cells(4, 1) = "de a nodos gran med
peq"
porc_asig = Sheets("inicio").Cells(1, 4)
porc_grandes = Sheets("inicio").Cells(6, 2) ' /
total_empre
porc_med = Sheets("inicio").Cells(5, 2) ' /
total_empre
porc_peq = Sheets("inicio").Cells(4, 2) / total_empre
num_nodos_ini = Sheets("inicio").Cells(2, 2)
itera_total = Sheets("inicio").Cells(1, 2)
iteraciones = Int(Sheets("inicio").Cells(1, 2) *
porc_asig)
itera_resto_ini = Int(iteraciones) + 1
periodos_calculados = Sheets("inicio").Cells(2, 4)
itera_cal = Sheets("inicio").Cells(2, 6)
Peri_Vent_gremio_g1 = Sheets("inicio").Cells(16, 3)
Peri_Vent_gremio_g2 = Sheets("inicio").Cells(16, 3)
Vent_gremio_g1 = Sheets("inicio").Cells(16, 2)
Vent_gremio_g2 = Sheets("inicio").Cells(16, 2)
prob_grem1 = Sheets("inicio").Cells(16, 3)
prob_grem2 = Sheets("inicio").Cells(16, 3)

On Error Resume Next

Sheets("mov_empre").Select
Sheets("mov_empre").Columns("A:XFD").Select
Selection.ClearContents
Sheets("mov_empre").Select
Sheets("mov_empre").Columns("A:XFD").Select
Selection.ClearContents

    Sheets("mov_empre").Cells(1, 1) =

"Numero_Iteracion"
    Sheets("mov_empre").Cells(1, 2) =
"Trayectoria_inicial"
    Sheets("mov_empre").Cells(1, 3) =
"Trayectoria"
    Sheets("mov_empre").Cells(1, 4) =
"Num_Periodo"
    Sheets("mov_empre").Cells(1, 5) =
"Tipo_Empres"
    Sheets("mov_empre").Cells(1, 6) =
"Productividad"
    Sheets("mov_empre").Cells(1, 7) =
"Participacion"
    Sheets("mov_empre").Cells(1, 8) =
"ParticipacionCuadr"
    Sheets("mov_empre").Cells(1, 9) = "Capital"
    Sheets("mov_empre").Cells(1, 10) =
"Beneficio"

    Sheets("mov_empre").Cells(1, 11) =
"Producto"
    Sheets("mov_empre").Cells(1, 12) = "Gremio"
    Sheets("mov_empre").Cells(1, 13) =
"rest_fina"
    Sheets("mov_empre").Cells(1, 14) =
"dato_kapt"
    Sheets("mov_empre").Cells(1, 15) = "Precio"

i3 = 1
i2 = 1
While i2 <= itera_cal
n = 1
While n <= num_nodos_ini
    Sheets("datos").Cells(n + 4, 1) = 1 & " " & n + 1 &
" " & 0
n = n + 1
Wend
'escogencia aleatoria del padre

```

```

Call escg_padre(num_nodos_ini, iteraciones, n)

'=====trayectorias=====
=====
Call trayectorias(num_nodos_ini, iteraciones)
hh2 = 5
  While hh2 < iteraciones + 10
    dattemp = Sheets("datos").Cells(hh2, 1)
    Sheets("datos").Cells(iteraciones + 10 + hh2 -
5, 1) = Left(dattemp, Len(dattemp) - 1) & "1"
    hh2 = hh2 + 1
  Wend
'depuracion
trayectorias*****
*****
Call depuracion_tray(iteraciones)

'empresas identificacion de segmetnos

num_empr_peq = 0
num_empr_peq =
(Application.WorksheetFunction.CountA((Sheets("se
gmentos").Range("A:A"))) - 1) * porc_asig ^ 10
num_total_empr = 100 * num_empr_peq / (porc_peq
* 100)
num_empe_med = num_total_empr * porc_med
num_empe_grandes = num_total_empr -
num_empr_peq - num_empe_med
maximo_num_nos =
Application.WorksheetFunction.Max((Sheets("segm
entos").Range("b:b")))

'empresas grandes
i = 2
num_grandes = 0
Application.WorksheetFunction.Count
((Sheets("segmentos").Range("c:c")))
While num_grandes < num_empe_grandes
While Sheets("segmentos").Cells(i, 1) <> ""
  If Sheets("segmentos").Cells(i, 2) =
maximo_num_nos Then
    Sheets("segmentos").Cells(i, 3) = 1
  End If
  i = i + 1
Wend

num_grandes =
Application.WorksheetFunction.Count((Sheets("seg
mentos").Range("c:c")))
maximo_num_nos = maximo_num_nos - 1
i = 2
Wend

nodo_grandes = maximo_num_nos + 2 'modificado
26 abril de 2014
'empresas medianas
i = 2
Num_med = 0
Application.WorksheetFunction.Count
((Sheets("segmentos").Range("d:d")))
While Num_med < num_empe_med
While Sheets("segmentos").Cells(i, 1) <> ""
  If Sheets("segmentos").Cells(i, 2) =
maximo_num_nos Then
    Sheets("segmentos").Cells(i, 4) = 1
  End If
  i = i + 1
Wend
Num_med =
Application.WorksheetFunction.Count((Sheets("seg
mentos").Range("d:d")))
maximo_num_nos = maximo_num_nos - 1
i = 2
Wend
nodo_med = maximo_num_nos + 2 ' modificado 26
abril de 2014
'rellenar espacios
i = 2
While Sheets("segmentos").Cells(i, 1) <> ""
  If Sheets("segmentos").Cells(i, 3) <> "" Then
    Sheets("segmentos").Cells(i, 5) = 1
    Sheets("segmentos").Cells(i, 4) = 1
  Else
    If Sheets("segmentos").Cells(i, 4) <> "" Then
      Sheets("segmentos").Cells(i, 5) = 1
    Else
      Sheets("segmentos").Cells(i, 5) = 1
    End If
  End If
  i = i + 1
Wend

'rellenar celdas ARREGLAR
Sheets("datos").Select
  k = 5
  itera = iteraciones * 2 + 300
  hh2 = 5
  While hh2 < itera
    Sheets("datos").Cells(hh2, 2) =
Sheets("datos").Cells(hh2, 1)
    hh2 = hh2 + 1
  Wend

  Range("B5").Select
  Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
  Application.CutCopyMode = False
  Selection.TextToColumns
  Destination:=Range("B5"), DataType:=xlDelimited, _
  TextQualifier:=xlDoubleQuote,
  ConsecutiveDelimiter:=True, Tab:=True, _
  Semicolon:=False, Comma:=False,
  Space:=True, Other:=False, FieldInfo _
  :=Array(Array(1, 1), Array(2, 1), Array(3, 1)),
  TrailingMinusNumbers:=True

'empresas grandes
Sheets("datos").Select
'identificcion de nodos empresas grandes
i = 2
While Sheets("segmentos").Cells(i, 1) <> ""

```

```

'Sheets("segmentos").Select
If Sheets("segmentos").Cells(i, 3) = 1 Then
    valor_cel_seg = Sheets("segmentos").Cells(i,
1)
    num_vacio_seg = Len(valor_cel_seg) -
Len(Application.WorksheetFunction.Substitute(valor
_cel_seg, " ", ""))
    lugar_vacio_seg =
Application.WorksheetFunction.Search("
",
valor_cel_seg)
nodo_ini_seg = Left(valor_cel_seg, lugar_vacio_seg
- 1) * 1
    largo_ini_seg = Len(valor_cel_seg)
    l = 1
    cad_resto = Right(valor_cel_seg, largo_ini_seg
- lugar_vacio_seg)
    While l < num_vacio_seg + 1
        lugar_vacio_seg_r = 0
        lugar_vacio_seg_r =
Application.WorksheetFunction.Search("
",
cad_resto)
        If lugar_vacio_seg_r = 0 Then
            nodo_seg = cad_resto
        Else
            nodo_seg = Left(cad_resto,
lugar_vacio_seg_r - 1) * 1
        End If
        k = 5
        Sheets("datos").Select
        While Sheets("datos").Cells(k, 1) <> ""
            If Sheets("datos").Cells(k, 3) = nodo_seg
* 1 Then
                Sheets("datos").Cells(k, 5) =
Sheets("datos").Cells(k, 1) & " 1"
            End If
            k = k + 1
        Wend
        lugar_vacio_seg =
Application.WorksheetFunction.Search("
",
cad_resto)
        nodo_ini_seg = Left(cad_resto, lugar_vacio_seg - 1)
* 1
            largo_ini_seg = Len(cad_resto)
            cad_resto = Right(cad_resto, largo_ini_seg -
lugar_vacio_seg_r)
            l = l + 1
        Wend
    End If
    i = i + 1
Wend
'identificcion de nodos empresas medianas
i = 2

While Sheets("segmentos").Cells(i, 1) <> ""
'Sheets("segmentos").Select
If Sheets("segmentos").Cells(i, 4) = 1 And
Sheets("segmentos").Cells(i, 3) <> 1 Then
    valor_cel_seg = Sheets("segmentos").Cells(i,
1)
    num_vacio_seg = Len(valor_cel_seg) -
Len(Application.WorksheetFunction.Substitute(valor
_cel_seg, " ", ""))
    lugar_vacio_seg =
Application.WorksheetFunction.Search("
",
lugar_vacio_seg
=
Application.WorksheetFunction.Search("
",
nodo_ini_seg = Left(valor_cel_seg, lugar_vacio_seg
- 1) * 1
    largo_ini_seg = Len(valor_cel_seg)
    l = 1
    cad_resto = Right(valor_cel_seg, largo_ini_seg
- lugar_vacio_seg)
    While l < num_vacio_seg + 1 And l <
nodo_grandes - 1
        lugar_vacio_seg_r = 0
        lugar_vacio_seg_r =
Application.WorksheetFunction.Search("
",
cad_resto)
        If lugar_vacio_seg_r = 0 Then
            nodo_seg = cad_resto
        Else
            nodo_seg = Left(cad_resto,
lugar_vacio_seg_r - 1) * 1
        End If
        k = 5
        Sheets("datos").Select
        While Sheets("datos").Cells(k, 1) <> ""
            If Sheets("datos").Cells(k, 3) = nodo_seg
* 1 Then
                If Sheets("datos").Cells(k, 5) = "" Then
                    Sheets("datos").Cells(k, 6) =
Sheets("datos").Cells(k, 1) & " 0 1"
                Else
                    Sheets("datos").Cells(k, 6) =
Sheets("datos").Cells(k, 5) & " 1"
                End If
            End If
            k = k + 1
        Wend
        lugar_vacio_seg =
Application.WorksheetFunction.Search("
",
cad_resto)
        nodo_ini_seg = Left(cad_resto, lugar_vacio_seg - 1)
* 1
            largo_ini_seg = Len(cad_resto)
            cad_resto = Right(cad_resto, largo_ini_seg -
lugar_vacio_seg_r)
            l = l + 1
        Wend
    End If
    i = i + 1
Wend
'identificcion de nodos empresas pequeña
i = 2

While Sheets("segmentos").Cells(i, 1) <> ""
'Sheets("segmentos").Select
If Sheets("segmentos").Cells(i, 5) = 1 Then
    valor_cel_seg = Sheets("segmentos").Cells(i,
1)
    num_vacio_seg = Len(valor_cel_seg) -
Len(Application.WorksheetFunction.Substitute(valor
_cel_seg, " ", ""))
    lugar_vacio_seg =
Application.WorksheetFunction.Search("
",

```

```

valor_cel_seg)
nodo_ini_seg = Left(valor_cel_seg, lugar_vacio_seg
- 1) * 1
  largo_ini_seg = Len(valor_cel_seg)
  l = 1
  cad_resto = Right(valor_cel_seg, largo_ini_seg
- lugar_vacio_seg)
While l < num_vacio_seg + 1 And l < nodo_med - 1
lugar_vacio_seg_r = 0
  lugar_vacio_seg_r =
Application.WorksheetFunction.Search("
cad_resto)
  If lugar_vacio_seg_r = 0 Then
    nodo_seg = cad_resto
  Else
    nodo_seg = Left(cad_resto,
lugar_vacio_seg_r - 1) * 1
  End If
  k = 5
  Sheets("datos").Select
  While Sheets("datos").Cells(k, 1) <> ""
    If Sheets("datos").Cells(k, 3) = nodo_seg
* 1 Then
      If Sheets("datos").Cells(k, 5) = "" Then
        If Sheets("datos").Cells(k, 6) = ""
Then
          Sheets("datos").Cells(k, 7) =
Sheets("datos").Cells(k, 1) & " 0 0 1"
        Else
          Sheets("datos").Cells(k, 7) =
Sheets("datos").Cells(k, 6) & " 1"
        End If
      Else
        If Sheets("datos").Cells(k, 6) = ""
Then
          Sheets("datos").Cells(k, 7) =
Sheets("datos").Cells(k, 5) & " 0 1"
        Else
          Sheets("datos").Cells(k, 7) =
Sheets("datos").Cells(k, 6) & " 1"
        End If
      End If
      k = k + 1
    Wend
    lugar_vacio_seg =
Application.WorksheetFunction.Search("
cad_resto)
    nodo_ini_seg = Left(cad_resto, lugar_vacio_seg - 1)
* 1
    largo_ini_seg = Len(cad_resto)
    cad_resto = Right(cad_resto, largo_ini_seg -
lugar_vacio_seg_r)
    l = l + 1
  Wend
  End If
  i = i + 1
Wend
'CAMPOS PARA LA RED
k = 5
While Sheets("datos").Cells(k, 1) <> ""
  If Sheets("datos").Cells(k, 7) <> "" Then
    Sheets("datos").Cells(k, 8) =
Sheets("datos").Cells(k, 7)
    Else
      If Sheets("datos").Cells(k, 6) <> "" Then
        Sheets("datos").Cells(k, 8) =
Sheets("datos").Cells(k, 5) & " 0 0"
      End If
    End If
    k = k + 1
  Wend
  hh2 = 5
  While hh2 < itera
    Sheets("datos").Cells(hh2, 1) =
Sheets("datos").Cells(hh2, 8)
    hh2 = hh2 + 1
  Wend
  Sheets("datos").Columns("B:K").Select
  Selection.ClearContents
  'redistribucion de las empresas
  Sheets("segmentos").Select
  hh2 = 1
  While hh2 < itera
    Sheets("segmentos").Cells(hh2, 7) =
Sheets("segmentos").Cells(hh2, 1)
    hh2 = hh2 + 1
  Wend
  Range("g1").Select
  Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
  Application.CutCopyMode = False
  Selection.TextToColumns
  Destination:=Range("G1"), DataType:=xlDelimited, _
  TextQualifier:=xlDoubleQuote,
  ConsecutiveDelimiter:=True, Tab:=True, _
  Semicolon:=False, Comma:=False,
  Space:=True, Other:=False, FieldInfo _
  :=Array(Array(1, 1), Array(2, 1), Array(3, 1),
Array(4, 1), Array(5, 1)), _
  TrailingMinusNumbers:=True
  'BORRAR CELDAS DE TODAS LAS
HOJAS*****
  Sheets("trayecto_empresas").Select
  Sheets("trayecto_empresas").Columns("A:XFD").Sel
ect
  Selection.ClearContents
  Sheets("trayecto_empresas").Select
  Sheets("trayecto_empresas").Cells(1, 1) =
"Trayectoria"
  Sheets("trayecto_empresas").Cells(1, 2) =
"largo_tray"
  Sheets("trayecto_empresas").Cells(1, 3) =
"tipo_empresa"

```

```

Sheets("trayec_prod").Select
Sheets("trayec_prod").Columns("A:XFD").Select
Selection.ClearContents
Sheets("Productividad").Select
Sheets("Productividad").Columns("A:XFD").Select
Selection.ClearContents
Sheets("Capital").Select
Sheets("Capital").Columns("A:XFD").Select
Selection.ClearContents
Sheets("Producto").Select
Sheets("Producto").Columns("A:XFD").Select
Selection.ClearContents
Sheets("Participacion").Select
Sheets("Participacion").Columns("A:XFD").Select
Selection.ClearContents
Sheets("Beneficio").Select
Sheets("Beneficio").Columns("A:XFD").Select
Selection.ClearContents
Sheets("dato_kapt").Select
Sheets("dato_kapt").Columns("A:XFD").Select
Selection.ClearContents
Sheets("rest_fina").Select
Sheets("rest_fina").Columns("A:XFD").Select
Selection.ClearContents
Sheets("trayecto_empresas").Select
Sheets("trayecto_empresas").Columns("A:XFD").Select
Selection.ClearContents
Sheets("trayecto_empresas").Select
Sheets("trayecto_empresas").Cells(1, 1) =
"Trayectoria"
Sheets("trayecto_empresas").Cells(1, 2) =
"largo_tray"
Sheets("trayecto_empresas").Cells(1, 3) =
"tipo_empresa"
Sheets("trayec_prod").Select
Sheets("trayec_prod").Columns("A:XFD").Select
Selection.ClearContents
Sheets("Productividad").Select
Sheets("Productividad").Columns("A:XFD").Select
Selection.ClearContents
Sheets("Capital").Select
Sheets("Capital").Columns("A:XFD").Select
Selection.ClearContents
Sheets("Producto").Select
Sheets("Producto").Columns("A:XFD").Select
Selection.ClearContents
Sheets("Participacion").Select
Sheets("Participacion").Columns("A:XFD").Select
Selection.ClearContents
Sheets("Beneficio").Select
Sheets("Beneficio").Columns("A:XFD").Select
Selection.ClearContents
Sheets("dato_kapt").Select
Sheets("dato_kapt").Columns("A:XFD").Select
Selection.ClearContents
Sheets("rest_fina").Select
Sheets("rest_fina").Columns("A:XFD").Select
Selection.ClearContents
Sheets("precio").Select
Sheets("precio").Columns("A:XFD").Select
Selection.ClearContents

Sheets("Gremio").Select
Sheets("Gremio").Columns("A:XFD").Select
Selection.ClearContents

i = 2
k = 2
While Sheets("segmentos").Cells(i, 1) <> ""
    trayectoria = Sheets("segmentos").Cells(i, 1)
    If Sheets("segmentos").Cells(i, 2) >=
nodo_grandes Then
        Sheets("trayecto_empresas").Cells(k, 1) =
trayectoria
        Sheets("trayecto_empresas").Cells(k, 3) =
"Grande"
        Sheets("trayecto_empresas").Cells(k, 2) =
Len(trayectoria) -
Len(Application.WorksheetFunction.Substitute(traye
toria, " ", "")) + 1
        k = k + 1
        p = 1
        tray = ""
        While p < nodo_grandes
            tray = tray & Sheets("segmentos").Cells(i,
p + 6) & " "
            p = p + 1
        Wend
        tray = Left(tray, Len(tray) - 1)
        Sheets("trayecto_empresas").Cells(k, 1) = tray
        Sheets("trayecto_empresas").Cells(k, 3) =
"Mediana"
        Sheets("trayecto_empresas").Cells(k, 2) =
Len(tray) -
Len(Application.WorksheetFunction.Substitute(tray,
" ", "")) + 1
        k = k + 1
        p = 1
        tray = ""
        While p < nodo_med
            tray = tray & Sheets("segmentos").Cells(i,
p + 6) & " "
            p = p + 1
        Wend
        tray = Left(tray, Len(tray) - 1)
        Sheets("trayecto_empresas").Cells(k, 1) = tray
        Sheets("trayecto_empresas").Cells(k, 3) =
"Pequena"
        Sheets("trayecto_empresas").Cells(k, 2) = Len(tray) -
Len(Application.WorksheetFunction.Substitute(tray,
" ", "")) + 1
        k = k + 1
    Else
        If Sheets("segmentos").Cells(i, 2) >=
nodo_med Then
            Sheets("trayecto_empresas").Cells(k, 1) =
trayectoria
            Sheets("trayecto_empresas").Cells(k, 3) =
"Mediana"
            Sheets("trayecto_empresas").Cells(k, 2) =
Len(trayectoria) -
Len(Application.WorksheetFunction.Substitute(traye
toria, " ", "")) + 1

```

```

    k = k + 1
    p = 1
    tray = ""
    While p < nodo_med
        tray = tray & Sheets("segmentos").Cells(i,
p + 6) & " "
        p = p + 1
    Wend
    tray = Left(tray, Len(tray) - 1)
    Sheets("trayecto_empresas").Cells(k, 1) =
tray
    Sheets("trayecto_empresas").Cells(k, 3) =
"Pequena"
    Sheets("trayecto_empresas").Cells(k, 2) = Len(tray)
-
Len(Application.WorksheetFunction.Substitute(tray,
", "")) + 1
    k = k + 1
    Else
        Sheets("trayecto_empresas").Cells(k, 1) =
trayectoria
    Sheets("trayecto_empresas").Cells(k, 3) =
"Pequena"
    Sheets("trayecto_empresas").Cells(k, 2) =
Len(trayectoria)
-
Len(Application.WorksheetFunction.Substitute(traye
toria, ", "")) + 1
    k = k + 1
    End If
    End If

    i = i + 1
Wend

' depuracion
Sheets("trayecto_empresas").Select
    Columns("A:C").Select

ActiveWorkbook.Worksheets("trayecto_empresas").
Sort.SortFields.Clear

ActiveWorkbook.Worksheets("trayecto_empresas").
Sort.SortFields.Add Key:=Range("A1"), _
    SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlAscending,
DataOption:=xlSortNormal
    With
ActiveWorkbook.Worksheets("trayecto_empresas").
Sort
        .SetRange Range("A2:C" & iteraciones + 20)
        .Header = xlNo
        .MatchCase = False
        .Orientation = xlTopToBottom
        .SortMethod = xlPinYin
        .Apply
    End With

i = 2
While Sheets("trayecto_empresas").Cells(i, 1) <> ""
    If Sheets("trayecto_empresas").Cells(i, 1) =
Sheets("trayecto_empresas").Cells(i - 1, 1) Then
        Rows(i & ":" & i).Select
        Selection.Delete Shift:=xlUp

```

```

    i = i - 1
    End If
    i = i + 1

Wend

'productividad inicial
prod_ini_peq = Sheets("Inicio").Cells(4, 4)
prod_ini_med = Sheets("Inicio").Cells(5, 4)
prod_ini_gra = Sheets("Inicio").Cells(6, 4)

    hh2 = 1
    While hh2 < iteraciones * 200 And
Sheets("trayecto_empresas").Cells(hh2, 1) <> ""
        Sheets("trayec_prod").Cells(hh2, 1) =
Sheets("trayecto_empresas").Cells(hh2, 1)
        Sheets("trayec_prod").Cells(hh2, 2) =
Sheets("trayecto_empresas").Cells(hh2, 2)
        Sheets("trayec_prod").Cells(hh2, 3) =
Sheets("trayecto_empresas").Cells(hh2, 3)
        hh2 = hh2 + 1
    Wend

' Sheets("trayec_prod").Select
    Sheets("trayec_prod").Cells(1, 4) =
"Produc_PorNodo"
    Sheets("trayec_prod").Cells(1, 5) = "Produc_0"
    i = 2
    While Sheets("trayecto_empresas").Cells(i, 1) <> ""
        If Sheets("trayec_prod").Cells(i, 3) = "Pequena"
Then
            Sheets("trayec_prod").Cells(i, 4) =
prod_ini_peq / (Sheets("trayec_prod").Cells(i, 2) - 1)
            Sheets("trayec_prod").Cells(i, 5) =
prod_ini_peq
            End If
            If Sheets("trayec_prod").Cells(i, 3) = "Mediana"
Then
                Sheets("trayec_prod").Cells(i, 4) =
prod_ini_med / (Sheets("trayec_prod").Cells(i, 2) -
nodo_med + 1)
                Sheets("trayec_prod").Cells(i, 5) =
prod_ini_med
                End If
            If Sheets("trayec_prod").Cells(i, 3) = "Grande"
Then
                Sheets("trayec_prod").Cells(i, 4) =
prod_ini_gra / (Sheets("trayec_prod").Cells(i, 2) -
nodo_grandes + 1)
                Sheets("trayec_prod").Cells(i, 5) =
prod_ini_gra
                End If
            i = i + 1
        End If
    Wend

    hh2 = 1
    While hh2 < iteraciones * 200 And
Sheets("trayecto_empresas").Cells(hh2, 1) <> ""
        Sheets("Productividad").Cells(hh2, 1) =
Sheets("trayec_prod").Cells(hh2, 1)
        Sheets("Productividad").Cells(hh2, 2) =
Sheets("trayec_prod").Cells(hh2, 2)

```

```

    Sheets("Productividad").Cells(hh2, 3) =
Sheets("trayec_prod").Cells(hh2, 3)
    hh2 = hh2 + 1
Wend

'capital inicial
cap_ini_peq = Sheets("Inicio").Cells(4, 5)
cap_ini_med = Sheets("Inicio").Cells(5, 5)
cap_ini_gra = Sheets("Inicio").Cells(6, 5)

    hh2 = 1
    While hh2 < iteraciones * 200 And
Sheets("trayecto_empresas").Cells(hh2, 1) <> ""
        Sheets("Capital").Cells(hh2, 1) =
Sheets("trayecto_empresas").Cells(hh2, 1)
        Sheets("Capital").Cells(hh2, 2) =
Sheets("trayecto_empresas").Cells(hh2, 2)
        Sheets("Capital").Cells(hh2, 3) =
Sheets("trayecto_empresas").Cells(hh2, 3)
        hh2 = hh2 + 1
    Wend

'Sheets("Capital").Select
Sheets("Capital").Cells(1, 5) = "Capital_0"
i = 2
While Sheets("Capital").Cells(i, 1) <> ""
    If Sheets("Capital").Cells(i, 3) = "Pequena" Then
        Sheets("Capital").Cells(i, 5) = cap_ini_peq
    End If
    If Sheets("Capital").Cells(i, 3) = "Mediana" Then
        Sheets("Capital").Cells(i, 5) = cap_ini_med
    End If
    If Sheets("Capital").Cells(i, 3) = "Grande" Then
        Sheets("Capital").Cells(i, 5) = cap_ini_gra
    End If
    i = i + 1
Wend
'producto inicial
    hh2 = 1
    While hh2 < iteraciones * 200 And
Sheets("trayecto_empresas").Cells(hh2, 1) <> ""
        Sheets("Producto").Cells(hh2, 1) =
Sheets("trayecto_empresas").Cells(hh2, 1)
        Sheets("Producto").Cells(hh2, 2) =
Sheets("trayecto_empresas").Cells(hh2, 2)
        Sheets("Producto").Cells(hh2, 3) =
Sheets("trayecto_empresas").Cells(hh2, 3)
        hh2 = hh2 + 1
    Wend

'Sheets("Producto").Select
Sheets("Producto").Cells(1, 5) = "Producto_0"
i = 2
While Sheets("Producto").Cells(i, 1) <> ""
    Sheets("Producto").Cells(i, 5) =
Sheets("trayec_prod").Cells(i, 5) *
Sheets("Capital").Cells(i, 5)
    i = i + 1
Wend

    i = i + 1
Wend
'participacion inicial
    hh2 = 1
    While hh2 < iteraciones * 200 And
Sheets("trayecto_empresas").Cells(hh2, 1) <> ""
        Sheets("Participacion").Cells(hh2, 1) =
Sheets("trayecto_empresas").Cells(hh2, 1)
        Sheets("Participacion").Cells(hh2, 2) =
Sheets("trayecto_empresas").Cells(hh2, 2)
        Sheets("Participacion").Cells(hh2, 3) =
Sheets("trayecto_empresas").Cells(hh2, 3)
        hh2 = hh2 + 1
    Wend

    Producto_peq =
Application.WorksheetFunction.SumIf(Sheets("Prod
ucto").Range("C:C"),
    "Pequena",
    Sheets("Producto").Range("E:E"))
    Producto_med =
Application.WorksheetFunction.SumIf(Sheets("Prod
ucto").Range("C:C"),
    "Mediana",
    Sheets("Producto").Range("E:E"))
    Producto_gra =
Application.WorksheetFunction.SumIf(Sheets("Prod
ucto").Range("C:C"),
    "Grande",
    Sheets("Producto").Range("E:E"))

'Sheets("Participacion").Select
Sheets("Participacion").Cells(1, 5) =
"Participacion_0"
i = 2
While Sheets("Participacion").Cells(i, 1) <> ""
    If Sheets("Participacion").Cells(i, 3) = "Pequena"
Then
        Sheets("Participacion").Cells(i, 5) =
Sheets("Producto").Cells(i, 5) / Producto_peq
    End If
    If Sheets("Participacion").Cells(i, 3) = "Mediana"
Then
        Sheets("Participacion").Cells(i, 5) =
Sheets("Producto").Cells(i, 5) / Producto_med
    End If
    If Sheets("Participacion").Cells(i, 3) = "Grande"
Then
        Sheets("Participacion").Cells(i, 5) =
Sheets("Producto").Cells(i, 5) / Producto_gra
    End If
    i = i + 1
Wend
'beneficio inicial
    hh2 = 1
    While hh2 < iteraciones * 200 And
Sheets("trayecto_empresas").Cells(hh2, 1) <> ""
        Sheets("Beneficio").Cells(hh2, 1) =
Sheets("trayecto_empresas").Cells(hh2, 1)
        Sheets("Beneficio").Cells(hh2, 2) =

```

```

Sheets("trayecto_empresas").Cells(hh2, 2)
  Sheets("Beneficio").Cells(hh2, 3) =
Sheets("trayecto_empresas").Cells(hh2, 3)
  hh2 = hh2 + 1
Wend

R_peq = Sheets("Inicio").Cells(11, 4)
R_med = Sheets("Inicio").Cells(12, 4)
R_gra = Sheets("Inicio").Cells(13, 4)
b_peq = Sheets("Inicio").Cells(11, 2)
b_med = Sheets("Inicio").Cells(12, 2)
b_gra = Sheets("Inicio").Cells(13, 2)
costo_peq = Sheets("Inicio").Cells(11, 5)
costo_med = Sheets("Inicio").Cells(12, 5)
costo_gra = Sheets("Inicio").Cells(13, 5)
gastoinnoov_peq = Sheets("Inicio").Cells(11, 6)
gastoinnoov_med = Sheets("Inicio").Cells(12, 6)
gastoinnoov_gra = Sheets("Inicio").Cells(13, 6)
gastoimita_peq = Sheets("Inicio").Cells(11, 7)
gastoimita_med = Sheets("Inicio").Cells(12, 7)
gastoimita_gra = Sheets("Inicio").Cells(13, 7)

Precio_peq = R_peq / Producto_peq ^ b_peq
Precio_med = R_med / Producto_med ^ b_med
Precio_gra = R_gra / Producto_gra ^ b_gra

'Sheets("Beneficio").Select
Sheets("Beneficio").Cells(1, 5) = "Beneficio_0"
i = 2
While Sheets("Beneficio").Cells(i, 1) <> ""
  If Sheets("Beneficio").Cells(i, 3) = "Pequena"
  Then
    Sheets("Beneficio").Cells(i, 5) = (Precio_peq *
  Sheets("trayec_prod").Cells(i, 5)) - (costo_peq +
  gastoinnoov_peq + gastoimita_peq)
  End If
  If Sheets("Beneficio").Cells(i, 3) = "Mediana"
  Then
    Sheets("Beneficio").Cells(i, 5) = (Precio_med *
  Sheets("trayec_prod").Cells(i, 5)) - (costo_med +
  gastoinnoov_med + gastoimita_med)
  End If
  If Sheets("Beneficio").Cells(i, 3) = "Grande"
  Then
    Sheets("Beneficio").Cells(i, 5) = (Precio_gra *
  Sheets("trayec_prod").Cells(i, 5)) - (costo_gra +
  gastoinnoov_gra + gastoimita_gra)
  End If
  i = i + 1
Wend

'PERIODOS
SIGUIENTES*****
*****
Sheets("Inicio").Select
periodo = 1

columna = 4
While periodo <= periodos_calculados
  'trayectoria siguientes y produccion
  Sheets("trayec_prod").Cells(1, columna
+ 3) = "Trayectoria_" & periodo
  Sheets("trayec_prod").Cells(1, columna + 4) =
  "largo_tray"
  Sheets("trayec_prod").Cells(1, columna
+ 5) = "tipo_empresa"
  Sheets("trayec_prod").Cells(1, columna
+ 6) = "Prod_UltNodo_" & periodo
  Sheets("trayec_prod").Cells(1, columna
+ 7) = "Produc_" & periodo

  Sheets("trayecto_empresas").Select
  i = 2
  Num_peq =
  Application.WorksheetFunction.CountIf(Sheets("tray
  ecto_empresas").Range(Cells(1, columna - 1),
  Cells(1000, columna - 1)), "Pequena")
  Num_med =
  Application.WorksheetFunction.CountIf(Sheets("tray
  ecto_empresas").Range(Cells(1, columna - 1),
  Cells(1000, columna - 1)), "Mediana")
  Num_gra =
  Application.WorksheetFunction.CountIf(Sheets("tray
  ecto_empresas").Range(Cells(1, columna - 1),
  Cells(1000, columna - 1)), "Grande")
  Sheets("trayec_prod").Select
  While Sheets("trayecto_empresas").Cells(i, 1) <> ""
  'probabilidades de imitacion e inovacion segun
  gremio y gobierno
  exitolmit_peq = Sheets("Inicio").Cells(11, 9)
  exitolmit_med = Sheets("Inicio").Cells(12, 9)
  exitolmit_gra = Sheets("Inicio").Cells(13, 9)
  exitolnnov_peq = Sheets("Inicio").Cells(11, 10)
  exitolnnov_med = Sheets("Inicio").Cells(12, 10)
  exitolnnov_gra = Sheets("Inicio").Cells(13, 10)

  If Sheets("Gremio").Cells(i, periodo + 4) <> ""
  Then
    exitolmit_peq = exitolmit_peq +
  Sheets("Inicio").Cells(20, 2)
    exitolmit_med = exitolmit_med +
  Sheets("Inicio").Cells(20, 2)
    exitolmit_gra = exitolmit_gra +
  Sheets("Inicio").Cells(21, 2)
    exitolnnov_peq = exitolnnov_peq +
  Sheets("Inicio").Cells(21, 2)
    exitolnnov_med = exitolnnov_med +
  Sheets("Inicio").Cells(21, 2)
    exitolnnov_gra = exitolnnov_gra +
  Sheets("Inicio").Cells(21, 2)
  Else
    cap1 = Sheets("Capital").Cells(i, periodo + 3) -
  Sheets("Capital").Cells(i, periodo + 2)
    cap2 = Sheets("Capital").Cells(i, periodo + 4) -
  Sheets("Capital").Cells(i, periodo + 3)
    If cap1 > 0 And cap2 > 0 Then
      exitolmit_peq = exitolmit_peq +
  Sheets("Inicio").Cells(20, 3)
      exitolmit_med = exitolmit_med +
  Sheets("Inicio").Cells(20, 3)
      exitolmit_gra = exitolmit_gra +
  Sheets("Inicio").Cells(20, 3)
    End If
  End While
  periodo = periodo + 1
Wend

```

```

        exitoInnov_peq = exitoInnov_peq +
Sheets("Inicio").Cells(21, 3)
        exitoInnov_med = exitoInnov_med +
Sheets("Inicio").Cells(21, 3)
        exitoInnov_gra = exitoInnov_gra
    End If
End If

        aleatorio_lmita = Rnd()
        aleatorio_innova = Rnd()
        traayec = Sheets("trayecto_empresas").Cells(i,
columna - 3)
        prod_ini = Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 1)
        prod_nodo_ini = Sheets("trayec_prod").Cells(i,
columna)
        long_tray = Len(traayec) -
Len(Application.WorksheetFunction.Substitute(traay
ec, " ", "")) + 1
        If Sheets("trayecto_empresas").Cells(i, columna - 1)
= "Pequena" Then 'empresas pequeñas
        If long_tray < (nodo_med - 1) Then
        If aleatorio_lmita < exitoInnov_peq Then 'exito
        aleatorio_lmitac = Rnd()
            long_tray_new = long_tray + 1
        Produ_max = 0
            Produ_max = producto_max("Pequena",
long_tray + 1, columna)
            num_prod_max = 0
            num_prod_max =
num_producto_max("Pequena", long_tray + 1,
Produ_max, columna)
            rango = 1 / num_prod_max
            y = 1
            While y <= num_prod_max
                If aleatorio_lmitac < y * rango And
aleatorio_lmitac > (y - 1) * rango Then
                    valor_tom = y
                    yy = 2
                    yy2 = 0
                While yy2 < valor_tom And
Sheets("trayec_prod").Cells(yy, 1) <> ""
                    If Sheets("trayec_prod").Cells(yy,
columna - 1) = "Pequena" And
Sheets("trayec_prod").Cells(yy, columna) =
Produ_max And Sheets("trayec_prod").Cells(yy,
columna - 2) = long_tray_new Then
                        yy2 = yy2 + 1
                    End If
                    yy = yy + 1
                Wend
                yy = yy - 1
                tray_copiar =
Sheets("trayec_prod").Cells(yy, columna - 3)
                num_vac_try_cop = Len(tray_copiar) -
Len(Application.WorksheetFunction.Substitute(tray_
copiar, " ", ""))
                lugar_vacio_cop =
Application.WorksheetFunction.Search("
        valor_cel_seg)
        ini_nod_cop = Left(tray_copiar, lugar_vacio_cop - 1)
        * 1
            largo_ini_cop = Len(tray_copiar)
            l = 1
            cad_resto = Right(tray_copiar,
largo_ini_cop - lugar_vacio_cop)
            While l < num_vac_try_cop
                lugar_vacio_cop_r =
Application.WorksheetFunction.Search("
",
cad_resto)
                largo_ini_cop = Len(cad_resto)
                cad_resto = Right(cad_resto,
largo_ini_cop - lugar_vacio_cop_r)
                l = l + 1
            Wend
            nodo_fin_cop = cad_resto * 1
            tray_new = traayec & " " & nodo_fin_cop
            'Sheets("trayecto_empresas").Cells(i,
columna + 1) = tray_new
            'Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 3).Select
                Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 3) = tray_new
                num_nodos_new = Len(tray_new) -
Len(Application.WorksheetFunction.Substitute(tray_
new, " ", "")) + 1
                Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 4) = num_nodos_new
                Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 5) = "Pequena"
                Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 6) = Produ_max
                Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 7) = prod_ini + Produ_max
            End If
            y = y + 1
        Wend
    Else 'fracaso
        'Sheets("trayecto_empresas").Cells(i,
columna + 1) = traayec
        'Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 3).Select
            Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 3) = traayec
            num_nodos_new = Len(traayec) -
Len(Application.WorksheetFunction.Substitute(traay
ec, " ", "")) + 1
            Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 4) = num_nodos_new
            Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 5) = "Pequena"
            Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 6) = prod_nodo_ini
            Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 7) = prod_ini
        End If
    Else
        If aleatorio_innova < exitoInnov_peq And
periodo > 3 And Sheets("Beneficio").Cells(i, periodo

```

```

+ 5 - 1) > 0 And Sheets("Beneficio").Cells(i, periodo
+ 5 - 2) > 0 And Sheets("Beneficio").Cells(i, periodo
+ 5 - 3) > 0 Then 'exito
    aleatorio_Innovac = Rnd()
    long_tray_new = long_tray + 1
Produ_max = 0
    Produ_max = producto_max("Mediana",
long_tray + 1, columna)
num_prod_max = 0
    num_prod_max =
num_producto_max("Mediana", long_tray + 1,
Produ_max, columna)
rango = 1 / num_prod_max
    y = 1
    While y <= num_prod_max
        If aleatorio_Innovac < y * rango And
aleatorio_Imitac > (y - 1) * rango Then
            valor_tom = y
yy = 2
            yy2 = 0
            While yy2 < valor_tom And
Sheets("trayec_prod").Cells(yy, 1) <> ""
                If Sheets("trayec_prod").Cells(yy,
columna - 1) = "Mediana" And
Sheets("trayec_prod").Cells(yy, columna) =
Produ_max And Sheets("trayec_prod").Cells(yy,
columna - 2) = long_tray_new Then
                    yy2 = yy2 + 1
                    End If
                    yy = yy + 1
                Wend
                yy = yy - 1
                tray_copiar =
Sheets("trayec_prod").Cells(yy, columna - 3)
                num_vac_try_cop = Len(tray_copiar) -
Len(Application.WorksheetFunction.Substitute(tray_
copiar, " ", ""))
                lugar_vacio_cop =
Application.WorksheetFunction.Search(" ",
valor_cel_seg)
                ini_nod_cop = Left(tray_copiar, lugar_vacio_cop - 1)
                * 1
                largo_ini_cop = Len(tray_copiar)
                l = 1
                cad_resto = Right(tray_copiar,
largo_ini_cop - lugar_vacio_cop)
                While l < num_vac_try_cop
                    lugar_vacio_cop_r =
Application.WorksheetFunction.Search(" ",
cad_resto)
                    largo_ini_cop = Len(cad_resto)
                    cad_resto = Right(cad_resto,
largo_ini_cop - lugar_vacio_cop_r)
                    l = l + 1
                Wend
                nodo_fin_cop = cad_resto * 1
tray_new = traayec & " " & nodo_fin_cop
                'Sheets("trayecto_empresas").Cells(i,
columna + 1) = tray_new
+ 3).Select
                Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 3) = tray_new
                num_nodos_new = Len(tray_new) -
Len(Application.WorksheetFunction.Substitute(tray_
new, " ", "")) + 1
                Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 4) = num_nodos_new
                Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 5) = "Mediana"
                Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 6) = Produ_max
                Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 7) = prod_ini + Produ_max
                End If
                y = y + 1
            Wend
        Else 'fracaso
            'Sheets("trayecto_empresas").Cells(i,
columna + 1) = traayec
            'Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 3).Select
            Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 3) = traayec
            num_nodos_new = Len(traayec) -
Len(Application.WorksheetFunction.Substitute(traay
ec, " ", "")) + 1
            Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 4) = num_nodos_new
            Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 5) = "Pequena"
            Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 6) = prod_nodo_ini
            Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 7) = prod_ini
            End If
        End If
    End If
    If Sheets("trayecto_empresas").Cells(i, columna -
1) = "Mediana" Then 'empresas medianas
        If long_tray < nodo_grandes - 1 Then
            If aleatorio_Imita < exitolmit_med Then 'exito
                long_tray_new = long_tray + 1
                aleatorio_Imitac = Rnd()
                Produ_max = 0
                Produ_max = producto_max("Mediana",
long_tray + 1, columna)
                num_prod_max = 0
                num_prod_max =
num_producto_max("Mediana", long_tray + 1,
Produ_max, columna)
                rango = 1 / num_prod_max
                y = 1
                While y <= num_prod_max
                    If aleatorio_Imitac < y * rango And
aleatorio_Imitac > (y - 1) * rango Then
                        valor_tom = y
                        yy = 2
                        yy2 = 0
                    While yy2 < valor_tom And

```

```

Sheets("trayec_prod").Cells(yy, 1) <> ""
    If Sheets("trayec_prod").Cells(yy,
columna - 1) = "Mediana" And
Sheets("trayec_prod").Cells(yy, columna) =
Produ_max And Sheets("trayec_prod").Cells(yy,
columna - 2) = long_tray_new Then
        yy2 = yy2 + 1
        End If
        yy = yy + 1
    Wend
    yy = yy - 1
    tray_copiar =
Sheets("trayec_prod").Cells(yy, columna - 3)
    num_vac_try_cop = Len(tray_copiar) -
Len(Application.WorksheetFunction.Substitute(tray_
copiar, " ", ""))
    lugar_vacio_cop =
Application.WorksheetFunction.Search("
",
valor_cel_seg)
    ini_nod_cop = Left(tray_copiar, lugar_vacio_cop - 1)
* 1
        largo_ini_cop = Len(tray_copiar)
        l = 1
        cad_resto = Right(tray_copiar,
largo_ini_cop - lugar_vacio_cop)
    While l < num_vac_try_cop
        lugar_vacio_cop_r =
Application.WorksheetFunction.Search("
",
cad_resto)
        largo_ini_cop = Len(cad_resto)
        cad_resto = Right(cad_resto,
largo_ini_cop - lugar_vacio_cop_r)
        l = l + 1
    Wend
        nodo_fin_cop = cad_resto * 1
    tray_new = traayec & " " & nodo_fin_cop
    'Sheets("trayecto_empresas").Cells(i,
columna + 1) = tray_new
    'Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 3).Select
        Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 3) = tray_new
        num_nodos_new = Len(tray_new) -
Len(Application.WorksheetFunction.Substitute(tray_
new, " ", "")) + 1
        Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 4) = num_nodos_new
        Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 5) = "Mediana"
        Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 6) = Produ_max
        Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 7) = prod_ini + Produ_max
        End If
        y = y + 1
    Wend

Else 'fracaso
    'Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 3).Select
        Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 3) = traayec
        num_nodos_new = Len(traayec) -
Len(Application.WorksheetFunction.Substitute(traay
ec, " ", "")) + 1
        Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 4) = num_nodos_new
        Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 5) = "Mediana"
        Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 6) = prod_nodo_ini
        Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 7) = prod_ini
        End If
    Else
        If aleatorio_Innova < exitoInnov_med And
periodo > 3 And Sheets("Beneficio").Cells(i, periodo
+ 5 - 1) > 0 And Sheets("Beneficio").Cells(i, periodo
+ 5 - 2) > 0 And Sheets("Beneficio").Cells(i, periodo
+ 5 - 3) > 0 Then 'exito
            aleatorio_Innovac = Rnd()
            long_tray_new = long_tray + 1
        Produ_max = 0
            Produ_max = producto_max("Grande",
long_tray + 1, columna)
            num_prod_max = 0
            num_prod_max =
num_producto_max("Grande", long_tray + 1,
Produ_max, columna)
            rango = 1 / num_prod_max
            y = 1
            While y <= num_prod_max
                If aleatorio_Innovac < y * rango And
aleatorio_Limitac > (y - 1) * rango Then
                    valor_tom = y
                yy2 = 0
                While yy2 < valor_tom And
Sheets("trayec_prod").Cells(yy, 1) <> ""
                    If Sheets("trayec_prod").Cells(yy,
columna - 1) = "Grande" And
Sheets("trayec_prod").Cells(yy, columna) =
Produ_max And Sheets("trayec_prod").Cells(yy,
columna - 2) = long_tray_new Then
                        yy2 = yy2 + 1
                    End If
                    yy = yy + 1
                Wend
                yy = yy - 1
                tray_copiar =
Sheets("trayec_prod").Cells(yy, columna - 3)
                num_vac_try_cop = Len(tray_copiar) -
Len(Application.WorksheetFunction.Substitute(tray_
copiar, " ", ""))
                lugar_vacio_cop =
Application.WorksheetFunction.Search("
",
valor_cel_seg)
                ini_nod_cop = Left(tray_copiar, lugar_vacio_cop - 1)
* 1
                    largo_ini_cop = Len(tray_copiar)
                    l = 1
                    cad_resto = Right(tray_copiar,
largo_ini_cop - lugar_vacio_cop)

```

```

While l < num_vac_try_cop
    lugar_vacio_cop_r =
Application.WorksheetFunction.Search("
cad_resto)
largo_ini_cop = Len(cad_resto)
cad_resto = Right(cad_resto,
largo_ini_cop - lugar_vacio_cop_r)
l = l + 1
Wend
nodo_fin_cop = cad_resto * 1
tray_new = traayec & " " & nodo_fin_cop
'Sheets("trayecto_empresas").Cells(i,
columna + 1) = tray_new
'Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 3).Select
Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 3) = tray_new
num_nodos_new = Len(tray_new) -
Len(Application.WorksheetFunction.Substitute(tray_
new, " ", "")) + 1
Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 4) = num_nodos_new
Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 5) = "Grande"
Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 6) = Produ_max
Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 7) = prod_ini + Produ_max
End If
y = y + 1
Wend
Else 'fracaso

'Sheets("trayecto_empresas").Cells(i,
columna + 1) = traayec
'Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 3).Select
Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 3) = traayec
num_nodos_new = Len(traayec) -
Len(Application.WorksheetFunction.Substitute(traay
ec, " ", "")) + 1
Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 4) = num_nodos_new
Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 5) = "Mediana"
Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 6) = prod_nodo_ini
Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 7) = prod_ini
End If
End If
End If

If Sheets("trayecto_empresas").Cells(i, columna -
1) = "Grande" Then 'empresas grandes
maximo_nodos =
Application.WorksheetFunction.Max(Sheets("trayec
_prod").Range(Cells(1, columna - 2), Cells(1000,
columna - 2)))
If long_tray < maximo_nodos Then
If aleatorio_lmita < exitolmit_gra Then 'exito

long_tray_new = long_tray + 1
aleatorio_lmitac = Rnd()
Produ_max = 0
Produ_max = producto_max("Grande",
long_tray + 1, columna)
num_prod_max = 0
num_producto_max("Grande", long_tray + 1,
Produ_max, columna)
rango = 1 / num_prod_max
y = 1
While y <= num_prod_max
If aleatorio_lmitac < y * rango And
aleatorio_lmitac > (y - 1) * rango Then
valor_tom = y
yy = 2
yy2 = 0
While yy2 < valor_tom And
Sheets("trayec_prod").Cells(yy, 1) <> ""
If Sheets("trayec_prod").Cells(yy,
columna - 1) = "Grande" And
Sheets("trayec_prod").Cells(yy, columna) =
Produ_max And Sheets("trayec_prod").Cells(yy,
columna - 2) = long_tray_new Then
yy2 = yy2 + 1
End If
yy = yy + 1
Wend
yy = yy - 1
tray_copiar =
Sheets("trayec_prod").Cells(yy, columna - 3) =
num_vac_try_cop = Len(tray_copiar) -
Len(Application.WorksheetFunction.Substitute(tray_
copiar, " ", ""))
lugar_vacio_cop =
Application.WorksheetFunction.Search("
valor_cel_seg)
ini_nod_cop = Left(tray_copiar, lugar_vacio_cop - 1)
* 1
largo_ini_cop = Len(tray_copiar)
l = 1
cad_resto = Right(tray_copiar,
largo_ini_cop - lugar_vacio_cop)
While l < num_vac_try_cop
lugar_vacio_cop_r =
Application.WorksheetFunction.Search("
cad_resto)
largo_ini_cop = Len(cad_resto)
cad_resto = Right(cad_resto,
largo_ini_cop - lugar_vacio_cop_r)
l = l + 1
Wend
nodo_fin_cop = cad_resto * 1
tray_new = traayec & " " & nodo_fin_cop
'Sheets("trayecto_empresas").Cells(i,
columna + 1) = tray_new
'Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 3).Select
Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 3) = tray_new
num_nodos_new = Len(tray_new) -
Len(Application.WorksheetFunction.Substitute(tray_

```

```

new, " ", "") + 1
    Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 4) = num_nodos_new
    Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 5) = "Grande"
    Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 6) = Produ_max
    Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 7) = prod_ini + Produ_max
    End If
    y = y + 1
Wend

Else 'fracaso

    'Sheets("trayecto_empresas").Cells(i,
columna + 1) = traayec
    'Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 3).Select
    Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 3) = traayec
    num_nodos_new = Len(traayec) -
Len(Application.WorksheetFunction.Substitute(traay
ec, " ", "")) + 1
    Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 4) = num_nodos_new
    Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 5) = "Grande"
    Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 6) = prod_nodo_ini
    Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 7) = prod_ini
    End If
    Else
    If aleatorio_Innova < exitoInnov_med And
itera_resto_ini <= itera_total And periodo > 0 And
Sheets("Beneficio").Cells(i, periodo + 5 - 1) > 0 Then
'exito
traayec = traayec & " " & itera_resto_ini
    'Sheets("trayecto_empresas").Cells(i,
columna + 1) = traayec
    Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna + 3).Select
    Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 3) = traayec
    num_nodos_new = Len(traayec) -
Len(Application.WorksheetFunction.Substitute(traay
ec, " ", "")) + 1
    Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 4) = num_nodos_new
    Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 5) = "Grande"
    Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 6) = prod_nodo_ini
    Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 7) = prod_ini + prod_nodo_ini
    itera_resto_ini = itera_resto_ini + 1

Else 'fracaso

    'Sheets("trayecto_empresas").Cells(i,
columna + 1) = traayec
    Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 3).Select
    Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 3) = traayec
    num_nodos_new = Len(traayec) -
Len(Application.WorksheetFunction.Substitute(traay
ec, " ", "")) + 1
    Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 4) = num_nodos_new
    Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 5) = "Grande"
    Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 6) = prod_nodo_ini
    Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna
+ 7) = prod_ini
    End If
    End If
    If Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna + 3) = ""
Then
    i = i - 1
    End If
    i = i + 1

Wend
If columna > 10 Then
    Sheets("trayec_prod").Cells(1, columna
- 9) = "Trayectoria_" & periodo - 2
    Sheets("trayec_prod").Cells(1, columna
- 8) = "largo_tray_" & periodo - 2
    Sheets("trayec_prod").Cells(1, columna - 7) =
"tipo_empresa_" & periodo - 2
End If
'hoja trayectorias
i = 2
Sheets("trayecto_empresas").Cells(1, columna + 3)
= "Trayectoria_" & periodo
    Sheets("trayecto_empresas").Cells(1,
columna + 4) = "largo_tray_" & periodo
    Sheets("trayecto_empresas").Cells(1,
columna + 5) = "tipo_empresa_" & periodo
While Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna + 3)
<> ""
    Sheets("trayecto_empresas").Cells(i, columna
+ 3) = Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna + 3)
    Sheets("trayecto_empresas").Cells(i, columna
+ 4) = Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna + 4)
    Sheets("trayecto_empresas").Cells(i, columna
+ 5) = Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna + 5)

i = i + 1
Wend

'productividad periodos posteriores y gremios
Sheets("Productividad").Cells(1, periodo + 5) =
"Produc_" & periodo
i = 2
While Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna + 3)
<> ""
    Sheets("Productividad").Cells(i, periodo + 5) =
Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna + 7)
    Sheets("Productividad").Cells(i, periodo + 6) =
Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna + 5)

```

```

i = i + 1
Wend

promedio_prod_peq = 0
promedio_prod_med = 0
promedio_prod_gra = 0
Sheets("Productividad").Select

promedio_prod_peq = Application.WorksheetFunction.Averagelf(Sheets("Productividad").Range(Cells(2, periodo + 6), Cells(1000, periodo + 6)), "Pequena", Sheets("Productividad").Range(Cells(2, periodo + 5), Cells(1000, periodo + 5)))
promedio_prod_med = Application.WorksheetFunction.Averagelf(Sheets("Productividad").Range(Cells(2, periodo + 6), Cells(1000, periodo + 6)), "Mediana", Sheets("Productividad").Range(Cells(2, periodo + 5), Cells(1000, periodo + 5)))
promedio_prod_gra = Application.WorksheetFunction.Averagelf(Sheets("Productividad").Range(Cells(2, periodo + 6), Cells(1000, periodo + 6)), "Grande", Sheets("Productividad").Range(Cells(2, periodo + 5), Cells(1000, periodo + 5)))

i = 2
While Sheets("productividad").Cells(i, periodo + 5) <> ""
aleatorio_grem1 = Rnd()
aleatorio_grem2 = Rnd()
If Sheets("Productividad").Cells(i, periodo + 6) = "Pequena" And Sheets("Productividad").Cells(i, periodo + 5) >= promedio_prod_peq And aleatorio_grem1 <= prob_grem1 Then
    Sheets("Productividad").Cells(i, periodo + 7) = "Gremio_1"
    Sheets("Gremio").Cells(i, periodo + 5) = "Gremio_1"
    End If
    If Sheets("Productividad").Cells(i, periodo + 6) = "Mediana" And Sheets("Productividad").Cells(i, periodo + 5) < promedio_prod_med Then
        Sheets("Productividad").Cells(i, periodo + 7) = "Gremio_1"
        Sheets("Gremio").Cells(i, periodo + 5) = "Gremio_1"
    End If
    If Sheets("Productividad").Cells(i, periodo + 6) = "Mediana" And Sheets("Productividad").Cells(i, periodo + 5) >= promedio_prod_med And aleatorio_grem2 <= prob_grem2 Then
        Sheets("Productividad").Cells(i, periodo + 7) = "Gremio_2"
        Sheets("Gremio").Cells(i, periodo + 5) = "Gremio_2"
    End If
    If Sheets("Productividad").Cells(i, periodo + 6) = "Grande" And Sheets("Productividad").Cells(i, periodo + 5) < promedio_prod_gra Then
        Sheets("Productividad").Cells(i, periodo + 7) = "Gremio_2"
        Sheets("Gremio").Cells(i, periodo + 5) = "Gremio_2"
    End If
    End If
    i = i + 1
Wend

'capital periodos siguientes
Sheets("Capital").Cells(1, periodo + 5) = "Capital_" & periodo
Sheets("rest_fina").Cells(1, periodo + 5) = "Restrc_Fina_" & periodo
Sheets("dato_kapt").Cells(1, periodo + 5) = "Dato_" & periodo
restric_fina = 0
depreciacion = Sheets("Inicio").Cells(1, 6)

Param_B_peq = Sheets("Inicio").Cells(11, 8)
Param_B_med = Sheets("Inicio").Cells(12, 8)
Param_B_gra = Sheets("Inicio").Cells(13, 8)

Peri_Gobierno = Sheets("Inicio").Cells(1, 8)
i = 2
While Sheets("Capital").Cells(i, periodo + 4) <> ""
    calculo_restriccion_financiera
    If Sheets("Beneficio").Cells(i, periodo + 4) <= 0 Then
        restric_fina = depreciacion + Sheets("Beneficio").Cells(i, periodo + 4)
    Else
        If Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna + 5) = "Pequena" Then
            If periodo Mod (Peri_Gobierno * 4) <> 0 Then
                Param_B_peq = 1 + 0.25 * Sheets("Participacion").Cells(i, periodo + 5)
            Else
                Param_B_peq = (1 + Sheets("Participacion").Cells(i, periodo + 5)) * (1 + 0.25 * Sheets("Participacion").Cells(i, periodo + 5))
            End If
            restric_fina = depreciacion + Param_B_peq * Sheets("Beneficio").Cells(i, periodo + 4)
        End If
        If Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna + 5) = "Mediana" Then
            If periodo Mod (Peri_Gobierno * 4) <> 0 Then
                Param_B_med = 1 + 0.5 * Sheets("Participacion").Cells(i, periodo + 5)
            Else
                Param_B_med = (1 + Sheets("Participacion").Cells(i, periodo + 5)) * (1 + 0.5 * Sheets("Participacion").Cells(i, periodo + 5))
            End If
            restric_fina = depreciacion + Param_B_med * Sheets("Beneficio").Cells(i, periodo + 4)
        End If
        If Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna + 5) = "Grande" Then
            If periodo Mod (Peri_Gobierno * 4) <> 0 Then
                Param_B_gra = 1 + Sheets("Participacion").Cells(i, periodo + 5)
            Else

```

```

Param_B_gra = (1 +
Sheets("Participacion").Cells(i, periodo + 5)) * (1 +
Sheets("Participacion").Cells(i, periodo + 5))
End If
restric_fina = depreciacion + Param_B_gra *
Sheets("Beneficio").Cells(i, periodo + 4)
End If
End If
'calculo de rho y rho asterisco
If Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna + 5) =
"Pequena" Then
rho = Precio_peq / (costo_peq /
Sheets("Productividad").Cells(i, periodo + 5))
rho_ast = Abs(1 / b_peq) / (Abs(1 / b_peq) -
Sheets("Participacion").Cells(i, periodo + 4))
End If
If Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna + 5) =
"Mediana" Then
rho = Precio_med / (costo_med /
Sheets("Productividad").Cells(i, periodo + 5))
rho_ast = Abs(1 / b_med) / (Abs(1 / b_med) -
Sheets("Participacion").Cells(i, periodo + 4))
End If
If Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna + 5) =
"Grande" Then
rho = Precio_gra / (costo_med /
Sheets("Productividad").Cells(i, periodo + 5))
rho_ast = Abs(1 / b_gra) / (Abs(1 / b_gra) -
Sheets("Participacion").Cells(i, periodo + 4))
End If
Sheets("rest_fina").Cells(i, periodo + 5) =
restric_fina
datok = (1 + depreciacion) - (2 -
Sheets("Participacion").Cells(i, periodo + 4)) / (2 *
rho * (1 - Sheets("Participacion").Cells(i, periodo +
4)))
Sheets("dato_kapt").Cells(i, periodo + 5) = datok
tasa_inversion =
Application.WorksheetFunction.Max(0,
Application.WorksheetFunction.Min(datok,
restric_fina))
Capital_i = tasa_inversion *
Sheets("Capital").Cells(i, periodo + 4) + (1 -
depreciacion) * Sheets("Capital").Cells(i, periodo +
4)
Sheets("Capital").Cells(i, periodo + 5) = Capital_i
i = i + 1
Wend

'producto periodos siguientes
Sheets("Producto").Cells(1, periodo + 5) =
"Producto_" & periodo
i = 2
While Sheets("Producto").Cells(i, 1) <> ""
Sheets("Producto").Cells(i, periodo + 5) =
Sheets("Productividad").Cells(i, periodo + 5) *
Sheets("Capital").Cells(i, periodo + 5)
Sheets("Producto").Cells(i, periodo + 6) =
Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna + 5)
i = i + 1
Wend

'participacion periodos siguientes
Sheets("Producto").Select
Producto_peq = 0
Producto_med = 0
Producto_gra = 0
Producto_peq = sumarsiper("Producto", 2,
"Pequena", periodo)
Producto_med = sumarsiper("Producto", 2,
"Mediana", periodo)
Producto_gra = sumarsiper("Producto", 2, "Grande",
periodo)
'Producto_peq =
Application.WorksheetFunction.SumIf(Sheets("Prod
ucto").Range(Cells(2, periodo + 6), Cells(1000,
periodo + 6)), "Pequena",
Sheets("Producto").Range(Cells(2, periodo + 5),
Cells(1000, periodo + 5)))
'Producto_med =
Application.WorksheetFunction.SumIf(Sheets("Prod
ucto").Range(Cells(2, periodo + 6), Cells(1000,
periodo + 6)), "Mediana",
Sheets("Producto").Range(Cells(2, periodo + 5),
Cells(1000, periodo + 5)))
'Producto_gra =
Application.WorksheetFunction.SumIf(Sheets("Prod
ucto").Range(Cells(2, periodo + 6), Cells(1000,
periodo + 6)), "Grande",
Sheets("Producto").Range(Cells(2, periodo + 5),
Cells(1000, periodo + 5)))

Sheets("Participacion").Select
Sheets("Participacion").Cells(1, periodo + 5) =
"Participacion_" & periodo
i = 2
While Sheets("Producto").Cells(i, periodo + 5) <> ""
If Sheets("Producto").Cells(i, periodo + 6) =
"Pequena" Then
Sheets("Participacion").Cells(i, periodo + 5) =
Sheets("Producto").Cells(i, periodo + 5) /
Producto_peq
End If
If Sheets("Producto").Cells(i, periodo + 6) =
"Mediana" Then
Sheets("Participacion").Cells(i, periodo + 5) =
Sheets("Producto").Cells(i, periodo + 5) /
Producto_med
End If
If Sheets("Producto").Cells(i, periodo + 6) =
"Grande" Then
Sheets("Participacion").Cells(i, periodo + 5) =
Sheets("Producto").Cells(i, periodo + 5) /
Producto_gra
End If
i = i + 1
Wend

'gremio
promedio_prod_peq = 0
promedio_prod_med = 0
promedio_prod_gra = 0
Sheets("Productividad").Select
promedio_prod_peq =

```

```

Application.WorksheetFunction.Averagelf(Sheets("P
roductividad").Range(Cells(2, periodo + 6),
Cells(1000, periodo + 6)), "Pequena",
Sheets("Productividad").Range(Cells(2, periodo +
5), Cells(1000, periodo + 5)))
    promedio_prod_med =
Application.WorksheetFunction.Averagelf(Sheets("P
roductividad").Range(Cells(2, periodo + 6),
Cells(1000, periodo + 6)), "Mediana",
Sheets("Productividad").Range(Cells(2, periodo +
5), Cells(1000, periodo + 5)))
    promedio_prod_gra =
Application.WorksheetFunction.Averagelf(Sheets("P
roductividad").Range(Cells(2, periodo + 6),
Cells(1000, periodo + 6)), "Grande",
Sheets("Productividad").Range(Cells(2, periodo +
5), Cells(1000, periodo + 5)))

    i = 2
    While Sheets("productividad").Cells(i, periodo +
5) <> ""
        If periodo Mod (Peri_Vent_gremio_g1 * 4) = 0
And Sheets("Productividad").Cells(i, periodo + 7) =
"Gremio_1" Then
            Sheets("Productividad").Cells(i, periodo +
5) = Sheets("Productividad").Cells(i, periodo + 5) *
(1 + Sheets("Participacion").Cells(i, periodo + 5) *
Vent_gremio_g1)
            Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna + 7)
= Sheets("Productividad").Cells(i, periodo + 5) * (1 +
Sheets("Participacion").Cells(i, periodo + 5) *
Vent_gremio_g1)
            End If
            If periodo Mod (Peri_Vent_gremio_g2 * 4) = 0
And Sheets("Productividad").Cells(i, periodo + 7) =
"Gremio_2" Then
                Sheets("Productividad").Cells(i, periodo +
7) = Sheets("Productividad").Cells(i, periodo + 5) *
(1 + Sheets("Participacion").Cells(i, periodo + 5) *
Vent_gremio_g2)
                Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna + 7)
= Sheets("Productividad").Cells(i, periodo + 5) * (1 +
Sheets("Participacion").Cells(i, periodo + 5) *
Vent_gremio_g2)
                End If
                i = i + 1
            Wend

'beneficio periodos siguientes
Precio_peq = R_peq / Producto_peq ^ b_peq
Precio_med = R_med / Producto_med ^ b_med
Precio_gra = R_gra / Producto_gra ^ b_gra

Sheets("Productividad").Select
Sheets("Beneficio").Cells(1, periodo + 5) =
"Beneficio_" & periodo
num_epre_grem1 =
Application.WorksheetFunction.Countlf(Sheets("Pro
ductividad").Range(Cells(2, periodo + 7),
Cells(1000, periodo + 7)), "Gremio_1")
num_epre_grem2 =
Application.WorksheetFunction.Countlf(Sheets("Pro
ductividad").Range(Cells(2, periodo + 7),
Cells(1000, periodo + 7)), "Gremio_2")
num_epre_grem3 =
Application.WorksheetFunction.Countlf(Sheets("Pro
ductividad").Range(Cells(2, periodo + 7),
Cells(1000, periodo + 7)), "Gremio_3")

columna = columna + 6
periodo = periodo + 1
Wend 'fin periodos

'resumen general
periodo = 1
celda = 3

inicial = i3 + i2
Sheets("mov_empre").Select
While periodo <= periodos_calculados
    i = 2
    While Sheets("trayec_prod").Cells(i, 1) <> ""
        Sheets("mov_empre").Cells(i3 + i2, 1).Select
        Sheets("mov_empre").Cells(i3 + i2, 1) =
"Iteracion_" & i2
        Sheets("mov_empre").Cells(i3 + i2, 2) =
Sheets("trayec_prod").Cells(i, 1)
        Sheets("mov_empre").Cells(i3 + i2, 3) =
Sheets("trayec_prod").Cells(i, celda + 4)
        Sheets("mov_empre").Cells(i3 + i2, 4) =
"Periodo_" & periodo
        Sheets("mov_empre").Cells(i3 + i2, 5) =
Sheets("trayec_prod").Cells(i, celda + 6)
        Sheets("mov_empre").Cells(i3 + i2, 6) =
Sheets("Productividad").Cells(i, periodo + 5)
        Sheets("mov_empre").Cells(i3 + i2, 7) =
Sheets("Participacion").Cells(i, periodo + 5)
        Sheets("mov_empre").Cells(i3 + i2, 8) =

```

```

Sheets("Participacion").Cells(i, periodo + 5) ^ 2
  Sheets("mov_empre").Cells(i3 + i2, 9) =
Sheets("Capital").Cells(i, periodo + 5)
  Sheets("mov_empre").Cells(i3 + i2, 10) =
Sheets("Beneficio").Cells(i, periodo + 5)
  Sheets("mov_empre").Cells(i3 + i2, 11) =
Sheets("Producto").Cells(i, periodo + 5)
  Sheets("mov_empre").Cells(i3 + i2, 12) =
Sheets("Gremio").Cells(i, periodo + 5)
  Sheets("mov_empre").Cells(i3 + i2, 13) =
Sheets("rest_fina").Cells(i, periodo + 5)
  Sheets("mov_empre").Cells(i3 + i2, 14) =
Sheets("dato_kapt").Cells(i, periodo + 5)
  Sheets("mov_empre").Cells(i3 + i2, 15) =
Sheets("precio").Cells(i, periodo + 5)

  'Sheets("mov_empre").Cells(i3 + i2, 12) =
Sheets("Productividad").Cells(i, periodo + 7)

  i3 = i3 + 1
  i = i + 1
Wend
'gremio

'gremio*****
*****
'Final = i3 + i2
'promedio_prod_peq = 0
'promedio_prod_med = 0
'promedio_prod_gra = 0

'promedio_prod_peq =
Application.WorksheetFunction.Averagelf(Sheets("m
ov_empre").Range(Cells(inicial, 5), Cells(Final, 5)),
"Pequena",
Sheets("mov_empre").Range(Cells(inicial, 6),
Cells(Final, 6)))
'promedio_prod_med =
Application.WorksheetFunction.Averagelf(Sheets("m
ov_empre").Range(Cells(inicial, 5), Cells(Final, 5)),
"Mediana",
Sheets("mov_empre").Range(Cells(inicial, 6),
Cells(Final, 6)))
'promedio_prod_gra =
Application.WorksheetFunction.Averagelf(Sheets("m
ov_empre").Range(Cells(inicial, 5), Cells(Final, 5)),
"Grande", Sheets("mov_empre").Range(Cells(inicial,
6), Cells(Final, 6)))

i = inicial
While Sheets("mov_empre").Cells(i, 1) <> ""
  If Sheets("mov_empre").Cells(i, 5) =
"Pequena" And Sheets("mov_empre").Cells(i, 6) >=
promedio_prod_peq Then
  Sheets("mov_empre").Cells(i, 12) =
"Gremio_1"
  End If
  If Sheets("mov_empre").Cells(i, 5) =
"Mediana" And Sheets("mov_empre").Cells(i, 6) <
promedio_prod_med Then
  Sheets("mov_empre").Cells(i, 12) =
"Gremio_1"
  End If
  If Sheets("mov_empre").Cells(i, 5) =
"Grande" And Sheets("mov_empre").Cells(i, 6) >=
promedio_prod_gra Then
  Sheets("mov_empre").Cells(i, 12) =
"Gremio_2"
  End If
  i = i + 1
Wend
celda = celda + 6
periodo = periodo + 1
Wend
i2 = i2 + 1
If i2 = 60 Then
  a = 1
End If
ActiveWorkbook.Save
Wend
ActiveWorkbook.RefreshAll
End Sub
Function producto_max(tip_empresa, long_tray_obj,
columna)
  max_prod = 0
  i = 2
  While Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna -
3) <> ""
    If Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna -
1) = tip_empresa And Sheets("trayec_prod").Cells(i,
columna - 2) = long_tray_obj And
Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna) > max_prod
Then
      max_prod =
Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna)
    End If
    i = i + 1
  Wend
  producto_max = max_prod
End Function
Function num_producto_max(tip_empresa,
long_tray_obj, produc_max, columna)
  num_prd = 0
  i = 2
  While Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna -
3) <> ""
    If Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna -
1) = tip_empresa And Sheets("trayec_prod").Cells(i,
columna - 2) = long_tray_obj And
Sheets("trayec_prod").Cells(i, columna) =
produc_max Then
      num_prd = num_prd + 1
    End If
    i = i + 1
  Wend
  num_producto_max = num_prd
End Function

```

```

Function sumarsiper(hoja, i, tipo_empre, periodo)
sumarsiper = 0
While Sheets(hoja).Cells(i, periodo + 6) <> ""
  If Sheets(hoja).Cells(i, periodo + 6) = tipo_empre
  Then
    sumarsiper = sumarsiper +
Sheets(hoja).Cells(i, periodo + 5)
  End If
  i = i + 1
Wend
End Function

Function promsiper(hoja, i, tipo_empre, periodo)
sumarsiper = 0
While Sheets(hoja).Cells(i, periodo + 6) <> ""
  If Sheets(hoja).Cells(i, periodo + 6) = tipo_empre
  Then
    sumarsiper = sumarsiper +
Sheets(hoja).Cells(i, periodo + 5)
  End If
  i = i + 1
Wend
End Function

Sub escg_padre(num_nodos_ini, iteraciones, n)
'escogencia aleatoria del padre
i = 1
celda = n + 4
num_nodos = num_nodos_ini + 1
While i <= iteraciones
  j = 1
  aleatorio_padre = Rnd()
  'nodos_hijo = num_nodos_ini + 1
While j <= num_nodos
  If aleatorio_padre <= j / num_nodos Then
nodo_padre_elegido = j + 1
'escogencia aleatoria del hijo
  If nodo_padre_elegido = num_nodos + 1
  Then
i = i - 1
num_nodos = num_nodos - 1
  Else
    Sheets("datos").Cells(celda, 1) =
nodo_padre_elegido & " " & num_nodos + 1 & " " &
0
celda = celda + 1
  End If
  j = num_nodos + 1
  End If
  j = j + 1
Wend
num_nodos = num_nodos + 1
i = i + 1
Wend
End Sub

Sub trayectorias(num_nodos_ini, iteraciones)
!*****trayectorias*****
****
Sheets("segmentos").Select
Sheets("segmentos").Columns("A:AA").Select
Selection.ClearContents
Sheets("datos").Select
i = 2
While i <= num_nodos_ini + 1
  Sheets("segmentos").Cells(i - 1, 1) = 1 & " " & i
  i = i + 1
Wend

i = num_nodos_ini + 5
While i <= iteraciones
  valor_cel_ini = Sheets("datos").Cells(i, 1)
  num_vacio = Len(valor_cel_ini) -
Len(Application.WorksheetFunction.Substitute(valor
_cel_ini, " ", ""))
  lugar_vacio =
Application.WorksheetFunction.Search(" ",
valor_cel_ini)
  nodo_ini = Left(valor_cel_ini, lugar_vacio - 1) * 1
  largo_ini = Len(valor_cel_ini)
  nodo_fin = Left(Right(valor_cel_ini, largo_ini -
lugar_vacio), largo_ini - 2 - lugar_vacio) * 1

  j = 1
  fin = 0
  While Sheets("segmentos").Cells(j, 1) <> "" And
fin = 0
    valor_cel_seg = Sheets("segmentos").Cells(j,
1)
    num_vacio_seg = Len(valor_cel_seg) -
Len(Application.WorksheetFunction.Substitute(valor
_cel_seg, " ", ""))
    lugar_vacio_seg =
Application.WorksheetFunction.Search(" ",
valor_cel_seg)
    nodo_ini_seg = Left(valor_cel_seg,
lugar_vacio_seg - 1) * 1
    largo_ini_seg = Len(valor_cel_seg)
    l = 1
    cad_resto = Right(valor_cel_seg, largo_ini_seg
- lugar_vacio_seg)
    While l < num_vacio_seg
      lugar_vacio_seg_r =
Application.WorksheetFunction.Search(" ",
cad_resto)
      largo_ini_seg = Len(cad_resto)
      cad_resto = Right(cad_resto, largo_ini_seg -
lugar_vacio_seg_r)
      l = l + 1
    Wend

    nodo_fin_seg = cad_resto * 1
    If nodo_ini = nodo_fin_seg Then
      cadena = valor_cel_seg & " " & nodo_fin

k = 1
  While Sheets("segmentos").Cells(k, 1) <> ""
    k = k + 1
  Wend
  Sheets("segmentos").Cells(k, 1) = cadena
  fin = 1
  End If
  j = j + 1
Wend
  i = i + 1
Wend
End Sub

```

```

Sub depuracion_tray(iteraciones)
'depuracion
trayectorias*****
*****
hh2 = 1
  While hh2 < iteraciones * 2
    dattemp = Sheets("datos").Cells(hh2, 1)
    Sheets("trayecto_empresas").Cells(hh2 + 1, 1)
= Sheets("segmentos").Cells(hh2, 1)
    hh2 = hh2 + 1
  Wend

Sheets("segmentos").Select
  Columns("A:A").Select

ActiveWorkbook.Worksheets("segmentos").Sort.Sort
Fields.Clear

ActiveWorkbook.Worksheets("segmentos").Sort.Sort
Fields.Add Key:=Range("A1"), _
  SortOn:=xlSortOnValues, Order:=xlAscending,
DataOption:=xlSortNormal
  With
ActiveWorkbook.Worksheets("segmentos").Sort
  .SetRange Range("A1:A" & iteraciones + 20)
  .Header = xlNo
  .MatchCase = False
  .Orientation = xlTopToBottom
  .SortMethod = xlPinYin
  .Apply
End With

i = 1
While Sheets("segmentos").Cells(i, 1) <> ""
  dato_ini = Sheets("segmentos").Cells(i, 1)
  lugar_cad = 0
  On Error Resume Next
  lugar_cad = Application.WorksheetFunction.Search(dato_ini,
= Sheets("segmentos").Cells(i + 1, 1))
  If lugar_cad <> 0 Then
    Rows(i & ":" & i).Select
    Selection.Delete Shift:=xlUp
  End If
End While

```

Visual Basic (Excel Microsoft para MAC 2011)
 Versión 14.4.2.(140509)
 Universidad Nacional ID 11111-111-1111111-11111

Bibliografía

Abernathy, W., & Utterback, J. (1975). A Dynamic Model of Process and Product Innovation. *The International Journal of Management Science*, 3 (6).

Amable, B. (2000). Institutional complementarity and diversity of social systems of innovation and production. *Review of International Political Economy*, 7 (4), 645-87.

Anderesen, E. S. (1996). *The Nelson and Winter Models Revisited: Prototypes for Computer-Based Reconstruction of Schumpeterian Competition*. Working Paper, 96, 2, Danish Research Unit for Industrial Dynamics.

Arocena, R., & Sutz, J. (2006). El estudio de la innovación desde el sur y las perspectivas de un nuevo desarrollo. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación* (7).

Arrow, K. (1979). El bienestar económico y la asignación de recursos para la invención. In R. Nathan (Ed.), *Economía del cambio técnico* (pp. 151-67). México: Fondo de Cultura Económica.

Audretsch, D. (1996). *Technological Regimes, Industrial Demography and the Evolution of Industrial Structures*. International Institute for Applied Systems Analysis. IIASA.

Brenner, T., & Werker, C. (2006). A practical guide to inference in simulation model. (M. P. Economics, Ed.) *Papers on Economics and Evolution* (0602).

Burachik, G. (2000). Cambio tecnológico y dinámica industrial en América Latina. *Revista de la Cepal* (71), 85-104.

Caiani, A. (2012). *An Agent-Based Model of Schumpeterian Competition*. University of Pavia. University of Pavia.

Calderini, M., & Garrone, P. (2003). Market Structure and the Balance of R&D Investments. In M. Calderini, P. Garrone, & P. Sobrero (Eds.), *Corporate Governance, Market Structure and Innovation* (pp. 24-88). Northampton, MA: Edward Elgar.

Carlsson, B., Jacobsson, S., Holmén, M., & Rickne, A. (2002). Innovation Systems: Analytical and Methodological Issues. *Research Policy*, 31, 233-45.

Centro Regional de Estudios Cafeteros y Empresariales - CRECE. (2005). Cien años del café en Caldas. *Estudios Regionales*(12) , 64. Manizales, Caldas: CRECE.

Chica, R. (1994). *Crecimiento de la productividad y cambio técnico en la industria manufacturera colombiana, 1974-1994*. Universidad de Los Andes, CEDE, Bogotá.

Cimoli, M., & De Ila Giusta, M. (1998). *The Nature of Technological Change and its Main Implications on National and Local Systems of Innovations*. IR-98-029, International Institute for Applied Systems Analysis, Technical Change and Industrial Transformation.

Cohen, W., & Levin, R. (1989). Empirical studies of innovation and market structure. In R. Schmalensee, & R. Willig (Eds.), *Handbook of industrial organization* (Vol. II, pp. 1059-1107). Elsevier Science Publisher.

Coombs, R. (1988). Technological Opportunities and Industrial Organization. In D. G., F. C., & S. L. (Eds.), *Technical Change and Economic Theory*. London.

Coombs, R., Saviotti, P., & Walsh, V. (1989). Economics and Technological Change. In *Chapter 5. Patterns of innovation* (pp. 93-147). London: Macmillan.

Cooper, C. (1994). *Relevance of Innovation Studies to Developing Countries* (Vol. Chapter 1). Edward Elgar - United Nations University Press.

Dopfer, K. (2007). The pillars of Schumpeter's economics: micro, meso, macro. In A. P. Horst Hanusch, *Elgar Companion to Neo-Schumpeterian Economics* (pp. 65-77). Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing.

_____ (2006). The Origins of Meso Economics Schumpeter's Legacy. *Papers on Economics and Evolution* (0610), 43.

Dopfer, K., Foster, J., & Potts, J. (2004). Micro-Meso-Macro. *Journal of Evolutionary Economics*, 14, 263-279.

Dopfer, K., & Potts, J. (2004). Evolutionary Realism: A New Ontology for Economics. *Journal of Economic Methodology*, 2, 195-212.

_____ & _____ (2004a). Evolutionary Foundations of Economics. In J. S. Metcalfe, & J. Foster (Eds.), *Evolution and Economic Complexity*. London: Edward Elgar Publishing.

Dosi, G. (1988). Sources, Procedures and Microeconomic Effects of Innovation. *Journal of Economic Literature*, 26, 1120-71.

_____ (1984). *Technical Change and Industrial Transformation. The Theory and an Application to the Semiconductor Industry*. London: Mac Millan.

_____ (1991). Some Thought on the Promises, Challenges and Dangers of an 'Evolutionary Perspective' in Economics. *Journal of Evolutionary Economics*, 1, 5-7.

Dosi, G., & Orsenigo, L. (1989). Coordination and Transformation: An Overview on Structures, Behaviours and Change in Evolutionary Environments. In G. Dosi, C.

- Edquist, C. (2005). Systems of Innovation. Perspectives and Challenges. In F. J., M. D., & R. Nelson (Eds.), *The Oxford Handbook of Innovation* (pp. 181-200). Oxford, USA.
- Egidi, M. (2002). *Rethinking Bounded Rationality*. Working Paper, 0212, University of Trento, Computable and Experimental Economics Laboratory, CEEL.
- Fagiolo, G., Moneta, A. & Windrum, P. (2007). Empirical validation of Agent-Based Models: Alternatives and prospects. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation-JAAS*. Vol. 10, 2
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2007). *Aspectos de calidad del café para la industria torrefactora nacional. Curso básico*. División de Estrategia y Proyectos Especiales de Comercialización. Bogotá: FNCC.
- Foster, J. (2000). Competitive Selection, Self-organization and Joseph A. Schumpeter. *Journal of Evolutionary Economics*, 10, 311-28.
- Foster, J., & Hözl, W. (2004). Introduction and Overview. In J. Foster, & W. Hözl (Eds.), *Applied Evolutionary Economics and Complex Systems* (pp. 1-14). London: Edward Elgar Publishing.
- Foster, J., & Potts, J. (2009). A Micro-Meso-Macro Perspective on the Methodology of Evolutionary Economics: Integrating History, Simulation and Econometrics. In U. Cantner, J.-L. Gaffard, & N. Lionel (Eds.), *Schumpeterian Perspectives on Innovation Competition and Growth* (pp. 53-68). Berlin, Germany: Springer-Verlag.
- Freeman, C. (1995). The national innovation systems in historical perspective. *Cambridge Journal of Economics*, 19 (1).
- _____ (1987). *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*. London: Pinter Publisher.
- Freeman, R. Nelson, G. Silverberg, & L. Soete (Eds.) (1988), *Technical Change and Economic Theory* (pp. 13-37). London: Pinter Publisher.
- Garay, L. J. (1998). *Colombia estructura industrial e internacionalización*. Bogotá: DNP-Colciencias-CEC-Proexport-Mincomex-Minhacienda.
- Harvey, M., & Metcalfe, J. (2005). *The Ordering of Change: Polanyi, Schumpeter and the Nature of the Market Mechanisms*. Discussion Paper, No.70, University of Manchester}, CRIC.
- Holland, J. (1995). *Hidden Order. How Adaptation Builds Complexity*. New York: Basic Book.
- Kamien, M., & Schwartz, N. (1989). *Estructura de mercado e innovación*. Madrid: Alianza Editorial.

_____ & _____ (1975). Market Structure and Innovation: A Survey. *Journal of Economic Literature*, 1 (13).

Katz, J. (2006). Structural change and domestic technological capabilities. *Revista de la Cepal* (89), 55-68.

_____ (2000). *Pasado y presente del comportamiento tecnológico en América Latina*. Serie Desarrollo Productivo, CEPAL, Red de Reestructuración y Competitividad, División de Desarrollo Productivo y Empresarial, Santiago de Chile.

Katz, J., & Stumpo, G. (2001). Regímenes sectoriales, productividad y competitividad internacional. *Revista de la Cepal* (75).

Kim, C.-W., & Lee, K. (2003). Innovation, technological regimes and organizational selection in industry evolution: a 'history friendly model' of the DRAN industry. *Industrial and Corporate Change*, 12 (6), 1195-1221.

Lündvall, B. (1992). *National System of Innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. London: Pinter Publisher.

Lündvall, B., Johnson, B., Andersen, E. S., & Dalumet, B. (2002). National System of Production, Innovation and Competence Building. *Research Policy*, 31, 213-31.

Malerba, F. (2006). Innovation and the evolution of industries. *Journal of Evolutionary Economics* (16), 3-23.

Malerba, F., & Orsenigo, L. (2001). Innovation and market structure in the dynamics of the pharmaceutical industry and biotechnology: Towards a history friendly model. *Conference in Honour to Richard Nelson and Sydney Winter*, Aalborg, June 12-15, 2001.

Malerba, F., & Orsenigo, L. (1996). The Dynamic and Evolution of Industries. *Industry and Corporate Change*, 5.

Malerba, F., Nelson, R. R., Orsenigo, L. & Winter, S.G. (1999). History friendly models of industry evolution: The computer industry. *Industry and Corporate Change*, 8, 3-41.

Mazzucato, M. (1998). A computational model of economies of scale and market share instability. *Structural Change and Economic Dynamics*, 9, 55-83.

Mazzucato, M. & Semmler, W. (1999). Market share instability and stock price volatility during the industry life-cycle: the US automobile industry. *Journal of Evolutionary Economics*, 9, 67-96.

Metcalf, J. (2005). *Innovation, Competition and Enterprise: Foundation for Economic Evolution in Learning Economics*. Discussion Paper, No. 71, University of Manchester, CRIC.

_____ (1998). *Evolutionary Economics and Creative Destruction (The Graz Schumpeter Lectures)*. New York: Routledge.

Metcalfe, J. S., & Foster, J. (2001). Modern Evolutionary Economic Perspective: An Overview. In J. Metcalfe, & J. Foster (Eds.), *Frontiers of Evolutionary Economics. Competition, Self-organization and Innovation Policy* (pp. 1-18). Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing.

Metcalfe, J., & Ramlogan, R. (2006). *Innovation Systems and the Competitive Process in Developing Economies*. Working Paper, No. 77, University of Manchester, CRIC.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia. (2003 йил Abril). La cadena de café en Colombia. *Documento de Trabajo(29)* . (O. d. Agrocadenas, Ed.) Bogotá, Colombia.

Nelson, R. (1995). Recent Evolutionary Theorizing About economic Change. *Journal of Economic Literature*, XXXIII, 48-90.

Nelson, R., & Sampat, B. (2001). Making sense of institutions as a factor shaping economic performance. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 44, 31-54.

Nelson, R., & Winter, S. (1982). *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge: Harvard University Press.

_____ & _____ (1978). Forces Generating and Limiting Concentration under Schumpeterian Competition. *The Bell Journal of Economics*, 9 (2).

Potts, J. (2007). Evolutionary Institutional Economics. *Journal of Economic Issues*, XLI, 341-350.

Rodríguez, R. .. (2000). *Vademecum del Tostador Colombiano*. (FNC, Ed.) Bogotá: FEDERACAFE.

Rosenberg, J. (1976). Research and Market Share: A Reappraisal of the Schumpeter Hypothesis. *Journal of Industrial Economics*, 25 (2).

Scherer, F. M. (1992). Schumpeter Plausible Capitalism. *Journal of Economic Literature*, 30 (3), 1416-1433.

_____ (1965). Firm Size, Market Structure, Opportunity and the Output of Patented Inventions. *American Economic Review*, 55 (5).

Schumpeter, J. A. (1989). *The theory of economic development*. New Brunswick, USA: Transaction Publisher.

_____ (1971). *Capitalismo, socialismo y democracia*. Madrid: Aguilar.

Shrieves, R. (1978). Market Structure and Innovation: A New Perspective. *Journal of Industrial Economics*, 26 (4).

Sörn-Friese, H. (2000). Frontiers of Research in Industrial Dynamic and National System of Innovation. *Industry and Innovation*, 7 (1), 1-13.

Stiglitz, J., & Dasgupta, P. (1988). Learning-by-doing, market structure and industrial and trade policies. *Oxford Economic Papers*, 40 (2), 246-68.

_____ & _____ (1980). Industrial Structure and the Nature of Innovative Activity. *The Economic Journal*, 90, 266-93.

Subodh, K. (2002). *Market Concentration, Firm Size and Innovative Activity. A Firm-level Analysis of Selected Indian Industries under Economic Liberalization*. Discussion Paper No.2002/108 World, United Nations University, Institute for Development Economics Research, Helsinki:.

Sutz, J. (2002). *Subdesarrollo e Innovación. Navegando contra el viento. Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*. London: Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI)-Cambridge University Press.

_____ (1998). *La caracterización del Sistema Nacional de Innovación en el Uruguay: Enfoques constructivos*. Nota Técnica 19/98, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Economia .

Symeonidis, G. (1996). *Innovation, Firm Size and Market Structure: Schumpeterian Hypotheses and Some New Themes*. Publishing Economics Department. Paris: OECD.

Tesfatsion, L. (2006). Agent-based Computational Economic: A Constructive Approach to Economic Theory. In T. Leigh, & J. Keneth (Eds.), *Handbook of Computational Economics* (Vol. 2, pp. 831-880). London: Elsevier B. V.

Williamson, O. (1975). *Mercados y jerarquías; su análisis y sus implicaciones antitrust*. México: Fondo de Cultura Económica.

Witt, U. (2008). What is Specific About Evolutionary Economics? *Journal of Evolutionary Economics*, 18, 547-75.