



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE ECONOMÍA**

**Análisis comparativo de la  
evolución de la industria espacial  
en países claves del sector a partir  
de sus Sistemas Nacionales de  
Innovación.**

**T E S I S**

Que para obtener el título de  
**LICENCIADO EN ECONOMÍA**

**P R E S E N T A**

**Luis Manuel Solis Iturbide**

**D I R E C T O R**

**Mtro. Antonio Chiapa Zenón**



Ciudad Universitaria, Ciudad de México, 2021



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **Agradecimientos.**

Este trabajo representa la culminación de un capítulo, y el comienzo de muchos otros, cuyo resultado es la suma del apoyo de las personas más importantes para mí.

Por supuesto, el agradecimiento más profundo y sentido va para mi familia. Sin su apoyo, habría sido imposible llevar a cabo esta travesía. A mis padres, Cristina y Manuel, por su esfuerzo y apoyo incondicional durante toda mi vida académica, por creer en mí, aconsejarme y guiarme, siempre.

A mis hermanas Ana y Andrea, por su inspiración y aliento constante a lo largo de este camino, por sus pláticas, por sus consejos, por sus regaños, todo ello en pro de convertirme en un profesionalista.

A Vanessa, porque contadas ocasiones en la vida te encuentras con personas así, alguien sumamente importante en mi vida, que me apoyó y salvó de todas las formas en las que se puede salvar a alguien, te agradezco por toda tu paciencia, tu cariño, por acompañarme en mis momentos de frustración, por animarme cuando ya nada podía hacerlo, por tu guía, por revisar mi trabajo de tesis, en fin, gracias, por tanto.

A mi mejor amiga Lorena Castillo, que siempre me animó y acompañó durante de las clases, por todas sus ocurrencias, porque me brindó su amistad, y porque me dio momentos y recuerdos invaluable.

A mis demás amigos que encontré a lo largo de los maravillosos años en la Facultad, por su complicidad y los momentos compartidos que atesoraré siempre.

A mis profesores, por sus enseñanzas dentro y fuera del aula, por su guía y sus consejos. El más importante de ellos, el maestro Antonio que, sin él, este proyecto no hubiera existido, gracias por

confiar en mi trabajo y por guiar mis ideas. Le agradezco también el haberme facilitado las herramientas para llevar a cabo esta propuesta de investigación.

Mis más sinceros agradecimientos al Dr. Leonel Corona, a la Dra. Blanca Borja, al Dr. Alberto Morales, y al profesor Jesús Sánchez, que contribuyeron a pulir y mejorar este trabajo para que pudiera ser defendido.

A mi alma máter, por abrirme sus puertas y proporcionarme un espacio en sus aulas para poder completar mi formación profesional.

Gracias a todos y a cada uno de ellos por haber formado parte de este capítulo en mi vida.

**A ti Vanessa, un paso más a tu lado.**

## Contenido.

<b>Lista de figuras.....</b>	<b>I</b>
<b>Lista de cuadros. ....</b>	<b>II</b>
<b>Lista de gráficos. ....</b>	<b>II</b>
<b>Acrónimos.....</b>	<b>III</b>
<b>Justificación. ....</b>	<b>1</b>
<b>Introducción. ....</b>	<b>3</b>
<b>Capítulo 1. Conceptos Fundamentales: Instituciones, Cooperación, Aprendizaje y Sistema Nacional de Innovación (SNI). ....</b>	<b>11</b>
1.1. Alcance de la Organización Industrial como herramienta para el análisis de industrias innovadoras. ....	11
1.2. ¿Qué son las instituciones? .....	19
1.3. El aprendizaje y su importancia en la producción.....	26
1.3.1. La teoría tradicional de los costos. ....	27
1.3.2. La teoría moderna de los costos. ....	31
1.3.3. Economías de escala dinámicas.....	35
1.3.4. Aprendizaje institucional. ....	40
1.4. La conformación de los Sistemas Nacionales de Innovación. ....	46
1.4.1. Características del Sistema Nacional de Innovación. ....	52
1.4.2. Actores del Sistema Nacional de Innovación. ....	52
1.4.3. Sistemas Regionales y Sectoriales de Innovación. ....	54
1.5. Conclusiones del capítulo.....	60
<b>Capítulo 2. Evolución del SNI y el sector espacial de China.....</b>	<b>63</b>
Introducción. ....	63
2.1. Sistema Nacional de Innovación en China.....	63

2.1.1. Marco de análisis del SNI chino y los actores que participan en él. ....	74
2.2. Sector espacial chino.....	79
<b>Capítulo 3. Evolución del SNI y el sector espacial de la India.....</b>	<b>88</b>
Introducción. ....	88
3.1. Sistema Nacional de Innovación de la India. ....	88
3.1.1. ¿Quiénes son los participantes en el Sistema de Innovación de la India?.....	97
3.2. Sector espacial de la India.....	99
<b>Capítulo 4. Evolución del SNI y el sector espacial de Brasil.....</b>	<b>108</b>
Introducción. ....	108
4.1. Sistema Nacional de Innovación de Brasil.....	108
4.1.1. Actores que participan en el SNI de Brasil y sus relaciones. ....	117
4.2. Sector espacial brasileño. ....	120
<b>Capítulo 5. Análisis comparativo del SNI y sector espacial. ....</b>	<b>126</b>
Introducción. ....	126
5.1. Estructura de Gobierno.....	127
5.2. Instituciones de Educación Superior y Centros de Investigación. ....	140
5.3. Industrias y Mercado.....	145
5.4. Desarrollo de una taxonomía.....	158
5.5 Caracterización básica del sector espacial mexicano.....	166
<b>Conclusiones. ....</b>	<b>169</b>
<b>Bibliografía. ....</b>	<b>173</b>

## **Lista de figuras.**

- 1.1: Paradigma Estructura - Conducta - Desempeño.
- 1.2: El costo total de la empresa.
- 1.3: El costo fijo medio de la empresa.
- 1.4: El costo medio variable de la empresa.
- 1.5: La curva de costo medio a largo plazo.
- 1.6: Los costos medios fijos de corto plazo de la teoría moderna.
- 1.7: El costo medio variable de corto plazo en la teoría moderna.
- 1.8: Curva  $AVC = MC$ .
- 1.9: Capacidad instalada de reserva.
- 1.10: La curva LAC en el largo plazo de la teoría moderna.
- 1.11: La relación entre las horas de montaje por aeronave y la producción acumulada.
- 1.12: Las fases del proceso de innovación.
- 1.13: La relación entre aprendizaje, incremento del conocimiento e innovación.
- 1.14: Los diversos actores del Sistema Nacional de Innovación y su interrelación.
- 2.1: La evolución del SNI de China.
- 2.2: Marco conceptual de los SNI de China.
- 2.3: Diagrama de circuito causal de los SNI de China.
- 3.1: Las fases del Sistema Nacional de Innovación en India y el fenómeno de dualidad.
- 3.2: La evolución del SNI de la India.
- 3.3: El Sistema de Ciencia y Tecnología de la India.
- 3.4: Desarrollo de competencias en la fase científica (1962-1972).
- 3.5: Desarrollo de competencias en la fase de aprendizaje (1972-1984).
- 3.6: Desarrollo de competencias en la fase de Umbral (1984-1990).
- 3.7: Proveedores de la actual cadena de suministro para el desarrollo de la infraestructura espacial.
- 4.1: La evolución del SNI de Brasil.
- 4.2: Estructura del SNI de Brasil.
- 4.3: Participantes del Sistema Nacional de innovación de Brasil.
- 5.1: Los lazos de cooperación del programa espacial de la India.
- 5.2: Los lazos de cooperación del programa espacial de Brasil.
- 5.3: Los lazos de cooperación del programa espacial de China.
- 5.4: Número de acuerdos de cooperación suscritos por las agencias espaciales.

## **Lista de cuadros.**

- 1.1: Los diversos enfoques de la economía industrial en diversos niveles de análisis.
- 1.2: La teoría tradicional y moderna de los costos y las curvas de aprendizaje
- 1.3: Comparación teórica entre los SNI, SRI y SSI.
- 1.4: Diversos niveles de análisis de la firma a través de distintos enfoques teóricos.
- 3.1: El ecosistema espacial actual de la India.
- 5.1: Instituciones y organizaciones más importantes en materia de CyT.
- 5.2: Regulaciones del sector espacial.
- 5.3: La Escalera de la Tecnología Espacial.
- 5.4: Taxonomía de los SNI de China, India y Brasil.
- 5.5: Taxonomía de los sectores espaciales de China, India y Brasil.

## **Lista de gráficos.**

- 5.1: Evolución de los Institutos Públicos de Investigación y las Instituciones de Educación Superior de China, 1995 – 2018.
- 5.2: Evolución de las Instituciones de Educación Superior de India, 1995 – 2018.
- 5.3: Evolución de las Instituciones de Educación Superior de Brasil, 1995 – 2018.
- 5.4: Comparativo de crecimiento de las IES en China, India y Brasil.
- 5.5: Posición de China, India y Brasil en el Índice Mundial de Innovación 2009 - 2019.
- 5.6: Número de solicitudes de patentes de utilidad presentadas en los Estados Unidos, por país de origen.
- 5.7: Patentes efectivamente concedidas alrededor del mundo por país de origen.
- 5.8: Gasto Interno Bruto en I+D como porcentaje del PIB en países seleccionados.
- 5.9: Porcentaje de participación empresarial en el Gasto Interno Bruto en I+D para países seleccionados.
- 5.10: Gasto Interno Bruto en I+D per cápita (PPA\$ actual), para países seleccionados.
- 5.11: Número de empresas de alta tecnología en China 1998- 2018.
- 5.12: El ascenso de Brasil, China e India por la Escalera de la tecnología espacial.

## **Acrónimos.**

AEB: Agencia Espacial Brasileña.

AEC: Comisión de Energía Atómica.

AEM: Agencia Espacial Mexicana.

AFC: Costo Fijo Medio.

APPLE: Experimento de Carga Útil de Pasajeros Ariane.

ATC: Costo Medio Total.

AVC: Costo Variable Medio.

BNDES: Banco Nacional de Desarrollo de Brasil.

BOP: Bottom of Pyramid.

CAPES: Coordinación para la mejora del personal de la Educación Superior.

CAS: Academia China de Ciencias.

CBERS: Satélites de Recursos Terrestres China-Brasil.

CNAE: Comisión Brasileña de Actividades Espaciales.

CNPq: Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico.

CNSA: Administración Espacial Nacional China.

COBAE: Comisión Brasileña de Actividades Espaciales.

COPUOS: Comisión de las Naciones Unidas sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos.

CSIR: Consejo de Investigación Científica e Industrial.

CTA: Centro de Investigación Aeroespacial.

CTA: Comando de Tecnología Aeroespacial.

CyT: Ciencia y Tecnología.

DAE: Departamento de Energía Atómica.

DOS: Departamento del Espacio.

DPI: Derechos de Propiedad Intelectual.

ECD: Estructura - Conducta - Desempeño.

EOSAT: Earth Observation Satellite Company.

ESA: Agencia Espacial Europea.

FINAME: Fondo de Financiamiento para la Adquisición de Máquinas y Equipos Industriales.

FINEP: Financiadora de Estudios y Proyectos.

FMI: Fondo Monetario Internacional.

FUNTEC: Fondo de Desarrollo Técnico Científico.  
GEO: Órbita Terrestre Geosincrónica.  
GOCNAE: Grupo de Organización de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales.  
GSLV: Geostationary Satellite Launch Vehicle.  
I+D: Investigación y Desarrollo.  
ICAR: Consejo de Investigación Agrícola de la India.  
IDT: Innovación y Desarrollo Tecnológico.  
IED: Inversión Extranjera Directa.  
IES: Institutos de Educación Superior.  
IGMDP: Programa Integrado de Desarrollo de Misiles Guiados.  
IHEs: Institutes of Higher Education.  
INCOSPAR: Comité Nacional de la India en Investigaciones Espaciales.  
INPE: Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales.  
INPI: Instituto Nacional de Derechos de Propiedad Industrial.  
INSEAD: Institut Européen d'Administration des Affaires.  
ISRO: Agencia India de Investigación Espacial.  
ISS: Estación Espacial Internacional.  
ITA: Instituto de Ingeniería Aeroespacial.  
LAC: Curva de Costos de largo plazo.  
LEO: Órbita Terrestre Baja.  
MC: Costo Marginal.  
MCTI: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovaciones.  
MDIC: Ministerio de Desarrollo, Industria y Comercio.  
MDIC: Ley de Innovación.  
MFAZ: Ministerio de Agricultura.  
MHRD: Ministerio de Desarrollo de Recursos Humanos.  
MIT: Instituto de Tecnología de Massachusetts.  
MLP: Plan de Mediano a Largo Plazo para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología.  
MOE: Ministerio de Educación.  
MOF: Ministerio de Finanzas.  
MOST: Ministerio de Ciencia y Tecnología.  
MPLAN: Ministerio de Planificación.  
MTCR: Régimen de Control de Tecnología de Misiles.

NASA: Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio.  
NDRC: Comisión Nacional de Desarrollo y Reformas.  
NInC: National Innovation Council.  
NSFC: Fundación Nacional de Ciencias Naturales de China.  
OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.  
OI: Organización Industrial.  
OMPI: Organización Mundial de la Propiedad Intelectual.  
ONU: Organización de las Naciones Unidas.  
PBDCT: Plan Básico para el Desarrollo Científico y Tecnológico.  
PIB: Producto Interno Bruto.  
PICE: Política Industrial y de Comercio Exterior.  
PITCE: Política Industrial, Tecnológica y de Comercio Exterior de Brasil.  
PNAE: Programa Nacional de Actividades Espaciales.  
PND: Planes Nacionales de Desarrollo.  
PRL: Laboratorio de Investigación Física.  
PSLV: Polar Satellite Launch Vehicle.  
PYME: Pequeñas y medianas empresas.  
SITE: Experimento de Televisión Instructiva por Satélite.  
SNI: Sistema Nacional de Innovación.  
STEP: Experimento de Telecomunicaciones por Satélite.  
STPI: Parques Tecnológicos de Software de la India.  
TC: Costo total.  
TFC: Costo Fijo Total.  
TICS: Tecnologías de la información y la comunicación.  
TIFR: Instituto Tata de Investigación Fundamental.  
TVC: Costo Variable Total.  
UNESCO: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.  
UNOOSA: Oficina de Naciones Unidas para Asuntos del Espacio Exterior.  
URSS: Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas.  
USPTO: Oficina de Patentes y Marcas Registradas.  
VLM: Vehículo de Lanzamiento de Microsatélites.  
VLS: Vehículo de Lanzamiento de Satélites.  
WIPO: World Intellectual Property Organization.

## **Justificación.**

Tras años de crecimiento constante y respetable, la industria espacial parece estar en la cúspide de una nueva era de rápida expansión tanto en capacidades como en consumidores. La forma en que vivimos nuestra vida diaria va a sufrir muchos cambios en los próximos años, y los profesionales cualificados que constituyen la industria espacial están preparados para asumir un papel de liderazgo para hacer realidad esos cambios.

### **Space Foundation.**

El sector espacial es uno de los sectores más innovadores de la industria (ProMéxico & AEM, 2012), de los que más demanda y difunde conocimientos (UNESCO, 2010), que más hacen uso intensivo de tecnología (Agencia Espacial Mexicana, 2014), y, de los que más incrementa el empoderamiento tecnológico de las naciones (Agencia Espacial Mexicana, 2017). Algunos autores afirman que esto se debe a que es un sector en donde convergen diversas tecnologías, como, por ejemplo, miniaturización, tecnologías de la información y comunicación, geo-referenciación, nanotecnología, biotecnología, entre otras. La convergencia tecnológica ha permitido que cada vez más países se incorporen en algún segmento de su cadena productiva, con el fin de aprovechar los beneficios, ya sea la creación de empleos, la transferencia de tecnología o bien, la capacitación de sus recursos humanos. Hoy en día, este sector ya no solamente cumple con un papel geopolítico, sino, además se emplea con fines civiles, genera beneficios sociales e impulsa la creación de nuevas industrias, productos y materiales (ProMéxico & AEM, 2012).

De esta forma, la tesis se centra en analizar tres países que han tenido un desempeño económico significativo en su sector espacial, la base de este comparativo será el marco institucional y el Sistema Nacional de Innovación. Con este ejercicio se pretende desarrollar información que sirva de insumo para herramientas cuyo fin es comunicar, instrumentar o formular el estímulo de los ecosistemas prósperos para las actividades espaciales.

La elección del tema para este trabajo está dada por: a) la poca información acerca de la industria, cuyos beneficios, de acuerdo con las Secretarías de Economía y de Comunicaciones y Transportes en su documento estratégico “Plan de Órbita 2.0 (2017), van más allá de la creación de nuevas líneas de negocio y del desarrollo económico nacional, ofrece también soluciones que se orientan a la atención de las necesidades de la población en distintos ámbitos, por mencionar algunas, telecomunicaciones, salud, agricultura, prevención de desastres, seguridad, entre otros; y, b) conocer aspectos relevantes puestos en marcha en los programas espaciales de otros países, cuyos aciertos, podrían ser útiles para el caso mexicano. Como se menciona en la literatura de innovación y desarrollo tecnológico (Pérez, 1989, entre otros), las ventanas de oportunidad para países como México se encuentran en el desarrollo de industrias y áreas emergentes de crecimiento económico y tecnológico.

## **Introducción.**

La civilización descansa en el hecho de que todos nos beneficiamos de un conocimiento que no poseemos.

**Friedrich A. Hayek.**

Sin duda, la conquista del espacio fue una forma de demostrar la capacidad y superioridad de las naciones en el contexto de la Guerra Fría, especialmente de los Estados Unidos y la Unión Soviética. Sin embargo, no fue el único fin, en muchos países, fue además el camino para conseguir la independencia estratégica (Ribeiro & Vasconcellos, 2017). Hoy en día, los hitos espaciales no sólo están orientados a cumplir con propósitos militares, sino, además, guardan una estrecha relación con muchos usos civiles que, aunque no lo sepamos, están ahí, facilitando las acciones cotidianas.

Como sucede con muchas de las industrias intensivas en investigación y desarrollo, resulta difícil delimitar las actividades y productos del sector espacial, esto, fundamentalmente porque desde su aparición, la industria espacial ha estado estrechamente relacionada con el sector aéreo. Sin embargo, se han hecho esfuerzos importantes por definir al sector, por ejemplo, la Agencia Espacial Mexicana la enuncia de la siguiente manera (2017): “Tradicionalmente, la definición del sector espacial se acotaba a las actividades de ingeniería e investigación relacionadas directamente con la exploración del espacio exterior y el desarrollo de tecnologías espaciales. Sin embargo, esta definición se ha ido ampliando para reflejar la complejidad de la industria y su creciente influencia en otros sectores de la economía. En este sentido, se ha llegado al consenso de que existen tres ámbitos de influencia de la economía espacial: el de actividades derivadas o relacionadas con el espacio, el de actividades dependientes del sector aeroespacial y el de actividades de exploración y producción espacial.

El ámbito de actividades derivadas o relacionadas con el espacio incluye las actividades de otros sectores económicos que se derivan de tecnologías espaciales o están relacionadas con las mismas, pero no dependen de ellas para su funcionamiento. Por ejemplo, desarrollos espaciales que eventualmente beneficiaron a las industrias automotriz y médica, así como sectores relacionados que se han visto altamente impactados por la industria espacial como la agricultura, el urbanismo y el sector defensa. El segundo ámbito (downstream) define aquellas actividades dependientes del sector espacial; esto es, productos o servicios que no existirían sin señal o información satelital; por ejemplo, la transmisión de televisión vía satélite y los dispositivos GPS. Dentro de este ámbito se reconocen tres grandes categorías: telecomunicaciones, observación terrestre y navegación. Finalmente, el tercer ámbito (upstream) se refiere a las actividades de investigación, manufactura y producción de tecnologías directamente relacionadas con el espacio. Este ámbito define a la industria espacial tradicional e incluye actividades que van desde la investigación básica hasta la integración y desarrollo de sistemas espaciales completos. En este ámbito se encuentran, por ejemplo, los vehículos de lanzamiento, los subsistemas de comunicación y manejo de datos, y los servicios de investigación básica y aplicada (Agencia Espacial Mexicana, 2017).

El sector espacial es uno de los sectores de más rápido crecimiento en el mundo, alcanzó los 414.75 mil millones de dólares en 2018 y creció un 8.1% en comparación con 2017 (Space Foundation, 2019), la mayor parte de este gasto corresponde a actividades comerciales. El boom de crecimiento principalmente ocurre en las infraestructuras espaciales como los vehículos de lanzamiento, las operaciones por medio de satélites, entre otras.

Ante este panorama, el sector representa una ventana de oportunidad en la política industrial de los países. En México se han hecho importantes esfuerzos para fortalecer al sector, como por ejemplo: (i) la creación de una Agencia Espacial Mexicana (AEM), institución encargada de

promover el desarrollo de una Industria Espacial, y el Programa Nacional de Actividades Espaciales (PNAE) que está enfocado en el desarrollo de capacidades nacionales en observación de la Tierra, tecnología de navegación global por satélite, transporte espacial, comunicaciones satelitales, aplicaciones para mejorar la eficiencia y seguridad de los medios logísticos, y monitoreo y vigilancia en carreteras (Agencia Espacial Mexicana, 2015).

En este programa se establecieron cuatro objetivos principales para el desarrollo del Sector espacial en México:

1. Impulsar el desarrollo de una infraestructura espacial que atienda las necesidades sociales de seguridad, protección de la población, atención a desastres, banda ancha, y cuidado del medio ambiente.
2. Fomentar el crecimiento en el sector espacial nacional, promoviendo la innovación, la inversión pública y privada, la creación de empresas, la generación de empleos, y el aumento de la competitividad.
3. Promover la construcción de capacidades y competencias estratégicas nacionales en el campo espacial, impulsando la educación, fortaleciendo la investigación y articulando a los diferentes actores en el desarrollo y la aplicación de ciencias y tecnologías espaciales.
4. Posicionar a México con la comunidad internacional en el uso libre, pacífico, eficaz y sustentable del espacio, tanto en los retos globales de la sociedad y del planeta, en la economía y en la exploración del espacio a través de la cooperación internacional.

Sin embargo, poco se ha hecho por generar insumos para la representación, planeación y ejecución estratégica de los problemas que enfrenta el desarrollo de un sector espacial en nuestro país. Muestra de ello es el escaso trabajo realizado por las instituciones involucradas en el crecimiento de la industria, para construir herramientas que permitan el análisis comparativo de experiencias

institucionales en otros países. De tal manera, este trabajo tiene la intención de servir como un insumo de comparación teórica sobre la relación existente entre las políticas de Ciencia y Tecnología de un país y el desempeño de su industria espacial.

Este trabajo parte de la hipótesis, planteada desde el enfoque de los Sistemas Nacionales de Innovación (SNI) (Freeman, 1987; Lundvall, 1992; Nelson, 1993) de que hay una relación entre el marco institucional de un país y el desempeño de la industria, en este caso, del sector espacial, es decir, con un sistema sectorial de innovación. No obstante, la comprobación de esta hipótesis no se hace de manera directa, en otras palabras, esta tesis no pretende corroborar esta relación con datos *ex profeso* para la medición de una asociación, por ejemplo, para el caso del marco institucional y el desempeño económico del sector espacial en México. Sin duda, este propósito rebasa el alcance de una tesis de licenciatura.

De tal manera, al desarrollar esta hipótesis se obtendrá una comparación del marco institucional de tres países que han tenido un desempeño económico significativo en su sector espacial. A partir de este ejercicio será posible obtener información sobre la conformación de un ecosistema de innovación robusto para el desarrollo de estas actividades. Sin duda, esto constituye una importante lección para países como el nuestro.

Así, lo que este trabajo pretende es encontrar diferencias, así como similitudes, en el desarrollo del sector espacial en tres países, a saber, India, China y Brasil<sup>1</sup>, a partir de la revisión y análisis de sus SNI. Por tanto, el objetivo de este trabajo es desarrollar una taxonomía y delinear algunos hechos estilizados del desempeño institucional diferenciado del sector espacial en los tres países antes mencionados y responder la pregunta general: ¿en qué medida el marco institucional determina la evolución del sector espacial de los países de estudio? Como objetivos secundarios, se presentan los siguientes: i) realizar un análisis comparativo de los marcos institucionales (SNI) de los tres países, así como, ii) definir la evolución y logros obtenidos del sector espacial.

Para contestar estas preguntas, el trabajo se estructura de la siguiente manera: el capítulo primero retoma la discusión teórica entre el análisis industrial convencional y el enfoque de Sistemas Nacionales de Innovación (SNI). Para emprender la exposición de esta controversia, este capítulo se compone de cuatro secciones. En la primera se presenta, de manera sucinta, el debate con la teoría neoclásica. El objetivo, es mostrar la poca conexión que existe entre algunos elementos de la teoría de la Organización Industrial (OI) con el comportamiento de las industrias actuales en términos de la cooperación, el aprendizaje y los costos de transacción. Aquí se hace énfasis en un concepto fundamental para comprender la naturaleza de la discusión entre la visión ortodoxa (OI) y la literatura de los SNI, a saber, las instituciones. En este orden de ideas, el segundo segmento

---

<sup>1</sup> Los países objetivo de este trabajo fueron elegidos porque: i) son países con economías emergentes y que han desarrollado un sector espacial relativamente fuerte, en términos económicos, de innovación y desarrollo tecnológico; ii) mantienen una evolución semejante de su crecimiento económico, con un PIB per cápita similar, (menor a 10,000 dólares) característica que comparten con México; iii) la tríada de países se encuentra en fase de crecimiento; y, iv) porque históricamente han sido agrupados en el conjunto BRIC (posteriormente BRICS), acrónimo acuñado al interior del grupo financiero Goldman Sach, por poseer una serie de características en común, como: ser los principales mercados emergentes, tener una amplia población, contar con grandes extensiones territoriales y por exhibir altas tasas de crecimiento en su PIB (O'Neill, 2001).

Si bien, muchos teóricos coinciden que actualmente el grupo BRICS ya no tiene razón de ser y mucho menos de comparar, en este documento se justifica su elección y análisis por: i) históricamente y con frecuencia, en muchos estudios se suele comparar a México con este grupo; ii) porque en términos relativos, China e India a pesar de su pujanza económica, en términos de PIB per cápita muestran índices de pobreza.

define y expresa la importancia de este concepto, junto con la cooperación y el aprendizaje. En el siguiente apartado se justifica el alcance del aprendizaje institucional en las empresas, contrastando dicho enfoque con los supuestos formulados en la teoría de costos de la teoría neoclásica. Por último, se define el concepto, así como los elementos que conforman al Sistema Nacional de Innovación.

Antes de comenzar a definir formalmente dichas nociones, es importante hacer énfasis en que, si bien el marco teórico de este trabajo desarrolla conceptos de dos teorías económicas diferentes (evolucionista e institucional), la exposición aquí realizada se hace a partir de la concepción de Nelson (2002) en la cual asegura que la teoría económica evolucionista está fuertemente atraída al análisis institucional. De acuerdo con el autor (2002), esta conexión entre teorías descansa en las siguientes proposiciones: i) relación histórica: ya que, hasta antes de que la teoría neoclásica obtuviera su posición dominante en la economía, gran parte del análisis económico era en parte evolutivo<sup>2</sup> como institucional y, en algunos casos estaban entrelazadas. A medida que los neoclásicos se fueron imponiendo, se fue estrechando cada vez más el alcance intelectual tanto de la vertiente institucional como la evolutiva del análisis económico, hasta convertirse en “contraculturas”; ii) teorías complementarias: porque, existen trabajos, por ejemplo, Williamson (1985) cuya obra se nutriría si se le adicionara una formulación evolutiva expresa o, Schumpeter (1942) que se mostraba muy preocupado por las instituciones económicas; iii) afinidades teóricas: es decir existentes semejanzas naturales en forma de supuestos y percepciones básicas entre ambas teorías, por ejemplo: a) ambos grupos comparten una premisa central de comportamiento de que la acción e interacción humana deben ser entendidas en gran medida como el resultado de hábitos compartidos de acción y pensamiento, como concepto unificador; b) existe un rechazo a la

---

<sup>2</sup> Véase Corona Treviño L. (2002)

maximización como el proceso de caracterización de lo que los humanos hacen, sino que, en realidad los patrones de acción deben entenderse en términos de comportamiento, explicando que las mejoras a lo largo del tiempo se producen a través de procesos de aprendizaje individual y colectivo; y d) un interés afín en comprender los determinantes del rendimiento económico y cómo este difiere entre las naciones y a lo largo del tiempo; iv) convergencia: visible en dos trabajos principalmente: a) North (1993), ha adoptado gradualmente una perspectiva evolutiva con respecto a la forma en que se forman y cambian las instituciones, y b) muchos de los académicos que realizaron los primeros trabajos sobre economía evolutiva recientemente se han centrado en temas como los Sistemas Nacionales de Innovación: Lundvall, 1992; Carlsson, 1995; Edquist, (1997), entre otros.

Con base en lo anterior, se puede afirmar lo siguiente, en este trabajo se identifican y distinguen ambas teorías económicas, se reconoce que sus orientaciones centrales son diferentes: por un lado, la economía institucional es hacia el conjunto de factores que moldean y definen la interacción humana, tanto dentro de las organizaciones como entre ellas, mientras que la teoría económica evolucionista se centra en los procesos de avance tecnológico, sin embargo, se adopta la idea de que estas teorías, en algún momento estuvieron superpuestas, en otro momento divergieron, y hoy podrían converger bajo el concepto de Sistema Nacional de Innovación. Para ello, primero se hace un recorrido de Instituciones que tiene como objetivo fundamentar o definir los bloques de construcción asociados a este pensamiento y que se encuentran en la teoría de SNI, posteriormente se ofrece un apartado de Aprendizaje en el cual se definen los ladrillos que forman parte de la teoría evolucionista y que son parte importante del enfoque de sistemas de innovación.

En el último apartado del primer capítulo se introduce una sección complementaria en la cual se desarrollan los conceptos de Sistema Regional y Sectorial de Innovación, es decir, se explican su

unidad de análisis, diferencias y similitudes, su finalidad es reconocer la existencia e importancia de estos dos enfoques. Con esta sección, se justifica partir del enfoque SNI y complementarlo con sus derivados, los SRI y los SSI, ya que, este trabajo pretende analizar en qué medida el Sistema Nacional con todos sus actores y redes pudieran caracterizar el sistema aeroespacial, es decir, el agregado de un país hacia el sector.

En la primera sección de los capítulos dos, tres y cuatro, se analiza, describe y diagrama la evolución del Sistema Nacional de Innovación, así como los actores que lo conforman y sus relaciones, tanto para China, India y Brasil respectivamente, mientras que, en la segunda sección de cada uno de estos capítulos se realiza un análisis similar pero volcado al sector aeroespacial de los mismos países.

En el último capítulo, se desarrolla una taxonomía y se delinear algunos hechos estilizados del desempeño institucional diferenciado y del sector espacial en los tres países antes mencionados, este análisis parte de las afirmaciones hechas en los capítulos previos, así como de una recopilación breve de cifras que caracterizan a cada SNI y sector espacial, es importante hacer énfasis que este análisis compara las variables del SNI, en este caso sus actores: Gobierno, Institutos de Educación Superior y Centros de Investigación y el Mercado, mientras que los niveles que fueron analizados son, las instituciones formales es decir, el número e importancia de tratados y leyes, el nivel e intensidad de la cooperación y el aprendizaje obtenido. La estructura de la taxonomía desarrollada es muy similar.

Por último, se llegan a una serie de conclusiones.

# **Capítulo 1. Conceptos Fundamentales: Instituciones, Cooperación, Aprendizaje y Sistema Nacional de Innovación (SNI).**

“Todos los imperios del mundo van a ser imperios del conocimiento, y sólo serán exitosos los pueblos que entiendan como generar conocimientos y cómo protegerlos; cómo buscar a los jóvenes que tengan la capacidad para hacerlo y asegurarse que se queden en el país.

Los otros países se quedarán con sus litorales hermosos, con sus iglesias, sus minas, con una historia fantástica; pero probablemente no se queden ni con las mismas banderas, ni con las mismas fronteras, ni mucho menos con un éxito económico.”

**Albert Einstein.**

## **1.1. Alcance de la Organización Industrial como herramienta para el análisis de industrias innovadoras.**

Para comprender la dinámica y estructura de los mercados, es posible analizar el comportamiento de las empresas desde el punto de vista de diversas opciones teóricas. La Organización Industrial (OI), ofrece herramientas teóricas y empíricas que explican el comportamiento, la estructura y el desempeño de las industrias. Para Pepall (2006), la Economía Industrial desde su concepción teórica con el enfoque Estructura-Conducta-Desempeño hasta el presente, con la visión post-Chicago<sup>3</sup>, tiene como principales motores a la política industrial, es decir, los factores y estrategias que proporcionan a las empresas una ventaja competitiva y a la evolución de la industria moderna.

---

<sup>3</sup> Consiste en la última transformación de la OI con la implementación de la teoría de juegos como el marco de análisis para analizar y modelar la interacción estratégica empresarial de manera consistente. Esta visión fue impulsada por economistas como Tomas Schelling, Richard Selten, John Harsanyi, John Nash, entre otros, sin dejar de lado las aportaciones teóricas de la Escuela de Chicago (Pepall, et al., 2006).

Siguiendo la perspectiva de Pepall, la necesidad de desarrollar y modelar a la competencia imperfecta tiene su origen en las múltiples políticas antimonopolios formuladas en los Estados Unidos: la ley Sherman (1890), y más tarde, la ley Clayton y la ley de la Comisión Federal de Comercio (1914). Dichas políticas tuvieron su origen en la creencia de que unas cuantas empresas y conglomerados como la Standard Oil y American Tobacco habían explotado su poder de mercado a tal grado que se volvía imposible la competencia, dando inicio así a múltiples juicios en contra de aquellas empresas acusadas de monopolio o de métodos injustos de competencia. A pesar de la dificultad para determinar qué acciones realizadas por las empresas figuraban como violaciones a la ley, el gobierno estadounidense logró enjuiciar exitosamente a diversas empresas. Posteriormente, el juicio fallido contra *U.S. Steel*, bajo el argumento de que “*la ley no considera que el simple tamaño sea un delito*”, puso a flote el problema existente al formular una política antimonopolios sin comprender a la competencia imperfecta, y por ello, surgieron los primeros estudios consistentes de Organización Industrial, encabezados por Edward Chamberlin en 1933 y por Mason en 1939, ambos pertenecientes a la Universidad de Harvard.

Según la perspectiva de los economistas de Harvard, las lecciones de microeconomía de la época no podían determinar los resultados que arrojaría un mercado, y, para que un juicio legal informado tuviera lugar, debía existir una forma práctica que determinara, a partir de la *evidencia observable*, si dicha industria se posicionaba más cerca de la competencia perfecta o más cerca del monopolio, por ello, se consideraba que la prioridad de la Economía Industrial era determinar si un comportamiento se catalogaba como ilegal, pudiendo ser el tamaño de la empresa o cualquier otro rasgo estructural.

Como indica Mason (1939) citado en Pepall (2006), en la Organización Industrial era necesaria una clasificación de las diferentes estructuras de mercado, y al mismo tiempo, conocer y

diferenciar entre las distintas prácticas competitivas, de ese modo surge el *enfoque Estructura-Conducta-Desempeño (ECD)*. En este enfoque, Bain (1959) sugiere que sus fundamentos teóricos residen en la teoría de los precios, y, en primer lugar, identifica los aspectos que caracterizan la estructura del mercado: concentración, grado de diferenciación de los productos y barreras a la entrada. En segundo lugar, presta atención a la conducta habitual de la empresa en la industria: la fijación de precios, el posicionamiento de productos y publicidad, etc. En tercer lugar, se intenta estimar el nivel de competitividad y la eficiencia productiva.

Tirole (1989), resume el enfoque de la siguiente manera: *“la estructura del mercado (el número de vendedores en el mercado, el grado con el que sus productos difieren entre sí, la estructura de costes, el grado de integración vertical con sus proveedores, etc.) determina la estructura (que consiste en precio, investigación y desarrollo, inversión, publicidad, etcétera) y la conducta produce un funcionamiento determinado del mercado (eficiencia, proporción entre precio y coste marginal, variedad de productos, ritmo de innovación, beneficios y distribución), ... es decir, ciertas medidas de conducta y funcionamiento se representan de la siguiente forma:*

$$\Pi_i = f(CR_i, BE_i, \dots)$$

*dónde  $i$  representa la industria,  $\Pi$  representa alguna medida de la rentabilidad de la empresa o de la industria,  $CR$  es la tasa de concentración (una medida que intenta resumir el grado en que una industria es no competitiva), y  $BE$  (barreras de entrada) se refiere a variables que expresan la dificultad entrar en la industria (aproximada por la mínima escala eficiente de entrada, la*

proporción entre publicidad y ventas, etc.), otras variables podían también añadirse a la ecuación<sup>4</sup> (Tirole, 1989, p. 15).

Para Cabral (2000), la base de este paradigma es la creencia de que existe una cadena causal entre los diferentes componentes anteriores: la estructura del mercado determina la conducta de la empresa, que a su vez determina el desempeño de la industria y de la empresa. Mientras que para Brown y Domínguez (2012) la estructura de mercado define los rasgos de la organización que influyen de manera estratégica en la naturaleza de la competencia (Figura 1.1).

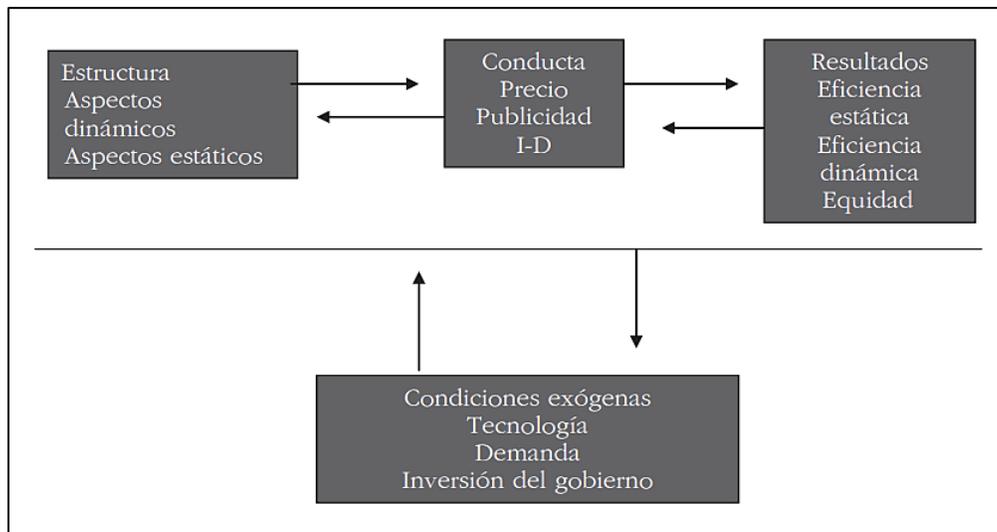


Figura 1.1. Paradigma Estructura - Conducta - Desempeño.  
Fuente: Brown y Domínguez, 2012, p. 14.

<sup>4</sup> Por ejemplo, Comanor y Wilson (1967, 1974) entre otros dotan de importancia e incluyen en sus regresiones a las economías de escala por la relación entre la producción de una planta de escala mínima eficiente (EME) y la producción del mercado en su conjunto. Bain (1956) sostiene que un nuevo competidor potencial puede verse disuadido si los requisitos de capital de entrada fueran elevados en términos absolutos, por ello, los requisitos de capital se manejan a menudo en el marco de Comanor-Wilson (1967) en forma de variable que mide el costo del capital necesario de una planta de escala mínima eficiente. Por último, Bain (1956) atribuye gran importancia a las ventajas de diferenciación de productos de los vendedores establecidos, así Comanor y Wilson (1967) introducen la idea de utilizar la relación publicidad/ventas de una industria para medir esta característica estructural, otros han empleado el gasto publicitario por empresa para el mismo propósito, mientras que algunos estudios utilizan el gasto en investigación y desarrollo como porcentaje de las ventas o patentes/ventas, y Neumann, Bobel y Haid (1985) utilizaron la relación entre las marcas registradas y la participación de los propietarios. Todas estas variables son básicamente medidas de conducta y, por lo tanto, claramente endógenas a largo plazo (Schmalensee, 1989).

Por lo anterior, los primeros economistas industriales tenían como objetivo establecer vínculos entre la estructura de mercado, y a su vez determinar la conducta de las empresas que participan en él. El principio básico del enfoque ECD consiste en que la competencia perfecta y el monopolio se observan como extremos opuestos en un conjunto de estructuras de mercados, siendo así, el nivel de concentración o porcentaje de producción aportado por las empresas más grandes de una determinada industria como unidad de medida de este enfoque.

Derivado de lo anterior, Pepall (2006) considera que la Economía Industrial desde el enfoque de Harvard consiste en 1) la descripción precisa y correcta de las estructuras de diversos mercados, y 2) las relaciones empíricas que se derivan entre las estructuras y sus resultados pudiendo ser: márgenes de precio-costo, esfuerzos de innovación entre otras medidas de desempeño.

A partir de la década de los setenta, la comunidad académica reconoció que el enfoque ECD presentaba fallas importantes, como: las múltiples interpretaciones que tienen las conclusiones obtenidas, la defensa de una interpretación causal y unidireccional del desempeño de las industrias, pero su falla más importante fue, que, al considerar el comportamiento de una sola compañía, se deja de lado a la interacción estratégica, fue entonces que comenzó a gestarse un nuevo enfoque que satisficiera aquellas deficiencias.

Desde la perspectiva de Pepall (2006), la preocupación por la existencia de fallas en el enfoque ECD, así como su influencia en la política pública adoptada, provocó un movimiento en su contra encabezado por abogados y economistas de la escuela de Chicago, como Richard Posner, Robert Bork y Sam Peltzman. Aquellos académicos argumentaban que muchas de las prácticas juzgadas en los tribunales como dañinas para la competencia y el bienestar económico, al ser revisadas a través de la visión de la estrategia y tácticas corporativas, se visualizaban como mejoras para la

eficiencia económica y generadora de beneficios para los consumidores, es decir que, tales desviaciones respecto de la competencia perfecta se deben a una mejora del nivel de eficiencia.

Los economistas de la escuela de Chicago se enfocaron en defender las relaciones verticales existentes entre las empresas con sus proveedores o con sus distribuidores bajo contratos con restricciones y exclusivas, las cuales argumentaban, acarreaban beneficios para los consumidores, y por ello existían buenas razones para permitir esas prácticas. Poco a poco, estos argumentos se fueron aceptando, y las prácticas consideradas ilegales comenzaron a ser revisadas de manera individual para determinar si debían ser castigadas o no.

Para Pepall (2006), el *enfoque de la Escuela de Chicago* estaba en lo correcto al señalar la necesidad de examinar la conducta de las empresas, aunque, su visión estaba limitada por la ausencia de un lenguaje para analizar la conducta estratégica de un modo consistente.

A finales de los ochenta, surge un marco de análisis impulsado por economistas como Thomas Schelling, Richard Selten, John Harsanyi, John Nash, entre otros, cuyas aportaciones fundamentales dieron paso a que la teoría de juegos se convirtiera en el lenguaje para modelar la interacción estratégica. Con ello, la OI se transforma nuevamente: el punto de vista *post-Chicago* o simplemente *la Nueva Organización Industrial*. Así, la teoría de juegos ha enriquecido el campo de conocimiento del comportamiento de las empresas, proporciona el lenguaje y la lógica para entender sus movimientos estratégicos.

La propuesta de Pepall (2006) sobre la Organización Industrial moderna, consiste en situaciones de mercado, donde las empresas en industrias imperfectamente competitivas deben tomar decisiones estratégicas, esto es, decisiones que tendrán efectos importantes en otros participantes en el mercado, ya sean rivales, proveedores o distribuidores, por ello, tomar cualquier decisión conlleva inevitablemente una consideración explícita de cómo reaccionarán estos otros

participantes en el juego. Además de determinar las estrategias de maximización de utilidades que adoptan las empresas, le interesan los resultados del mercado que surgen cuando las empresas adoptan dichas estrategias, y qué tanto se acercan a los del ideal mercado competitivo.

El cuadro 1.1 resume los elementos de análisis de los distintos enfoques que estudian al comportamiento de las industrias en tres niveles: conducta, estructura y desempeño.

No obstante, en la realidad, los agentes económicos toman decisiones secuenciales y consideran los resultados de sus acciones en las modificaciones de la estructura de mercado. Las estructuras industriales y las formas de organización son resultado de las estrategias, las condiciones iniciales y las reglas predeterminadas de los juegos. Inclusive, los individuos no poseen necesariamente un conocimiento perfecto del comportamiento de la información. Por lo anterior, la visión ortodoxa de las industrias es limitado, y surge entonces la necesidad de un enfoque alternativo complementario que integre más elementos en el desempeño de las industrias. Es decir, es necesario adicionar un elemento adicional al análisis, *el marco institucional*, ya que, es necesario para estudiar el comportamiento real de los mercados innovadores, porque es a través de las instituciones, que se realizan procesos como aprendizaje, innovación, las estructuras de gobernación, entre otros. Conjuntamente, el marco de análisis de las instituciones se ha convertido en un factor fundamental para explicar el desempeño económico de las sociedades, además de las causas del diferencial desempeño de los países. El marco analítico de las instituciones se ha consolidado por autores como North, Coase, Williamson, Ostrom entre otros, cuyos trabajos han incorporado la realidad económica como, racionalidad limitada, fallos en la información, monitoreo permanente, contratos incompletos, entre otros aspectos.

## Los diversos enfoques de la economía industrial en diversos niveles de análisis.

Nivel de análisis.	Economía Neoclásica.	Enfoque Estructura - Conducta - Desempeño.	Enfoque de la Escuela de Chicago.	Nueva OI.
<b>Objetivo</b>	Analizar la eficiente distribución de los recursos a través del correcto mecanismo de precios.	Creación de un marco conceptual alternativo para entender el funcionamiento del oligopolio mediante el análisis empírico de causalidad unidireccional del comportamiento de las industrias.	Comprobación de la dinámica y multicausalidad del comportamiento de los mercados mediante un análisis teórico riguroso, rechazando así los hallazgos del paradigma ECD.	Verificación de las explicaciones dadas de la conducta de las empresas mediante un marco de análisis lógico.
<b>Estructura</b>	Competencia perfecta.	Concentración de mercado, diferenciación de productos estructura de costos y barreras a la entrada.	Se defiende la validez del modelo de competencia perfecta a largo plazo, por ende se rechaza la existencia monopolios privados.	Concentración de mercado, grado de sustituibilidad entre los productos, Diversificación.
<b>Conducta</b>	Maximización, rendimientos constantes a escala en el largo plazo, eliminación de las ganancias extraordinarias.	Nivel de producción, estrategias de precios, publicidad, inversión e I+D.	Las decisiones empresariales eficientes en precios, publicidad, nivel de producción entre otras conllevan a estructuras de mercado imperfectas.	Las empresas toman decisiones tratando de anticipar la respuesta de sus competidores acorto, medio y largo plazo en precio, publicidad, producto, estructura productiva e innovación.
<b>Desempeño</b>	Análisis marginal. Análisis del comportamiento de las empresas individuales, a partir de ello se deduce el resultado para las industrias.	Rentabilidad y eficiencia, nivel de empleos, y variedad y calidad de los productos.	La eficiencia de la empresa determina su posición y comportamiento en el mercado, explicando la estructura del mismo en un instante temporal dado.	Beneficios, pleno empleo, y calidad de los productos.
<b>Metodología</b>	Análisis del monopolio, duopolio y oligopolio basadas en el análisis marginal y el razonamiento propio de la microeconomía.	Estudios empíricos interindustriales de las relaciones entre diversas medidas de estructura, conducta y el desempeño.	Presentación de estudios empíricos orientadas a contrastar los argumentos del poder de mercado del paradigma ECD haciendo espacio a la interacción estratégica.	Uso de la teoría de juegos no cooperativos y técnicas de optimización para analizar la interacción estratégica de las empresas de manera clara y congruente lógicamente.

*Cuadro 1.1. Los diversos enfoques de la economía industrial en diversos niveles de análisis.*

*Fuente: Elaboración propia con base en Church & Ware (2000), Schmalensee (1989), Tirole (1989), Bain (1959) y Pepall (2006).*

## 1.2. ¿Qué son las instituciones?

En todas las sociedades, las personas se imponen limitaciones para dar estructura a sus relaciones con los demás, debido a que, en condiciones de información y racionalidad limitada, estas limitaciones reducen los costos de la interacción humana.

Para North (1993), las instituciones son las reglas de juego en una sociedad o, de manera más formal son las limitaciones ideadas por el hombre que dan forma a la interacción humana, las cuales estructuran *incentivos* en el intercambio, ya sea político, social o económico. Su principal función es reducir la incertidumbre y suministrar una estructura estable a la vida diaria mediante la definición y limitación del conjunto de elecciones de los individuos.

Las limitaciones institucionales incluyen todo aquello que se prohíbe hacer a los individuos y, también puede incluir las condiciones en que a algunos individuos se les permite hacerse cargo de ciertas actividades.

Como consecuencia de la aparición de las instituciones (en tanto reglas), el comportamiento o la interacción humana se torna estable. La estabilidad de las instituciones no significa que sean estáticas, al contrario, se encuentran en constante cambio, alterando el marco de referencia para las elecciones al alcance del hombre. Para North (1993), esta evolución generalmente ocurre de un modo incremental, no discontinuo, en forma de cambios de comportamiento que responden a cambios culturales. Surge aquí la pregunta, ¿de qué depende esta evolución o cambio institucional?, siguiendo la perspectiva de North, depende de la interacción entre instituciones y organizaciones del siguiente modo: a) para marcos institucionales específicos, surgen en función de los incentivos, y b) las organizaciones actúan para modificar las reglas en función de sus intereses.

North (1993) hace diferencia entre instituciones y organizaciones. Define a los organismos u organizaciones como grupos de individuos enlazados por alguna identidad común hacia ciertos objetivos, y al igual que las instituciones, proporcionan una estructura a la interacción humana; incluyen cuerpos políticos, económicos, sociales y órganos educativos. Por lo tanto, mientras que las instituciones son las reglas establecidas, las organizaciones son quienes las acatan.

En su teoría de las instituciones, North (1993), distingue entre instituciones *formales e informales*, esta categorización depende de su origen y obligatoriedad, y en conjunto, definen la estructura de incentivos de las sociedades, y específicamente de las economías.

Las *limitaciones informales* incluyen a las ideas, las creencias, las actitudes y valores que están presentes de manera tenaz en sociedades primitivas o economías modernas por igual, debido a que resuelven problemas de coordinación y adoptan el papel de mediador. Su importancia proviene de la persistencia en el comportamiento de una sociedad a pesar de un cambio total de las normas, dicha resistencia se puede explicar de forma simple por la resolución de problemas de coordinación que ofrece.

Las limitaciones informales provienen de la información transmitida socialmente y son parte de la herencia llamada cultura (una fuente importante de continuidad en el cambio social a largo plazo). North (1993) cita a Boyd y Richerson (1985) al definir a la cultura como “*la transmisión de una generación a la siguiente, por la enseñanza y la imitación, de conocimientos, valores y otros factores que influyen en la conducta*”. Así, la cultura proporciona un marco conceptual basado en el lenguaje para cifrar e interpretar la información que los sentidos están proporcionando al cerebro. Para North, a corto plazo la cultura define la forma en que los individuos procesan y utilizan la información, que a su vez afecta el modo en que se especifican las limitaciones informales.

Al ocuparse de las *limitaciones formales*, North (1993) las visualiza como complemento de las limitaciones informales, pues alientan su efectividad al convertirlas en soluciones posibles a un intercambio más complejo. Fueron creadas para reducir la incertidumbre y los costos de negociación a los que se enfrentan los agentes en los intercambios, e incluye reglas políticas, judiciales, económicas, y contratos cuya jerarquía puede ser desde leyes comunes hasta disposiciones especiales.

La estructura de estas reglas estará en función de la diversidad de los intereses económicos y políticos, y al crear estas normas, se consideran los costos para definir las, medir el grado de su cumplimiento en los que se incluyen los costos de conocer si una norma fue violada, determinar el grado de la violación (en forma de daños a un perjudicado), y ejecutar el castigo.

Siguiendo la perspectiva de North<sup>5</sup> (1993), el basamento teórico de las instituciones es el problema de la cooperación humana. La teoría neoclásica se desarrolla bajo supuestos de optimización y racionalidad, donde se genera competencia debido a que los derechos de propiedad están especificados perfecta y gratuitamente, y la información es completa y gratuita, de esta manera, no hay espacio para la coordinación y la cooperación humanas. Sin embargo, como lo afirma Coase

---

<sup>5</sup> La teoría de las instituciones de North resulta de combinar una teoría sobre la conducta humana con otra sobre costos de negociación.

**Supuestos conductuales humanos:** La elección racional en relación con las instituciones depende primordialmente de dos aspectos particulares de la conducta humana: la motivación y el desciframiento del medio

a) La motivación: De acuerdo con Hirshleifer en North (1993), la principal motivación humana es maximizar el potencial de sobrevivencia.

b) El desciframiento del medio: La teoría neoclásica ofrece atractivos supuestos como equilibrio general y modelos racionales con individuos que poseen conocimiento de la información en su totalidad. En la realidad, nuestra vida diaria está compuesta de rutinas, en las cuales la cuestión de elección se presenta como algo regular, repetitivo y claramente evidente, pero, es gracias al marco institucional que un 90% de las acciones cotidianas no requieren de mucha reflexión.

**Los costos de negociación:** Para North (1993), los costos de la información son la clave de los costos de la negociación, que emergen de la necesidad de definir, proteger y hacer cumplir los derechos de propiedad, y se componen de: a) los costos de medir los atributos de lo que se está intercambiando y b) los costos de proteger y hacer cumplir los acuerdos. A pesar de esta definición y su importancia, han sido ignorados por la teoría neoclásica, donde, la ausencia de costos de negociación produce buenos resultados, con costos de negociación positivos.

(1937), en cualquier sociedad, aún en las más evolucionadas, resulta costoso intercambiar y dicho costo depende de las instituciones.

El proceso de toma de decisiones tomando en cuenta los intereses ajenos, ha sido abordado por la economía neoclásica en una teoría de juego, en el cual existen soluciones cooperativas teóricas espontáneas porque: a) los individuos se conocen recíprocamente, producto de múltiples repeticiones e información disponible de ellos, y b) son pocos los jugadores. En el mundo moderno actual, ocurre exactamente lo contrario, por ello, para North (1993) es importante conocer cuáles son las condiciones mediante las cuales se puede sostener la cooperación, por lo que cita tres obras en donde se exponen diferentes escenarios centrados en el sostenimiento de la cooperación: a) Hardin (1982) basado en el dilema del prisionero n-persona, señala que puede haber convenios en grupos grandes cuando los participantes adoptan acciones de estrategias de vigilancia y coacción. b) Taylor (1982, 1987) analizó condiciones en las que se puede mantener el orden social sin el Estado, donde se muestra que las características claves de una comunidad son: las creencias y normas comunes compartidas, las relaciones directas y complejas entre los individuos y la reciprocidad, además sostiene que el Estado destruye los fundamentos mismos de la comunidad. c) Margolis (1982) en su modelo plantea que la conducta individual está determinada por dos tipos de funciones de utilidad, una altruista y otra egoísta, y que los individuos realizan intercambios entre ambas.

Para North, en esencia, se trata de saber en qué condiciones puede existir la cooperación voluntaria sin la necesidad de un Estado coercitivo que haga cumplir el contrato social para crear producciones cooperativas. Surge entonces la necesidad de un elemento adicional que haga cumplir por la fuerza los acuerdos y poder sostener un intercambio complejo. La teoría de juegos demuestra que las ganancias de la cooperación realmente existen, pero no explica los costos

subyacentes de negociar ni los que se incurren al recabar información del monitoreo de objetos multidimensionales. Así, la economía neoclásica concluye que los agentes espontáneamente reducen los costos de transacción porque la competencia elimina la información incompleta, pero en la realidad, los agentes nunca pueden tomar decisiones así, sino con datos incompletos y con modelos derivados subjetivamente que con frecuencia son erróneos. En resumen, en el mundo real, lograr definir y hacer cumplir acuerdos de cooperación cuestan recursos. No importa si se trate de individuos con una misma función objetivo o (como realmente sucede) de individuos que maximizan su riqueza con la información asimétrica que poseen, los costos de transacción resultan un factor crítico del rendimiento económico. Las instituciones son para North (1993) el elemento faltante que hace cumplir los acuerdos y lograr la cooperación, su efectividad para hacer cumplir determina el *costo de hacer una transacción* y si son efectivas, aumentan los beneficios de una solución cooperativa.

Siguiendo con la perspectiva de North (1993), debido al elevado costo de medir los contratos, estos son incompletos y las limitaciones informales juegan un papel importante (reputación, normas de conducta generalmente aceptadas). El grado de imperfección de la medición y el cumplimiento obligatorio se refleja en los costos de vigilar y hacer cumplir los acuerdos, y en un descuento por incertidumbre, costos que son reducidos a través del sistema institucional, que determina el monto del descuento y los costos de transacción para los actores, los cuales están en parte determinados por el mercado y en parte consisten en tiempo que cada uno debe dedicar a reunir información.

En la determinación de estos costos juegan un papel importante tanto las organizaciones especializadas en la prestación de tales servicios como los organismos locales que proporcionan información sobre limitaciones a los derechos de propiedad. Las normas económicas, finalmente, establecen el marco de negociación de los contratantes, de las asociaciones y de las organizaciones

políticas. Dado que el mercado donde se define el marco institucional es imperfecto, en el mismo hay factores que bajan los costos y otros que los aumentan pero que favorezca o no el crecimiento depende de su efecto global.

Además, para North (1993), el marco institucional está relacionado con los costos de producción, debido a que permite a los agentes identificar el conocimiento relevante y los mecanismos de aprendizaje necesario para la producción, la generación de habilidades (individuales) y competencias en la organización. La inversión sistemática en aptitudes y en saber genera una evolución dinámica de la economía que requiere no solamente de una eficiencia distributiva sino una eficiencia adaptativa, la cual depende de la inclinación de una sociedad a adquirir conocimientos y a aprender, a innovar, a correr riesgos, a resolver problemas. La sociedad que permite la generación máxima de tentativas es la que tiene mayores probabilidades de resolver sus problemas. La eficiencia adaptativa depende de los incentivos existentes para alentar el desarrollo de procesos descentralizados de decisión permitirán a las sociedades maximizar los esfuerzos que requiere poder explorar modos alternos de resolver problemas.

Por ejemplo, en los países en vías de desarrollo la falta de mecanismos que aseguren el cumplimiento de los derechos de propiedad determina la adopción de tecnologías poco intensivas en uso de capital fijo y la escasa o inadecuada institucionalidad existente no estimula la producción. Este vacío debe ser llenado frecuentemente por reglas informales: acuerdos sobre rendimiento, participación, selección de trabajadores ideológicamente bien predispuestos. En ausencia de un marco institucional adecuado para favorecer la producción, los costos de transacción resultan muy elevados.

Así, el marco institucional específico de los países determina los costos de negociación, que su vez está en función de los costos de medición y del oportunismo postcontractual. En la búsqueda de

sus objetivos (maximizar riqueza, entre otros), las organizaciones alteran incrementalmente la estructura institucional, aunque no necesariamente en un sentido socialmente productivo. Las organizaciones no solamente están conformadas en términos de las instituciones sino también de otras limitaciones: tecnología, ingresos, preferencias, etc. cuya interacción da forma a las oportunidades potenciales de maximización de los objetivos de los empresarios.

Por tanto, los incentivos que proporciona el marco institucional determinarán la clase de conocimientos que requieren y desarrollan las organizaciones. Este conocimiento es en parte comunicable y en parte tácito (que se adquiere solamente con la práctica).

Del proceso de conversión del conocimiento puro al conocimiento aplicado se puede destacar:

1. A falta de incentivos en los derechos de propiedad, la innovación está condicionada principalmente por el tamaño del mercado.
2. La protección del derecho de propiedad sobre las invenciones incentivó la innovación y trajo consigo el desarrollo de la industria de la invención (la base de la segunda revolución industrial).
3. El conocimiento puro es un prerequisite del conocimiento aplicado, si bien el conocimiento aplicado incentiva e influye en el conocimiento puro.
4. El desarrollo de la tecnología crea dependencias: mientras una tecnología escogida tenga rendimientos crecientes se seguirá utilizando, aunque existan otras más eficientes.

Siguiendo a North (1993), las tareas de la gerencia son: (i) idear y descubrir mercados, (ii) evaluar productos y técnicas de producción y (iii) dirigir a los empleados, todo lo cual genera incertidumbre y requiere conocimiento del contexto institucional. En lo fundamental, el marco institucional da la forma y dirección a la adquisición de conocimiento, y esta dirección es el factor decisivo del desarrollo a largo plazo de una sociedad. Las instituciones premian la actividad

económica improductiva o la improductiva. Las organizaciones resultantes aprovechan su poder de negociación para modificar incrementalmente el marco institucional y la oferta de conocimientos en su favor, siempre que los beneficios esperados sean superiores a la inversión realizada. Pero, incluso cuando esas estructuras se han convertido en ineficientes no se les reemplaza, porque dicho cambio puede tener un alto costo de negociación o porque se tiene un conocimiento y comprensión imperfectos del modelo subjetivo de los actores.

### **1.3. El aprendizaje y su importancia en la producción.**

En la teoría de la producción neoclásica existen diferentes caminos hacia la optimización, uno de ellos es la minimización de la función de costos, la cual se deduce de la función de producción. Hacer una elección eficiente del método de producción se refleja en la forma que adquiere la curva de costos, pero ¿cómo debe de apreciarse una curva de costos en donde se ha elegido el método óptimo? Para poder responder esta pregunta es necesario abordar la teoría tradicional de los costos, contrastada con la teoría moderna que los rige.

De acuerdo con Koutsoyiannis (2002), en la teoría económica se distinguen costos de corto y de largo plazo. Los costos de corto plazo son aquellos en que se incurren en un período cualquiera durante el cual algunos de los factores de la producción son fijos, mientras que los costos de largo plazo son aquellos en que se incurren en un período suficientemente largo como para permitir el cambio en la magnitud de todos los factores de la producción, esto significa que todos los factores se tornan variables, estos costos son de planificación o costos ex ante.

La función del costo total, tanto en el corto como en el largo plazo, está determinada por diversos factores. Se pueden describir a las funciones de corto y largo plazo, respectivamente, de la siguiente manera:

$$C = f(X, T, P_f, \bar{K})$$

$$C = f(X, T, P_f)$$

donde:

C = costo total

X = volumen de producción

T = tecnología

$P_f$  = precio de los factores

$\bar{K}$  = factores fijos

Gráficamente se representan en curvas que implican que el costo es una función de la producción,  $C = f(X)$ , ceteris paribus, es decir, todos los factores adicionales que determinan los costos son constantes y, por ende, si alguno de ellos cambia, su efecto sobre la curva del costo se manifiesta como un desplazamiento de la curva.

Siguiendo la perspectiva de Koutsoyiannis (2002), el factor “tecnología” es considerado como un factor multidimensional, que está determinado por las cantidades físicas de los insumos de los factores, la calidad de estos, la eficiencia técnica y económica del empresario, etc., la introducción del factor desplazará a la función de producción que a su vez desplazará a la curva de costos.

### **1.3.1. La teoría tradicional de los costos.**

Los costos de corto plazo en la teoría tradicional parten de la idea de una curva de costos totales que se compone de costos fijos totales y costos variables totales.

$$TC = TFC + TVC$$

Gráficamente el costo fijo total se representa por una línea recta paralela al eje de la producción, el costo variable total toma la forma de una S invertida, que refleja la ley de las proporciones variables: *para una planta dada y en las etapas iniciales de la producción, a medida que se emplea mayor cantidad de los factores variables, su productividad aumenta y el costo medio variable disminuye, esto prosigue hasta que se alcanza la combinación óptima de los costos fijos y variables.* Sumando el costo fijo total (TFC) y el costo variable total (TVC) se obtiene el costo total (TC) de la empresa (figura 1.2).

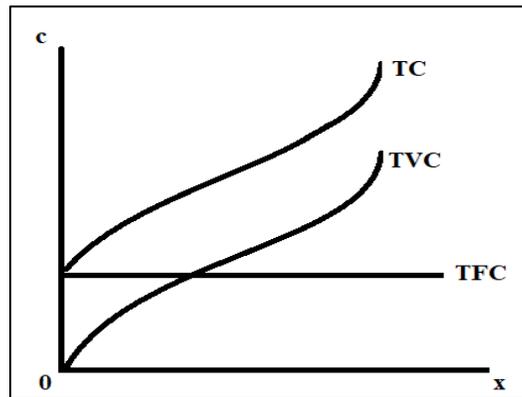


Figura 1.2. El costo total de la empresa.  
Koutsoyiannis, 2002.

El costo fijo medio (AFC) se obtiene dividiendo el TFC por el nivel de producción,  $AFC = \frac{TFC}{x}$ , de manera gráfica es una hipérbola equilátera que en todos sus puntos presenta la misma magnitud y representa el costo de los factores indirectos, como son el de la organización física y del personal de la empresa. Aquí la planificación de la empresa consiste en definir la magnitud de estos factores indirectos fijos, que determinan su tamaño pues fijan límites a su producción (figura 1.3).

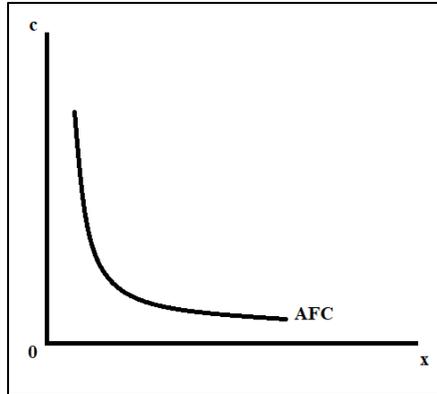


Figura 1.3. El costo fijo medio de la empresa.  
Koutsoyiannis, 2002.

De manera similar se obtiene el costo variable medio (AVC),  $AVC = \frac{TVC}{X}$ , que está constituido por el costo de la mano de obra directa, las materias primas, los gastos corrientes de la maquinaria, etc. Gráficamente para cada nivel de producción, se deduce de la pendiente de una línea trazada a partir del origen hasta el punto de la curva TVC correspondiente de ese de producción. La curva de costo medio variable baja inicialmente, a medida que aumenta la productividad de los factores variables, alcanza un punto mínimo cuando la planta opera de manera óptima, y luego de ese punto se eleva (figura 1.4).

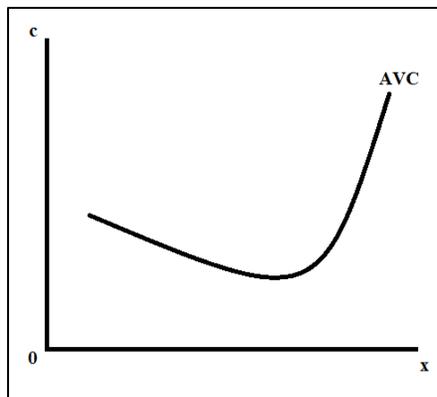


Figura 1.4. El costo medio variable de la empresa.  
Koutsoyiannis, 2002.

El costo medio total (ATC) se obtiene dividiendo el TC por el nivel de producción, y gráficamente se deduce de la misma forma que la curva AVC, para cada nivel de producción es la pendiente de

la línea recta trazada desde el origen hasta el punto de la curva TC correspondiente a ese nivel de producción. Por lo tanto, se deduce que  $ATC = \frac{TC}{X} = \frac{TFC+TVC}{X} = AFC + AVC$

El costo marginal (MC) se define como el cambio en el TC resultante de un cambio unitario en la producción, matemáticamente es la primera derivada de la función TC,  $MC = \frac{\partial C}{\partial x}$ , gráficamente es la pendiente de la curva TC, que, al tener forma de S invertida, la curva MC tiene forma de U.

En el caso contrario, debido a que en el largo plazo todos los factores se tornan variables, los costos de largo plazo se consideran como una curva de planificación, en el sentido de que orienta al empresario a tomar la mejor decisión para producir óptimamente un determinado nivel de producción.

La curva de costos de largo plazo (LAC) es el lugar geométrico de los puntos que indican el menor costo de producir un correspondiente nivel de producción, tiene forma de U (figura 1.5), lo que refleja las leyes de los rendimientos a escala y se deduce a partir de las curvas de corto plazo, debido a que, cada punto de LAC corresponde a un punto de una curva de costo de corto plazo, tangente a LAC en ese punto.

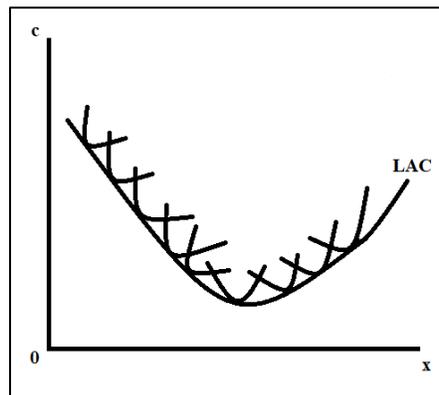


Figura 1.5. La curva de costo medio a largo plazo.  
Koutsoyiannis, 2002.

En síntesis, y de acuerdo con Koutsoyiannis (2002), la teoría tradicional de los costos postula que en el corto plazo las curvas de costo (ATC, AVC Y MC) tienen forma de U, lo cual refleja la ley de las proporciones variables, cada tamaño de planta está diseñado para producir de manera óptima un único nivel de producción, por eso cualquier alejamiento de esa cantidad lleva a un aumento de costos, es decir es totalmente inflexible, no existe capacidad instalada de reserva, ni siquiera para hacer frente a las variaciones estacionales en la demanda.

### **1.3.2. La teoría moderna de los costos.**

Las ya mencionadas curvas en forma de U de la teoría tradicional han sido cuestionadas por diversos autores, Koutsoyiannis (2002) cita a Stigler (1939) quien sugiere curvas de costo medio variable de corto plazo con un segmento plano en un intervalo de la producción, que refleje empresas que construyen plantas con alguna flexibilidad en su capacidad productiva.

En esta nueva teoría, los costos de corto plazo también se componen de costos fijos y variables. El empresario, una vez planificado y fijado el nivel de producción que desea vender, elige el tamaño de planta que le permita producir de la manera más eficiente y con la máxima flexibilidad, para ello, la planta tiene una capacidad instalada mayor que el nivel medio esperado de ventas, denominada *capacidad instalada de reserva*, con la cual: (i) puede hacer frente a las fluctuaciones estacionales y cíclicas de la demanda, (ii) proporciona mayor flexibilidad para hacer reparaciones de la maquinaria sin perturbar el flujo productivo, (iii) permite trabajar con menores costos y más desplazamientos que una política de acumulación de existencias.

La curva de costo medio fijo se compone de dos partes, la primera que corresponde a las unidades de factores “de máxima capacidad” que fijan un límite absoluto a la expansión de su producción

en el corto plazo, y la segunda parte que se deduce de las unidades de factores “de baja capacidad” que fijan un límite<sup>6</sup> a la expansión (figura 1.6).

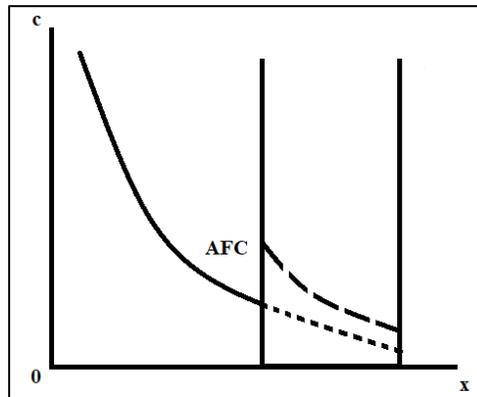


Figura 1.6. Los costos medios fijos de corto plazo de la teoría moderna.  
Koutsoyiannis, 2002.

De acuerdo con Koutsoyiannis (2002), la curva de costo medio variable de la teoría moderna tiene forma de plato, como una U, pero con un tramo recto a lo largo de cierto intervalo de la producción, que corresponde a la capacidad instalada de reserva que ha sido incorporada en la planta (figura 1.7).

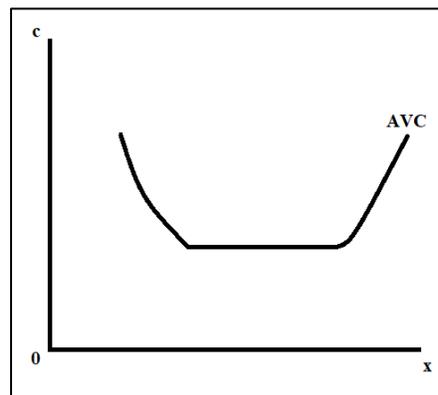


Figura 1.7. El costo medio variable de corto plazo en la teoría moderna.  
Koutsoyiannis, 2002.

---

<sup>6</sup> No representa un límite absoluto, porque la empresa puede incrementar su producción en el corto plazo (hasta encontrarlo) ya sea, pagando horas extras a la mano de obra directa, o bien comprando nuevas unidades de maquinaria de baja capacidad productiva (Koutsoyiannis, 2002).

El tramo recto de AVC es igual al MC, ambos constantes por unidad de producción. A la izquierda de dicho tramo, el MC se encuentra por debajo de AVC, en tanto que a la derecha se halla por encima. La parte descendente de la curva AVC muestra la reducción en los costos debido a la mejor utilización del factor fijo y el consecuente incremento en la habilidad y productividad del factor variable (mano de obra).

Con la mano de obra mejor calificada se reducen también los desperdicios de materias primas y se logra una mejor utilización de la planta en su conjunto. La parte ascendente de AVC refleja la reducción en la productividad de la mano de obra debido a los horarios de trabajo más prolongados, el aumento en el costo de la mano de obra por el pago de horas extras (más caras que los salarios corrientes), el desperdicio de materiales y las roturas más frecuentes de la maquinaria por los horarios más prolongados (figura 1.8).

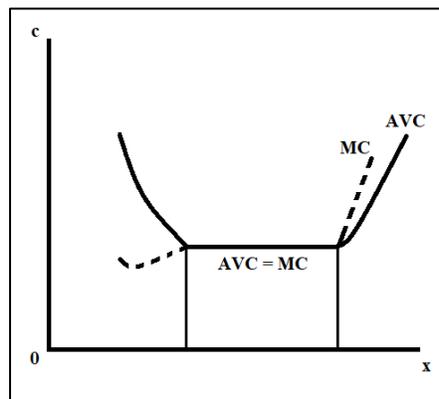
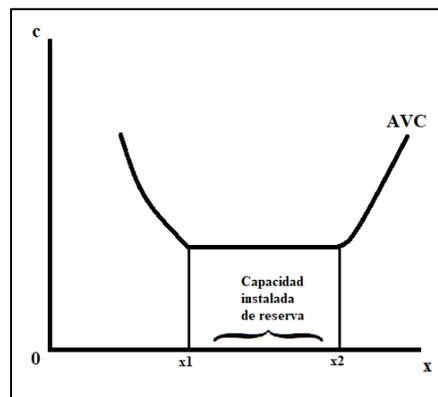


Figura 1.8. Curva  $AVC = MC$ .  
Koutsoyiannis, 2002.

De acuerdo con Koutsoyiannis (2002), la innovación de la teoría moderna sobre los costos de corto plazo recae en la postulación teórica de la curva AVC con un tramo recto, correspondiente a la capacidad instalada de reserva, que permite tener un costo medio variable constante dentro de cierto intervalo productivo. Dicha capacidad de reserva se planifica para suministrar a la firma la máxima flexibilidad operativa, algo completamente distinto de la capacidad excedente que surge

en las curvas de costos en forma de U de la teoría tradicional, las cuales están diseñadas sin flexibilidad alguna.

En la teoría moderna de los costos, el intervalo de producción  $X_1X_2$  (figura 1.9), refleja la capacidad instalada de reserva planeada, que no conlleva aumento en los costos. La empresa prevé utilizar su planta a veces más cerca de  $X_1$  y otras veces más próxima a  $X_2$ . En promedio, el empresario prevé que operará dentro del intervalo  $X_1X_2$ . Por lo general, las empresas consideran que el nivel “normal” de uso de sus plantas se halla entre los dos tercios y los tres cuartos de su capacidad instalada o sea en un punto más cercano a  $X_2$  que a  $X_1$  (Koutsoyiannis, 2002).



*Figura 1.9. Capacidad instalada de reserva.  
Koutsoyiannis, 2002.*

El costo medio total se obtiene sumando el costo medio fijo y el costo medio variable para cada nivel de producción, gráficamente la curva ATC decrece en forma continua hasta el nivel de producción en que se agota la capacidad instalada de reserva, más allá de ese punto el ATC comienza a ascender. La curva MC corta a la de costos medio total en su punto mínimo (Koutsoyiannis, 2002).

De acuerdo con Koutsoyiannis (2002), en la teoría moderna, los costos de largo plazo se dividen en costos de producción y administrativos, en el largo plazo todos son variables y dan origen a una curva LAC tiene forma aproximada de L (figura 1.10). En dicha curva, los costos de producción

disminuyen en forma continua al aumentar la producción. De acuerdo con la autora, esta curva incluye costos de producción y de administración. Los costos administrativos corresponden a una estructura de gobernación adecuada al funcionamiento regular de la planta y a un nivel determinado de producto, estos costos aumentan ante una producción a escala muy grande, pero la disminución de los costos de producción compensa este aumento, por ello la curva LAC decrece al incrementar la escala.

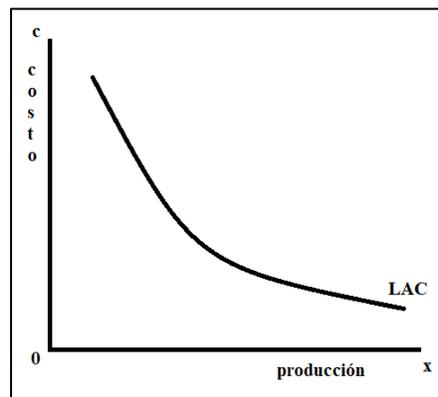


Figura 1.10. La curva LAC en el largo plazo de la teoría moderna.  
Koutsoyiannis, 2002.

Una vez expuesto el costo medio total de largo plazo, es útil analizar cómo estos costos medios cambian a medida que la empresa aumenta su tamaño. Debido a que todos los factores son variables en el largo plazo, se debe considerar ¿qué pasa con el costo medio total en el largo plazo en una empresa que aumenta todos los factores en la misma proporción?

### 1.3.3. Economías de escala dinámicas.

Koutsoyiannis (2002) afirma que las economías de escala determinan la forma de la curva LAC, mientras que la posición o el desplazamiento de esta curva, depende de economías externas como un perfeccionamiento técnico, cambios de los precios de los factores en la industria o en la economía en su conjunto.

Las economías de escala analizan la forma en que cambia el costo en proporción a la producción, si duplicar la producción hace que el costo se duplique en menos del doble, la empresa tiene economías de escala, por el contrario, si al duplicar la producción el costo aumenta en más del doble, la empresa tiene deseconomías de escala. Si al duplicar la producción el costo se duplica exactamente, la empresa tiene economías constantes de escala.

Dado que las economías de escala implican que el costo total aumenta menos que proporcionalmente con la producción, también conlleva a que el costo total medio en el largo plazo disminuya cuando la producción aumenta, es decir, la curva de costos medios totales en el largo plazo tiene pendiente negativa cuando hay economías de escala, porque el costo medio total es el costo total dividido por la producción y las economías de escala implican que el costo total aumenta a una tasa más lenta que la cantidad.

Este breve repaso del enfoque neoclásico de los costos, se proporciona un marco general de las herramientas de la teoría económica para modelar el comportamiento de las empresas. Si bien no existen conceptos explícitos sobre aprendizaje, se deduce, a partir de la teoría, que la función de costos es un instrumento útil para explicar la adaptación y la flexibilidad en los procesos de producción ante cambios o fluctuaciones del entorno. El problema, como señalan diversos autores (North, 1993; Lundvall 1992; Nelson, 1993; Johnson, 1992, por mencionar algunos), es que la teoría ortodoxa asume que los agentes son perfectamente racionales, por lo que los agentes “aprenden” a partir de mecanismos de planeación con acceso ilimitado a la información y capacidad infinita de procesamiento. Por tanto, las diferencias institucionales y culturales entre, y al interior de las organizaciones, no interfieren en los procesos económicos.

De acuerdo con Argote (2013), en muchas industrias existen curvas de aprendizaje o de progreso, las cuales surgen a partir de la producción repetitiva de un producto, es decir del aprendizaje

mediante la práctica, las cuales provocan: (i) que el costo unitario de producción disminuya y (ii) el aumento de la productividad en la industria. Siguiendo su perspectiva, las empresas exhiben diferentes niveles de aprendizaje, ya que, mientras algunas muestran tasas extraordinarias de crecimiento de la productividad con la experiencia, otras no logran obtener ganancias de productividad con el aprendizaje.

Como lo afirma, las curvas de aprendizaje adquieren su forma, no sólo por el aprendizaje por parte de los trabajadores en la producción, sino, además por las modificaciones que sufre la organización y en la tecnología empleada (Argote, 2013).

En la figura 1.11 se ilustra la curva de aprendizaje para la producción de un avión militar avanzado construido en las décadas de 1970 y 1980. El número de horas de trabajo directo necesarias para ensamblar cada aeronave se representa en el eje vertical; el número acumulativo de aeronaves producidas se representa en el eje horizontal. Fácilmente puede apreciarse que el número de horas de mano de obra directa necesarias para ensamblar cada aeronave disminuyó a medida que se adquirió experiencia en la producción, mientras que aumento la producción acumulada.

De lo anterior, se puede concluir que el aprendizaje tecnológico no es un concepto explícito en la teoría neoclásica, sin embargo y siguiendo la perspectiva de Argote, este es un concepto central, explícito y tiene impacto en el costo, ya que, en el largo plazo, sin la necesidad de incrementar las unidades de capital y trabajo, es posible que las empresas reduzcan sus costos gracias al aprendizaje tecnológico, que generará rendimientos constantes y crecientes a escala en el largo plazo. Lo anterior no está considerado por la teoría neoclásica.

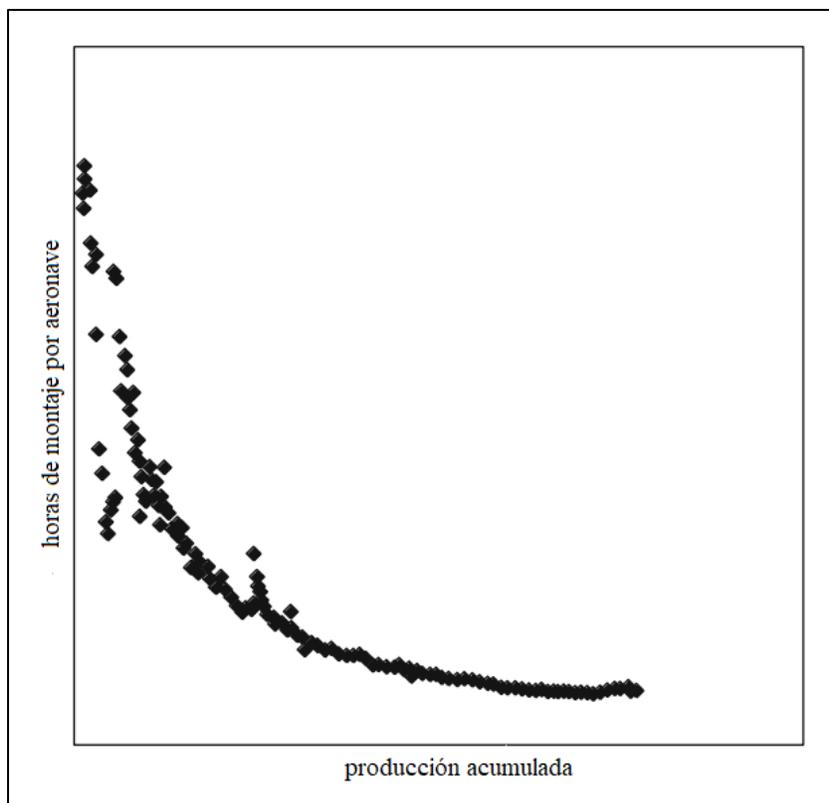
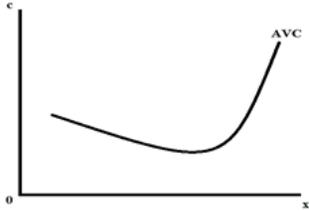
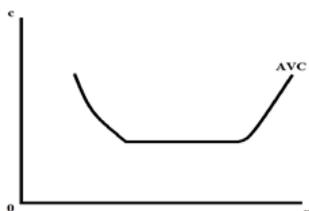
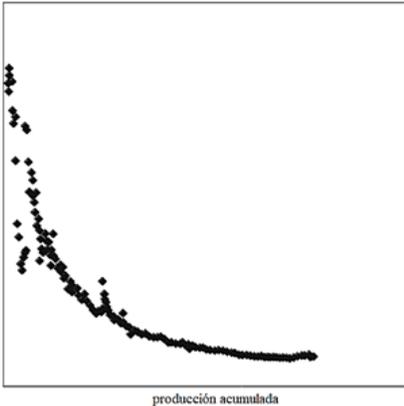
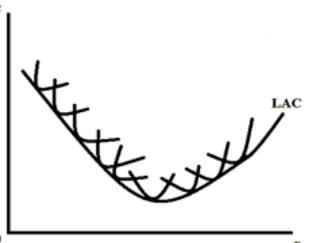
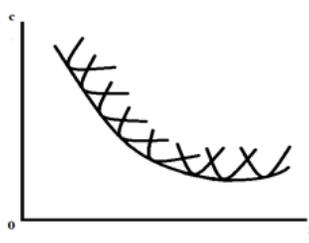


Figura 1.11. La relación entre las horas de montaje por aeronave y la producción acumulada.  
 Fuente: Argote, 2013, p. 2.

En el cuadro 1.2 se resumen las distintas postulaciones teóricas de la teoría neoclásica respecto a los costos y las economías de escala, al mismo tiempo que analiza las curvas de aprendizaje.

Sin embargo, bajo la perspectiva de Johnson (1992), al visualizar a la economía como un proceso de interacción y causalidad acumulativa más que como sistema de equilibrio, el aprendizaje se torna concepto central, una de las fuentes de la innovación técnica. De esta forma, la innovación es considerada como un proceso, que está determinado por las instituciones y el marco institucional.

## La teoría tradicional y moderna de los costos y las curvas de aprendizaje.

Concepto	Teoría tradicional de los costos.	Teoría moderna de los costos.	Aprendizaje organizacional
<b>Aprendizaje tecnológico.</b>	Implícito	Implícito	Es un concepto explícito y central.
<b>Costos de corto plazo</b>	<p>La curva de costo medio a corto plazo tiene forma de U, inicialmente declina, alcanza un mínimo en el nivel de funcionamiento óptimo de la planta y subsiguientemente vuelve a subir</p> 	<p>Introduce la postulación teórica de una curva de costo medio variable (CVMe) con un tramo recto o capacidad instalada de reserva a lo largo de cierto intervalo de producción.</p> 	<p>Las curvas de aprendizaje reflejan la variación observada en los ritmos de aprendizaje. A medida que las empresas producen más de un producto, el costo unitario de producción suele disminuir a un ritmo decreciente, gracias a la reducción del número de horas de trabajo directo requeridas.</p> 
<b>Costos de largo plazo</b>	<p>La curva de costo medio a largo plazo se deduce de las curvas de costos de corto plazo, tiene forma de U y "envuelve" a las de corto plazo.</p> 	<p>La curva de costos de largo plazo tiene forma aproximada de L ya que decrece al incrementarse la escala. Estos costos se dividen en administrativos y de producción.</p> 	
<b>Economías de escala dinámicas</b>	Constantes	Constantes	Crecientes

*Cuadro 1.2. La teoría tradicional y moderna de los costos y las curvas de aprendizaje.  
Elaboración propia con base en Koutsoyiannis (2002) y Argote (2013).*

#### **1.3.4. Aprendizaje institucional.**

Como lo afirma Lundvall (1992), no todas las aportaciones importantes al proceso de innovación proceden de la ciencia y de los esfuerzos de la investigación y desarrollo, el aprendizaje es otro elemento fundamental para el cambio organizacional. Como se ha visto anteriormente, la interacción entre los trabajadores, las rutinas organizacionales, la especialización en los procesos de producción, distribución forman un entramado institucional que determina la dirección que toma el proceso de innovación.

Para conocer cómo las diversas formas de organizar la producción influyen en el cambio técnico a través de sus efectos en el aprendizaje, es necesario definir el concepto de aprendizaje institucional. Como se ha visto, las instituciones son el conjunto de hábitos, rutinas, reglas, normas y leyes que regulan las relaciones entre las personas y dan forma a la interacción humana. Éstas disminuyen la incertidumbre de los procesos de intercambio social, debido a que reducen la cantidad de información necesaria para la acción individual y colectiva, median los conflictos y proporcionan sistemas de incentivos. Al cumplir estas funciones, las instituciones proporcionan la estabilidad necesaria para la reproducción de la sociedad. De la misma manera establecen las condiciones son el marco en donde se llevan a cabo las actividades, procesos y toma de decisiones en el interior de una empresa, y son fundamentales para entender el cambio tecnológico y la innovación.

La información disponible es imperfecta y costosa, y las capacidades de procesamiento de la información son limitadas, por ello, la percepción del individuo del mundo es importante, al mismo tiempo, las instituciones gobiernan estas percepciones y el proceso cognitivo de una manera fundamental, y se encuentran en el centro de todos los procesos de aprendizaje, es decir, todos los individuos participantes en la aplicación del conocimiento, están influenciados por la estructura

institucional, la información no se transmite en bruto, sino que se selecciona, ordena y percibe a través de instituciones (Johnson, 1992).

De esta manera, el aprendizaje no sólo difiere entre las distintas épocas históricas y en las sociedades culturalmente divergentes con marcos institucionales radicalmente diferentes, sino que, dado que la cultura es un fenómeno local, también puede diferir entre sociedades más estrechamente relacionadas en el mismo período (Edquist & Lundvall en Johnson, 1992).

Ahora bien, ¿Cómo se ve reflejado el aprendizaje en la esfera productiva de una sociedad? El conocimiento utilizado en el proceso de producción se llama tecnología, y el conocimiento nuevo, recombinao o redescubierto, introducido en la economía, se llama innovación.

De acuerdo con Johnson (1992), para conocer cómo afectan las instituciones a la innovación a través de los procesos de aprendizaje es necesario: i) conocer cómo ocurre la acumulación del conocimiento; ii) distinguir entre el simple olvido y olvido creativo; y, iii) diferenciar entre distintos tipos de aprendizaje.

Siguiendo con su perspectiva, para Johnson (1992), el conocimiento humano no existe por sí mismo, sino que está codificado en el sistema nervioso central de los seres humanos, que, al tener una vida bastante limitada puede perderse fácil y rápidamente, por lo tanto, tiene que ser almacenado de una u otra forma, escribirlo no es suficiente ya que tiene que ser leído y entendido para que no carezca de sentido.

En una sociedad, el conocimiento se almacena de muchas maneras y las instituciones son importantes para determinar cómo se hace. Las reglas, las tradiciones, las costumbres, las normas e incluso los hábitos ayudan a transferir conocimientos de una generación a otra. Algunos de estos conocimientos conducen a un mayor desarrollo y acumulación de conocimientos, mientras que

otros retrasan este proceso al preservar hábitos de pensamiento improductivos. Sin el respaldo de las instituciones, el conocimiento no puede acumularse y la sociedad no es capaz de recordar lo aprendido.

En un sistema de producción, formado por empresas más o menos interrelacionadas, se utilizan estructuras de gobernación para coordinar y utilizar los conocimientos vinculados a las personas, pero también para almacenar conocimientos a lo largo del tiempo. En la producción, el conocimiento se almacena, coordina, transmite y utiliza, sin embargo, dichos conocimientos no permanecen estáticos, tiende a cambiar, como un resultado normal de la propia producción. Es importante señalar que, el conocimiento económico que no se recuerda activamente, se deteriora, además puede ser eliminado rápidamente, por ejemplo, al cerrar una empresa u organización.

Algunos autores (1987), mencionan que el aprendizaje innovador está en función de la capacidad de desaprender habilidades antes adquiridas para incorporar nuevos conocimientos a las técnicas de producción actuales, además los conocimientos que no cuentan con el respaldo institucional y no encajan en un contexto cultural tienden a ser olvidados (Douglas en Johnson, 1992).

En la historia se han producido diversas manifestaciones de olvido, por ejemplo, a través de la desaparición de grandes culturas, además, todo cambio de paradigma científico implica la pérdida de muchos conocimientos y habilidades, ya que deben de eliminarse viejos hábitos de pensamiento, rutinas y patrones de cooperación, tanto dentro de las empresas como entre ellas, antes de que el cambio tecnológico pueda comenzar a avanzar (Johnson, 1992).

No se debe subestimar el papel del olvido en el desarrollo de nuevos conocimientos, debido al enorme arraigo que constituyen los hábitos de pensamiento en la economía, dicha rigidez constituye un riesgo permanente para la aparición de nuevos procesos de aprendizaje potencialmente fértiles. Por ello, Johnson (1992) considera necesario algún tipo de "destrucción

creativa del conocimiento" antes de que las innovaciones radicales puedan difundirse por toda la economía. Siguiendo su perspectiva, el olvido creativo constituye un medio para romper con las rigideces organizativas con el fin de destruir los viejos conocimientos y competencias, que restringen la innovación, estos métodos no están exentos de costes y es necesario tener instituciones fuertes para asegurar ciertos límites a la destrucción creativa del conocimiento.

El papel del olvido en el crecimiento del conocimiento está relacionado con el cierre de ciertas actividades en un sistema económico, la liquidación de estas actividades es a menudo un requisito previo para el desarrollo de otras nuevas. Esto ocurre a nivel empresa, por ejemplo, en forma de quiebras y creación de nuevas empresas, pero también ocurre al interior de ellas, al detener la producción de productos específicos o el uso de ciertos procesos.

Estas liquidaciones son necesarias para reorientar los recursos humanos y físicos e introducir innovaciones. El cierre de las actividades es, por lo tanto, una parte normal e integrada del desarrollo económico. El olvido es, por lo tanto, una parte esencial e integrada del aprendizaje.

Una vez definido el olvido, es importante hacer distinción entre los tipos de aprendizaje. Para Johnson (1992), el aprendizaje tiene motivaciones diferentes, puede partir de una "curiosidad ociosa", la búsqueda de prestigio por méritos científicos, o motivos pecuniarios como la ganancia, por mencionar algunos, sin embargo, cualquiera que sea el motivo, es claro que en las diferentes sociedades existen diversos incentivos para aprender.

El autor (1992), considera cuatro diferentes tipos de aprendizaje, que implican distintos niveles de interacción social creciente, y siempre, moldeados por las instituciones.

- 1) Hay una *impresión simple*, individual y aislada de las experiencias inmediatas en la memoria, que no constituyen la forma más importante de aprendizaje.

- 2) Existe el *aprendizaje* memorístico, es decir, se aprende por *repetición*, donde no necesariamente se entiende lo que se hace, este aprendizaje implica observar y aprender de otras personas y, por lo tanto, necesita más interacción humana que una simple impresión individual.
- 3) Mucho del aprendizaje se hace también por medio de la *retroalimentación*, que implica aún más interacción. Al hacer o decir algo, existe una respuesta de otras personas sobre la primera acción y así sucesivamente.
- 4) Además, existe una *búsqueda sistemática y organizada de nuevos conocimientos*. Algo característico de las sociedades industrializadas modernas, donde, universidades, institutos de investigación y desarrollo, entre otras organizaciones, sostienen intensas y complejas relaciones de interacción dentro de la comunidad de investigación, así como entre ésta y otras comunidades e individuos. El cambio técnico requiere de intercambio de información entre diferentes personas, en diferentes departamentos y a diferentes niveles, dentro de las empresas y entre ellas. Además, cuanto más avanzadas son técnica o científicamente las innovaciones, más complicados son los procesos de comunicación que suelen requerir.

Las economías modernas buscan desarrollar gradualmente su capacidad de aprender. Tanto la investigación básica como la aplicada están cada vez más institucionalizadas y vinculadas a la ciencia a través de las universidades, los institutos de investigación, los departamentos de Investigación y Desarrollo, etc., es decir se profesionaliza y organiza el aprendizaje.

Esta vinculación tiene como objetivo aumentar el conocimiento para estimular la innovación, de ella se deriva un tipo especial de aprendizaje, característico de las economías basadas en el conocimiento, Johnson (1992) afirma que es conveniente distinguirlo de otras actividades de

aprendizaje y lo denomina *learning-by-searching*, “aprender buscando”, o simplemente *searching*, “búsqueda”.

Las empresas modernas persiguen de forma sistemática y organizada nuevos conocimientos para utilizarlos en la producción, en forma de nuevos procesos o productos. Dicha tarea está limitada de diferentes maneras: en primer lugar, en la medida en que el cambio técnico es una actividad de búsqueda para mantener la rentabilidad en un entorno competitivo, esta se lleva a cabo con discreción, de modo que los resultados obtenidos no sean accesibles de forma inmediata para otras empresas. En segundo lugar, la combinación de habilidades, educación, conocimiento y experiencia contenidas en el personal del departamento de investigación y desarrollo de una empresa influirá en el proceso de innovación. En tercer lugar, las posibilidades tecnológicas y los cuellos de botella existentes en la producción de una empresa, determinan que la búsqueda tome trayectorias tecnológicas específicas. En cuarto lugar, Johnson cita a Pérez (1989) al decir que, el paradigma tecno-económico dominante influye en el aprendizaje y la búsqueda en todos los niveles de la sociedad.

Por otro lado, existen actividades de investigación básica o exploración, menos orientadas a objetivos económicos, como en universidades u organizaciones sin fines de lucro, Johnson (1992) se refiere a estas actividades como *learning-by-exploring*, "aprender explorando" o simplemente *exploring*, "exploración".

Además, se adquieren nuevos conocimientos a partir de actividades económicas cuyo fin no es la generación de más conocimiento. Por ejemplo, existen actividades cotidianas de adquisición, producción y venta de una empresa, en donde el aprendizaje obtenido es un subproducto de estas actividades organizadas para otros fines. Johnson (1992) lo denomina *learning-by-producing*, “aprender produciendo”, cuyos componentes básicos son: (i) *learning-by-doing*, “aprender

haciendo”, (ii) *learning-by-using*, “aprender usando” y (iii) *learning-by-interacting*, “aprender interactuando”

Siguiendo con la perspectiva de Johnson (1992), el aprendizaje y la búsqueda no son actividades que se excluyen, sino que ocupan un lugar diferente en una escala. Es importante observar, sin embargo, que tanto el aprendizaje como la búsqueda se desarrollan desde el interior de la economía. Se introducen y se configuran a través de las diferentes instituciones. Esto hace de la innovación un proceso endógeno.

Por último, el autor (1992) sugiere que a menudo es posible identificar "sistemas nacionales de innovación". Es decir, economías nacionales como entornos pertinentes para un sistema de innovación. Esto no excluye que otras delimitaciones regionales puedan ser pertinentes como entornos para la innovación, pero como las naciones difieren, tanto en lo que respecta a la forma en que sus sistemas institucionales influyen en la innovación como en lo que respecta a la estructura económica que define las oportunidades tecnológicas, es posible considerar a cada país, como un único sistema. En este contexto, por "sistema nacional de innovación" se entiende simplemente todos los factores institucionales y estructurales interrelacionados de una nación que generan, seleccionan y difunden la innovación.

#### **1.4. La conformación de los Sistemas Nacionales de Innovación.**

Para Lundvall (1992), la ciencia económica, y en general todas las ciencias sociales, pueden ser analizadas desde la perspectiva de distintos enfoques o teorías. La mayoría de ellos da mayor protagonismo a determinados aspectos de la realidad, dejando de lado o manteniendo constantes otros “menos importantes”. En el caso de la teoría neoclásica, ha dado excelentes respuestas a

conceptos que reflejan fenómenos en el mundo real, como el intercambio o las asignaciones eficientes, a través de modelos estáticos.

Sin embargo, derivado del movimiento iniciado por un grupo de economistas institucionales, entre ellos Freeman, Lundvall y Nelson, se ha gestado un nuevo enfoque alternativo, y complementario, cuyo centro de análisis es el aprendizaje interactivo y la innovación. Los resultados de este grupo se condensan en una agenda de investigación específica: los Sistemas Nacionales de Innovación.

De acuerdo con Lundvall (1992), esta teoría se basa en dos conjuntos de supuestos: (i) se considera al conocimiento como el recurso más importante de la economía moderna y, por ende, el proceso más importante es el aprendizaje, en contraste con la teoría neoclásica que lo considerará un elemento implícito en la asignación eficiente de recursos, y (ii) el aprendizaje es un proceso interactivo, socialmente arraigado, que no puede entenderse si se elimina el contexto institucional y cultural. Las empresas atomizadas ya no son el motor principal para la innovación, sino que, existe un plano equilibrado de relaciones e interdependencia entre la industria, el gobierno y el sector académico en el proceso de innovación (Datta & Saad, 2011).

El origen del término Sistema Nacional de Innovación es atribuible a Chris Freeman (1987), Bengt-Åke Lundvall (1992) y Richard Nelson (1993), que acuñaron su propia definición en sus respectivos trabajos, y, de acuerdo con Kong y Xu (2000), sentaron las bases para una nueva agenda de investigación sobre especialización, innovación y rendimiento económico que hace hincapié en el aprendizaje institucional y pretende responder a las preguntas siguientes: ¿qué determina las posibilidades de innovación?, ¿cómo afectan los patrones nacionales de especialización, incluida la ubicación de las empresas, a la innovación y al desempeño de la economía? y ¿cómo afectan las instituciones específicas de cada nación, a la innovación y al desempeño económico?

Lundvall (1992) define a la innovación como un proceso acumulativo continuo que implica no sólo la innovación radical e incremental<sup>7</sup>, sino también la difusión, la absorción<sup>8</sup> y el uso de la innovación.

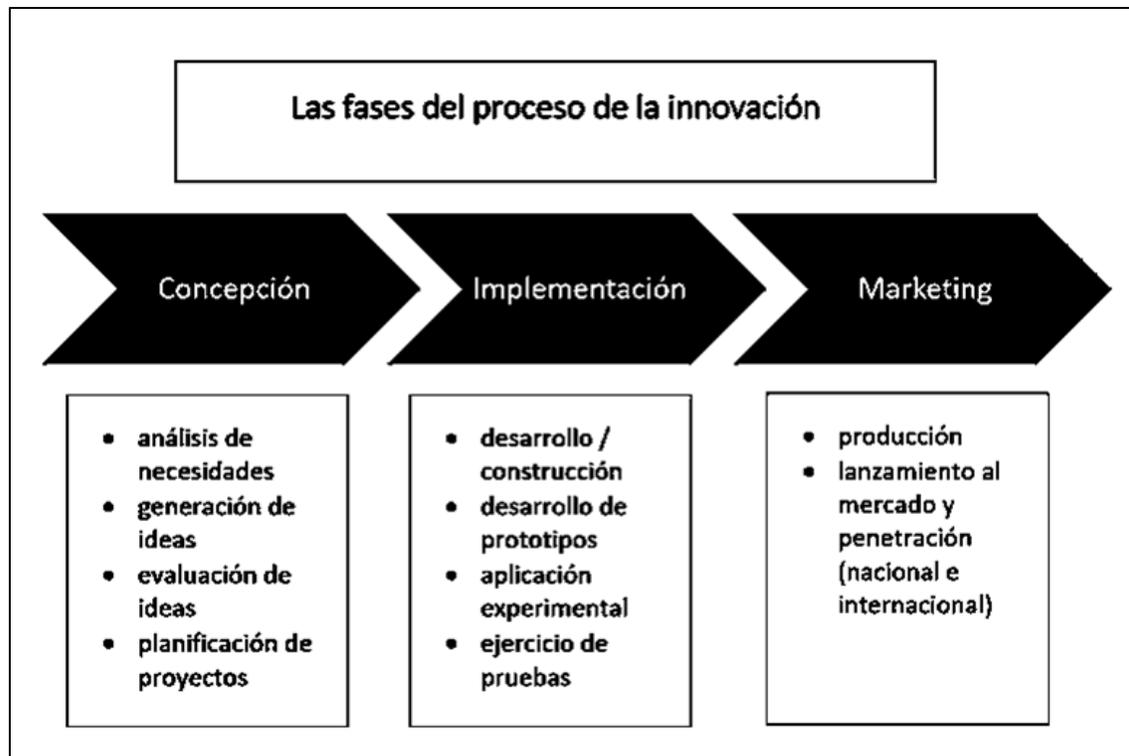
Por su parte, la OCDE define a la innovación como la invención y comercialización de nuevos productos, procesos y/o servicios o, una mejora significativa de los existentes. El requisito mínimo para una innovación es que el producto, proceso, método de comercialización u organización sean nuevos para la empresa (OECD/Eurostat, 2005). Mientras que, las actividades de innovación son todos los pasos científicos, tecnológicos, organizativos, financieros y comerciales que se pretende, conduzcan a la aplicación de las innovaciones. El proceso de innovación se resume en la figura 1.12.

---

<sup>7</sup> Lundvall (1992), al distinguir entre innovaciones incrementales y radicales, se refiere, principalmente, a la dimensión técnica o a la económica. Algunas innovaciones, incrementales en términos técnicos, pueden tener un impacto crucial en la economía. Esto será cierto para un pequeño cambio técnico que resuelva un problema de cuello de botella de importancia estratégica. Por otra parte, una innovación muy radical en términos técnicos, y la señalización de un nuevo paradigma tecnológico, podría, por razones técnicas, ser prematura y tener un impacto muy limitado en la economía. De ello se deduce que muchas innovaciones radicales sólo serán radicales en una de las dos dimensiones, mientras que en la otra seguirán siendo graduales.

Por su parte, Tseng (2009) considera que el impacto global de la innovación suele definirse como incremental o radical. En la innovación radical, las propiedades de un producto cambian súbitamente y de forma significativa, alterando de forma significativa el poder de mercado, la competitividad y el panorama industrial general. La innovación incremental impacta las capacidades existentes de las organizaciones y las estructuras de conocimiento y demanda existentes en el entorno.

<sup>8</sup> La capacidad de absorción (CA), se refiere a la posibilidad de una empresa de crear y ordenar el conocimiento para desarrollar capacidades operativas con el fin de lograr una ventaja competitiva (Zahra y George, 2002; Lane et al., 2006; Sun y Anderson, 2010). Está integrado en los sistemas, procesos y rutinas de una empresa (Todorova y Durisin, 2007). CA consiste en cuatro procesos de aprendizaje organizacional distintos pero complementarios: adquisición, asimilación, transformación y explotación (Zahra y George, 2002). La capacidad de adquisición se refiere a la capacidad de una empresa para identificar y adquirir conocimientos externos que son importantes para su negocio. La asimilación se refiere a las rutinas y procesos que la empresa utiliza para analizar, procesar, interpretar y comprender la información adquirida. La transformación se refiere a la capacidad de una empresa para construir y perfeccionar las rutinas que combinan el conocimiento existente con la experiencia recién adquirida. La explotación se refiere a la capacidad de una empresa para explotar los conocimientos existentes y transformados en sus operaciones (Lau & Lo, 2015).



*Figura 1.12. Las fases del proceso de innovación.  
Fuente: Herstatt, et al., 2008, p. 11*

Bajo la perspectiva de Johnson (1992), la innovación tiene sus raíces tanto en la estructura productiva como en la estructura institucional de una sociedad, dado que, i) la innovación refleja el aprendizaje, y este último es un proceso interactivo, se deduce que la innovación está arraigada en la estructura institucional, además; ii) si el aprendizaje emana en parte de las actividades rutinarias de la producción, la innovación también debe estar arraigada en la estructura económica predominante.

El aprendizaje interactivo, en forma de aprendizaje mediante la producción, la búsqueda y la exploración, tiende a aumentar el acervo de conocimientos económicamente útiles. Para evitar que esta reserva se deteriore es necesario un continuo reaprendizaje (o recuerdo), principalmente "recordar haciendo". El acervo de conocimientos tiende a disminuir por diferentes tipos de olvido, pero el olvido creativo puede establecer en realidad un mecanismo de retroalimentación para el

aprendizaje e indirectamente conducir a un aumento de los conocimientos. En determinadas circunstancias, partes del nuevo conocimiento pueden llegar a la producción en forma de innovaciones. El nuevo conocimiento tiene que ser aplicable en nuevos procesos o productos, y la dirección debe darse cuenta de estas posibilidades y disponer de los medios para explotarlas (Figura 1.13). También debe haber un mercado y un beneficio esperado, es decir, el lado de la demanda y las posibilidades de apropiación son importantes.

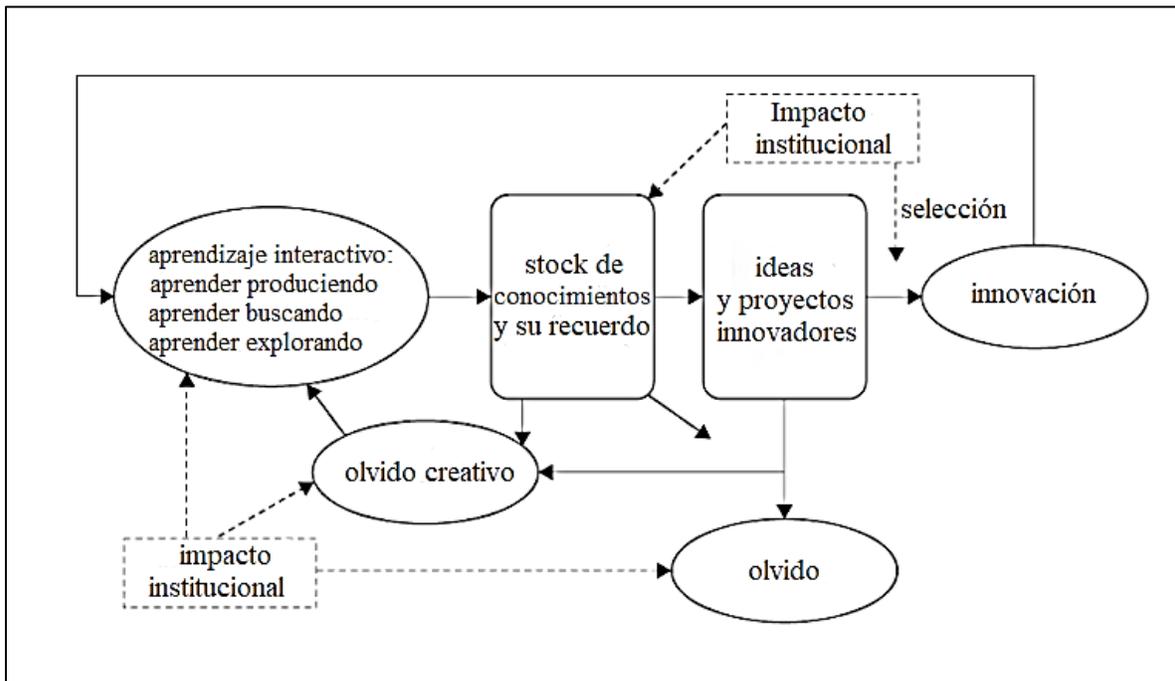


Figura 1.13. La relación entre aprendizaje, incremento del conocimiento e innovación.  
Fuente: Johnson, 1992, p. 33.

Johnson (1992) sugiere que el grado en que las diferentes habilidades y tipos de conocimiento se unen para influir mutuamente, es un factor de suma importancia en el proceso de aprendizaje, está es la razón principal por la que el aprendizaje es interactivo. Por lo tanto, la innovación puede considerarse básicamente como una actividad colectiva, resultado de la comunicación y la interacción entre las personas.

Desde la primera referencia al término SNI, por Freeman en 1987, ha tenido buena aceptación entre la comunidad científica, siendo utilizado en las formulaciones de política de la OCDE. Desde la perspectiva de Lundvall (1992), un sistema está constituido por un conjunto de elementos y las relaciones entre estos, siguiendo esta definición, un sistema de innovación está constituido por los elementos y sus relaciones que interactúan en la producción, difusión y uso de nuevos conocimientos que son económicamente útiles, del mismo modo, un sistema nacional abarca un conjunto de elementos y sus relaciones, que se encuentren dentro o están arraigados dentro de las fronteras de un Estado-nación; en conjunto, el Sistema Nacional de Innovación es un sistema social y dinámico, cuya actividad central es el aprendizaje, que implica la interacción entre las personas y su retroalimentación. Para Freeman (1987) consiste en una red de instituciones públicas y privadas, cuyas actividades e interacciones inician, importan, modifican y difunden nuevas tecnologías. Nelson (1993) define al SNI como una serie de instituciones cuya interacción determina el desempeño innovador de las empresas de un país o región. Mientras que Patel y Pavit (1994) afirman que consiste en las instituciones nacionales, su estructura de incentivos y sus competencias, que determinan la tasa y la dirección del aprendizaje tecnológico o el volumen y la composición de las actividades generadoras de cambios de un país o región.

Como bien afirma Sinha (2011), la definición más inclusiva parece ser la de Metcalfe (1995), quien define al SNI como “el conjunto de instituciones distintas que, de forma conjunta e individual, contribuyen al desarrollo y la difusión de las nuevas tecnologías y que proporcionan el marco en el que los gobiernos elaboran y aplican políticas para influir en el proceso de innovación; como tal, es un sistema de instituciones interconectadas para crear, almacenar y transferir los conocimientos, habilidades y artefactos que definen las nuevas tecnologías” (Metcalfe en Sinha, 2011, p. 65).

### **1.4.1. Características del Sistema Nacional de Innovación.**

De acuerdo con Lundvall y Johnson (1994), un sistema de innovación tiene dos dimensiones básicas: i) la estructura de producción subyacente, un marco de referencia por demás estable para el aprendizaje derivado de la rutina que tiene lugar en el sistema. Estos procesos de aprendizaje tienden a reforzar la estructura de producción vigente; de ello se sigue que los sistemas de innovación tenderán a especializarse más que a diversificarse; y ii) la organización institucional, entendida como la estructura de rutinas, normas, reglas y leyes que rigen el comportamiento y determinan las relaciones personales, repercute con fuerza en la forma en que se realiza el aprendizaje interactivo y, por ende, en el ritmo y la dirección de la innovación. De ahí que cada sistema de innovación tenga sus propias modalidades y desempeños; por ejemplo, uno puede funcionar muy bien en el desarrollo de nuevas tecnologías basadas en la ciencia y muy mal cuando se trata de utilizar tecnología de procesos avanzados (Estados Unidos) y viceversa (Japón). Ambas dimensiones conducen a un análisis estructuralista en que el comportamiento real de las personas y las organizaciones se subordina a esas estructuras y hasta cierto punto se deriva de ellas.

Por su parte, Nelson (1985) en Johnson y Lundvall (1994) afirma que, las especificidades de cada sistema de producción interactúan con las de los sistemas nacionales de innovación y tienden a crear patrones o trayectorias nacionales, las cuales, a su vez, son determinadas por las instituciones que apoyan los avances técnicos y reproducidas a través del tiempo mediante procesos basados en conocimientos específicos, organizaciones empresariales y especialización sectorial.

### **1.4.2. Actores del Sistema Nacional de Innovación.**

De acuerdo con Lundvall (1992), el enfoque de sistemas nacionales refleja que las economías difieren en sus estructuras productivas e institucionales, las cuales generan diferencias básicas en

la experiencia histórica, el idioma y la cultura de cada país, que, a su vez, definen las características de:

- La organización interna de las empresas
- Las relaciones interempresariales
- El papel de la estructura de gobierno
- La estructura institucional del sector financiero
- El grado y dirección de la I+D

Para Lundvall (1992), a nivel internacional, las diferencias y las relaciones existentes en los elementos anteriores son importantes para el funcionamiento del sistema de innovación en su conjunto. Aunado a estas diferencias, en el Sistema Nacional de Innovación se involucran distintos participantes que se relacionan en los procesos de producción, distribución y aplicación de distintos conocimientos en la cadena de innovación de un país. La figura 1.14 refleja la relación de los actores que intervienen.

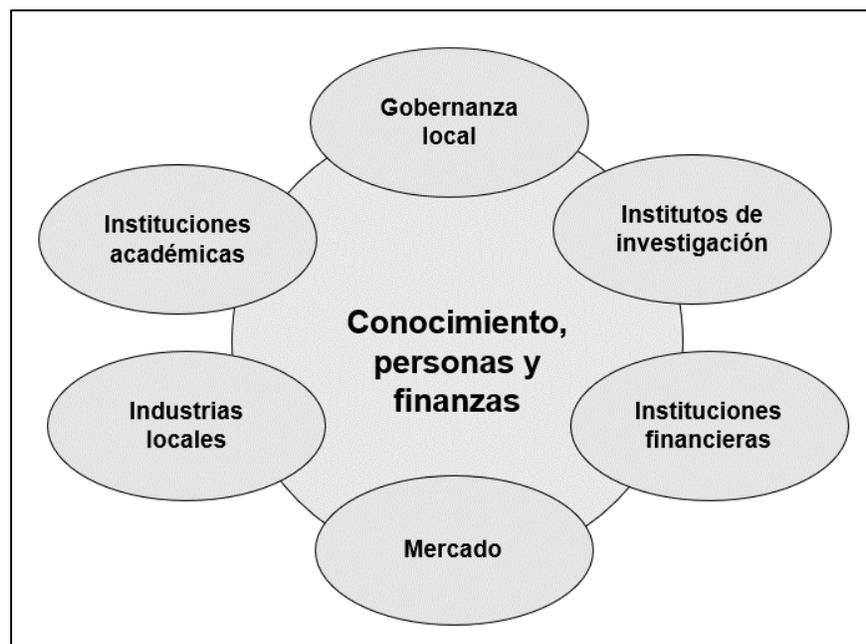


Figura 1.14. Los diversos actores del Sistema Nacional de Innovación y su interrelación.  
Fuente: Sinha, 2011, p. 3.

### **1.4.3. Sistemas Regionales y Sectoriales de Innovación.**

El enfoque del SNI supone que existe homogeneidad en las actividades de innovación dentro de los países, pero esto no es necesariamente así. En muchos indicadores, por mencionar algunos, la actividad industrial, la pobreza, la inversión y actividades en I+D, etc., pueden diferir significativamente en las áreas geográficas o regiones dentro de los países, al mismo tiempo entre un sector tecnológico y otro. Así, han aparecido enfoques de sistema de innovación complementarios al SNI, este apartado pretende caracterizar a los SRI y SSI a partir de dimensiones tales como: sus límites, actores y sus redes, instituciones, conocimiento, dinámica e implicaciones de política.

Para comenzar, de acuerdo con Schrempf y otros autores (2013), investigadores y estudiosos de los sistemas de innovación han desarrollado un enfoque regional del pensamiento del sistema de innovación, en el que las "regiones" suelen referirse a un área geográfica dentro de un país. Por lo tanto, el enfoque de los sistemas regionales de innovación (SRI) se basa en la relación entre la tecnología, la innovación y la ubicación industrial. Siguiendo esta idea, esta variación de sistema de innovación fue desarrollado principalmente por académicos de la economía geográfica que trataban de comprender el papel especial de las instituciones y organizaciones en la concentración regional de las actividades innovadoras (véase, por ejemplo, Asheim et al, 2003; Asheim y Gertler, 2005).

Para los autores (2013), a pesar de que muchos aspectos del enfoque de los SNI se pueden aplicar a nivel regional, existen características como, la organización interna de las empresas, las relaciones entre empresas, el papel del sector público local, la organización institucional del sector financiero, etc., que pueden explorarse en detalle a nivel regional. Así, el enfoque de SRI pone de relieve, la dimensión regional de la producción y la explotación de nuevos conocimientos,

contribuyendo así a explicar las diferencias regionales en cuanto a la capacidad de innovación y la fuerza económica.

Continuando con la perspectiva anterior, existen diversos trabajos que intentan comprender y estructurar las investigaciones realizadas en el marco de los SRI, por ejemplo: D'Allura y otros autores, (2012); Asheim y Gertler (2005), entre otros, sin embargo, en Doloreux y Parto (2005), sugieren que la investigación debe centrarse en tres dimensiones principales: i) en primer lugar, analizar las interacciones entre los actores del SRI, en las cuales se encuentra una clara ventaja que posee un sistema regional frente a un nacional, la cual se basa en la importancia que adquiere la proximidad espacial cuando se considera la idea de que sólo pequeñas partes del conocimiento relevante para la innovación pueden codificarse, y por lo tanto, compartirse fácilmente a través de largas distancias, mientras que el intercambio de conocimiento tácito requiere cortas distancias e interacciones cara a cara; ii) luego, el estudio del establecimiento y la función de las instituciones que apoyan el intercambio de conocimientos y la innovación en una región, cuyos arreglos se utilizan a menudo para desarrollar tipologías de SRI, una de las tipologías más destacadas fue sugerida por Cooke (2004), distinguiendo tres tipos de sistemas regionales en función del tipo de gobernanza predominante en el sistema; iii) por último, el papel de los SRI en la formulación de políticas de innovación regional, debido a que, las actividades innovadoras están distribuidas geográficamente de manera desigual, dentro de los países, lo mismo ocurre con las redes y su funcionamiento y evolución a lo largo del tiempo, entonces, la aplicación de diferentes enfoques de política a nivel regional dentro de un mismo país puede dar lugar a que las regiones aprendan de las experiencias de las demás. Una importante contribución del concepto de SRI a los debates sobre el sistema de innovación es la idea de que no existe una política única que sirva para todos.

Los instrumentos de política siempre deben ser específicos para cada contexto y deben adaptarse a las circunstancias regionales.

Ahora bien, los sistemas sectoriales de innovación (SSI), que, a diferencia de los sistemas nacionales y regionales basados en una dimensión espacial para ser delimitados, el enfoque de sistema sectorial de innovación adopta una determinada tecnología (que abarca múltiples sectores) o el sector en que se utiliza (incluidas diversas tecnologías) como su límite sistémico. Para Malerba (2004), un sector es un conjunto de actividades que están unificadas por algún grupo de productos relacionados para una demanda dada o emergente y que comparten algún conocimiento básico.

Siguiendo con la perspectiva del autor (2004), la propuesta elemental es que un sistema sectorial de innovación está compuesto por un conjunto de agentes que realizan interacciones de mercado y no de mercado para la creación, producción y venta de productos sectoriales. Los sistemas sectoriales tienen una base de conocimientos, tecnologías, insumos y demanda. Los agentes son individuos y organizaciones en diversos niveles de agregación, con procesos específicos de aprendizaje, competencias, estructura organizativa, creencias, objetivos y comportamientos. Interactúan a través de los procesos de comunicación, intercambio, cooperación, competencia y mando, y su interacción está moldeada por las instituciones. Un sistema sectorial experimenta procesos de cambio y transformación a través de la coevolución de sus diversos elementos.

Así, el SSI consta de tres bloques de construcción, a saber, i) el conocimiento y la tecnología, ii) los actores y sus redes, y iii) las instituciones. El primer bloque se refiere al dominio en el que se definen los límites del sistema, y éstos son diferentes a los límites en la dinámica del enfoque de sistemas nacionales y/o regionales, y, por lo tanto, son parte del análisis. Los límites del sistema también se definen por los vínculos y complementariedades entre los artefactos (por ejemplo, un producto o una tecnología) y las actividades, que pueden ser estáticos o dinámicos.

El segundo bloque, de los actores y sus redes de un sector son de tipo heterogéneo e incluyen, por ejemplo, individuos, empresas y organizaciones semipúblicas o públicas. Los procesos de aprendizaje, el comportamiento, los objetivos y las competencias están conectados mediante relaciones de mercado y no de mercado. Las empresas, sin embargo, se encuentran en el centro del concepto debido a su influencia primaria en la innovación, lo que, en palabras de Coenen y Diaz (2010), hace que otras organizaciones sean “secundarias”. Además, la noción de heterogeneidad de los actores también se aplica a los consumidores, es decir, la demanda también está estructurada e influida por la interacción, las competencias y las instituciones de los consumidores. En consecuencia, las relaciones y las redes son específicas de cada sector, según la base de conocimiento sectorial, los procesos de aprendizaje, las tecnologías básicas, los vínculos y las complementariedades.

El último bloque, de las instituciones, como en todos los otros enfoques de sistemas de innovación, las instituciones también desempeñan un papel importante en el concepto sectorial, y configuran las acciones e interacciones de los agentes del sistema y ayudan a orientar el comportamiento de los agentes en una determinada dirección (Coenen & Díaz López, 2010). Sin embargo, las instituciones afectan a los sectores de manera diferente: regulaciones como los derechos de propiedad y las normas sobre patentes pueden favorecer a un sector (por ejemplo, la industria farmacéutica) y obstaculizar a otro (por ejemplo, la industria alimentaria). Estos efectos también pueden variar de un país a otro. Las influencias de las instituciones en los sistemas sectoriales y viceversa son mutuas, y es posible que un sector industrial muy importante moldee a las instituciones nacionales.

Una vez definidos los bloques, Schrepf y otros (2013), afirman que los sistemas sectoriales son propensos a cambios que pueden ser causados por el régimen tecnológico y de aprendizaje del

sector, y por las pautas de innovación. Es decir, un cambio en la base de conocimientos puede dar lugar a la consolidación dentro del sector si se establece un nuevo diseño dominante, o puede causar cambios importantes en el sistema industrial si se requieren nuevas competencias. En general, estas dinámicas son de naturaleza coevolutiva y evocan cambios a nivel de la tecnología, los conocimientos, los actores y las instituciones.

Por último, Schrempf y demás (2013), refieren que la implicación más importante para los policymakers respecto del enfoque de SSI es, que requiere una buena comprensión de los procesos coevolutivos dentro de cualquier sector tecnológico: si las intervenciones de política son muy poco específicas o se están llevando a cabo a nivel nacional, entonces pueden tener repercusiones drásticamente diferentes en los distintos sectores, pueden no causar ningún efecto, o incluso causar efectos negativos, en los sectores en que la coordinación del mercado es el mecanismo predominante. Como consecuencia de los diferentes efectos, se requiere un análisis comparativo de los sectores para determinar cómo puede evolucionar la configuración institucional en función de la intervención de política. No obstante, el mismo sector en un país diferente puede seguir funcionando de manera diferente, ya que el contexto nacional también es importante.

Una vez definidos y diferenciados los enfoques, se afirma que, todos los enfoques del sistema de innovación son potencialmente importantes en lo que respecta a los esfuerzos por impulsar la innovación hacia objetivos socialmente deseables, la elección de un enfoque en el estudio de un tópico arrojará similitudes y diferencias. Esos enfoques proporcionan los marcos conceptuales y los instrumentos necesarios para adoptar decisiones de política con respecto a la innovación en sistemas altamente complejos, no lineales e interactivos. Por último, en el cuadro 1.3 se comparan los SNI, SRI y SSI en los seis niveles que fueron desarrollados en este subapartado.

### Comparación de los SNI, SRI y SSI, en 6 niveles de análisis.

Nivel / SI	SNI	SRI	SSI
<b>Enfoque</b>	- Innovación - Aprendizaje	- Innovación - Aprendizaje	- Innovación - Aprendizaje
<b>Límites</b>	- Fronteras nacionales.	- Áreas geográficas dentro de un país.	- Sector tecnológico o tecnología.
<b>Actores y redes</b>	Estado, IES, CI y Empresas y sus relaciones	- Organización interna de las empresas, las relaciones entre empresas, el papel del sector público y la política pública, entre otros	Individuos, empresas y organismos públicas y/o semipúblicas.
<b>Instituciones</b>	- De mercado - De no mercado.	- De mercado - De no mercado.	- De mercado - De no mercado.
<b>Conocimiento</b>	- Mediante el aprendizaje interactivo.	- Generación, explotación y difusión de conocimientos mediante el aprendizaje interactivo a nivel regional	- Procesos de aprendizaje, comportamiento, objetivos y competencias conectados mediante relaciones de mercado y no de mercado.
<b>Dinámica</b>	- Interacción eficiente y continua.	- Relación entre la tecnología, la innovación y la ubicación industrial	- Cambios provocados por el régimen tecnológico y de aprendizaje del sector, así como por las pautas de innovación.
<b>Implicaciones de política</b>	- Proporciona un marco para que los gobiernos apliquen políticas con el fin de influir en el proceso de innovación, así como corrección de fallos del mercado.	- Comprender el papel especial de las instituciones y organizaciones en la concentración regional de las actividades innovadoras.	Dado que estas intervenciones pueden tener repercusiones diferentes en los distintos sectores, se requiere un análisis comparativo de los sectores para determinar cómo puede evolucionar la configuración institucional en función de la intervención de política.

*Cuadro 1.3. Comparación teórica entre los SNI, SRI y SSI.  
Elaboración propia con base en Schrempf et al (2013) y Malerba (2004).*

## **1.5. Conclusiones del capítulo.**

En primer lugar, de acuerdo con lo expuesto en el capítulo, la visión ortodoxa no proporciona conceptos explícitos de aprendizaje, cuando mucho, se deducen a partir de postulados como la función de costos, que explica la adaptación y la flexibilidad en los procesos de producción con una previa planeación y acceso ilimitado a la información y capacidad infinita de procesamiento. Estos enfoques tampoco toman la intervención de las diferencias institucionales y culturales entre, y al interior de las organizaciones, en los procesos económicos.

Respecto al enfoque de los SNI, la creciente literatura relacionada con el concepto y la mayor aceptación que tiene al momento de formular políticas en materia de Ciencia y Tecnología e innovaciones refleja la importancia que gana el enfoque entre la comunidad científica, así como en los *policymakers*.

Las economías desarrolladas, así como las emergentes, basan su crecimiento económico en actividades intensivas en conocimiento para producir innovaciones, comprobable a través de un buen número de estudios empíricos que han demostrado la existencia de una relación positiva entre la innovación y el crecimiento económico.

Del mismo modo puede concluirse que, en las economías modernas, se reconoce cada vez más la importancia de los procesos de innovación y desarrollo tecnológico (IDT) a través de un complejo conjunto de interacciones y relaciones entre actores institucionales como el gobierno, la industria y el mundo académico, y se deja de lado la idea de que las innovaciones se producen en hechos aislados, o como producto del trabajo de entidades empresariales individuales.

En este sentido, el capítulo destacó la importancia del concepto de instituciones para el análisis del intercambio económico en general y de los procesos de IDT en particular. De acuerdo con la visión

de North, las instituciones pueden ser formales e informales, y su función es establecer las reglas de interacción entre los agentes. Un punto para destacar es la conexión intrínseca que existe entre las instituciones y el aprendizaje.

Sobre este último ya se ha hecho hincapié en el tratamiento tangencial de este concepto en la literatura neoclásica, en específico la teoría de costos. No obstante, es necesario señalar que los mecanismos de aprendizaje organizacionales están en función del marco institucional en el que se desarrollan las actividades productivas.

Primero, se destacaron diferentes tipos de aprendizaje cuyo objetivo es la búsqueda sistemática de nuevos conocimientos, tales como, *learning by searching* o búsqueda y *learning by exploring* o exploración. Posteriormente, se enumeran otras formas de aprendizaje, pero, a diferencia de las primeras, la adquisición de conocimiento no es el objetivo principal y el aprendizaje obtenido es considerado un subproducto, por ejemplo, (i) *learning by producing* o aprender produciendo, (ii) *learning by doing* o aprender haciendo, (iii) *learning by using*, es decir, aprender usando y, (iv) *learning by interacting* o aprender interactuando.

Por último, se puede concluir que, a diferencia de la teoría neoclásica del crecimiento, los SNI proponen que los gobiernos y los organismos de apoyo pueden desempeñar un papel de coordinación esencial en la creación y difusión de la innovación en una economía nacional. En palabras más sencillas, las instituciones son importantes, pues crean y apoyan un entorno en el cual, el conocimiento y los recursos colectivos puedan intercambiarse más fácilmente para la búsqueda de nuevas ideas y oportunidades.

A manera de resumen, en el cuadro 1.3 se exponen las principales características de los diferentes enfoques analíticos que se mencionaron en el capítulo.

## Análisis de la firma a través de distintos enfoques teóricos

	<b>Empresa Neoclásica</b>	<b>Vieja Organización Industrial</b>	<b>Nueva Organización Industrial</b>	<b>Empresa como Instituciones</b>	<b>Empresa evolucionista</b>
<b>Contexto teórico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Asignación de recursos limitados.</li> <li>- Estructura de mercado dada.</li> <li>- Equilibrio: vector de precios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Asignación de recursos limitados.</li> <li>- Competencia vía precios y diferenciación de productos.</li> <li>- Estructura de mercado dada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Competencia desde la perspectiva de interacción estratégica.</li> <li>- La estructura del mercado se enfoca a la búsqueda del cambio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema económico dinámico.</li> <li>- Evolución histórica del marco institucional.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistema económico dinámico.</li> <li>- Competencia a través de nuevos productos o tecnologías.</li> <li>- Estructuras de mercado: destrucción creativa</li> </ul>
<b>Objetivos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maximización de los beneficios en el corto plazo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maximización en el LP.</li> <li>- Poder de mercado reflejado en: las barreras a la entrada, las ventas y la supervivencia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Maximización de beneficios.</li> <li>- Poder de mercado reflejado en: la evolución de las estructuras del mercado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Crecimiento.</li> <li>- Organización del proceso de producción.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Objetivo de beneficio abstracto.</li> <li>- Beneficios extraordinarios a través de la innovación</li> </ul>
<b>La elección establece lo que la empresa sabe hacer</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La tecnología está implícita y disponible para todos.</li> <li>- El cambio tecnológico es exógeno.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La tecnología está implícita y disponible para todos.</li> <li>- El cambio tecnológico es exógeno.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La tecnología está implícita y disponible para todos.</li> <li>- El cambio tecnológico es exógeno.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estructuras de gobernación.</li> <li>- Capacidad de gestión eficiente de los recursos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacidades de gestión, productivas e innovadoras.</li> <li>- Ampliación a través del aprendizaje acumulativo</li> </ul>
<b>Mecanismos de coordinación del comportamiento</b>	<p>Conducta racional maximizadora. Corto plazo: <math>CMg = Img \rightarrow p^* \text{ y } q^*</math>. Largo plazo: por el tamaño de la planta, inputs / outputs.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conducta racional maximizadora.</li> <li>- Fijación óptima de precios. <math>\rightarrow p^*</math>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conducta racional maximizadora sujeta a variaciones especulativas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mercados organizados.</li> <li>- Otros mecanismos además del precio.</li> <li>- Dinámica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Racionalidad limitada.</li> <li>- Rutinas</li> </ul>
<b>Estructura del mercado</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Competencia perfecta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Competencia perfecta.</li> <li>- Oligopolio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Oligopolio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mercados más o menos concentrados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mercados más o menos concentrados.</li> </ul>
<b>Competencia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A través del precio.</li> <li>- Se considera estática.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A través de la fijación de precios y la diferenciación.</li> <li>- Se considera estática</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A través de la fijación de precios y la diferenciación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mercados organizados o cuasiorganizados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Competencia schumpeteriana</li> </ul>

Cuadro 1.3: Diversos niveles de análisis de la firma a través de distintos enfoques teóricos.  
Elaboración propia con base en: Matos (2016), Koutsoyiannis (2002).

## **Capítulo 2. Evolución del SNI y el sector espacial de China.**

“El viaje de mil millas comienza con un paso.”

**Proverbio chino.**

### **Introducción.**

No extraña la cada vez mayor importancia que recibe el concepto de Sistemas Nacionales de Innovación (SNI) en los organismos o foros globales, o bien, en la formulación de políticas de desarrollo, sobre todo si se considera a la innovación como factor determinante de la competitividad global y como principal motor de crecimiento económico. Es importante señalar que los SNI difieren de un país a otro, debido a que están influenciados por la historia, nivel de desarrollo y marco institucional entre otros factores de las diferentes naciones.

Inmediatamente después de la Segunda Guerra Mundial, en la mayoría de los países desarrollados e industrializados predominaba el impulso de la economía basada en ciencia y la tecnología, mientras que los países en desarrollo se caracterizaban por su industrialización tardía; a pesar de ello, algunos de estos países presentaban una rápida evolución tecnológica, ejemplo de ello son: Brasil, Rusia, India, China y Sudáfrica (BRICS), dejando en claro que cada país tiene su propio patrón de evolución.

### **2.1. Sistema Nacional de Innovación en China.**

Como lo afirma McCaleb (2012), China tiene la ambición de cambiar el "Made in China" a "Innovated in China", para lograrlo, su gobierno promueve la innovación endógena o el desarrollo impulsado por la innovación, anunciado por primera vez en la Conferencia Nacional de Ciencia y Tecnología de 2006 (McCaleb, 2012). Actualmente, el Sistema Nacional de Innovación (SNI) de

China, al igual que el resto su economía, se encuentra en un proceso de transición hacia una economía de mercado, apoyado por reformas económicas y una política de apertura que le han permitido experimentar un desempeño extraordinario durante casi tres décadas. Para McCaleb (2012) el gobierno es el participante más importante en los SNI, ya que establece los objetivos de investigación y desarrollo (I+D) del país, proporciona apoyo financiero a las áreas de ciencia y tecnología y elige las tecnologías clave que se van a desarrollar. El gobierno promueve las interacciones entre los actores clave mediante el establecimiento de programas de ciencia y tecnología, parques científicos, incubadoras y zonas de desarrollo de alta tecnología.

De acuerdo con diversos autores, es posible distinguir tres fases: *el periodo maoísta*<sup>9</sup>, que se desarrolló desde finales de los años cuarenta hasta 1978, *de apertura* desde 1978 hasta finales del siglo XX, y la última, que corresponde al *siglo XXI*. De aquí en adelante, se denominarán a cada una de estas fases: (i) *de transferencia*, (ii) *de apertura* y (iii) *moderna*.

Desde la perspectiva de Sun (2002), la fase *de transferencia* puede dividirse en cinco etapas. La primera de ellas (1949 – 1952), fue un período de reconstrucción postrevolución durante el cual, la Academia China de Ciencias (CAS, por sus siglas en inglés) y muchos institutos de investigación industrial fueron fundados.

Durante la siguiente etapa (1953 – 1957), tuvo lugar el primer plan quinquenal<sup>10</sup>, que se caracterizó por la transferencia masiva de tecnología de la Unión Soviética, que a su vez proporcionó a China un modelo para organizar la investigación. El sistema de innovación del período se caracterizó por estar “compartimentado”, así que, institutos como la CAS fueron designados para llevar a cabo

---

<sup>9</sup> Mao Zedong. Presidente del Partido Comunista de China (1935-1976) y principal dirigente chino (1949-1976), fue fundador de la República Popular China (Wilson, 2019).

<sup>10</sup> La aplicación del primer plan quinquenal de China en 1953 fue el primero de una serie de planes para incentivar la industrialización y el desarrollo económico planificados de forma centralizada del país (Liu, 2019).

investigaciones mientras que las universidades se dedicaban a la educación (Schneider en Sun, 2002). Mientras tanto, las actividades de investigación y desarrollo tecnológico se separaron de las industrias. Otro de los sucesos más importantes de la segunda etapa fue la redacción del Plan de Doce Años (1956-1967), considerado el primer programa de ciencia y tecnología a largo plazo de China, que comprendía doce grandes áreas industriales de la tecnología, entre ellas la energía atómica, la radioelectrónica, los transistores, la automatización, las técnicas informáticas, la aeronáutica y los instrumentos de óptica y precisión (MOST citado por Sun, 2002). Además, el programa especificaba 57 tareas principales para la investigación básica (Yan citado por Sun, 2002).

Durante la tercera etapa (1958 – 1960), se dio el Gran Salto adelante<sup>11</sup>, además, China intentó romper con la influencia del modelo soviético, que hacía hincapié en el desarrollo de la industria pesada y las grandes empresas, para dar lugar también al crecimiento a otros sectores como la agricultura. Se dotó de mayor importancia a la investigación para la producción industrial, a fin de fortalecer el vínculo entre ambas áreas. Sin embargo, debido a los objetivos y estrategias poco realistas, el intento de transición fracasó y las actividades científicas y tecnológicas se vieron gravemente truncadas (Sun, 2002), El movimiento terminó en enero de 1961, después de las pésimas cosechas de 1959 y 1960 y el fin de la ayuda técnica soviética<sup>12</sup>.

La etapa cuatro (1961 – 1965), se caracterizó por el reajuste y la recuperación de la recesión económica de principios la década de 1960. Tras la ruptura chino-soviética y posterior retirada de

---

<sup>11</sup> El Gran Salto Adelante fue la política de Mao Zedong de formar comunidades para impulsar la agricultura, aumentar la producción industrial y dar el "gran salto" hacia el comunismo. Sin embargo, los desastres naturales y la inadecuada gestión provocaron hambrunas que causaron la muerte de más de 30 millones de personas y la desintegración social (Chong, 2019).

<sup>12</sup> La división chino-soviética fue la ruptura ideológica que comenzó a mediados de la década de 1950 entre los gobiernos comunistas de China y la Unión Soviética. Las principales razones de la división fueron las diferencias entre las ideas chinas y soviéticas sobre el futuro del Partido Comunista y la rivalidad entre las dos naciones para convertirse en la fuerza comunista dominante en el mundo (Ruth, 2018).

los asesores técnicos soviéticos, China aceleró sus esfuerzos locales en materia de ciencia y tecnología, retomando algunos de los enfoques utilizados en su primer plan quinquenal, haciendo hincapié en la aplicabilidad de la investigación científica. También en este periodo, se presentó el segundo programa de ciencia y tecnología (1963-1972), que incluía 374 grandes proyectos encaminados a conseguir la autosuficiencia y sumar los esfuerzos endógenos en el desarrollo de tecnologías (Sun, 2002).

Durante la última etapa (1966-1976), ocurrió la Revolución Cultural<sup>13</sup>, uno de los períodos más caóticos de la historia de la República Popular China. A excepción del ámbito militar, las actividades de I+D enfocadas en otros fines se vieron gravemente perturbadas, además, se eliminaron o redujeron diversas instituciones de investigación científica y se disolvieron numerosos grupos de personal de ciencia y tecnología (Sun, 2002).

En resumen, durante la fase *de transferencia* (1949 - 1978), el SNI y la economía en general estaban bajo el estricto control del Estado. De acuerdo con Schmid y Wang (2017), el SNI funcionaba como un modelo de innovación lineal claramente jerárquico<sup>14</sup> y con un alto grado de segregación entre los actores involucrados en el desarrollo y comercialización del conocimiento, un modelo que era coordinado, principalmente, a través de la Comisión de Planificación del Estado y por los predecesores del Ministerio de Ciencia y Tecnología. El gobierno central controlaba la mayor parte de la actividad relacionada con la innovación, donde los actores dominantes en I+D eran los institutos de investigación gubernamentales que mantenían débiles o inexistentes nexos

---

<sup>13</sup> La Revolución Cultural de China, fue una lucha de poder dentro del Partido Comunista de China, que resultó en un caos político y económico, con interrupciones masivas en la industria y el comercio. Algunos expertos la consideran una lucha entre Mao Zedong y Liu Shaoqi por el dominio del Partido Comunista Chino (Liu, 2019).

<sup>14</sup> Para Schmid y Wang (2017), el sistema jerárquico se debía a la política del gobierno para establecer la autosuficiencia económica, por lo tanto, la apertura, el intercambio con el exterior y la inversión extranjera directa (IED) eran casi inexistentes.

con el sector privado. Además, sólo unas cuantas universidades, como las de Pekín y Tsinghua, participaban en actividades de investigación científica básica y las empresas pocos esfuerzos dedicaban a la generación de I+D, todos estos factores provocaban brechas entre la investigación y su comercialización.

Desde la perspectiva de Sun (2002), dos rasgos caracterizaron el SNI de la primera fase: (i) la importancia dada al desarrollo de tecnologías militares desde principios de la década de 1950, debido a los problemas logísticos y de equipamiento enfrentados durante la Guerra de Corea y a la constante amenaza nuclear que representaban los Estados Unidos a finales de la década de 1950. Entonces, el gobierno decidió desarrollar armas nucleares (1955), misiles estratégicos (1956), así como submarinos nucleares y misiles balísticos (1958). Posteriormente, la escisión con la Unión Soviética en 1960 convirtió a China en uno de los países más aislados del mundo, alejado tanto de los bloques capitalistas como socialistas, en consecuencia, el país se vio obligado a dar aún mayor prioridad al desarrollo de I+D e industrias relacionadas con el ejército. Así, desarrolló una bomba atómica en 1964, una de hidrógeno en 1967, y lanzaría su primer satélite al espacio para 1970; y, (ii) que había una clara división del trabajo entre industrias, laboratorios gubernamentales y universidades. Las empresas sólo fungían el papel de centros de producción, los laboratorios gubernamentales se enfocaban en la investigación y el desarrollo, y las universidades, con pocas excepciones, eran únicamente centros de formación. Los laboratorios gubernamentales eran los principales organismos que se ocupaban directamente de la I+D.

Como lo afirman Sun y Liu, (2010), en el período inmediato posterior a Mao comenzó la fase *de apertura*, en la cual, el desarrollo de la ciencia y tecnología en China tuvo etapas bien diferenciadas, marcadas cada una por las *Conferencias Nacionales Estratégicas sobre Ciencia y Tecnología* (1978, 1985, 1995, 1999 y 2006), a partir de las cuales, se adoptaron decisiones

estratégicas en numerosas áreas. De acuerdo con Schmid y Wang (2017), en esta fase dieron inicio una serie de políticas y reformas<sup>15</sup> emprendidas por el gobierno en diversos ámbitos de la economía mediante las cuales, los SNI de China empezaron a ser cada vez menos jerárquicos y con vínculos más fuertes entre todos sus participantes. De acuerdo con Walsh (2003), una de las reformas más significativas fue la introducción de las Zonas Económicas Especiales (SEZs, por sus siglas en inglés, que fueron las primeras de varios otros tipos de zonas experimentales de desarrollo e inversión directa que desempeñaron un papel importante en la modernización tecnológica del país. También comenzó un cambio simultáneo hacia la economía de mercado para alejarse de la doctrina de la autosuficiencia.

Para Sun, el año 1985 marcó el inicio de reformas masivas en beneficio de la ciencia y la tecnología, principalmente con el anuncio de las "Decisiones sobre las reformas del sistema de ciencia y tecnología" del gobierno central, uno de los documentos más importantes que guiaron a las reformas de la ciencia y la tecnología en China, las cuales se centraron en los laboratorios gubernamentales, en el sentido de que se redujo su financiación con el fin de inducirlos a ser más competitivos y participar en el mercado de la tecnología, además de que se aumentó su autonomía. Otra iniciativa clave fue la creación de un mercado tecnológico, destinado a vincular más eficazmente la I+D con las actividades industriales (Sun, 2002).

Se incluyeron otras políticas de apoyo como: i) la creación en 1986 de la Fundación Estatal de Ciencias Naturales para apoyar la investigación básica, ii) la adopción de un sistema de licitaciones para sustituir el antiguo método de asignación, iii) la promoción de la movilidad de personal

---

<sup>15</sup> En diciembre de 1978 se celebró la Tercera Sesión Plenaria del Undécimo Comité Central del Partido Comunista Chino, que resultó ser un punto de inflexión significativo para la economía china. En esta reunión se decidió que el gobierno debería cambiar el enfoque hacia el desarrollo económico a través de la transformación del sistema de gestión económica y la expansión de la cooperación económica con otros países. Como resultado, China comenzó a aplicar la política de reforma y apertura de su economía (Zhao, 2018).

dedicado a la ciencia y tecnología, iv) el establecimiento de un órgano gubernamental central para guiar al SNI, el Ministerio de Ciencia y Tecnología (MOST, por sus siglas en inglés), entre otros. El enfoque fue impulsado por los éxitos anteriores en la reforma de los sectores agrícola e industrial, que se centraron en gran medida en el aumento de la autonomía de los campesinos y la adopción parcial de mecanismos de mercado para lograr una mejor correspondencia entre la oferta y la demanda (Sun, 2002).

Hacia 1999, Sun (2010), identificaba 3 características principales en el SNI: i) los laboratorios financiados por el gobierno chino ocupaban una posición mucho más central en comparación de los países occidentales, ii) el papel de las universidades de China era menos importante en las actividades de I+D en comparación con Occidente, y, iii) el gobierno aún era la fuerza líder en la reforma de su sistema de innovación, lo controlaba y dirigía directamente.

Para Sun y Liu (2010), 1999 es el año en que el gobierno inició la formal creación de su propio sistema de innovación científica y tecnológica, cuyo antecedente más inmediato se remonta a 1997, cuando la CAS presentó el informe de investigación titulado "*Welcoming the Era of a Knowledge-Based Economy with the Construction of a National Innovation System*". Fue una decisión estratégica en torno a dos aspectos: i) la globalización económica y a la era del conocimiento del siglo XXI, y ii) como una medida importante para poner en marcha la *Estrategia de Rejuvenecimiento de China a través de la Ciencia y la Educación*. La Academia China de Ciencias desempeñó un papel importante en el proceso de construcción del actual SNI.

Gracias a las reformas, se han realizado notables progresos en la construcción y la transformación estructural del SNI en China, las empresas se han convertido en el centro tanto de la estructura de financiación como de la estructura de ejecución de los gastos en ciencia y tecnología a nivel estatal, sin embargo, el gobierno central sigue siendo la fuerza principal en la reforma del SNI (Wang, et

al., 2016). El incremento de la participación empresarial no solo incluía a las nacionales, ya que también se dio paso a las empresas multinacionales con sede en el extranjero. En China, esas empresas eran tecnológicamente superiores a las locales y dieron lugar a la difusión de conocimientos en las industrias nacionales, pero, para que esto sucediera, debía existir la capacidad de absorber los conocimientos, la voluntad de aprender de las empresas extranjeras y adoptar prácticas y tecnologías novedosas (Schmid & Wang, 2017). Además, siguiendo con la perspectiva del autor, para crear un entorno favorable para las innovaciones, el gobierno chino realizó cambios para proveer de un escenario con derechos de propiedad intelectual<sup>16</sup> con mayor protección, para ello se promulgaron cuatro leyes fundamentales: i) la Ley de Marcas, 1982, ii) la Ley de Patentes, 1984, iii) la Ley de Contratos de Tecnología, 1987, y, iv) la Ley de Derechos de Autor, así como futuras enmiendas.

En el año 2006 dio inicio la fase *moderna*, de acuerdo con Sun y Liu (2010), el gobierno chino presentó el "Plan de Mediano a Largo Plazo para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología Nacionales 2006 - 2020" (MLP, por sus siglas en inglés) para fortalecer el progreso científico y tecnológico de China. Con quince años de duración, el plan refleja la determinación de China de combatir crecientes problemas sociales y ambientales nacionales a través de la tecnología y de convertirse en líder mundial en innovación. En dicho plan, el SNI está conformado de cuatro subsistemas principales: el sistema de innovación tecnológica, el sistema de innovación del conocimiento, el sistema de innovación en defensa nacional, y el sistema de innovación regional,

---

<sup>16</sup> Según la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (WIPO, por sus siglas en inglés), el término "propiedad intelectual" se refiere a las creaciones de la mente, como las invenciones, las obras literarias y artísticas, los diseños y los símbolos, nombres e imágenes utilizados en el comercio. En los Estados Unidos hay varios tipos de propiedad intelectual, que incluyen patentes, marcas comerciales, derechos de autor y secretos comerciales. Las patentes permiten a su propietario determinar quién puede hacer, usar o vender un invento. Las marcas comerciales permiten a su propietario comunicar a los consumidores la fuente u origen de un producto o servicio. Los derechos de autor permiten a su propietario determinar quién puede reproducir o distribuir una obra, exhibir públicamente una obra o preparar obras derivadas. Los secretos comerciales protegen la información comercial confidencial (USPTO, 2018).

este último muy importante porque las regiones en China desempeñan un papel clave en el avance de la ciencia y la tecnología. Como bien afirma McCaleb (2012), el plan hace explícito el deseo de desarrollar innovación endógena, con el objetivo de reducir la dependencia de la tecnología importada al 30% para 2020, elevar la proporción de I+D en relación con el PIB a un 2,5% o más para 2020; hacer que la ciencia y la tecnología y la innovación contribuyan en un 60% al crecimiento del PIB; y "estar entre los cinco principales contribuyentes mundiales a las patentes nacionales y a las citas internacionales en los artículos científicos". Para Schmid y Wang (2017) este plan es una continuación de las políticas iniciadas a finales de la década de 1990 para ampliar la I+D, aumentar el papel del mercado y construir un sistema de investigación de alta calidad.

Gu y otros autores (2016), hacen dos observaciones al Sistema Nacional de Innovación chino actual: i) que la última década se ha caracterizado por el hecho de que China ha llegado al final del "excedente de mano de obra"<sup>17</sup>, especialmente entre la población rural. Los efectos de una creciente escasez general de mano de obra pueden observarse en la reducción de personal calificado en varias provincias y en el rápido aumento de los salarios en general, a partir de 2009 y 2010. Como resultado, China está alcanzando el "Punto de inflexión de Lewis"<sup>18</sup>, donde, es probable que el crecimiento se desacelere a menos que se puedan movilizar nuevas fuentes de crecimiento, como la innovación y el desarrollo tecnológico (Das & N'Diaye en Gu et al, 2016),

---

<sup>17</sup> De acuerdo con Das y N'Diaye, La evolución demográfica señala claramente una inminente transición a una economía con escasez de mano de obra, principalmente porque la población activa alcanzará un máximo histórico y luego iniciará un descenso vertiginoso. Las Naciones Unidas proyectan que el envejecimiento y la menor fecundidad reducirán la población activa (Das & N'Diaye, 2013).

<sup>18</sup> William Arthur Lewis, ganador del Premio Nobel de Economía de 1954, propuso el modelo de desarrollo económico de un Estado en proceso de industrialización con una estructura dual de ciudades y zonas rurales, donde el excedente de mano de obra en el sector agrícola se transfiere continuamente al sector urbano (Yin, et al., 2017). La reasignación de la mano de obra desde el sector rural hacia el sector urbano termina cuando la economía alcanza el punto de inflexión. Este punto ocurre cuando la tasa de reubicación de la mano de obra supera el crecimiento de la población. Si esa condición se mantiene durante un período suficientemente largo, el dualismo se acaba y la economía deviene en una economía totalmente urbana y comercial (Ranis, 2004). En este proceso de cambio, según el modelo de Lewis, los ingresos reales y las remuneraciones a trabajo crecen ya que la economía avanza desde la abundancia de mano de obra a una situación de escasez de mano de obra. (Puyana & Romero, 2013).

y, ii) la productividad laboral ha aumentado en la mayoría de los sectores en la última década, pero, aún debajo de la media de los países de la OCDE. Al mismo tiempo, esta productividad está desigualmente distribuida, mientras que un pequeño número de empresas presenta elevados índices de productividad, la mayoría exhiben bajos niveles (McKinsey citado en Gu et al, 2016).

Derivado del análisis anterior, Gu y otros (2016) hacen algunas recomendaciones para implantar en el Sistema Nacional de Innovación del país:

- a) Mejorar la gestión de los fondos públicos y fomentar aún más el desarrollo de una comunidad científica basada en la experiencia académica, que aumentaría en gran medida la eficiencia de la producción de conocimientos. Lo anterior puede combinarse con una comunicación más asertiva con la industria, la academia, así como con el exterior, ya que, también es importante participar en las sociedades académicas internacionales y presentar los hallazgos al resto. Con ello, aumentaría sin duda la tasa de rendimiento de la inversión en I+D realizada
- b) Garantizar una base científica y técnica más eficaz mediante: la reorientación de algunos programas de financiación de I+D e innovación para abordar los retos de la sociedad o reforzar la innovación impulsada por la demanda. Además, esto coadyuvaría a que se mejoren las condiciones generales en las que se llevan a cabo la interacción, cooperación y aprendizaje entre los distintos agentes del sistema de innovación.
- c) En cuanto a la política económica y de innovación, se recomienda un cambio general hacia los mercados nacionales y dirigir las actividades de innovación hacia las necesidades sociales y ecológicas locales, como los servicios de salud, educación, transporte, energía y el medio ambiente. A largo plazo, esto reduciría el riesgo de conflicto comercial y permitiría a China contribuir tanto a la demanda del mercado internacional como al bienestar humano.

La figura 2.1 resume los acontecimientos más importantes de las tres fases descritas anteriormente.

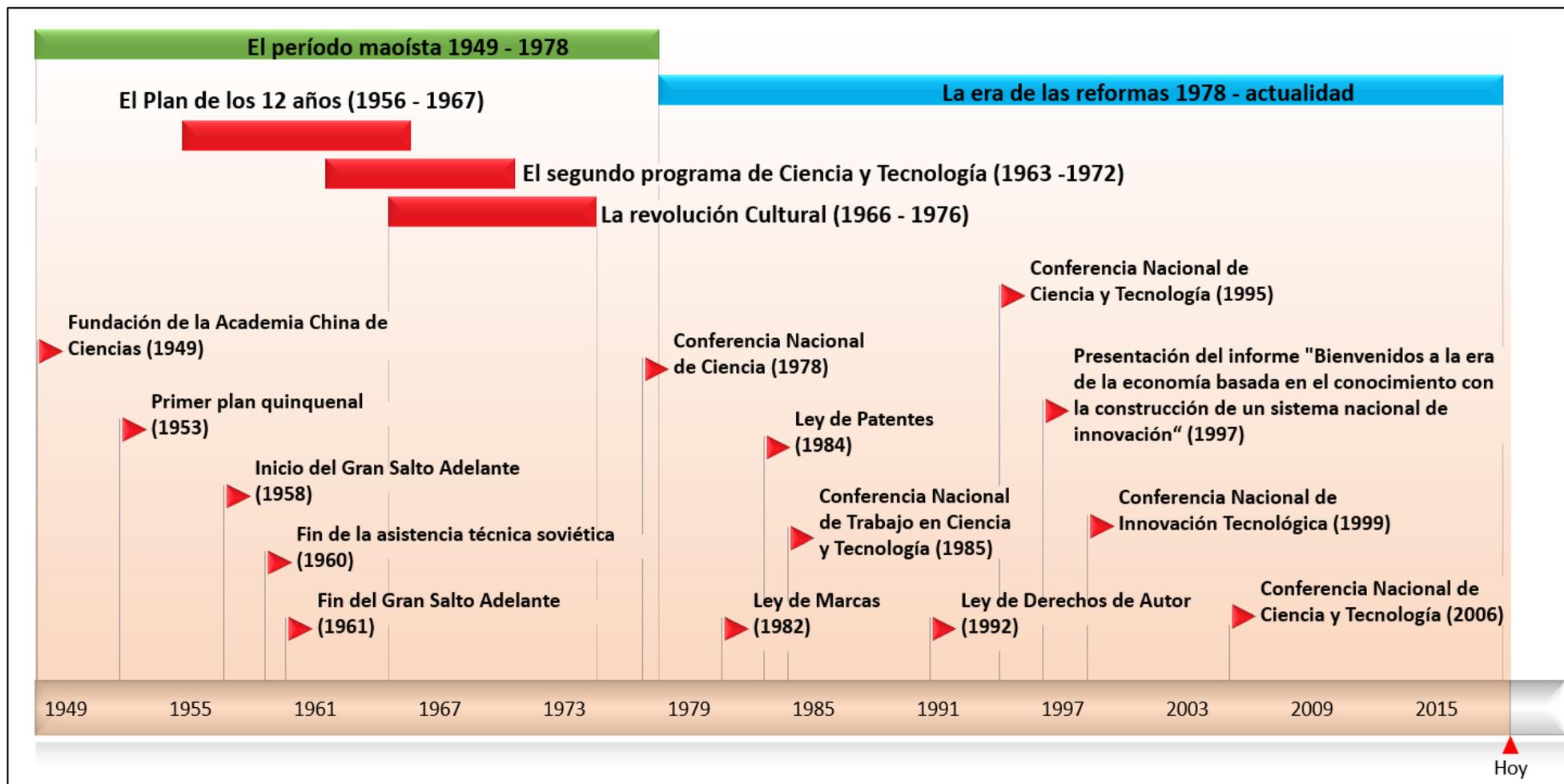


Figura 2.1. La evolución del SNI de China.  
Fuente: Elaboración propia con base en Sun (2002), Sun & Liu (2010) y Schmid & Wang (2017)

### 2.1.1. Marco de análisis del SNI chino y los actores que participan en él.

Derivado de la incorporación de políticas, así como de factores externos y las nuevas relaciones entre estos, Wang y otros autores (2016), sugieren un marco conceptual del actual SNI en China, que incorpora elementos como el Diamante de Porter<sup>19</sup>, en el cual se identifican múltiples subsistemas: fundación de la innovación, entorno de innovación, portador de innovación y salida de la innovación. La figura 2.2 muestra el marco conceptual del SNI chino.

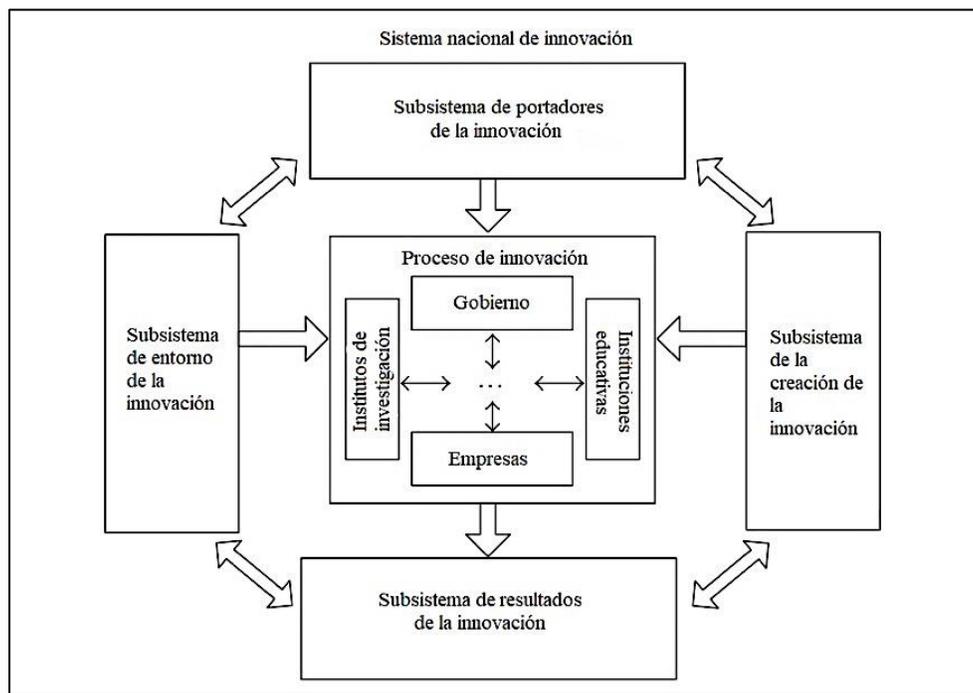


Figura 2.2. Marco conceptual de los SNI de China.  
Fuente: Wang, et al., 2016, p. 3.

Donde:

- Subsistema de la creación de la Innovación: Es el elemento más básico de los SNI de China. Representa el nivel de desarrollo económico y social nacional, así como la aportación y contribución del país al desarrollo de la innovación.

<sup>19</sup> El marco de Porter representa una interesante agrupación de industrias específicas de cada nación. El diamante consiste en cuatro factores determinantes de la ventaja competitiva: a) Estrategia, Estructura y Rivalidad de la Empresa; b) Condiciones de los factores; c) Condiciones de la demanda, y d) Sectores Conexos y de apoyo (Lundvall, 1992, p. 197).

- Subsistema del entorno para la Innovación: Es la principal garantía para el funcionamiento eficaz de los SNI de China. Un entorno favorable incluye muchos elementos, como el entorno social, el entorno político, el entorno empresarial y la sostenibilidad ecológica.
- Subsistema de portadores de la innovación: Incluye a los recursos humanos de innovación y el gasto en I+D. Los portadores de la innovación son los responsables de entablar relaciones entre todos los responsables de generar innovación.
- Subsistema de resultados de la innovación: agrupa los hallazgos de las actividades innovadoras. La cantidad y la calidad de los resultados de la innovación representan la dinámica de desarrollo y ejecución de las actividades de innovación.
- Enlaces internos entre los subsistemas: los subsistemas de creación y entorno de innovación son la base y la garantía de los subsistemas de portadores y resultados de la innovación, mientras que el subsistema de resultados de la innovación también puede reforzar el subsistema de creación, mejorar el entorno y proporcionar más recursos para la innovación mediante la promoción del desarrollo económico. El crecimiento de los recursos de innovación impulsa la dinámica de la producción científica, tecnológica y de innovación. Por el contrario, el crecimiento de la producción de innovación sostiene a su vez otras inversiones innovadoras a lo largo del tiempo.

Para comprender mejor la interacción entre los participantes del SNI chino, Wang y otros (2016), sugieren el diagrama de circuito causal (figura 2.3) como mapa de la dinámica del SNI chino entre todos sus componentes y sus interacciones. Representa los principales mecanismos de retroalimentación, tanto bucles positivos como negativos. El signo positivo ("+") indica un efecto de refuerzo, mientras que el signo negativo ("-") representa un efecto de equilibrio. Siguiendo la perspectiva de los autores, en el diagrama coexisten cuatro bucles de retroalimentación principales:

- Flujo de retroalimentación del capital humano de I+D: muestra que un aumento del gasto público dedicado a la educación puede conducir a la mejora del nivel educativo. De esta manera, el aumento del gasto público en educación puede estimular la producción de capital humano para la investigación científica y tecnológica y luego promover la producción de logros de innovación.
- Flujo de retroalimentación del gasto en I+D: este bucle describe que las políticas fiscales del gobierno y el aumento del gasto en I+D de las empresas para sí mismas y para las universidades de investigación y las instituciones de investigación promueven eficazmente los resultados de la innovación.
- Flujo de retroalimentación del macrocontrol del gobierno: este tercer bucle muestra que los avances científicos y tecnológicos ayudan a impulsar el desarrollo económico y social, y posteriormente fortalecen el macrocontrol del gobierno. La reforma del sistema de gestión de la ciencia y la tecnología se acelerará, y la cantidad y la calidad de la innovación mejorarán a su vez, gracias a las políticas y medidas como, las políticas fiscales, monetarias, industriales y la protección y uso de los derechos de propiedad intelectual.
- Flujo de retroalimentación de la colaboración entre la industria, la academia y la investigación: la mayoría de los grandes avances e innovaciones tecnológicas tienen su origen en las interacciones entre la industria y la comunidad científica. Muchos países están fomentando activamente la colaboración entre la industria, la universidad y la investigación para mejorar la eficiencia de la innovación y, por consiguiente, aumentar la creación de riqueza.

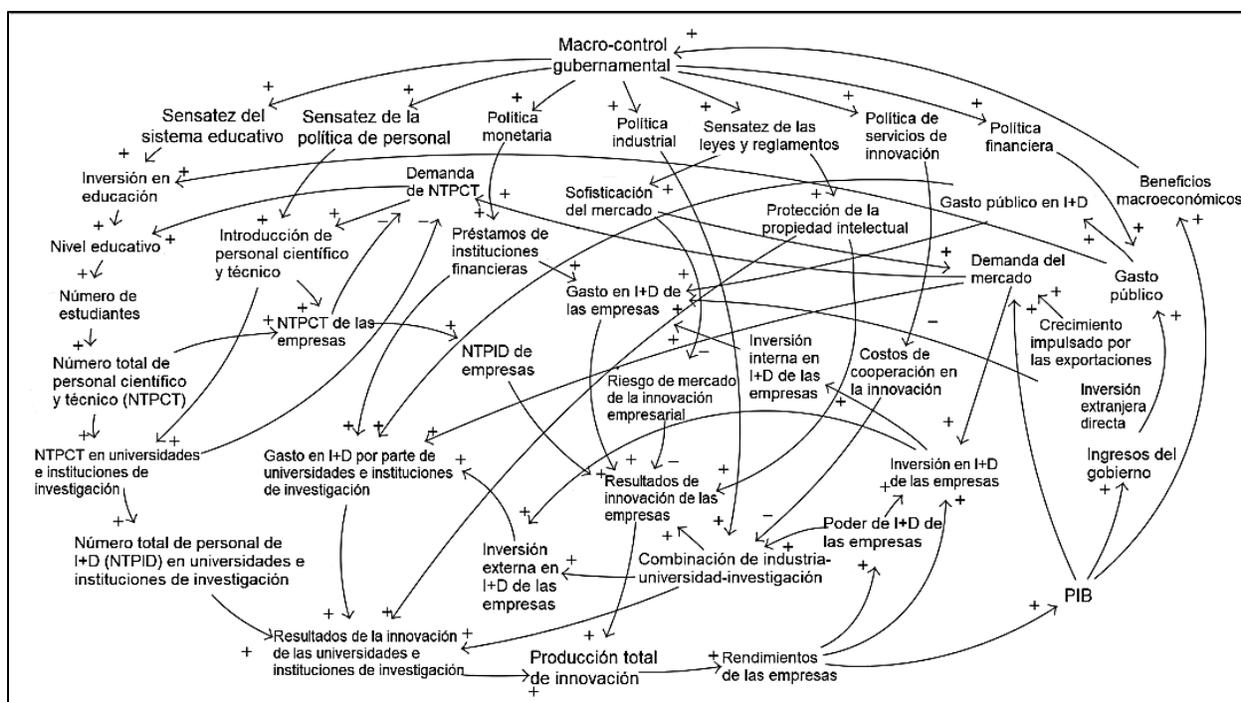


Figura 2.3. Diagrama de circuito causal de los SNI de China.

Fuente: Wang, et al., 2016.

Por su parte, McCaleb (2012), identifica: a) *agentes gubernamentales*, b) *organismos intermediarios*, c) *institutos de enseñanza e investigación*, así como, d) *firmas innovadoras*, como los participantes del SNI de China.

Entre los *agentes gubernamentales* que destaca el autor, se encuentran, (i) el Ministerio de Ciencia y Tecnología (MOST) desempeña una función rectora en la elaboración de políticas científicas nacionales y en la creación y ejecución de muchos de los programas nacionales de financiación. Asigna fondos para la creación y el fortalecimiento de incubadoras, laboratorios de investigación, parques científicos y zonas de desarrollo de alta tecnología; (ii) la Comisión Nacional de Desarrollo y Reformas (NDRC, por sus siglas en inglés), como órgano de planificación económica dependiente del Gobierno que garantiza la compatibilidad de la planificación científica y tecnológica con la política macroeconómica. Tiene a su cargo el fortalecimiento de la innovación en las PYME, la elaboración de un plan para proyectos especiales que promuevan la capacidad de

innovación independiente, incluyendo tareas tales como el desarrollo de directrices para aumentar el reconocimiento de las marcas chinas y para la construcción de laboratorios nacionales de ingeniería; (iii) el Ministerio de Finanzas (MOF, por sus siglas en inglés) tiene la tarea de diseñar incentivos fiscales destinados a aumentar la I+D y la innovación en las empresas y elaborar políticas para impulsar la innovación; y por último, (iv) el Ministerio de Educación (MOE, por sus siglas en inglés), que está a cargo de promover la investigación básica y el desarrollo de los recursos humanos en las políticas de ciencia y tecnología junto con Ministerio de Ciencia y Tecnología. También presta apoyo a la I+D en universidades y parques científicos (McCaleb, 2012).

Como organismo *intermedio*, la Fundación Nacional de Ciencias Naturales de China (NSFC, por sus siglas en inglés) apoya principalmente la investigación básica en ciencia y tecnología, identifica y fomenta a los investigadores talentosos y administra el Fondo Nacional de Ciencias Naturales. Coopera con el Ministerio de Ciencia y Tecnología para formular principios, políticas y planes para el desarrollo de la investigación básica en China. El éxito de Silicon Valley impulsa el establecimiento de parques científicos en China, se busca atraer empresas manufactureras de alta tecnología con el fin de impulsar el desarrollo económico (McCaleb, 2012).

En el grupo *de los institutos de enseñanza e investigación* se encuentran: (i) la Academia China de Ciencia, la institución de investigación más prestigiosa de China, "columna vertebral" de sus SNI, que realiza investigaciones en materia de defensa y alta tecnología (TICs, energía, biotecnología y nanotecnología). También es líder en investigación básica y estratégica en los campos de recursos naturales, medio ambiente, agricultura, medicina y salud; (ii) Institutos de Educación Superior IES (IHEs, por sus siglas en inglés), que compiten con la Academia China de Ciencias en la búsqueda de talento e investigación y su financiación, así como en el liderazgo nacional en

investigación básica y aplicada. Muchas de estas universidades están estrechamente relacionadas con las mejores universidades estadounidenses, conocidas como la "Chinese Ivy League"<sup>20</sup> incluye a la Universidad de Beijing, la Universidad de Tsinghua, la Universidad de Zhejiang, la Universidad de Fudan, la Universidad de Shanghai Jiaotong, la Universidad de Nanjing, la Universidad de Ciencia y Tecnología de China en Hefei, el Instituto de Tecnología Harbin y la Universidad Xi'an Jiaotong, entre otros (McCaleb, 2012).

Por último, en el grupo de *las firmas innovadores* se encuentran empresas líderes como Tencent (especializada en redes sociales, juegos en línea, etc.), Huawei Technologies (el segundo mayor proveedor mundial de equipos de telecomunicaciones), Xiaomi (smartphones y otros electrónicos), BYD (fabricante de baterías, coches eléctricos, entre otros), Alibaba, Jingdong (comercio electrónico) y Suntech Power (energía solar), entre otras (McCaleb, 2012).

## **2.2. Sector espacial chino.**

En la actualidad, China es reconocida a nivel mundial como una nación espacial líder, no solo por sus actividades y avances espaciales, sino además por comercializar dichos servicios. Tiene una amplia experiencia en lanzamientos, gracias a la familia de cohetes Long March<sup>21</sup>, puede ejecutar vuelos tripulados con la nave espacial Shenzhou<sup>22</sup>, realiza exploración del espacio profundo con el Programa Chang'e<sup>23</sup>, posee competencias relacionadas con los sistemas de navegación por

---

<sup>20</sup> Analogía a las universidades más prestigiosas de EE. UU., haciendo alusión a su excelencia académica.

<sup>21</sup> El cohete Long March es un vehículo de lanzamiento de gran capacidad de carga, con cuatro motores líquidos, utilizado principalmente para poner cargas útiles pesadas en la órbita geosincrónica y otras órbitas (China National Space Administration, 2011).

<sup>22</sup> Familia de naves espaciales capaces de llevar tripulación al espacio (China National Space Administration, 2011).

<sup>23</sup> China inició su programa de exploración lunar denominado Chang'e en 2004 y su objetivo es explorar los recursos lunares. El programa consta de tres fases: "orbitar", "aterrizar" y "regresar". China completó la fase de "órbita" con el lanzamiento de las sondas lunares Chang'e-1 y Chang'e-2 en 2007 y 2010 respectivamente. Esta fase también

satélite gracias al sistema BeiDou<sup>24</sup>, además de que tuvo en órbita a su estación espacial Tiangong-1<sup>25</sup>. Sin embargo, desde que se fundó el programa espacial, el panorama político, económico y social ha cambiado demasiado y, en ocasiones, de forma violenta, pero, a pesar de ello, el programa se ha mantenido estable y cumpliendo los objetivos que marca su agenda.

Desde la perspectiva de Chen (2016), es posible analizar la evolución del programa espacial chino a través de su división en cuatro periodos distintos, el primero abarca de 1956 hasta 1966, en el cual China experimentó eventos como el Gran Salto Adelante y la pérdida del apoyo soviético a la ciencia y la tecnología chinas, a pesar de dichos acontecimientos, el programa logró establecerse. El siguiente periodo está comprendido entre 1966 a 1976, durante el cual sucedió la Revolución Cultural, y China pudo lanzar su primer satélite. El siguiente periodo se desarrolló entre 1976 y 1986, durante el cual el programa perdió importancia al igual que todas las áreas científicas, mientras se intentaba reestablecer el orden. La última fase comprende desde 1986 hasta la actualidad.

El interés de China existía incluso antes del lanzamiento del Sputnik por parte de la Unión Soviética, pero, desde la perspectiva de Li y otros (2017), este interés se incrementó luego de las grandes bajas sufridas en la guerra de Corea<sup>26</sup>. Por ello, Mao Zedong hizo un llamado para mejorar

---

recopiló datos adicionales para el aterrizaje lunar. En diciembre de 2013, el objetivo del primer aterrizaje suave de China en la superficie lunar y la exploración del suelo en la Luna fue alcanzado por el módulo de aterrizaje y el Vehículo Lunar Yutu de Chang'e-3 (Hong Kong Science Museum, 2014).

<sup>24</sup> El Servicio de Navegación por Satélite BeiDou es el servicio de radionavegación por satélite desarrollado de forma independiente por la República Popular China teniendo en cuenta las necesidades de la seguridad nacional y el desarrollo económico y social del país. Proporciona a los usuarios de todo el mundo servicios de posicionamiento, navegación y cronometraje en todo momento, en todas las condiciones meteorológicas y de alta precisión (China Satellite Navigation Office, 2013).

<sup>25</sup> Tiangong-1, cuyo nombre se traduce como "Palacio Celestial 1", fue la primera estación espacial china. Despegó el 29 de septiembre de 2011 a bordo de un cohete Long March-2F desde el Centro de Lanzamiento de Satélites Jiuquan, en el Desierto de Gobi (Pardini & Anselmo, 2019).

<sup>26</sup> La Guerra de Corea fue la primera guerra en la que una organización internacional desempeñó un papel importante. Después de que las tropas norcoreanas invadieran Corea del Sur el 25 de junio de 1950, las Naciones Unidas (ONU) condenaron la invasión y pidieron a los países miembros que acudieran en ayuda de Corea del Sur.

las capacidades científicas de China, por lo que Qian Xuesen<sup>27</sup> presentó el proyecto precursor del programa espacial titulado “Una propuesta para establecer la industria de la aviación de defensa”, en 1956, por lo que es considerado el padre del programa espacial chino.

Como lo afirma Chen (2016), los principales acontecimientos que establecieron y dieron forma al programa espacial durante el primer periodo fueron:

- El establecimiento de la Quinta Academia del Departamento de Defensa, cuyo objetivo era desarrollar la investigación y los diseños del programa espacial de China.
- Una cooperación activa con la URSS durante 1957 - 1958, para la adquisición de tecnología de misiles soviéticos, y asistencia técnica para el desarrollo de tecnología de cohetes propios.
- Derivado de tensiones políticas, la URSS a partir de 1961 retiró su ayuda técnica para el programa de misiles, por lo que China estableció una política para conseguir la autonomía en la construcción de sus cohetes de corto y medio alcance.

Ni la campaña anti-derechista de 1957<sup>28</sup>, ni la hambruna provocada por el gran salto delante de 1958, y mucho menos el retiro de la ayuda por parte de la URSS a la investigación, lograron desaparecer al programa espacial chino, no obstante, su avance, sí sufrió importantes tropiezos, ya que se dependía en gran medida de la orientación soviética. Los científicos chinos tuvieron que realizar importantes esfuerzos de autoaprendizaje sobre diseño, construcción y operación de

---

Dieciséis países respondieron enviando tropas, mientras que cuarenta y un países enviaron alimentos, equipos y otros suministros. China envió tropas para luchar de lado de los norcoreanos, y la Unión Soviética proporcionó cantidades considerables de equipo militar (Lewis, 2019).

<sup>27</sup> Qian Xuesen, miembro de la Academia China de las Ciencias y de la Academia China de Ingeniería, nació en 1911 en Hangzhou, ciudad de la provincia de Zhejiang. Se graduó de la Universidad Jiao Tong en 1934, y en agosto de 1935 dejó China gracias a una beca Tsinghua para estudiar en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT, por sus en inglés) (Tien, 2008)

<sup>28</sup> La Campaña Anti-derechista de 1957 fue una campaña política masiva a nivel nacional ejecutada por el Partido Comunista Chino y su líder Mao Zedong después de la fundación de la República Popular China en 1949. Esta campaña condujo a la persecución de varios cientos de miles de personas de todos los estratos sociales, incluidos muchos intelectuales con pensamiento diferente al del Partido (Vidal, 2016).

misiles, y, antes de finalizar la primera etapa en 1966, los esfuerzos se vieron reflejados con el lanzamiento exitoso del primer misil nuclear chino y meses más tarde, con el primer vuelo de prueba exitoso de un misil de alcance intermedio (Chen, 2016).

Siguiendo con la perspectiva de Chen (2016), el segundo periodo coincide con la Revolución Cultural, que estalló en mayo de 1966, y llevó a la nación a un estado de confusión, a pesar de ello, el programa espacial logró sobrevivir y prosperar, de hecho, fue durante este periodo cuando China entró formalmente en la era espacial, con el lanzamiento de *The East is Red* en 1970<sup>29</sup>. En parte, fue gracias al papel nacionalista que guardaba el programa y sus logros, aunado al prestigio que le daba a China en el ámbito internacional, lo que lo hizo perdurar y crecer entre de las hostilidades.

Chen (2016), enlista los principales logros de la segunda etapa:

- Hubo avances en el diseño, construcción y rendimiento de los cohetes espaciales, cuyo perfeccionamiento fue impulsado principalmente para adoptarlo en la tecnología de misiles balísticos.
- Se consiguió desarrollar cohetes capaces de lanzar cargas útiles al espacio, principalmente poner satélites en órbita. El primero de estos lanzamientos fue el de Long March 1, que puso en órbita el primer satélite de China.
- Aumentó el número de satélites en órbita, llegando a siete durante la Revolución Cultural. Esto puso a China en el reducido grupo de países tecnológicamente avanzados que tenían capacidades de lanzamiento de satélites.

---

<sup>29</sup> El satélite de comunicaciones chino "The Red is East" fue el primer satélite experimental chino lanzado a la órbita. La misión principal del satélite fue transmitir la canción "Dong Fang Hong", en homenaje al presidente Mao Zedong y anunciar la hora. El satélite tenía forma esférica de un metro de diámetro y dejó de transmitir en junio de 1970. Este fue el primer satélite lanzado por China con un propulsor local, convirtiendo a China en la quinta nación en poner en órbita una nave espacial utilizando un cohete propio (National Aeronautics and Space Administration, 2019).

Para Li (2017), el inesperado apoyo a la ejecución de los proyectos espaciales y de misiles chinos durante la Revolución Cultural, se debió principalmente a razones como: el chantaje nuclear estadounidense durante y después de la Guerra de Corea, la crisis del estrecho de Taiwán en la década de 1950, las tensiones surgidas en 1960 entre China y la Unión Soviética, la guerra de Vietnam, y la carrera internacional de armamentos que se intensificaba. Li argumenta que, aunque la Revolución Cultural causó una agitación total y causó un daño generalizado a la sociedad china, el programa espacial chino, representado por sus proyectos de misiles y satélites, sufrió menos las consecuencias. Esto se debe a que el gobierno chino y los principales responsables de la toma de decisiones del país se preocuparon mucho por el programa espacial y tomaron una serie de medidas eficaces para apoyar el programa y garantizar su buen funcionamiento, entre las que destacaron la imposición del control militar, la creación de la Academia de Tecnología Espacial, que puso firmemente en manos de los militares el desarrollo de los programas espaciales, además de la construcción de una base de operaciones espaciales en Shanghai.

El tercer periodo comienza una vez terminada la Revolución cultural, comenzó un periodo de reconstrucción del sistema económico y social chinos. Para Chen (2016), la atención nacional se centró en la construcción de infraestructura económica y social de China, además en establecer un estado de Derecho.

En la primera mitad del periodo, el programa espacial no contó con el apoyo acostumbrado de parte de las más altas esferas políticas de China, y prevalecía un ambiente de incertidumbre sobre la dirección futura del programa espacial. A pesar de esto, a la comunidad espacial se le fijó tres objetivos: i) el lanzamiento de un misil de largo alcance desde la provincia de Xinjiang hasta el Pacífico Sur, ii) el lanzamiento de un satélite de comunicaciones experimental, y, iii) el lanzamiento de un misil experimental desde un submarino. Comenzó un proceso en el cual los

esfuerzos científicos y tecnológicos se debían orientar hacia las preocupaciones prácticas que incentivaran el desarrollo económico, dejando de lado proyectos para enviar cohetes a la luna (Chen, 2016).

Siguiendo la perspectiva del autor, para la segunda mitad de este periodo ya se habían cumplido los tres objetivos encomendados por el Comité Central del Partido Comunista, pero las condiciones económicas del programa continuaban siendo precarias: bajos salarios, personal inadecuado, proyectos cancelados. La comunidad espacial comenzó a trabajar de manera más empresarial, buscando fuentes de financiamiento nacionales e internacionales, además, en las fábricas de programas espaciales se comenzaron a producir bienes de consumo e industriales, por mencionar algunos: las fábricas donde se construían motores espaciales dedicaron parte de su capacidad a fabricar motocicletas y automóviles, las fábricas que producían controles eléctricos comenzaron a fabricar refrigeradores y aire acondicionado, mientras que los diseñadores de motores comenzaron a diseñar robots. Todos estos esfuerzos fueron exitosos, y los científicos chinos descubrieron que se generarían mayores ingresos por la venta de satélites y servicios de lanzamiento espacial. No fue hasta mayo de 1985 que China manifestó su interés en ofrecer productos y servicios espaciales comerciales, en especial comercializar uno de sus cohetes para el lanzamiento de satélites.

A partir del último periodo, y como bien afirma Chen (2016), el respaldo e interés por parte de los principales responsables políticos del país volvió al programa espacial, que ya gozaba de plena madurez en cuanto a capacidades científicas y tecnológicas. El programa se convirtió en el interés tecnológico de mayor prioridad en China, cuyos objetivos en el largo plazo fueron: i) la construcción de una estación espacial, ii) el desarrollo de un vehículo de lanzamiento pesado y, iii) el desarrollo de un sistema de transporte espacial. En el año 1993 se formalizaba la creación

de la Administración Espacial Nacional China (CNSA, por sus siglas en inglés), la agencia oficial espacial de China.

A partir de los accidentes sufridos por el *Challenger*<sup>30</sup> de la NASA y de los *Ariane*<sup>31</sup> de la Agencia Espacial Europea (ESA), los sistemas de lanzamiento ruso *Protón* y el *Long March* chino se convirtieron en alternativas atractivas. China comenzó a comercializar su sistema de lanzamiento de carga útil y destacó la fiabilidad de sus lanzamientos. Entró en el mercado internacional de manera oficial con el lanzamiento de un satélite recuperable que transportaba una carga útil francesa el 5 de agosto de 1987. El 7 de abril de 1990, China lanzó su primer satélite fabricado en Estados Unidos (Chen, 2016).

De acuerdo con Drozhashchikh (2018), la evolución del sistema de vuelos tripulados ocurrió de la siguiente manera: las primeras pruebas de la nave Shenzhou se realizaron sin tripulación, para examinar los sistemas técnicos de las futuras tripulaciones, después de exitosas misiones no tripuladas entre 1999 y 2002, China envió a Yang Liwei<sup>32</sup> a la órbita a bordo del Shenzhou-5 en 2003, después de completar 15 órbitas alrededor de la Tierra, la cápsula aterrizó en Mongolia. En 2005, una nueva misión de Shenzhou voló con dos seres humanos y, otra en 2007 con tres. En 2011, China logró poner en órbita la estación espacial Tiangong-1, al que la nave Shenzhou pudo atracar, y más adelante, en septiembre y octubre de 2016, el laboratorio espacial Tiangong-2 y la nave espacial tripulada Shenzhou-11 fueron lanzados respectivamente y formaron un conjunto que funcionan de manera constante.

---

<sup>30</sup> Sucedió el 28 de enero de 1986.

<sup>31</sup> Sucedió el 4 de junio de 1996.

<sup>32</sup> El 15 de octubre de 2003, China lanzó su primera nave espacial tripulada con el Teniente Coronel Yang Liwei a bordo.

Siguiendo su perspectiva, los vuelos espaciales tripulados permiten ventajas geoestratégicas que elevan la legitimidad de China como potencia mundial, y dejan ver que tiene la intención de construir una estación espacial para tener presencia permanente en el espacio. Los planes de una estación espacial propia se derivan del hecho de que la participación china en el programa de la Estación Espacial Internacional (ISS, por sus siglas en inglés) fue bloqueada por Estados Unidos en la década de 1990, esto impulsó a China a iniciar la construcción de una estación orbital, a pesar de carecer de los conocimientos para llevarla a cabo. Para Drozhashchikh, China se encuentra en plena trayectoria para lograr una paridad en cuanto a capacidades con los Estados Unidos y otras potencias espaciales, y, dado que los programas de la Estación Espacial Internacional terminan aproximadamente en 2024, y en ausencia de otras alternativas, China podría emerger como el único propietario de un complejo de investigación espacial multipropósito en la órbita terrestre (Drozhashchikh, 2018).

Por último, Drozhashchikh considera que el programa de vuelos espaciales tripulados de China posee el suficiente potencial para sumarse a los esfuerzos de comercialización de servicios espaciales, China Aerospace Science and Industry Corporation está examinando el proyecto de un transbordador comercial llamado Tengyun. Por último, China también logró lanzar el cohete Chongqing Liangjiang Star, desarrollado por OneSpace Technology, una empresa privada con sede en Beijing (Drozhashchikh, 2018).

Por otro lado, como indica Drozhashchikh (2018), China tiene en pie diversos proyectos de exploración del espacio profundo<sup>33</sup>, uno de ellos es el de exploración lunar Chang'e, que se ha desarrollado a través de varias etapas. En primer lugar, las órbitas lunares Chang'e-1 y Chang'e-2 fueron lanzadas en 2007 y 2010 respectivamente, para llevar a cabo investigaciones para la

---

<sup>33</sup> Más allá de la órbita terrestre.

preparación del aterrizaje suave de Chang'e-3. Chang'e-1 recopiló datos sobre la superficie lunar con imágenes tridimensionales, que dibujan un mapa térmico de la Luna. El segundo buscó los posibles puntos de aterrizaje con ayuda de sensores de imágenes de mayor resolución, un prerequisite directo para aterrizar la tercera expedición. Chang'e-3 fue una misión robótica que consistió en un módulo de aterrizaje y el primer vehículo lunar chino. Después de Chang'e-3, en 2014, China realizó un experimento de desorbitar una cápsula de vuelta a la Tierra después de un vuelo lunar. Desde la perspectiva del autor, este logro presupone el lanzamiento de misiones Chang'e más avanzadas, que lleven a posibles alunizajes tripulados en la Luna entre 2025 y 2030.

## **Capítulo 3. Evolución del SNI y el sector espacial de la India.**

“Las futuras generaciones mirarán a la Tierra, la Luna y Marte como una única entidad económica y estratégica.”

**Abdul Kalam.**

### **Introducción.**

En los últimos 60 años, la India ha atravesado varias etapas en la construcción de su economía nacional, actualmente con la ciencia y la tecnología, como los principales impulsores de su desarrollo económico nacional. De acuerdo con diversos autores, en la economía de la India se identifican dos fases: a) la autosuficiencia, b) y la liberalización económica, que en conjunto definen la dirección del Sistema Nacional de Innovación.

A partir de la política de liberalización en la India a principios de los años noventa, el interés por la evolución de la economía ha aumentado, ahora, la atención del gobierno se centra en la evolución del Sistema Nacional de Innovación y el impacto de las políticas de liberalización en diversos aspectos de la economía, como las tasas de crecimiento económico, el flujo de inversión extranjera directa (IED) y la inversión en I+D por parte de empresas extranjeras, entre otros.

### **3.1. Sistema Nacional de Innovación de la India.**

Baskaran y Muchie (2007) sostienen que, la India es una de las pocas grandes economías que tienen sistemas nacionales de innovación que funcionan, su economía está creciendo a un ritmo cercano al 8% anual del PIB y se considera una economía emergente a la par de China. Ha intentado aplicar la ciencia y la tecnología para industrializar la agricultura y construir una economía moderna. No obstante, hasta la fecha, a pesar de los logros conseguidos, no ha escapado totalmente del subdesarrollo, la pobreza y las desigualdades.

De acuerdo con los autores (2007), es posible analizar la evolución del SNI de India a partir de dos fases, la primera de características proteccionistas y con matices de autosuficiencia, la cual abarca desde 1950 hasta mediados de 1980, la segunda fase se extiende desde finales de la década de los ochenta a la actualidad. De aquí en adelante, se denominarán a estas fases: (i) *proteccionista*, y, (ii) *de apertura*.

A partir de ambas fases se forma un fenómeno de dualidad, donde las características más importantes de ambas prevalecen y se aprovechan en aplicaciones de uso civil. El fenómeno de dualidad se ilustra en la figura 3.1.

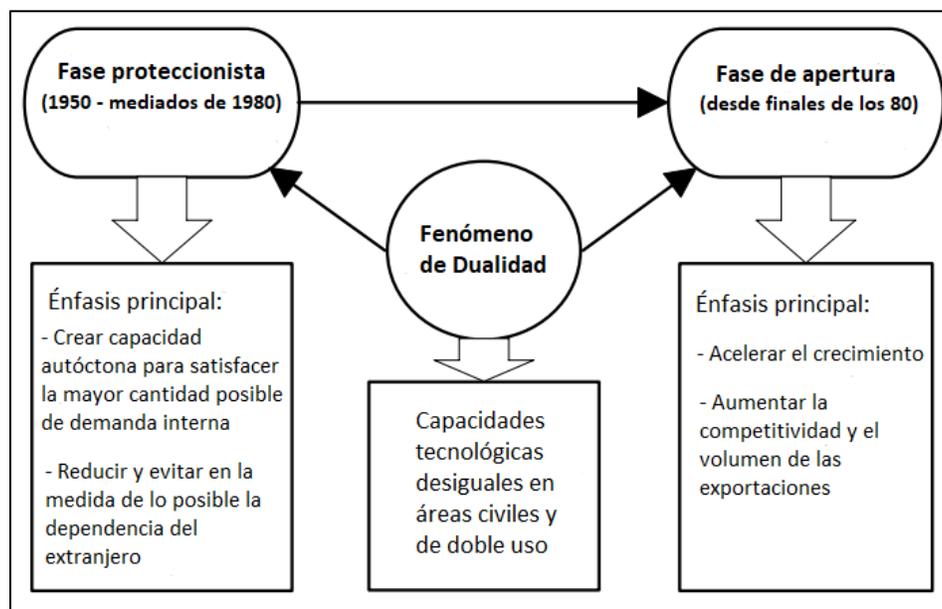


Figura 3.1. Las fases del Sistema Nacional de Innovación en India y el fenómeno de dualidad.  
Fuente: Baskaran y Muchie, 2007.

De acuerdo con Baskaran y Muchie (2007), en la fase *proteccionista*, el SNI fue impulsado por dos factores principales: i) una "fe ciega" en la ciencia y la tecnología y, ii) una política interna de "alcanzar la autosuficiencia". Para Jawaharlal Nehru<sup>34</sup>, entonces Primer Ministro, la India no podía

<sup>34</sup> Primer ministro de la India (1947-1964), condujo al país a través de la difícil transición del colonialismo británico a la independencia. Al concedérsele la independencia a la India el 15 de agosto de 1947, Nehru se convirtió en el primer ministro de la India, gobernando el país hasta su muerte (Daly, 2019).

ser económica o políticamente independiente a no ser que fortaleciera su capacidad científica y tecnológica (Eisemon citado en Baskaran y Muchie, 2007). El gobierno indio temía la dominación e influencia de las empresas extranjeras si se permitía la entrada libre y sin restricciones, por lo tanto, la política de "autosuficiencia" fue orientada hacia adentro en lugar de hacia afuera. Entonces, el objetivo de la India en esta fase fue crear la capacidad tecnológica local necesaria para satisfacer principalmente la demanda interna y reducir la dependencia extranjera, en lugar de desarrollar una industria competitiva para el mercado mundial, este factor determinó la forma y la eficiencia del SNI durante esta fase.

Para lograr la autosuficiencia, se aplicaron medidas como: una política industrial que definía claramente las funciones de los sectores público y privado, regulación de la inversión e importación de tecnología extranjeras, las cuales eran permitidas únicamente para fomentar la investigación y el desarrollo nacional (Mascarenhas en Baskaran y Muchie, 2007). Al mismo tiempo se utilizaron de forma intensiva instrumentos proteccionistas clásicos como altos aranceles y licencias de importación, así, sus mercados locales funcionaban en un entorno mucho más protegido que en otros países emergentes. También se reguló la inversión privada mediante el llamado régimen de licencias industriales, un mecanismo mediante el cual la creación de una nueva empresa, una nueva planta o el aumento de la capacidad productiva exigían un permiso gubernamental (Nassif, 2007).

El sector industrial tuvo características positivas y negativas, como aspectos positivos, la India desarrolló una alta capacidad tecnológica interna para diseñar y operar plantas productoras de bienes de capital e intermedios, por el contrario, las empresas indias poco esfuerzo hicieron para hacer innovaciones importantes en sus productos, lo que hizo imposible establecer un mercado de exportación significativo, principalmente se elaboraban productos baratos para el mercado

nacional. En cuanto a la creación de conocimiento, la mayoría de las instituciones públicas de I+D se esforzaron por ponerse a la altura de los países desarrollados desarrollando investigaciones que, en gran medida, no contribuían directamente a ayudar a resolver los problemas socioeconómicos del país (Baskaran & Muchie, 2007).

Como sugiere Baskaran (2005), durante esta fase fueron creadas diversas organizaciones científicas que establecerían el rumbo de la Ciencia y Tecnología de la India, como el Instituto Tata de Investigación Fundamental (TIFR, por sus siglas en inglés), el Consejo de Investigación Científica e Industrial (CSIR, por sus siglas en inglés), la Comisión de Energía Atómica (AEC, por siglas en inglés), el Consejo de Investigación Agrícola de la India (ICAR, por sus siglas en inglés), el Laboratorio de Investigación Física (PRL, por sus siglas en inglés), y el Comité Nacional de la India en Investigaciones Espaciales (INCOSPAR, por sus siglas en inglés).

A mediados de los años ochenta, el desempeño de la economía no era satisfactorio para el gobierno, e inició una reorientación del SNI hacia el exterior, que se hizo evidente con la liberalización de la política industrial en 1991, que condujo a profundos cambios en áreas como: la concesión de licencias industriales, la inversión extranjera, los acuerdos de tecnología extranjera, la ley de monopolios y las prácticas comerciales restrictivas, entre otras (Baskaran & Muchie, 2007). Con este movimiento daba inicio la fase de *apertura* de la economía y del SNI.

Así, comenzó la apertura de centros de I+D pertenecientes a empresas multinacionales, que establecieron relaciones de colaboración con las instituciones de ciencia y tecnología de la India. También iniciaron operaciones empresas extranjeras en la India, principalmente del sector servicios, gracias a la abundante mano de obra altamente calificada disponible (Getty citado en Baskaran y Muchie, 2007). El sector de las tecnologías de la información surgido entre 1980 y 1990 experimentó un crecimiento significativo en la India, principalmente por los esfuerzos

intensivos en I+D de las empresas, la política informática y electrónica, y a la gran capacidad de investigación básica en el país. Todo ello a pesar de que, por el proteccionismo, la India se perdió la revolución de los semiconductores de la década de 1970<sup>35</sup> (Commerce citado en Baskaran y Muchie, 2007). Comenzaron a surgir cientos de empresas de todos los tamaños, dedicadas al desarrollo de software en la década de 1990, agrupadas en los llamados Parques Tecnológicos de Software de la India (STPI, por sus siglas en inglés), que desempeñaron un papel importante en el crecimiento de la industria y las exportaciones de software.

Durante la segunda fase se introdujeron diversas medidas legislativas en materia de derechos de propiedad intelectual. De acuerdo con Baskaran & Muchie (2007), una mayor protección de las patentes en la India animaría a los inversores nacionales y extranjeros a invertir en el país, además, alentaría las inversiones privadas nacionales y extranjeras en I+D. Principalmente se suscribieron acuerdos por medio de la Comisión Económica y Social de las Naciones Unidas para Asia y el Pacífico. Además, de acuerdo con Herstatt y otros autores (2008), la India en su calidad de miembro de la Organización Mundial del Comercio, se convirtió en signataria del Acuerdo sobre los Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio.

Sinha (2011), considera que, con el inicio del nuevo siglo, el Gobierno Indio dotó de mayor importancia a la formulación, ejecución, supervisión y explotación de los resultados del Sistema Nacional de Innovación, y ha emprendido varias medidas para darle solidez al mismo.

Por ejemplo, el gobierno, consciente de que la innovación es el motor para el crecimiento de la prosperidad y la competitividad nacional en el siglo XXI, declaró el 2010-2020 como la "década

---

<sup>35</sup> La revolución tecnológica causada por los semiconductores comenzó en 1947 cuando Bardeen, Brattain y Shockley, de los Laboratorios Bell (centro de investigación de la compañía AT&T), construyeron el primer transistor hecho de germanio (elemento semiconductor) con varios contactos eléctricos sobrepuestos. El transistor mejoró notablemente el funcionamiento de los bulbos al vacío como instrumento de control, amplificación y generación de señales electrónicas (Tagüeña Parga, 2005, p. 6).

de la innovación" y constituyó el National Innovation Council (NInC, por sus siglas en inglés), un consejo cuyo objetivo es formular, discutir, analizar y ayudar a implementar estrategias para la innovación en la India (National Innovation Council, 2019). Desde la perspectiva de Sinha (2011), el mandato de este Consejo tiene tres vertientes:

- I. Formular un roadmap para la innovación para 2010-2020,
- II. Promover la creación de consejos estatales y sectoriales de innovación para ayudar a implementar estrategias de innovación en estados y sectores específicos, y
- III. Crear un marco para:
  - 1) la evolución de un modelo indio de innovación con enfoque en el crecimiento inclusivo,
  - 2) desarrollar y defender actitudes y enfoques de innovación,
  - 3) la creación de ecosistemas y entornos adecuados para fomentar la innovación inclusiva,
  - 4) el fomento a la innovación en el gobierno central y estatal, en las universidades y en las instituciones de investigación y desarrollo,
  - 5) facilitar las innovaciones de las PYME.

Para cumplir estos objetivos, y de acuerdo con Sinha (2011), el Gobierno de la India ha puesto en marcha el Portal Nacional de Innovación, que sirve como medio de acceso a la información relacionada con las innovaciones, también sirve como plataforma para el intercambio de ideas para fomentar las asociaciones entre la industria y la universidad y las colaboraciones nacionales e internacionales. Otra iniciativa importante del Gobierno es la formulación de la Ley Nacional de Innovación, por parte del Departamento de Ciencia y Tecnología, cuyos objetivos principales son: facilitar las iniciativas públicas o privadas y las asociaciones público-privadas para construir un sistema de apoyo a la innovación, desarrollar un plan nacional integrado de ciencia y tecnología y consolidar la ley de confidencialidad para proteger la información, los secretos comerciales y la innovación. La ley propuesta se centra en el aumento de la inversión en I+D y en la promulgación

de cláusulas de confidencialidad de los datos para convertir a la India en el destino preferido de industrias orientadas a la investigación, como la informática, la farmacia y la ingeniería.

Además, Sinha (2011), afirma que la India debe prestar especial atención a los siguientes aspectos para poder cumplir sus objetivos del Sistema Nacional de Innovación hacia 2020.

1. Infraestructura: robustecer la infraestructura es uno de los pilares más importantes del Sistema Nacional de Innovación, puesto que se debe ofrecer un ambiente propicio para poner en marcha empresas de alta tecnología, inclusive, proporcionar ciertas facilidades como servicios financieros y de financiación, servicios de consultoría, etc.
2. Fondo: La creación de un fondo de financiación para la Innovación es otro componente esencial de los SNI.
3. Ciencia, tecnología e innovación: Es necesario inculcar el concepto de ciencia y tecnología en la sociedad en general y diseminados por todo el país.
4. Coordinación entre la academia e instituciones de I+D: Es fundamental una mejor coordinación entre las instituciones académicas y las de I+D. Por un lado, la mayoría de las instituciones académicas del país carecen de buenas infraestructuras, equipos y otras instalaciones asociadas para llevar a cabo investigaciones de categoría mundial y, por otro, los institutos de I+D financiados con fondos públicos cuentan con excelentes instalaciones, pero sufren la escasez de mano de obra joven.
5. Parques de Ciencia y Tecnología: en cuyas instalaciones nuevas e innovadoras, pueda ejecutarse desde investigación básica hasta aplicada, incubación de tecnologías, etc.

Por último, Baskaran y Muchie (2007), identifican una serie de aspectos positivos y negativos del desempeño actual del SNI indio. Entre los aspectos positivos destacan: i) el crecimiento del PIB de la India ha superado tasas del 8% en los últimos años, asimismo, la producción industrial

registró un crecimiento constante entre 1991 y 2005, y la producción agrícola ha sido inconsistente, aunque creciente; ii) el tamaño constante y creciente del mercado, la abundante disponibilidad de recursos naturales para la producción, los costos atractivos, los altos niveles de mano de obra calificada, y una serie de reformas de liberalización económica, parecen haber hecho a la India, un destino atractivo para la inversión extranjera, aunque aún con niveles por debajo<sup>36</sup> de otras economías emergentes como China; iii) altos niveles de transferencia de tecnología a la India entre 1991 y 2005, proveniente principalmente de los EE. UU., Alemania, el Reino Unido, Japón e Italia. Estos países proporcionaron dos tercios de las transferencias de tecnología, principalmente de equipos eléctricos, productos químicos, maquinaria industrial y de transporte.

En cuanto a los aspectos negativos salen a relucir, i) alto nivel de analfabetismo, ii) desequilibrio en los niveles de ingresos y de desarrollo socioeconómico en los distintos estados y al interior de estos, iii) débiles vínculos entre las instituciones de I+D, universidades e industria, producto de la falta de capacidad interna de I+D, los recortes en los presupuestos de I+D y la naturaleza cambiante de las prioridades de investigación iv) falta de una cultura de innovación en los productos de las empresas locales, provocada por los regímenes de protección, y, v) graves debilidades en el sistema educativo, escasez crónica de científicos e ingenieros investigadores, como resultado de la deficiente calidad de la enseñanza de la ciencia y la ingeniería en el país y de la "fuga de cerebros". La figura 3.2 resume los acontecimientos más importantes de las dos fases descritas anteriormente.

---

<sup>36</sup> Según el FMI, el flujo de IED en la India se ha visto obstaculizado por un difícil clima de inversión, límites en ciertos sectores y una infraestructura inadecuada (2007).

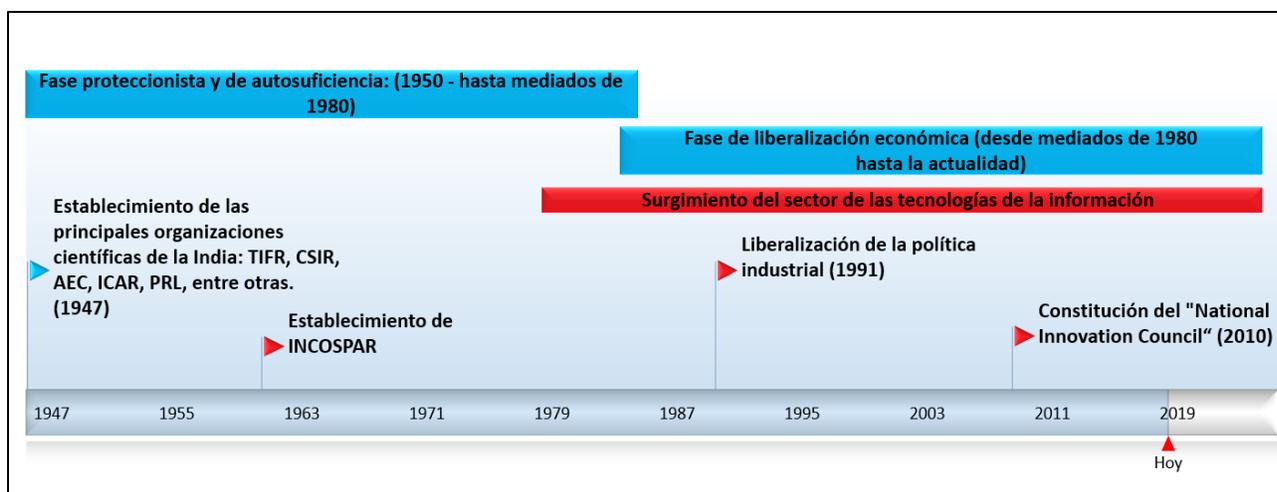


Figura 3.2. La evolución del SNI de la India.

Fuente: Elaboración propia con base en: Baskaran (2005), Baskaran y Muchie (2007) y Nassif (2007).

Para resumir lo anterior, se puede afirmar que el Sistema Nacional de Innovación de la India ha mostrado un comportamiento diferencial con el paso del tiempo, particularmente, en la primera fase, hasta antes de las políticas de liberalización era considerado ineficiente, con bajas tasa de crecimiento, resultado del bajo nivel de exportaciones y a la nula calidad de los productos manufacturados. Como lo afirman Baskaran y Muchie (2007), a pesar de las grandes deficiencias, hubo logros significativos durante la primera fase del SNI de la India: i) la creación de infraestructura científica y tecnológica y la expansión de la enseñanza superior, con especial hincapié en la investigación básica, ii) el desarrollo de la capacidad endógena para producir una gama de bienes que en países desarrollados no son capaces, iii) la autosuficiencia en el sector de los cereales y, iv) la creación del potencial científico e industrial de innovación para competir en el mercado internacional. A partir de la segunda fase, la inversión por parte de la India en I+D es comparable a la de países en desarrollo como China, y el crecimiento industrial de la India ha sido significativo.

### 3.1.1. ¿Quiénes son los participantes en el Sistema de Innovación de la India?

De acuerdo con diversos autores, en el SNI de la India se pueden identificar organismos gubernamentales, académicos y de investigación, así como firmas, que se relacionan entre sí a través de una amplia red de ciencia y tecnología basada en la colaboración entre los sectores público y privado.

Desde la perspectiva de Herstatt y otros (2008), el gobierno desempeña un papel vital en el SNI, en el sentido de que formula políticas que favorecen el entorno empresarial y recompensan la investigación de productos innovadores. Además, crea un marco institucional que apoya en mayor o menor medida a la investigación básica y/o avanzada en las universidades, el desarrollo industrial, y la innovación. El gobierno también determina en qué grado se acoge y hacia qué sectores de la industria se canaliza la inversión extranjera, así como autorizar o no que las empresas extranjeras realicen actividades de I+D en el país. El Departamento de CyT del Gobierno de la India (2019) describe el "Sistema de Ciencia y Tecnología" de la siguiente manera (figura 3.3):



Figura 3.3. El Sistema de Ciencia y Tecnología de la India.  
Fuente: Herstatt et al, 2007, p. 23.

Siguiendo con la idea del autor (2008), el gobierno de la India tiene seis departamentos que se ocupan exclusivamente de asuntos relacionados con la ciencia y la tecnología.

1. Departamento de energía atómica,
2. Departamento de biotecnología,
3. Departamento de Ciencias de la Tierra,
4. Departamento de Ciencia y Tecnología,
5. Departamento de Investigación Científica e Industrial y
6. Departamento del Espacio.

Además, hay otros entes del Gobierno que tienen importantes operaciones de I+D, por ejemplo: el Ministerio de Defensa, el Departamento de Agricultura y Cooperación y el Departamento de Química y Petroquímica, el Consejo de Investigación médica, entre otros (Herstatt, et al., 2008).

De acuerdo con información proveniente del Gobierno de la India (2016), las Instituciones de Educación se componen de Universidades Centrales, cuya administración son competencia del Ministerio de Desarrollo de Recursos Humanos (MHRD, por sus siglas en inglés), así como Universidades Estatales, Universidades Privadas Estatales, Instituciones de “Importancia Nacional”, Institutos de Formación Industrial, entre otros entes académicos. El crecimiento cuántico que ha experimentado el sector de la educación superior está concentrado principalmente las universidades, que son los centros de enseñanza más importantes (Krishna, 2009).

En el sector empresarial, el gasto y esfuerzos en I+D se concentran en la biotecnología, los productos farmacéuticos y químicos, las telecomunicaciones y las TICs, el equipo eléctrico y electrónico, los textiles, el transporte y las industrias metalúrgicas. Algunas empresas líderes en innovación son Infosys (software y tecnologías de la información y comunicación), Hindustan Aeronautics LTD. (industria aeroespacial), Mahindra & Mahindra (automóviles), Sun

Pharmaceutical Industries Ltd. (farmacéutica), entre otros (Forbes, 2016). Como lo afirma Krishna (2009), a pesar de que el gobierno domina en la participación en esfuerzos y gasto en actividades de investigación y desarrollo, no impide que las empresas aumenten año con año su participación en la última década. Mientras que, en 1990, el porcentaje de la participación de las empresas en el gasto total en actividades de I+D era del 13.8%, pasó a ser de alrededor del 21.6% en el año 2000, posteriormente se incrementó aún más hasta llegar al 30% entre 2007-2008, y para el periodo 2014-2015 el porcentaje fue del 38.1% del total (GOI, 2017).

### **3.2. Sector espacial de la India.**

A partir de la década de los ochenta, el desarrollo de capacidades tecnológicas adquirió mayor importancia entre la comunidad científica. Para lograrlo eran necesarios esfuerzos deliberados en recursos materiales y humanos para la creación de tecnología, además, en los países de industrialización reciente, el gobierno jugaba un papel primordial en el fomento de estas capacidades. Uno de los países que más apostó al desarrollo de la ciencia y tecnología para potenciar su modernización y desarrollo económico es la India, incluso mucho antes de consumir su independencia. Siguiendo con esta convicción y como sugiere Baskaran (2005), la investigación espacial captó la atención de la India tras el lanzamiento del Sputnik por parte de la Unión Soviética. La India decidió comenzar con su programa espacial nacional, para 1962 creó el Comité Nacional de la India en Investigaciones Espaciales (INCOSPAR, por sus siglas en inglés) y el año siguiente, logró su primer lanzamiento.

Siguiendo con la perspectiva del autor (2005), la evolución, el rápido crecimiento de la investigación espacial y el proceso de acumulación de tecnología en el programa espacial de la

India pueden dividirse en cuatro fases: i) Científica, ii) de Aprendizaje, iii) Umbral y iv) Comercial, de aproximadamente una década de duración cada una.

De acuerdo con Baskaran (2005), la primera fase comienza en la década de los años cuarenta, con Vikram A. Sarabhai<sup>37</sup> como el principal impulsor<sup>38</sup> del estudio de las tecnologías espaciales, cuyos esfuerzos se materializaron en 1947, cuando se estableció el Laboratorio de Investigación Física (PRL, por sus siglas en inglés), que, en la siguiente década, ya realizaba estudios de investigación espacial conjunta con los Estados Unidos.

En 1961, el gobierno decide establecer de manera oficial un programa propio, inicialmente al interior del Departamento de Energía Atómica (DAE, por sus siglas en inglés), y formalizado en 1962 con el establecimiento del Comité Nacional de la India en Investigaciones Espaciales (INCOSPAR, por sus siglas en inglés), cuyas instalaciones fueron enriquecidas gracias a investigaciones conjuntas con Estados Unidos, Francia y la URSS. Para 1969, el programa, que había crecido rápidamente, se reconstituyó, y se llevó a cabo la transición del INCOSPAR a la Agencia India de Investigación Espacial (ISRO, por sus siglas en inglés)<sup>39</sup> (Baskaran, 2005).

Como lo afirma Baskaran (2005), en la primera fase, los esfuerzos de investigación se volcaban hacia dos esferas en particular: la meteorología y las comunicaciones por satélite. La primera,

---

<sup>37</sup> El Dr. Vikram Ambalal Sarabhai (1919 – 1971) es considerado el padre del programa espacial indio. Fue fundamental en el establecimiento del Laboratorio de Investigación Física (PRL, por sus siglas en inglés), considerado el instituto que antecedió a la Agencia India de Investigación Espacial (Indian Space Research Organisation, 2017).

<sup>38</sup> Sarabhai es considerado pilar fundamental en la construcción de ISRO. Su política de crear "tecnología espacial para el desarrollo" para que la India pasara de una condición socioeconómica atrasada a una similar a la de países altamente industrializados, aún determina la dirección del programa espacial, y para lograr ese objetivo, era necesario un gran esfuerzo en I+D, combinado con tecnología importada, relaciones con organizaciones espaciales de los Estados Unidos, Francia, Reino Unido y la Unión Soviética (Baskaran, 2005).

<sup>39</sup> La Agencia India de Investigación Espacial ISRO, creada en 1969, sustituyó a la antigua INCOSPAR. Vikram Sarabhai, habiendo identificado el papel y la importancia de la tecnología espacial en el desarrollo de una nación, proporcionó a ISRO la dirección necesaria para funcionar como agente de desarrollo. ISRO se embarcó entonces en su misión de proporcionar a la Nación servicios basados en el espacio y desarrollar las tecnologías para lograr lo mismo de manera independiente (Indian Space Research Organisation, 2017).

debido a la importancia que tiene para una economía basada en la agricultura como la India, la segunda, por el primitivo sistema de telecomunicaciones y la inexistencia de cobertura de televisión y radio en la India. Siguiendo con la perspectiva del autor, el desarrollo de competencias durante esta fase estuvo influenciada principalmente por tres factores: i) la estrategia nacional de lograr la autosuficiencia en ciencia y tecnología, b) el liderazgo de Sarabhai, que desempeñó un papel crucial en la formulación de las políticas<sup>40</sup> de desarrollo tecnológico, y c) la negativa situación económica de la India, afectada por la crisis cambiaria.

En resumen, durante la primera fase se sentaron las bases del programa espacial de la India y, de acuerdo con Lele (2017), la actividad científica básica dentro del país se concentró principalmente en pocos centros tecnológicos, todos ellos ligados directa o indirectamente con el Departamento de Energía Atómica (DAE, por sus siglas en inglés). Las competencias conseguidas durante la primera fase se ilustran en la figura 3.4.

A la muerte de Sarabhai, Satish Dhawan<sup>41</sup> continuó con la dirección del programa espacial indio, se formó el Departamento del Espacio (DOS, por sus siglas en inglés) y se reestructuró a ISRO en diversos centros con funciones específicas, con el fin de conseguir objetivos más realistas.

---

<sup>40</sup> Para desarrollar la capacidad nacional, Sarabhai consideró importante engrosar el número de científicos e ingenieros formados en el extranjero y de mantener colaboraciones con la NASA, con los Servicios Hidrometeorológicos de la URSS (HMS), con el Centro Nacional de Estudios Espaciales (CNES) en Francia, con el Instituto de Ciencias Espaciales y Aeronáuticas de la Universidad de Tokio, y con el Consejo de Investigación Científica y la Oficina Meteorológica Británica en el Reino Unido (Baskaran, 2005).

<sup>41</sup> Sucedió a Vikram Sarabhai como presidente de ISRO en 1972, en la década siguiente a su nombramiento, dirigió el programa espacial indio a un período de extraordinario crecimiento y logros espectaculares.

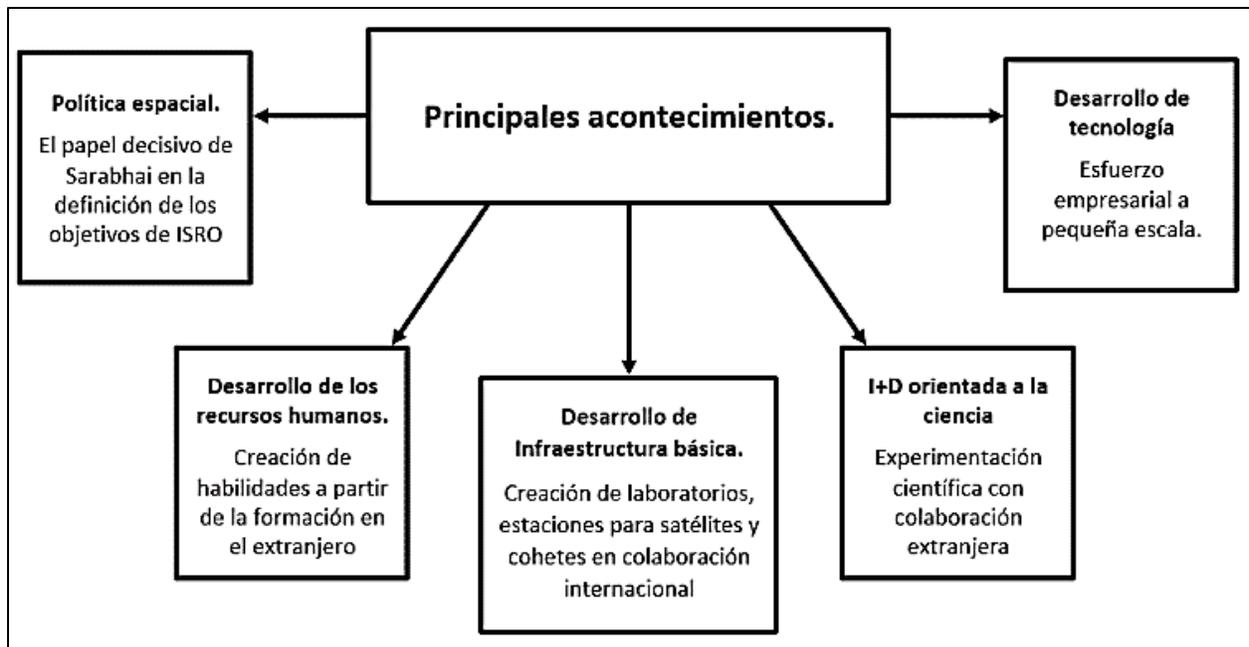


Figura 3.4. Desarrollo de competencias en la fase científica (1962-1972).  
Fuente: Baskaran, 2005, p. 5.

De acuerdo con Baskaran (2005), a partir de esta reestructuración, comienza la segunda fase, durante la cual, se llevaron a cabo actividades encaminadas a aprender a manejar y coordinar proyectos grandes y complejos, y a continuar desarrollando tecnología propia, anticipándose así a posibles problemas derivados de futuros controles en las exportaciones de tecnología espacial por parte de los países occidentales. Entre 1972 y 1983, en ISRO se ejecutaron diversos proyectos experimentales con ayuda extranjera, principalmente para proporcionar aprendizaje y experiencia en gestión de proyectos. Por mencionar algunos, se trabajó con científicos de: la Unión Soviética en el desarrollo de los satélites *Aryabhata*, *Bhaskara-I* y *Bhaskara-II*, con Francia para el desarrollo del motor líquido *Viking* utilizado en el lanzador *Ariane* y en el lanzamiento del satélite *Ariane Passenger Payload Experiment*, y con la NASA para implementar el Experimento de Televisión Instructiva por Satélite (SITE, por sus siglas en inglés) y el Experimento de Telecomunicaciones por Satélite (STEP, por sus siglas en inglés) (Baskaran, 2005).

Para Baskaran (2005), en esta fase comenzaron a desarrollarse vínculos con empresas y universidades, para lograr satisfacer las necesidades de ISRO y sus vastos proyectos ambiciosos, con el paso de los años, era cada vez mayor el número de empresas involucradas en el programa espacial, y de igual manera, eran más los institutos académicos vinculados con ISRO.

Para Lele (2017), la fase se caracterizó porque el programa espacial se concentró principalmente en proyectos experimentales de baja capacidad, que permitían a los científicos adquirir experiencia en la construcción y el funcionamiento de satélites y vehículos de lanzamiento, es decir, se centró en el aprendizaje y la coordinación de la gestión de proyectos. Las competencias desarrolladas gracias a la reestructuración se resumen en la figura 3.5.

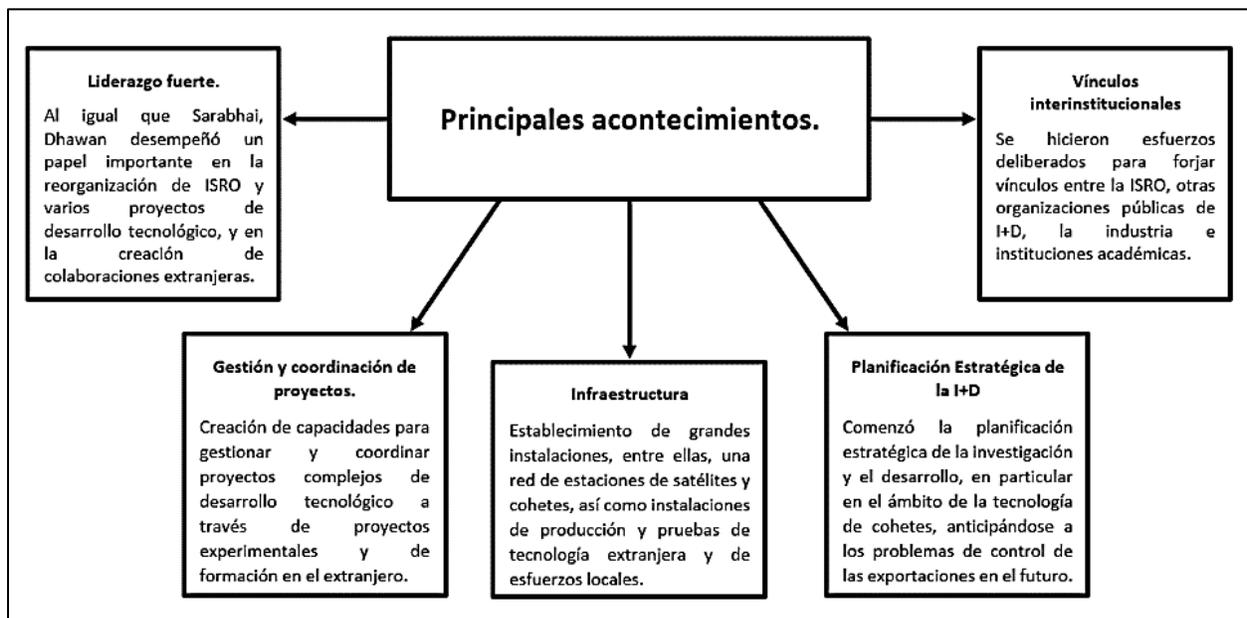


Figura 3.5. Desarrollo de competencias en la fase de aprendizaje (1972-1984).

Fuente: Baskaran, 2005, p. 5.

En 1984, Udipi Rao, asumió la presidencia de ISRO, y, de acuerdo con Baskaran (2005), también comenzó la tercera fase, cuyo principal objetivo fue alcanzar capacidades de umbral en todas las áreas, esto, debido a los estrictos controles en la exportación de tecnología surgidos en 1987 con

la entrada en vigor del Régimen de Control de Tecnología de Misiles<sup>42</sup> (MTCR, por sus siglas en inglés), que restringía una serie de elementos necesarios para el desarrollo de la tecnología espacial.

Los objetivos en materia de tecnología de satélites de esta fase se consiguieron, gracias a que se construyeron por completo de manera local, aprovechando la experiencia adquirida con los satélites experimentales y los conocimientos adquiridos satélites importados. En cuanto al desarrollo de cohetes, la India se enfrentó a controles cada vez más estrictos de las exportaciones, aunque no detuvo el desarrollo del Programa Integrado de Desarrollo de Misiles Guiados (IGMDP, por sus siglas en inglés), un proyecto para desarrollar misiles balísticos de alcance intermedio (Baskaran, 2005). De acuerdo con Lele (2017), estas restricciones tuvieron su origen por la primera detonación nuclear que realizó la India en 1974, y que fueron aún más restrictivas a raíz de la segunda experimentación nuclear de 1998.

Para Baskaran (2005), la fase de umbral se distingue porque, gracias a los controles de exportación, cuyo objetivo era frenar la acumulación de tecnología, se incentivó el desarrollo de tecnología espacial local, obtenida de la suma de la experiencia adquirida en los proyectos experimentales, la tecnología importada anteriormente y un gran esfuerzo nacional, consiguiendo reducir la dependencia de las importaciones. Los objetivos de la fase pueden resumirse en la figura 3.6.

Siguiendo a Lele (2017), esta y la última fase, simbolizan la maduración del programa espacial indio, con hitos a la par de otros programas espaciales, entre los que destacan, el desarrollo de los sistemas de lanzamiento Polar Satellite Launch Vehicle<sup>43</sup> (PSLV, por sus siglas en inglés) y su

---

<sup>42</sup> El Régimen de Control de Tecnología de Misiles (MTCR, por sus siglas en inglés) es un acuerdo político informal entre los Estados que tratan de limitar la proliferación de misiles y tecnología de misiles, establecido en 1987 por los países industrializados del G-7 (Missile Technology Control Regime, 2019).

<sup>43</sup> El Vehículo de Lanzamiento de Satélites Polar es la tercera generación de vehículos de lanzamiento de la India. Es el primer sistema equipado con fases líquidas. Después de su primer lanzamiento exitoso en octubre de 1994, PSLV

sucesor, el Geostationary Satellite Launch Vehicle<sup>44</sup> (GSLV, por sus siglas en inglés), que serían vitales para el lanzamiento de futuros satélites.

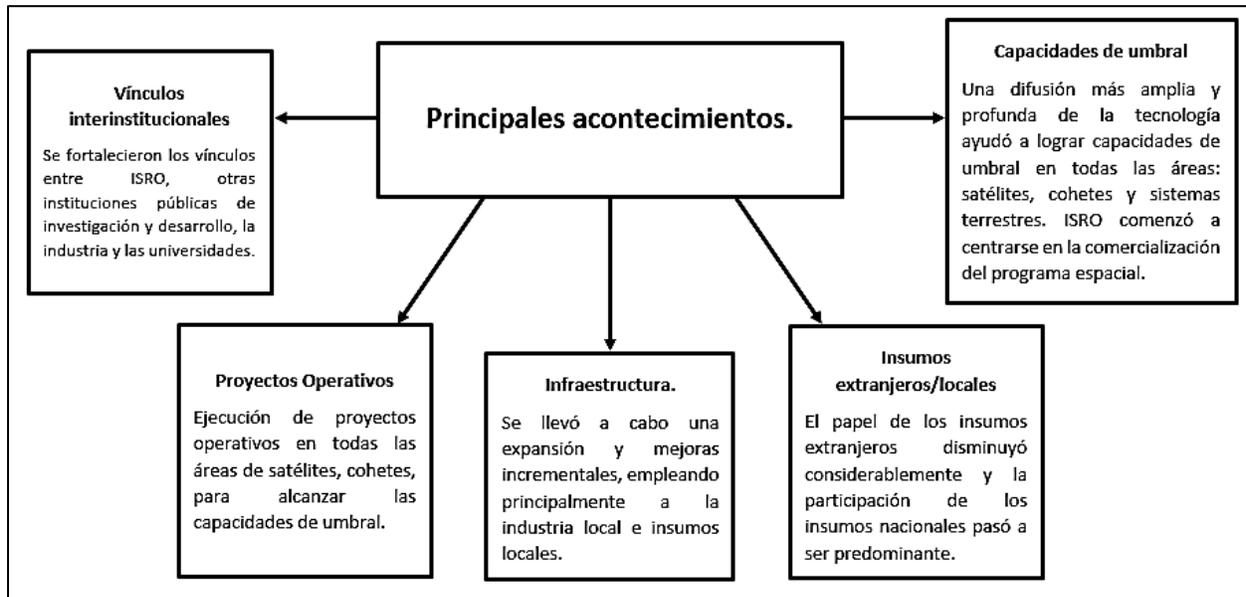


Figura 3.6. Desarrollo de competencias en la fase de Umbral (1984-1990).

Fuente: Baskaran, 2005, p. 6.

Desde la perspectiva de Baskaran (2005), en la última fase, que inició desde 1990, ISRO se ha enfocado en comercializar los resultados de su programa espacial, con ayuda de su brazo comercial Antrix Corporation Ltd., por ejemplo: mediante un acuerdo con la Earth Observation Satellite Company (EOSAT) de Estados Unidos, ISRO comenzó a vender datos de teledetección a varios países, inició exportaciones de un pequeño número de subsistemas y componentes de satélites a EE.UU. y Europa, comenzó a prestar servicios de consultoría y formación en sistemas terrestres, también ha obtenido contratos con empresas como INMARSAT, IBM, World Space, entre otras,

---

emergió como el vehículo de lanzamiento confiable y versátil de la India, con 39 misiones consecutivas exitosas para junio de 2017. Durante el período 1994-2017, el vehículo ha lanzado 48 satélites indios y 209 satélites para clientes extranjeros (Indian Space Research Organisation, 2017).

<sup>44</sup> El Vehículo de Lanzamiento de Satélites Geosincrónicos fue desarrollado para poner en órbita satélites geosincrónicos más pesados. Es el vehículo de lanzamiento de cuarta generación más grande desarrollado por la India, actualmente en operación (Indian Space Research Organisation, 2017).

e incluso, ha comenzado a realizar lanzamientos comerciales de satélites, para países como Alemania, Corea del Sur y Bélgica.

Una vez analizadas las fases del programa espacial indio, es posible resumir la estructura del ecosistema espacial actual indio en el cuadro 3.1, el cual se compone de diversos centros de ISRO donde se desarrollan tecnologías para satélites, vehículos de lanzamiento, sistemas terrestres y servicios orientados a la aplicación y comercialización (Nagendra & Basu, 2016).

El programa espacial moderno se apoya en una industria privada que comprende unas 500 empresas, que suministran diferentes productos y servicios a ISRO, la mayoría son componentes de subsistemas de media a baja tecnología, y sólo existe una reducida cantidad de empresas espaciales de primer nivel que proveen subsistemas completos. La principal razón de esta brecha tecnológica se debe a que la cadena de suministro de ISRO se nutre de una serie de Unidades tecnológicas del Gobierno altamente subsidiadas, como Hindustan Aeronautics Limited (HAL), Bharat Electronics Limited (BEL), and Mishra Dhatu Nigam Limited (MIDHANI), que afectan la competitividad del mercado, creando barreras de entrada para el sector privado. Este escenario se ve aún más agravado por las restricciones a la exportación existentes, que no aseguran más clientes aparte de ISRO a la industria espacial privada.

Como lo afirma Lele (2017), en esta fase el programa espacial de la India está adoptando nuevos retos, principalmente derivado de las campañas militares en Afganistán e Irak que surgieron a partir del atentado del 11 de septiembre de 2001, que dejó clara la importancia de tener "ojos en el cielo" para la guerra. Por otro lado, y de acuerdo con Jakhu (2009), los planes de la India con respecto a la exploración del espacio profundo, en el corto plazo se centran únicamente en la Luna.

## El ecosistema espacial actual de la India.



Cuadro. 3.1 El ecosistema espacial actual de la India.

Fuente: Nagendra y Basu, 2016, p. 2

## **Capítulo 4. Evolución del SNI y el sector espacial de Brasil.**

“El espacio no es remoto en absoluto. Está a sólo una hora de camino si tu coche pudiera ir directamente hacia arriba.”

**Fred Hoyle.**

### **Introducción.**

La construcción del Sistema Nacional de Innovación brasileño inició la promoción de la industrialización y el desarrollo económico, en medio de un régimen de sustitución de importaciones<sup>45</sup> que Brasil adoptó desde principios de 1950 hasta finales de 1980, derivado de la crisis de la balanza de pagos que azotó la mayoría de los países latinoamericanos. Para 1990, Brasil introdujo reformas de liberalización económica, influenciadas por las recomendaciones del Consenso de Washington. Sin duda estos modelos influyeron en la formulación y evolución del Sistema Nacional de Innovación en Brasil.

### **4.1. Sistema Nacional de Innovación de Brasil.**

Para Nassif (2007), hasta 1930, Brasil carecía de un proceso de industrialización sólido, se trataba de una economía extremadamente abierta al comercio exterior, cuyas estructuras productivas y de exportación estaban concentradas fuertemente en el café y otros productos primarios. El crecimiento económico de Brasil era directamente influido por las fluctuaciones de los precios en el extranjero de sus principales exportaciones. A pesar de que la Gran Depresión interrumpió este

---

<sup>45</sup> La definición más común de sustitución de importaciones, la considera como un simple proceso de reemplazo de componentes de maquinaria importada, por piezas similares producidas en el país con el fin de reducir los costos de importación, sin embargo, al mismo tiempo la sustitución de importaciones es una herramienta estratégica dentro de un modelo de desarrollo económico sostenible. Modelo que surge de la combinación de avances tecnológicos de diversas industrias con las realidades de quienes los aprovechan, dando como resultado un proceso industrial con miras a la inmersión de productos y servicios en el mercado internacional (Guarín Grisales & Franco López, 2008).

modelo de desarrollo y originó otro basado en la sustitución de importaciones, no fue hasta la década de 1950 que la industrialización adquirió mayor impulso, especialmente bajo el segundo mandato de Getúlio Vargas (1950-1954) y el de Juscelino Kubitschek (1956-1961), que tomaron la iniciativa de adoptar políticas proteccionistas a favor de las industrias pesadas nacientes, que se mantuvieron hasta principios de los años ochenta.

Para diversos autores, el SNI brasileño está marcado por 3 periodos importantes: el periodo de sustitución de importaciones, que duró hasta mediados de la década de los sesenta, el gobierno militar de 1964-1985, y, el periodo de liberalización económica emprendido a partir de 1990.

Durante el primer período, el gobierno brasileño puso sus esfuerzos en la construcción de una red de instituciones involucradas en proyectos científicos, tecnológicos e industriales. Entre ellos destacaban: el Centro de Investigación Aeroespacial (CTA, por sus siglas en portugués), fundado en 1947, el cual tuvo un papel importante en el desarrollo de la industria aeronáutica brasileña; el Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq, por sus siglas en portugués), creado en 1951 y orientado originalmente hacia la tecnología atómica, siendo una importante institución para la financiación de la investigación pública, especialmente en las universidades federales; y el Banco Nacional de Desarrollo de Brasil (BNDE, hoy BNDES, por sus siglas en portugués), creado en 1953 con recursos provenientes del ahorro obligatorio de los trabajadores y considerado la institución más importante para la financiación de inversiones a largo plazo en Brasil (Nassif, 2007).

El gobierno brasileño se centró en algunas industrias como prioridades de su política y utilizó licencias de importación y altos aranceles para proteger al sector manufacturero brasileño (Nassif, 2007). Respecto a los esfuerzos en ciencia y tecnología, hasta mediados de la década de los sesenta

seguían aislados y dispersos, con un impacto limitado, excepto por el desarrollo del capital humano técnico (Dalhman & Frischtak, 1993).

De acuerdo con Dalhman y Frischtak (1993), durante el segundo periodo, los avances tecnológicos más significativos fueron impulsados por el grupo de los militares, que habían comprendido fácilmente la importancia estratégica de la ciencia y la tecnología para el resultado de conflictos bélicos. Desde la perspectiva de Nassif (2007), durante los gobiernos militares<sup>46</sup> (1964-1985), una vez conseguida la estabilización y superación del estancamiento de la economía brasileña surgida a principios de los años sesenta, se ejecutaron grandes proyectos de inversión a través de los Planes Nacionales de Desarrollo (PND I y II, por sus siglas en portugués) de 1972 a 1974 y de 1974 a 1979, respectivamente, para resolver los problemas observados en la infraestructura e industrias básicas, especialmente en la producción de bienes intermedios. Como lo afirma Feinson (2003), los gobiernos militares de Brasil implementaron estos planes de desarrollo desconfiando de las empresas multinacionales, por lo que se profundizaron las políticas de sustitución de importaciones, se intentó lograr la autosuficiencia energética y se estimuló el crecimiento industrial a través de extensos préstamos nacionales y extranjeros.

Debido la importancia dada al desarrollo científico y tecnológico por la dictadura, en 1964, al interior del Banco Nacional de Desarrollo de Brasil se crearon dos fondos para financiar directa o indirectamente la introducción de nuevas tecnologías. El primero era FUNTEC, un fondo especial para financiar la formación de personal dedicado a la investigación básica en las universidades; el segundo era FINAME, un fondo dedicado para ayudar a la adquisición de maquinaria y equipos industriales. En 1965 se creó la Financiadora de Estudios y Proyectos (FINEP, por sus siglas en

---

<sup>46</sup> Después del golpe de Estado de 1964, se instituyó en Brasil una dictadura que se afianzó por más de dos décadas con cinco presidentes.

portugués), una importante entidad pública para la financiación de actividades innovadoras (Nassif, 2007).

La modernización organizacional alcanzó su apogeo con la creación de la Secretaría de Tecnología Industrial (STI, por sus siglas en portugués) en 1972, que coordinaba programas de ciencia y tecnología, brindaba programas de desarrollo tecnológico a empresas privadas y públicas, gestionaba el sistema de derechos de patentes y marcas y regulaba la transferencia de tecnología a través del Instituto Nacional de Derechos de Propiedad Industrial (INPI, por sus siglas en portugués) (Dahlman y Frischtak citado por Nassif, 2007). Además, con el fin de compensar el alto costo de la protección a la manufactura brasileña, se crearon una serie de mecanismos como exenciones fiscales y créditos, y otros subsidios directos para aumentar la competitividad de las exportaciones en los mercados mundiales. A partir de 1972 entró en vigor el programa BEFIEX, que permitía a los empresarios importar máquinas y equipos libres de aranceles e impuestos (Nassif, 2007).

A lo largo de los años setenta aparecieron nuevos planes científicos y tecnológicos, por ejemplo, el Primer Plan Básico para el Desarrollo Científico y Tecnológico 1973-1974 (I PBDCT, por sus siglas en portugués) dedicado a la elaboración de programas para aumentar los recursos financieros destinados a la ciencia y la tecnología; el II PBDCT 1975 - 1979, que estaba centrado en la asignación de fondos financieros para la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías, así como en áreas relacionadas con nuevas fuentes de energía, la microelectrónica y la industria aeroespacial; por último, en el contexto de la crisis de la deuda y el inicio del proceso de estanflación<sup>47</sup>, el III PBDCT 1980 - 1985, estableció prioridades importantes sobre la reorientación

---

<sup>47</sup> Estancamiento: situación en la que disminuye la producción y suben los precios; combinación de estancamiento e inflación (Mankiw, 2014).

de las actividades conjuntas de los agentes privados y públicos (Dahlman y Frischtak en Nassif, 2007).

A partir de 1985, comenzó operaciones el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovaciones (MCTI, por sus siglas en portugués), convirtiéndose en el órgano responsable de discutir el futuro de la Ciencia, Tecnología e Innovación de Brasil, así como de las direcciones y opciones a seguir en la promoción del desarrollo del país (Santos, 2011). De acuerdo con Koeller y Gordon en Cassiolato y otros autores (2014), este ministerio configuró su estrategia con base en la creación de incentivos para: el desarrollo tecnológico, creación de nuevas tecnologías y empresas tecnológicas de reciente creación (startups).

A pesar de todos las políticas y planes anteriormente descritos, de las altas tasas de crecimiento del PIB brasileño entre 1950 y 1980 (7.5%), y de la consolidación de una base industrial amplia y diversificada, Brasil no lograba resultados sólidos en cuanto a desarrollo tecnológico, en particular de investigación y el desarrollo (I+D). A mediados del decenio de 1980, el gasto en I+D seguía siendo relativamente bajo (alrededor del 0.63% del PIB) en comparación con los países industrializados o incluso con algunos países asiáticos de reciente industrialización, al mismo tiempo, la mayor parte de este gasto provenía del Estado (aproximadamente 62.6% del total), otra característica del bajo esfuerzo tecnológico es que la I+D estaba muy concentrada en un grupo reducido de empresas (Nassif, 2007).

Por último, el segundo período se caracterizó por un crecimiento impulsado por la deuda, aunque la posición competitiva de Brasil mejoró drásticamente, este régimen económico fue insostenible. Feinson resume los problemas del periodo de la siguiente forma: a) las barreras al flujo de tecnología externa dificultaban la adquisición de nuevas tecnologías; b) eran limitados los esfuerzos tecnológicos por parte de las industrias nacionales a la vez que eran incapaces de

convertir los esfuerzos públicos de I+D en mejoras productivas debido a las dificultades en el uso y difusión de la información y las habilidades; y c) incapacidad de cultivar el capital humano nacional (Dahlman y Frischtak, citado en Feinson, 2003).

El tercer periodo surge a raíz de las reformas de liberalización económica implementadas en Brasil y otros países latinoamericanos azotados por la crisis, y que estuvieron fuertemente influenciadas por el Consenso de Washington. De acuerdo con Nassif (2007), tras las reformas económicas, la evolución del SNI brasileño fue lenta, asociada a la falta de estrategias activas en los ámbitos industrial y tecnológico, la disminución del crecimiento de la productividad y el estancamiento de la producción observados en la década anterior.

Como han señalado Suzigan y Furtado (citados en Nassif, 2007), el entorno macroeconómico caracterizado por la crisis de deuda y estanflación provocó que se tomara poca importancia a las políticas industriales y tecnológicas y mucho menos a la reconstrucción del Sistema Brasileño de Innovación, en cambio, el gobierno estableció la estabilización macroeconómica como prioridad de la política económica general, descartando así, planes favorables para la recuperación del SNI.

Según la perspectiva de Nassif (2007), durante la implementación de las reformas económicas, Brasil prácticamente abandonó la estrategia de diseño e implementación de los Planes Nacionales de Desarrollo, que podría explicarse principalmente por la visión liberal que dominaba la elaboración de la política económica. A principios de los años noventa, se implementó el Plan Collor, en el contexto de las primeras medidas de liberalización comercial, en él se proponía una Política Industrial y de Comercio Exterior (PICE, por sus siglas en portugués), cuyos elementos básicos serían redefinir las estrategias a largo plazo para impulsar la capacidad tecnológica y la competitividad de las industrias de alta tecnología. A pesar de ello, ese propósito nunca se logró en la práctica.

Un elemento de la política industrial de Brasil que fue inducido a partir del proceso de liberalización, fue la inversión extranjera directa (IED), sin embargo, a diferencia de países asiáticos como China y Singapur, las políticas para atraer a las empresas multinacionales a Brasil, en lugar de tratar de promover la transferencia de tecnología o los beneficios indirectos de la tecnología a las empresas locales, estuvieron impulsadas principalmente por el objetivo de implementar la sustitución de importaciones y, por lo tanto, de reducir la dependencia de ellas. Como consecuencia, Brasil no fue capaz de atraer las mejores técnicas disponibles en las industrias relevantes de alta e incluso media tecnología (Dahlman y Frischtak en Nassif, 2007).

Como sugiere Nassif (2007), durante los dos mandatos del presidente Fernando Henrique Cardoso<sup>48</sup>, se dio prioridad a la privatización de las empresas estatales y de los servicios de infraestructura, y a intentar restaurar los planes a largo plazo (1996-1999 y 2000-2003) que se diseñaron en gran medida con el objetivo de introducir nuevos conceptos de gestión, como la integración geográfica nacional y el equilibrio presupuestario, sin embargo, la crisis fiscal que caracterizó al gobierno de Cardoso prácticamente impidió su ejecución efectiva. Mientras que, bajo el gobierno de Luiz Inácio Lula da Silva, se intentaron restaurar las políticas industriales y tecnológicas para superar el relativo atraso del Sistema Nacional de Innovación brasileño. En septiembre de 2003, los Ministerios de Desarrollo, Industria y Comercio (MDIC, por sus siglas en portugués), Agricultura (MFAZ, por sus siglas en portugués) y Planificación (MPLAN, por sus siglas en portugués) publicaron el “Roteiro para uma Agenda de Desenvolvimento” (Guía para una agenda de Desarrollo), en el que se establecieron tres prioridades para las políticas públicas: i) mejora y expansión del sistema de infraestructura, ii) aumento de la eficiencia de los sectores productivos, especialmente de los bienes comercializables, y, iii) fomento de la capacidad

---

<sup>48</sup> Presidente de Brasil de 1995 a 2002.

innovadora de las empresas, con una importante orientación a la exportación. Con esta nueva política industrial, el gobierno reconocía que, en lugar de construir un sistema industrial, era necesario, por un lado, establecer mecanismos de cooperación con los agentes privados de manera que puedan tomar la innovación y la capacidad como rutina principal de sus estrategias empresariales y, por otro, superar el relativo atraso del SNI.

Otro paso relevante hacia la modernización de los SNI brasileños se dio en 2006 cuando el gobierno aprobó la Ley de Innovación (MDIC, por sus siglas en portugués) cuyo objetivo era proporcionar importantes redes de transmisión del conocimiento generado en la investigación básica, especialmente proveniente de instituciones públicas y universidades federales, hacia las tecnologías aplicadas de las empresas. Además, después de trece años de renunciar a las medidas de políticas industriales verticales, la Política Industrial, Tecnológica y de Comercio Exterior de Brasil (PITCE, por sus siglas en portugués) eligió cuatro industrias como sus principales objetivos: a) bienes de capital, b) semiconductores, c) software y d) productos farmacéuticos (Nassif, 2007).

A pesar de todos los esfuerzos conjuntos, junto con la creación de nuevas instituciones para proporcionar una coordinación adecuada entre los agentes públicos y privados, el PITCE enfrenta dificultades para traducir el diseño de políticas en resultados concretos, por ejemplo: (i) persiste una falta de coordinación entre las instituciones públicas que diseñan y financian la mayoría de los esquemas orientados a la innovación, por un lado, y las empresas privadas que, al final, implementan y asumen los riesgos, (ii) existe una falta de coordinación entre los objetivos y resultados de las políticas macroeconómicas adoptadas y las que persiguen las políticas que involucran a la industria brasileña, al comercio, a la tecnología y al propio SNI (Nassif, 2007). Por último, en la figura 4.1, se resume los eventos más importantes de las tres etapas antes descritas.

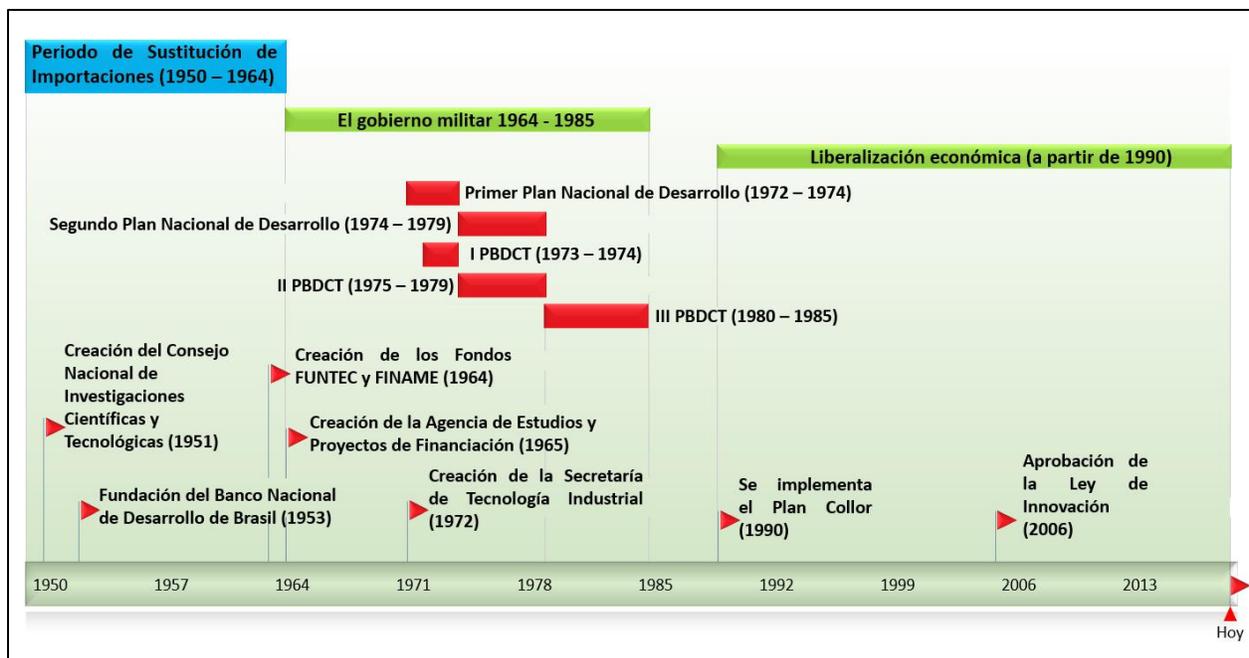


Figura 4.1. La evolución del SNI de Brasil.

Fuente: Elaboración propia con base en: Nassif (2007), Dalhman y Frischtak (2003), Feinson (2003)

De acuerdo con Oviedo (2016), Brasil y la mayoría de los países de América Latina exhiben en su sistema de Ciencia y Tecnología, una serie de rasgos particulares, producto de las características estructurales de las sociedades latinoamericanas, como:

- Carácter imitativo de los diferentes organismos públicos de Ciencia y Tecnología: en su creación y estructura, es evidente la influencia extranjera en ellos.
- Bajo desempeño del sistema de CyT, en comparación con los países más desarrollados: con algunas excepciones, los esfuerzos de los países latinoamericanos no logran el despegar del sector científico y tecnológico.
- Baja participación del sector privado en el financiamiento de la I+D en comparación con los países más desarrollados: se sostiene primordialmente del aporte del Estado.
- Escasa articulación entre los organismos de CyT y la sociedad: aún persiste la falta de conexión entre la producción científica y las necesidades sociales de la región, al mismo

tiempo, existe atraso científico y tecnológico regional, que se debe a aspectos culturales e institucionales relacionados con el sistema de producción.

Con base en lo anterior, muchos autores coinciden en formular recomendaciones en beneficio del SNI de Brasil, por ejemplo, Mazzucato y Penna (2016), enunciaron las siguientes:

1. Políticas macroeconómicas más favorables para los programas explícitos de políticas de innovación.
2. Ciertas reformas, como la del sistema tributario brasileño o la eliminación de las barreras a la implementación de la contratación pública para la innovación.
3. Se deben establecer y reforzar los mecanismos de competencia, cooperación y rendición de cuentas en los programas de política orientados a mejorar el sistema de innovación, a fin de ayudar a equilibrar los papeles relativos del Estado, el sector empresarial y la academia.
4. Las características exitosas de las organizaciones de aprendizaje deberían ser emuladas en otros organismos públicos, teniendo en cuenta el contexto, las capacidades, las competencias y las limitaciones, mediante la creación de redes y asociaciones orientadas a la misión.

#### **4.1.1. Actores que participan en el SNI de Brasil y sus relaciones.**

Es indispensable definir la estructura del SNI brasileño, Cassiolato (2015), lo describe como un marco (figura 4.2) que incluye el contexto geopolítico, social, económico y cultural, al mismo tiempo, contiene los siguientes subsistemas:

1. producción e innovación: que incluye desde materias primas hasta la comercialización de bienes y servicios.
2. de capacidades: que abarca la educación, la investigación y la infraestructura tecnológica.
3. de políticas, representación y financiamiento.

4. del rol de la demanda: incluye la distribución del ingreso, la estructura del consumo, estructura social, la infraestructura básica, la salud, entre otros.

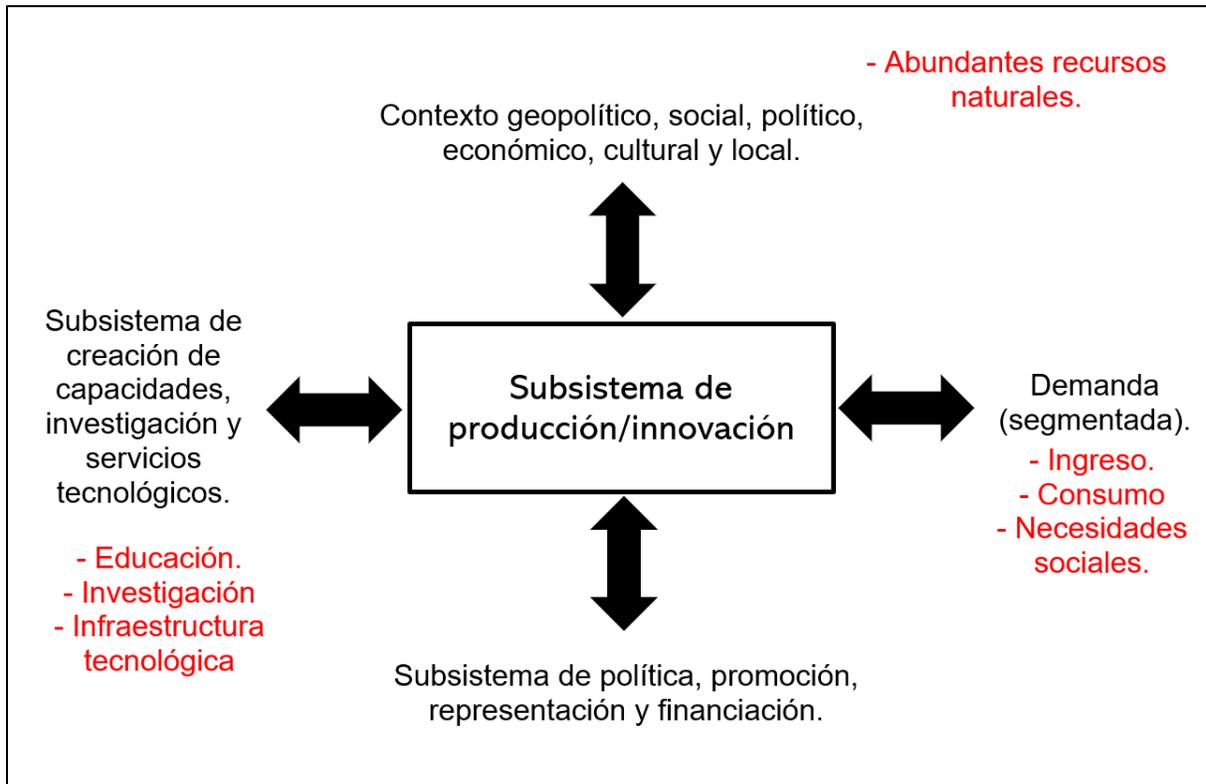


Figura 4.2. Estructura del SNI de Brasil.  
Fuente: Cassiolato, (2015).

Por su parte, y de acuerdo con lo planteado por Daniels y otros autores (2017), es posible identificar los siguientes agentes en el SNI brasileño (figura 4.3); i) el Estado, el cual impulsa la innovación a través del Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCTI), impulsa la creación de centros de investigación con ayuda del CNPq y los gobiernos locales y estatales.

Además, financia la estructura para el desarrollo de la Innovación por medio del BNDES y el FINEP. También incluye las políticas implícitas y explícitas en materia de Ciencia y Tecnología. Además, de acuerdo con la OCDE (2011), la Coordinación para la mejora del personal de la Educación Superior (CAPES, por sus siglas en portugués), también es un organismo relevante para

el subsistema gubernamental del SNI brasileño, porque financia y evalúa estudios de posgrado, difunde parte de los resultados de la investigación científica, entre otras actividades.

ii) Las instituciones de educación superior, las cuales, desde la perspectiva de Daniels y otros autores (2017), son las responsables del establecimiento de incubadoras, parques científicos y de la creación de conocimiento, investigación con fines de innovación y la difusión de los hallazgos. Siguiendo a Mazzucato y Penna (2016), este grupo se compone de instituciones públicas y privadas que incluye: colegios (las más vastas), universidades, y centros e institutos de formación técnica. Por mencionar algunos de los más importantes, la Universidad Estatal de Campinas, la Universidad Federal de Minas Gerais, la Universidad de Sao Paulo, la Universidad Federal de Rio de Janeiro (OECD, 2011).

Por último, iii) las firmas, que, desde la perspectiva de Daniels (2017), se encargan de construir redes de valor intersectorial, de integrar las habilidades y los recursos de los demás actores con el fin de mejorar las imperfecciones de la cadena de valor y el vacío institucional en el BOP<sup>49</sup> market. También proporcionan una visión de la demanda real o potencial de las personas de bajos ingresos, actividades de I+D, sistemas de fabricación flexibles y de bajo coste, canales de distribución, entre otros. Algunas de las firmas más relevantes en el SNI son: Petrobrás (petrolera estatal de Brasil), Senai (formación industrial), Sebrae (servicios de consultoría), Softex y Anprotec (promoción de tecnologías avanzadas), Inovar (capital de riesgo), entre otras (Etzkowitz, et al., 2014).

---

<sup>49</sup> BOP (Bottom of Pyramid) consiste en dividir el mundo en una pirámide económica, manteniendo a los privilegiados en la cima y a los pobres en la base. Así, las empresas deben adoptar formas innovadoras de hacer negocios en un mercado que consiste en miles de millones de consumidores desfavorecidos (Subhan & Khattak, 2017).

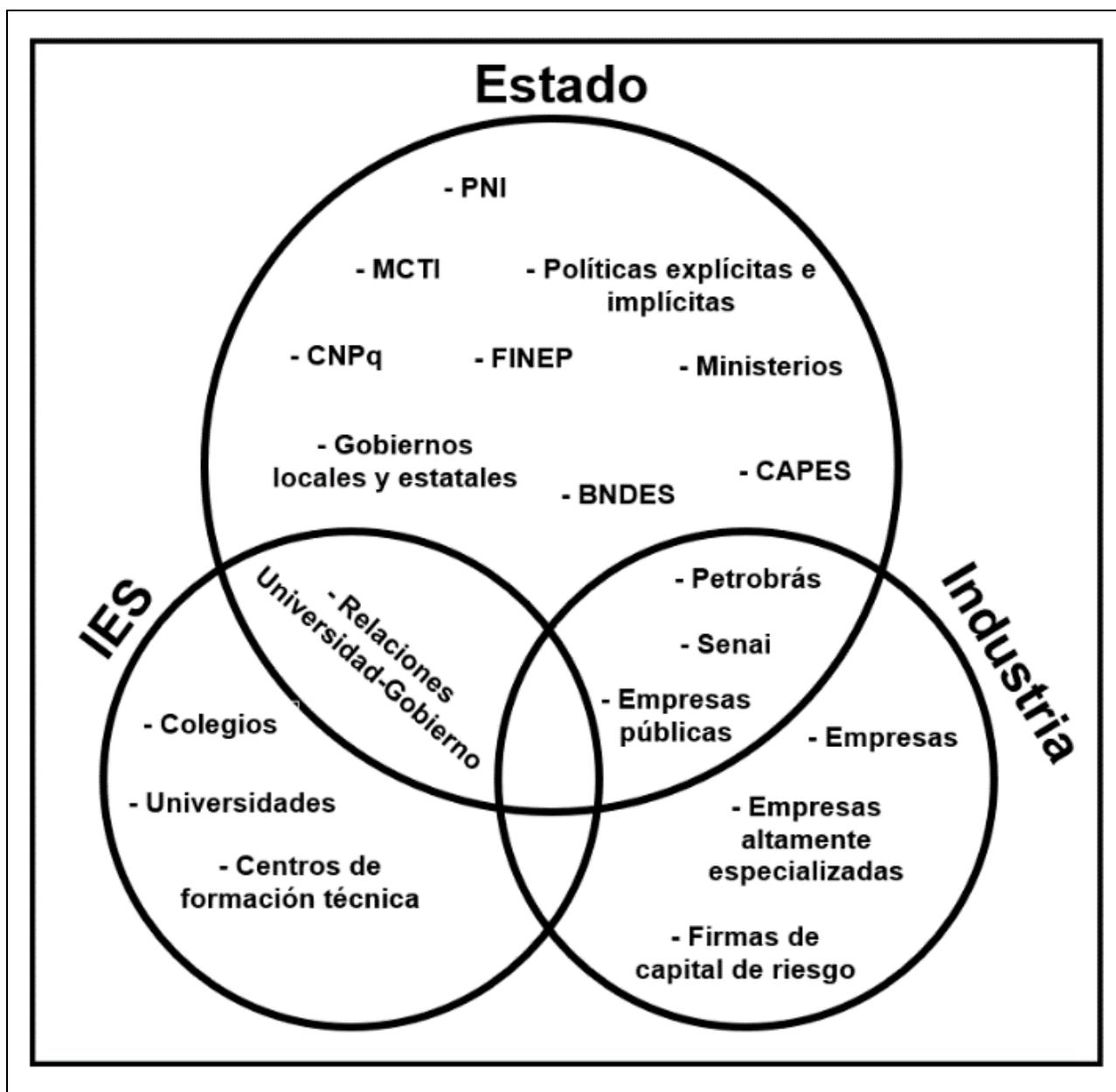


Figura 4.3. Participantes del Sistema Nacional de innovación de Brasil.  
Fuente: Elaboración propia con base en: Etzkowitz, et al. (2014) y Mazzucato (2016).

## 4.2. Sector espacial brasileño.

El programa espacial brasileño se encuentra actualmente en plena maduración, gracias a la cooperación con países europeos, asiáticos y principalmente con los Estados Unidos, ya ha

conseguido algunos hitos que lo colocan en primer lugar en la región latinoamericana. Además, gracias a su ubicación geográfica, Brasil posee ventajas estratégicas para realizar lanzamientos en la órbita geoestacionaria, aunque no por sus propios medios, pero, por las características de su sector espacial, en el largo plazo podría conseguirlo.

Clay (2015), en su análisis de la evolución del programa espacial brasileño, ubica 3 periodos, el primero se desarrolla entre 1957 y 1985, que coincide con la dictadura militar, el siguiente comprende los años 1985 hasta 2003, y, por último, desde 2003 hasta la actualidad.

El primer periodo inicia en la década de los cincuenta, cuando el Ministerio de Aeronáutica de Brasil identificó la necesidad de crear un centro de investigación capaz de desarrollar tecnología espacial militar. Así, en 1953, se fundó el Centro de Tecnología Aeroespacial (CTA, por sus siglas en portugués), enfocado en la formación de científicos especializados (Ribeiro & Vasconcellos, 2017). Para dotar al CTA de una infraestructura adecuada, se importó equipo de laboratorio de los Estados Unidos, y se realizaron acciones de investigación conjuntas con el U.S. Naval Research Laboratory, gracias a lo cual, tenía acceso a las señales del satélite estadounidense *Vanguard*, con las que se pudo montar una estación espacial terrestre (Clay Moltz, 2015).

En 1961, el gobierno estableció el Grupo de Organización de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (GOCNAE, por sus siglas en portugués), hasta ese momento, la mayoría de las actividades en materia espacial eran impulsadas por la comunidad civil y científica. Sin embargo, para 1964, y después del golpe de Estado que resultó en la dictadura militar de 1964 a 1985, el ejército brasileño se convirtió en el principal impulsor de las actividades espaciales, que se centraron en gran medida en desarrollar capacidades locales en materia de misiles, con constante cooperación con la Agencia Espacial Europea y la NASA (Clay Moltz, 2015).

De acuerdo con Harvey y otros autores (2010), en 1971, el gobierno militar, a través de un decreto, sustituyó a GOCNAE por el Instituto Nacional de Investigaciones Espaciales (INPE, por sus siglas en portugués), como nuevo responsable del desarrollo de la tecnología espacial como, los cohetes de sondeo SONDA, y el lanzador orbital VLS.

Para 1971, se estableció la Comisión Brasileña de Actividades Espaciales (COBAE, por sus siglas en portugués), cuya mayoría de objetivos estaban encaminados a salvaguardar los intereses de seguridad brasileños, y otros como, cartografiar el enorme territorio brasileño, como monitorear los recursos y el uso de la tierra. En 1979, se establecieron nuevos objetivos, entre los que destacaban planes a largo plazo para el desarrollo de satélites, cartografía, vigilancia del medio terrestre y el impulso de las comunicaciones, así como un mayor desarrollo del sector de los lanzamientos, que incluyó la construcción del centro de lanzamiento en Alcántara, en el estado de Maranhão, un sitio estratégico para lanzamientos, situado a dos grados al sur de la línea ecuatorial (Clay Moltz, 2015).

Para James Clay Moltz (2015), el segundo periodo comenzó con el regreso del mando civil al poder, al mismo tiempo que el programa espacial y en general toda la economía enfrentó un período de graves dificultades económicas, que se tradujo en recortes en el presupuesto espacial.

A pesar de la transición a un gobierno civil, para 1986, las fuerzas armadas mantenían el control del programa espacial, que impulsaban el desarrollo de misiles y cohetes, principalmente por la preocupación del programa argentino de misiles balísticos. Así, Brasil ganaba mayor lugar en el mercado internacional de exportación de armas. Por lo anterior, y con la introducción del Régimen de Control de Tecnología de Misiles (MTCR), los Estados Unidos presionaron a otros países para evitar hacer negocios con Brasil, ante la preocupación de que este último vendiera sus conocimientos sobre misiles a países como Libia, Irán e Irak (Clay Moltz, 2015).

Por la limitación para adquirir tecnología espacial y de EE. UU., Brasil buscó alternativas para ampliar sus capacidades en materia de misiles y, China con su tecnología relativamente barata se convirtió en un socio atractivo. La cooperación con China dio como resultado la firma de un acuerdo para construir y lanzar dos satélites de órbita baja para la observación de la Tierra, llamados *Satélites de Recursos Terrestres China-Brasil* (CBERS, por sus siglas en inglés), utilizados principalmente en estudios forestales y monitoreo costero. Este proyecto se completó hasta 1999 debido a los problemas de financiación de Brasil (Clay Moltz, 2015).

Siguiendo con la perspectiva de Clay Moltz (2015), para Brasil era importante ser socio de EE. UU., y, con la esperanza de salir del bloqueo y atraer mayores inversiones, anunció en 1994 que se adheriría a los principios del MTCR y, al año siguiente, creó la Agencia Espacial Brasileña (AEB, por sus siglas en portugués), para trasladar sus esfuerzos espaciales, del control militar a un organismo civil, y así, formalizar su papel de actor espacial legítimo. La medida funcionó y se reanudó la cooperación con EE. UU., mediante la cual se realizaron 33 lanzamientos de cohetes de sondeo de la NASA desde Alcántara, además, de proponer a la AEB de unirse a la Estación Espacial Internacional (ISS, por sus siglas en inglés) liderada por los Estados Unidos Rusia, Japón, la ESA europea y Canadá.

Entre sus compromisos con la Estación Espacial Internacional, Brasil debía proporcionar equipamiento para ser instalado en la estación espacial, además de entrenar a un astronauta brasileño para ser llevado al complejo, el costo total sería de 120 millones de dólares, sin embargo, por las dificultades económicas que atravesaba Brasil, no se entregaron los componentes y tras varios meses de retraso, se puso fin a la participación brasileña en la Estación Espacial (Clay Moltz, 2015).

Según Clay Moltz (2015), para el año 2002 y con la victoria de Luiz Inácio Lula da Silva, el programa espacial parecía perder aún mayor importancia, a pesar de ello, se renovó nuevamente el acuerdo CBERS con China, firmando un nuevo protocolo en 2002 para desarrollar y lanzar dos satélites adicionales, uno de ellos desde el centro de lanzamiento de Alcántara (Clay Moltz, 2015). Continuando con la perspectiva del autor, la última fase comenzó en 2003, que repetía el mismo patrón de escasez presupuestaria de la fase anterior, llegando a ser tan sólo 30 millones de dólares en ese año. Tras un accidente ocurrido durante un lanzamiento en agosto de 2003, que provocó la muerte de diversos expertos técnicos críticos, y, que puso en relieve el peligro de un presupuesto reducido en los proyectos espaciales, el gobierno brasileño firmó un acuerdo de cooperación con Ucrania meses más tarde para construir en Alcántara un vehículo de lanzamiento de elevación media para uso comercial, y al año siguiente firmó uno con Rusia para desarrollar conjuntamente una serie de lanzaderas brasileñas basadas en tecnología rusa, dicho acuerdo también incluía llevar a la Estación Espacial Internacional a un astronauta brasileño. Dicha hazaña se realizó en 2006, y así, Brasil consiguió llevar a su primer astronauta al espacio (Clay Moltz, 2015).

Para Clay (2015), nuevamente los objetivos de defensa nacional volvieron a impulsar la planificación espacial en 2008, la Nueva Estrategia de Defensa Nacional incluyó a la tecnología espacial, junto con el desarrollo de capacidades cibernéticas y nucleares, entre las tres prioridades de defensa del país, que duplicó el presupuesto espacial anual entre 2008 y 2011 que llegó a los 318 millones de dólares, aunque siendo aún pequeño en comparación con países como India o China. A partir de 2012, y en parte, por los altos costos de preparación para la Copa Mundial de Fútbol de 2014 y los Juegos Olímpicos de 2016, hubo una disminución en el gasto destinado a las actividades espaciales, por ende, Brasil decidió reducir sus ambiciosos planes para el programa de lanzamiento pesado y centrarse en una serie de vehículos de cohetes de carga útil más pequeños.

Recientemente, el país ha estado trabajando en un Vehículo de Lanzamiento de Microsatélites (VLM, por sus siglas en portugués) para sustituir al proyecto VLS.

Siguiendo la perspectiva del autor (2015), al analizar de manera detenida las capacidades espaciales de Brasil, este se encuentra en un nivel intermedio en una escala de logros, aunque muy por detrás de países económicamente similares, por ejemplo, a diferencia de la India y China, aún no ha construido un satélite de órbita geoestacionaria a partir de tecnología propia, no ha lanzado satélites en la órbita terrestre baja ni mucho menos en la órbita geoestacionaria, sigue siendo muy inferior en cuanto a vuelos espaciales tripulados y no cuenta con un programa de astronautas entrenados para ser enviados al espacio.

## Capítulo 5. Análisis comparativo del SNI y sector espacial.

“La intensidad de la competencia en una industria no es una cuestión de coincidencia ni de mala suerte. Más bien, la competencia en una industria está enraizada en su estructura económica subyacente y va mucho más allá del comportamiento de los competidores actuales.”

**Michael Porter.**

### Introducción.

A pesar de que los programas espaciales de los países estudiados en este trabajo surgieron aproximadamente al mismo tiempo, los resultados obtenidos han sido muy diferentes, e incluso, evolucionaron de forma muy desigual, debido principalmente, al contexto institucional de cada país que claramente, influyó en su trayectoria tecnológica.

En diversos trabajos, se realizan comparaciones entre dos o más programas espaciales, a partir de elementos de fácil equiparación, esa literatura principalmente se centra en la ubicación espacio-tiempo de los diferentes niveles de logros alcanzados, los cuales están relacionados directamente con la fortaleza conseguida por un programa espacial con respecto de otros, y que son realizados con el objetivo de medir la eficacia de su política espacial vigente.

De este modo, la literatura existente puede clasificarse de acuerdo con la variable de comparación: I) Estructura gubernamental (Ribero & Vasconcellos, 2017); II) Naciones espaciales establecidas vs emergentes (Dennerley, 2016); III) Cooperación internacional (Nagendra, 2016; Ribero & Vasconcellos, 2017; Halim & Medeni, 2012); IV) Competitividad industrial espacial (véase Özdemir, 2016); V) Aplicaciones militares (Stares, 1985); VI) Perspectivas macroeconómicas (véase por ejemplo, Thompson & Smith, 2009); o VII) Aspectos técnicos (por ejemplo, Bhola, 2009; Harvey, Smid & Pirard 2010).

Sin embargo, este trabajo pretende realizar un análisis del sector espacial y SNI de cada uno de los países seleccionados, con el fin de compararlos entre ellos, generar una taxonomía y delinear algunos hechos estilizados. Se utilizan como variables de comparación, los conceptos que fueron ampliamente definidos en el capítulo uno, es decir, Instituciones, Cooperación y Aprendizaje.

### **5.1. Estructura de Gobierno.**

El escenario actual del SNI de los países de este estudio no surgió espontáneamente como producto del crecimiento económico y/o un sistema político estable. Para el caso de la India, la creación y fortalecimiento de su SNI comenzó a partir de la independencia en 1947 y se profundizó con las restricciones a la importación de tecnología (MTCR) parte de los países occidentales. En el caso de Brasil, el despegue de la ciencia y tecnología y la construcción de un sistema de innovación comenzó con las dictaduras militares de la década de los ochenta. Mientras que, en China, el régimen socialista, provocó que el SNI se desarrollara en un contexto macroeconómico y político muy inestable, sobre todo en los primeros años de su nacimiento y que se constituyera como un sistema de ciencia y tecnología aislado.

En los tres países, las características observadas son que, i) las relaciones entre los agentes del SNI eran inexistentes o poco articuladas, y mucho menos, estaban enfocadas a satisfacer los requerimientos tecnológicos del sector productivo y, 2) la tríada de países emprendió acciones y políticas con el fin de cumplir sus agendas y objetivos planteados en materia de Ciencia, tecnología e innovación.

Para comenzar, es indispensable recuperar el concepto de instituciones de North (1993), es decir, las limitaciones ideadas por el hombre que dan forma a la interacción humana, las cuales

estructuran incentivos en el intercambio, ya sea político, social o económico y se dividen en formales e informales. Por las limitaciones que tiene este trabajo<sup>50</sup>, al referirnos a las instituciones del SNI, en su mayoría son instituciones formales, es decir las políticas, las normas, los acuerdos suscritos, las leyes, los contratos y los planes emprendidos con el fin de dar estabilidad al SNI, y, de manera precisa se especifican las instituciones informales de las que se hagan mención.

China se encuentra en plena transición de un SNI jerárquico, fuertemente influenciado por el Estado y con todos sus actores segregados, a uno centrado en las empresas como principal impulsor de la innovación y con fuertes vínculos entre todos los agentes. Para lograrlo el gobierno central emprendió una serie de reformas económicas y una política de apertura, así como un programa de reconversiones de sus centros de investigación y desarrollo, entre otras, es decir los responsables del SNI formularon nuevas y modificaron las instituciones formales existentes con el fin de inducir un cambio en sus organizaciones y en el sistema de innovación mismo.

India comenzó con la construcción de su SNI a partir de 1947, cuando el Imperio Británico reconoció su independencia. En un principio, para lograr sus objetivos de ciencia y tecnología, se crearon diversos organismos públicos y se ejecutó una política proteccionista. De acuerdo con el capítulo dos, en un principio, su SNI se impulsaba por dos factores, la “fe ciega” en la ciencia y tecnología, y una política de conseguir la autosuficiencia. Sin embargo, debido a los resultados poco satisfactorios, desde principios de la década de los noventa, inició una reorientación hacia el exterior en todos los ámbitos de la economía, dando así, paso a las empresas extranjeras a sumar esfuerzos con el fin de incrementar la intensidad y las actividades en I+D, así como a la importación de tecnologías y convenios de cooperación con diversos países industrializados.

---

<sup>50</sup> Este trabajo está basado en estudios ya existentes del SNI de los países clave, sin embargo, las instituciones informales son complejas de documentar, y, por lo tanto, de realizar un análisis de ellas.

En cuanto a Brasil, que carecía de un proceso formal de industrialización y, que principalmente se valía de la producción y exportación de materias primas, comenzó, al igual que muchos países latinoamericanos, su proceso de desarrollo tecnológico en medio de un régimen de sustitución de importaciones. Sin embargo, la ciencia y tecnología tomó verdadera relevancia a partir de la década de los sesenta que coincidía con el periodo de las dictaduras militares. Al igual que China e India, Brasil creó una serie de entes públicos con fines de impulsar a la industria, la ciencia y la tecnología.

Es posible verificar la existencia de instituciones que regulan a la cooperación, por ejemplo, en las leyes de protección de derechos de propiedad intelectual (DPI). Como se vio en el capítulo dos, China, ha suscrito diversas leyes y tratados con el fin de proteger la propiedad intelectual y ser un destino atractivo para la innovación extranjera, además desde 1980 está adherido a Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (WIPO, por sus siglas en inglés), que es el organismo más importante en materia de propiedad intelectual. India también ha adoptado múltiples tratados con el de salvaguardar los DPI no sólo de empresas nacionales, sino extranjeras. Por último, Brasil también defiende la propiedad intelectual mediante acuerdos y leyes con el fin de captar a las empresas extranjeras. Al igual que China, ambos países están adheridos a WIPO. El cuadro 5.1 resume los organismos u organizaciones e instituciones (formales)<sup>51</sup> más importantes de cada país en materia de Ciencia y Tecnología.

---

<sup>51</sup> Conceptos ya definidos en el capítulo uno, es decir, las instituciones vistas como tratados, leyes y políticas, mientras que, los organismos visto como conjuntos de individuos enlazados por una identidad común.

## Instituciones y organizaciones más importantes en materia de CyT.

Fin	Brasil	India	China
<b>Principales organismos en la política de CyT</b>	Ministerio de Ciencia y Tecnología, Ministerio de Agricultura, CNEN, Ministerio de Salud, EMBRAPA, Agencia Brasileña de Innovación, Agencia Espacial Brasileña, Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico.	Ministerio de Ciencia y Tecnología, Ministerio de Recursos Humanos y Desarrollo, Ministerio de Medio Ambiente y Bosques, Ministerio de Salud y Bienestar, Ministerio de Defensa, Ministerio de Agricultura. DST, DSIR, DOB, DOOD.	Ministerio de Ciencia y Tecnología, Ministerio de Educación, Ministerio de Finanzas, Ministerio de Agricultura, Fundación Nacional de Ciencias Naturales de China, Academia China de Ciencias, Academia China de Ingeniería, NDRC, CSTIND.
<b>Políticas y planes de desarrollo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- I PBDCT</li> <li>- II PBDCT</li> <li>- III PBDCT</li> <li>- BEFLEX</li> <li>- ENCTI</li> <li>- Plan Collor</li> <li>- PITCE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Política de autosuficiencia</li> <li>- Technology Policy Statement</li> <li>- Science and Technology Policy</li> <li>- National Innovation Council</li> <li>- Ley Nacional de Innovación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plan Nacional para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología 1956-1967</li> <li>- Gran Salto Adelante</li> <li>- Welcoming the Era of a Knowledge-Based Economy with the Construction of a National Innovation System.</li> <li>- Plan Nacional de Quince Años para el Desarrollo de la Ciencia y Tecnología 1986-2000</li> <li>- Programa de Desarrollo Científico y Tecnológico para el Mediano y Largo Plazo 2006-2020</li> </ul>
<b>DPI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- WTO</li> <li>- Ley N° 5.648</li> <li>- Ley N° 9.609</li> <li>- Ley N° 9.279</li> <li>- WIPO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- WTO</li> <li>- TRIPS</li> <li>- WIPO</li> <li>- Convención de París</li> <li>- Protocolo de Madrid</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ley de Marcas, 1982.</li> <li>- Ley de Patentes, 1984.</li> <li>- Ley de Contratos de Tecnología, 1987.</li> <li>- WIPO</li> <li>- Ley de Derechos de Autor, 1990.</li> </ul>

Cuadro 5.1. Instituciones y organizaciones más importantes en materia de CyT.

Fuente: Elaboración propia a partir de McCaleb (2012), Schmid & Wang (2017), Sun (2002), Baskaran y Muchie (2007), Sinha (2011), Herstatt, et al (2008), Nassif (2007) y Feinson (2003).

Al analizar el sector espacial, y de acuerdo con Peter (2016), los países que participan en estas actividades han creado diferentes tipos de estructuras institucionales para apoyar sus agendas espaciales, se distinguen dos categorías, la primera corresponde a países con organismos dedicados al espacio. La segunda categoría es la situación en la que los asuntos espaciales son manejados directamente por un ministerio (educación, investigación y tecnología, industria, comercio o defensa) o por una entidad interministerial, sin que exista una agencia establecida de por medio. Sin embargo, el primer escenario es actualmente la estructura institucional más difundida, como

medio para ocuparse de las actividades espaciales. Siguiendo con la perspectiva del autor, la NASA, al ser la primera agencia espacial especializada y de naturaleza civil creada en 1958, influyó en la forma y estructura de agencias posteriores.

Al analizar detalladamente cada país y como se vio en capítulos anteriores, la India comenzó su programa espacial y, en general su sistema de CyT, bajo la idea de que la ciencia era el camino para conseguir el desarrollo, abandonar la pobreza y la dependencia tecnológica (Ribeiro & Vasconcellos, 2017). Para 1961, ya se había fundado el organismo predecesor a la agencia espacial actual, para el año 1969, el programa espacial fue institucionalizado y se creó la Organización de Investigación Espacial de la India (ISRO). En 1972, el gobierno indio estableció el Departamento del Espacio (DOS). En los últimos años, el programa espacial de la India se ha orientado más a satisfacer necesidades de tecnología espacial para otros países a través de la comercialización de sus servicios, principalmente lanzamientos.

De acuerdo con Ribeiro & Vasconcellos (2017), Brasil comenzó su programa espacial en la década de los cincuenta, cuando el Ministerio de Aeronáutica identificó la necesidad de crear un centro de investigación para desarrollar tecnología militar en medio del escenario de la Guerra Fría, así, nació el Centro de Tecnología Aeroespacial, precedente de la agencia oficial brasileña. En 1961 se creó el Grupo de Organización de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (GOCNAE), más tarde renombrada como Comisión Brasileña de Actividades Espaciales (CNAE). Sin embargo, el programa espacial aún continuaba bajo el mando militar, que le valió un boicot por parte de los países occidentales con industrias espaciales altamente desarrolladas, de las cuales, Brasil dependía en gran medida. En 1994 se fundó la Agencia Espacial Brasileña (AEB), de mando civil, para reemplazar a la CNAE, con la idea de adoptar y realizar esfuerzos en materia espacial con fines de uso civil, así como obtener acceso a los mercados espaciales de Occidente.

Por último, China comenzó su programa espacial en un escenario de tensión, principalmente por los resultados de la Guerra de Corea 1950 - 1957, la Guerra Fría y el Gran Salto adelante, a partir de 1964 inició actividades la Quinta Academia del Departamento de Defensa, que sería la predecesora de la agencia oficial. Durante los siguientes años, el programa espacial atravesó una serie de acontecimientos políticos que mermaron una parte de su capacidad. Por consiguiente, en los años posteriores, se concentrarían los esfuerzos en desarrollar tecnologías militares sin dejar de lado los usos civiles. En 1993 se estableció la Administración Espacial Nacional China (CNSA) como ente oficial del programa espacial chino.

De acuerdo con diversos autores, un sector tan dinámico, con muchos países involucrados en sus cadenas productivas, rico en innovaciones y con diversas aplicaciones y usos como el sector espacial, requería una serie de limitaciones, de acuerdo con Long (2016), EE. UU. impulsó una iniciativa mundial con ayuda de la Organización de las Naciones Unidas para desarrollar un marco jurídico para las actividades espaciales con fines pacíficos. Esto condujo al establecimiento de la Comisión de las Naciones Unidas sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos<sup>52</sup> (COPUOS, por sus siglas en inglés) en 1958. Desde entonces, el comité se convirtió en un centro técnico y legal para la cooperación espacial internacional. En 1963, el organismo y su política se impuso como uno de los principios más importantes para la realización de actividades espaciales, India y Brasil se adhirieron desde su creación, mientras que China lo hizo hasta 1980 (United Nations: Office for Outer Space Affairs, 2020).

---

<sup>52</sup> La Comisión para la Utilización del Espacio Exterior con Fines Pacíficos (COPUOS) fue creada por la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas en 1959 para regir la exploración y utilización del espacio en beneficio de toda la humanidad: por la paz, la seguridad y el desarrollo. (United Nations: Office for Outer Space Affairs, 2019)

Otra de las regulaciones más importantes, de acuerdo con la ONU, es el Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre (OST, por sus siglas en inglés), impulsado por la Oficina de Naciones Unidas para Asuntos del Espacio Exterior (UNOOSA, por sus siglas en inglés), y que representa el marco regulatorio básico para regir las actividades de los Estados, en cuanto a exploración y utilización del espacio ultraterrestre. Firmado por EE. UU., la Unión Soviética y el Reino Unido en 1967, proporciona el marco del derecho internacional del espacio, en él, destacan los siguientes principios: (i) la exploración y explotación del espacio será en beneficio de la humanidad, (ii) el espacio ultraterrestre no está sujeto a la apropiación de ninguna nación, y, (iii) ningún país pondrá en órbita armas nucleares u otras armas de destrucción masiva (United Nations: Office for Outer Space Affairs, 2019). En el cuadro 5.2 se resumen las instituciones del sector espacial de los tres países.

		<b>China</b>	<b>India</b>	<b>Brasil</b>
<b>Organización</b>	<b>Organismo espacial</b>	CNSA	ISRO	AEB
	<b>Mando</b>	Civil	Civil	Civil
	<b>Creación</b>	1993	1969	1994
<b>Instituciones</b>	<b>Adherido a COPUOS</b>	Sí	Sí	Sí
	<b>Año de adhesión</b>	1980	1958	1958
	<b>Adherido a OST</b>	Sí	Sí	Sí
	<b>Año de adhesión</b>	1983	1982	1969

*Cuadro 5.2. Regulaciones del sector espacial.  
Elaboración propia a partir de Naciones Unidas.*

Como lo afirma Peter (2016), debido al aumento en el número de países que se adhieren a la cadena productiva del sector espacial y al mayor número de agentes especializados en actividades espaciales, hay un número cada vez mayor de posibilidades de cooperación. Las agencias espaciales de todo el mundo establecen lazos para planificar sus futuros esfuerzos. La

multiplicación de los agentes espaciales y la eliminación de las barreras de cooperación "entre bloques", están dando lugar a nuevas relaciones entre entidades institucionales, que, a su vez, están induciendo una geografía cambiante de las actividades espaciales.

Por ejemplo, para el caso de la India, el programa espacial se ha visto impulsado por la cooperación con los estados, otras agencias espaciales y organizaciones internacionales. Siguiendo la perspectiva de Ribeiro & Vasconcellos (2017), además de la necesidad de acelerar el desarrollo socioeconómico de la India, otro de los principales objetivos del programa espacial era construir tecnología autóctona, que permitiera a la India producir sus propios bienes espaciales sin depender de la colaboración extranjera que pudiera poner en peligro la autonomía del programa espacial. Durante la década de los sesenta, la cooperación internacional se dio en forma de experimentos científicos conjuntos, siguiendo la estrategia de fomento de la capacidad. Por ejemplo, firmó un acuerdo con Francia para recibir tecnología para cohetes de sondeo, que determinó la infraestructura básica para desarrollar tecnología de cohetes propia. También con ayuda de Francia desarrolló la propulsión líquida para el lanzador Ariane<sup>53</sup> y el lanzamiento de los satélites APPLE<sup>54</sup>. Durante los setenta, hubo una asociación con los Estados Unidos a través de la NASA, General Electric, Hughes Aircraft y el MIT para desarrollar el sistema INSAT. Sin embargo, la asociación más fructífera del programa espacial fue con Rusia. Entre 1972 y 1983, los científicos

---

<sup>53</sup> Ariane es un vehículo de lanzamiento desarrollado por la Agencia Espacial Europea, con el propósito de enviar cargas útiles a la órbita geoestacionaria. Está diseñado para desplegar dos cargas por misión, reduciendo así sus costos (ESA, 2019).

<sup>54</sup> El Experimento de Carga Útil de Pasajeros Ariane (APPLE) fue el primer satélite de comunicación experimental de ISRO. Fue lanzado a la órbita por un vehículo Ariane el 19 de junio de 1981. Diseñado y construido en sólo dos años, le dio a ISRO valiosa experiencia práctica en el diseño y desarrollo de satélites de comunicación geoestacionarios, así como en maniobras de elevación y despliegue en órbita, mantenimiento de estaciones, etc., (ISRO, 1981).

de la India trabajaron con similares rusos para desarrollar Aryabhata<sup>55</sup> y Bhaskara<sup>56</sup> I y II, así como para desarrollar satélites más pequeños.

Actualmente, la India mantiene acuerdos de cooperación con Rusia y la ESA. Los objetivos son reforzar su imagen como potencia espacial, demostrar el estatus pacífico del programa espacial y reafirmar el estatus tradicional de no alineado de la India. La figura 5.1 resume los lazos de cooperación del programa espacial de India, las esferas de color verde representan estructuras gubernamentales, las amarillas a la academia y centros de investigación, las azules a los centros de investigación dedicados únicamente a actividades espaciales, las moradas al sector empresarial mientras que las esferas azul cielo con sus respectivas líneas rojas representan la cooperación entre agencias espaciales.

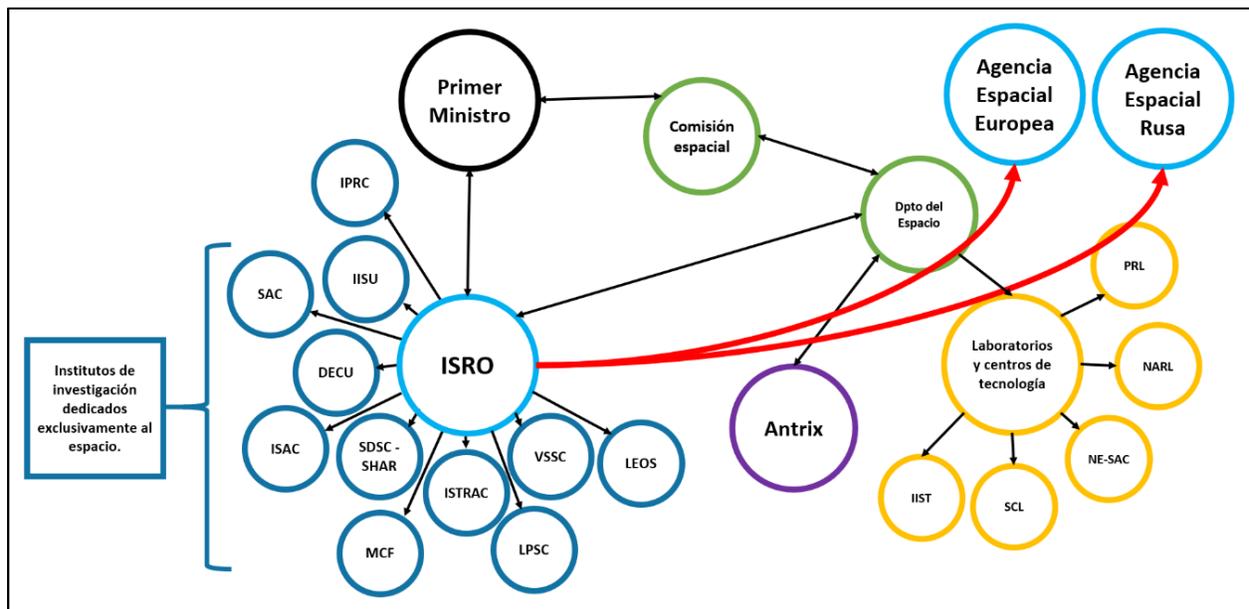


Figura 5.1. Los lazos de cooperación del programa espacial de la India.  
Elaboración propia a partir de Ribeiro & Vasconcellos (2017).

<sup>55</sup> La sonda espacial Aryabhata, fue el primer satélite de la India, diseñado y fabricado completamente en el país, fue lanzado por un cohete soviético el 19 de abril de 1975 (ISRO, 2017).

<sup>56</sup> Bhaskara, fue la primera generación de satélites experimentales de teledetección construidos en la India. Fueron utilizados en el campo de la hidrología y la silvicultura, así como para estudios oceanográficos (ISRO, 2017).

En cuanto a Brasil, durante la década de los sesenta el programa espacial mantuvo lazos de cooperación con el fin de desarrollar proyectos conjuntos, principalmente con Alemania y Francia, incluso con este último suscribió un acuerdo bilateral que le permitió el intercambio de científicos y el establecimiento de un programa de cohetes, que sería la base para el desarrollo de un vehículo de lanzamiento de satélites de órbita baja. Durante los setenta hubo lugar para una intensa actividad en conjunto con los EE. UU., que concluyó por las restricciones del MTCR, sin embargo, la cooperación se reanudó una vez que se formalizó la creación de la AEB.

Durante los años del bloqueo por parte de EE. UU., Brasil y China establecieron relaciones con Brasil para desarrollar conjuntamente una serie de satélites de teleobservación para uso pacífico, siendo esta la asociación más fructífera del país sudamericano. Incluso con Rusia se inició una sólida asociación estratégica en materia de ciencia y tecnología. La cooperación bilateral se ha centrado recientemente en la utilización del Sistema Mundial de Navegación por Satélite ruso, Glonass<sup>57</sup>. Hoy en día, los lazos cooperativos de Brasil principalmente son por la adquisición de tecnología de satélites y cohetes, principalmente de Alemania, Francia y los Estados Unidos. En la figura 5.2 se resume los lazos cooperativos del programa espacial brasileño, las esferas color verde representan a las estructuras de gobierno, las amarillas a la academia, las moradas a la industria, asimismo las azules a las agencias espaciales y su conexión entre ellas.

---

<sup>57</sup> GLONASS, Global Navigation Satellite System por sus siglas en inglés, es el sistema de navegación global por satélite por Rusia. Es el equivalente del Sistema de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos. Ambos sistemas comparten los mismos principios en cuanto a los métodos de transmisión de datos y de posicionamiento. GLONASS está gestionado por las Fuerzas Espaciales Rusas (Hofmann-Wellenhof, et al., 2007).

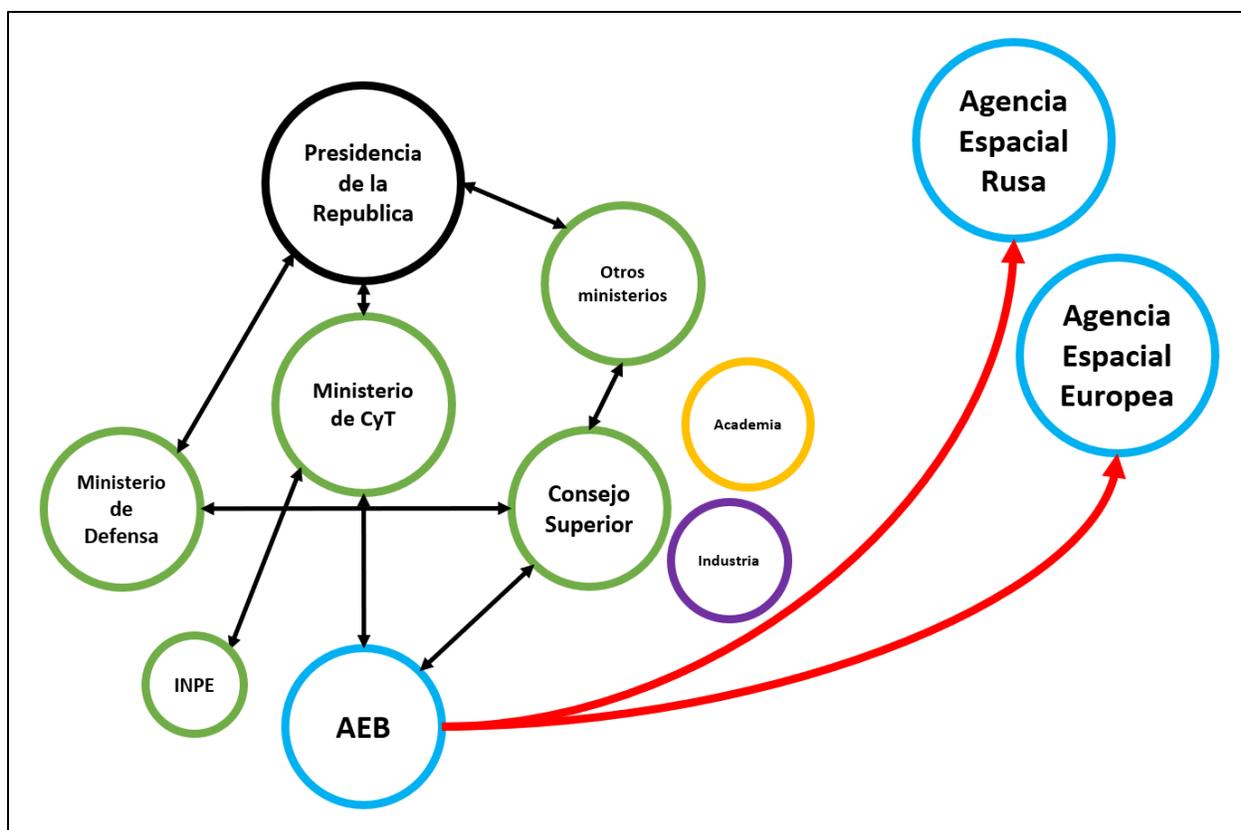


Figura 5.2. Los lazos de cooperación del programa espacial de Brasil.  
Elaboración propia a partir de Ribeiro & Vasconcellos (2017).

Por último, China, desde los comienzos de su programa espacial, ha mantenido acuerdos de cooperación con otros países. Entre 1957 y hasta mediados de 1960, existieron acuerdos de cooperación con la Unión Soviética con el fin de desarrollar tecnología de cohetes y de misiles, se facilitaron recursos humanos y materiales para poder adaptar la tecnología. A partir de 1961, por la ruptura sino-soviética, el desarrollo de capacidades comenzó a desarrollarse de forma individual, y con ello, un periodo de aislamiento del programa espacial chino, situación que se vio aún mayor profundizada por los bloqueos del MTCR. En el año 1984 comenzó un acuerdo de ayuda para Brasil, mediante el cual se desarrolló la tecnología de satélites CBERS. Después de los accidentes de la NASA y ESA, China comenzó la comercialización de su tecnología espacial, en especial lanzamientos de cargas útiles al espacio, estos acuerdos fueron suscritos principalmente con la

ESA, AEB, entre otras. La figura 5.3 resume la estructura de cooperación de la CNSA, en ella se aprecian esferas de color negro y verde que representan a las estructuras gubernamentales, las moradas a la industria, y las amarillas representan los centros de investigación dedicados a las actividades espaciales.

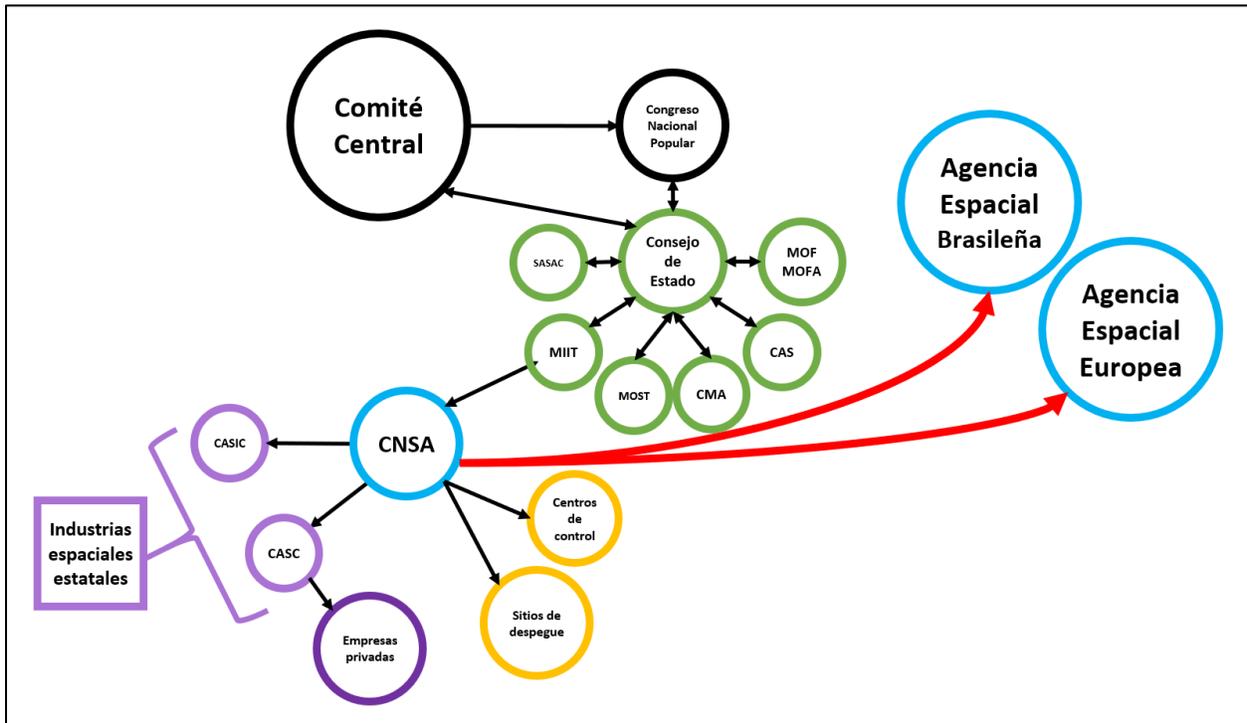


Figura 5.3. Los lazos de cooperación del programa espacial de China.  
Elaboración propia a partir de Aliberti (2015).

Para complementar lo anterior, Peter (2016), hace un análisis de los acuerdos de cooperación realizados por las agencias espaciales más importantes, resalta los Estados Unidos, Canadá y Japón, sin embargo, los relevantes para este análisis son los acuerdos suscritos de Brasil (20), India (35) y China (8). La figura 5.4 muestra el número de acuerdos de las agencias espaciales más relevantes con otras agencias.

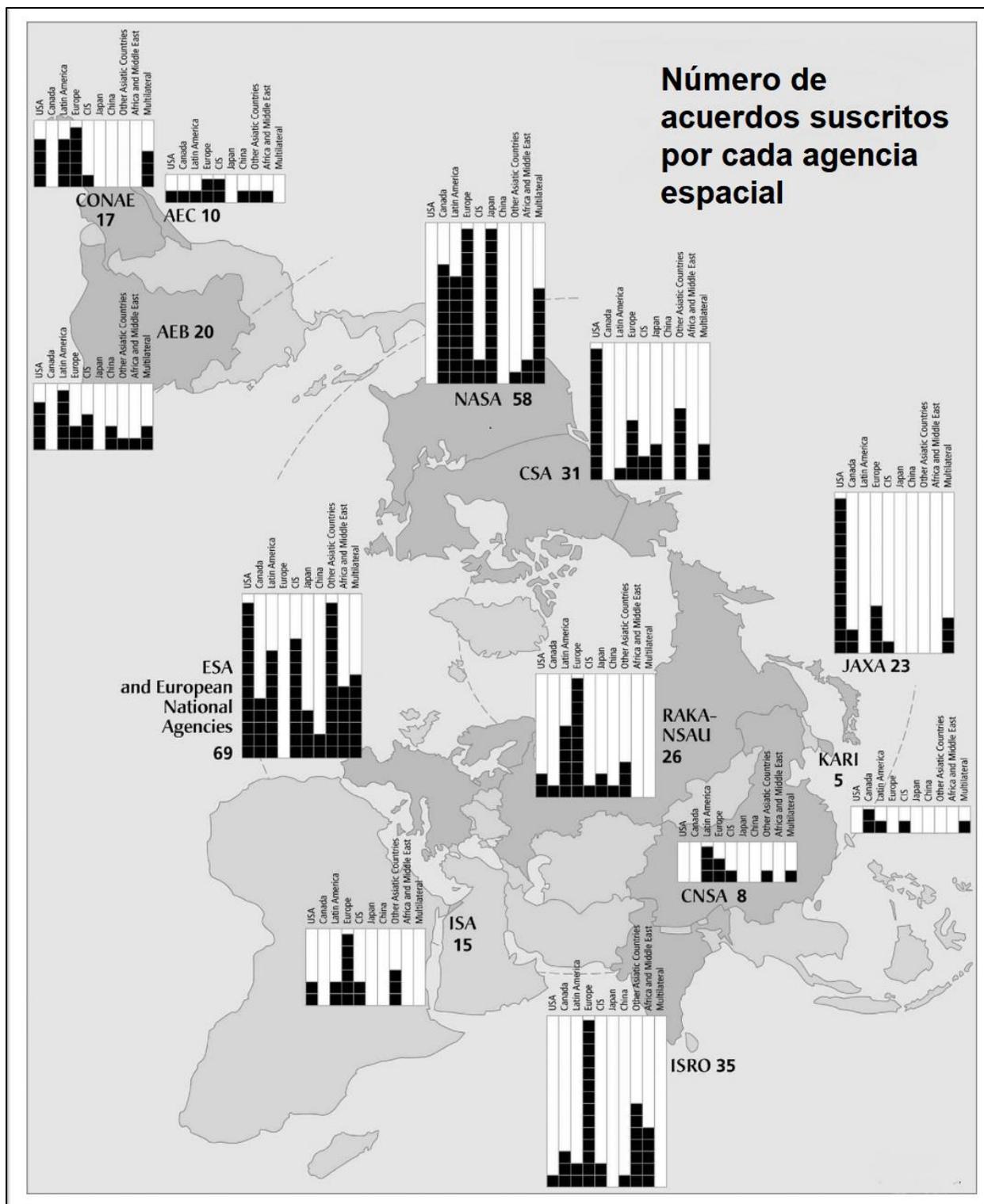


Figura 5.4. Número de acuerdos de cooperación suscritos por las agencias espaciales.  
Fuente: Peter (2016).

## **5.2. Instituciones de Educación Superior y Centros de Investigación.**

Como se vio en el capítulo uno, este grupo representa un factor fundamental para el funcionamiento de los SNI, por ello, en los países de este estudio se elaboraron políticas con el fin de ampliar el número de estos organismos, así como fortalecer sus vínculos con el gobierno y las empresas.

Cuando inició la constitución de su SNI, China tenía pocas universidades de renombre, y su modelo de educación estaba planificado para funcionar de forma centralizada y gestionada por el gobierno, tal y como su referente: el modelo soviético. A la muerte de Mao Zedong, tanto los IES como los centros de formación profesional gozaron de mayor autonomía, además, y de acuerdo con Domínguez (2017), el comienzo de la transición a una economía de mercado provocó una reforma radical en la educación, básicamente, los cambios ocurrieron en cuanto a: la importancia dada, el número de institutos, la ampliación de los márgenes de autonomía, la mejora del sistema de dirección académica y la mejora de la gestión curricular. De acuerdo con la Oficina Nacional de Estadística de China, en 2007 existían 1,908 IES, para el año 2013 eran 2,491, mientras que para 2018 existían 2,631 institutos. En cuanto al número de Universidades, en 1995 habían 13,991, para 2012 el número ascendía a 14,806, y para el año 2017 a 14,953 (National Bureau of Statistics of China, 2012). Con el tiempo, los IES contrajeron mayor importancia en el SNI, no sólo por los conocimientos ahí generados, sino, además, por otros beneficios que las empresas obtenían al vincularse con ellos, por ejemplo, y de acuerdo con Walsh (2003) las empresas extranjeras que se asociaban con estos institutos se favorecían en términos de conexiones, además de obtener mejor información sobre las políticas y estrategias industriales, políticas, jurídicas y tecnológicas de China. este tipo de posicionamiento competitivo significaba mayores facilidades para obtener contratos con diversos ministerios chinos.

Por otro lado, los centros de investigación públicos chinos, tras años de reformas, se fomentó su reorientación hacia el desarrollo económico mediante: i) su unión con empresas o con un sector industrial; ii) su funcionamiento como entidades comerciales; iii) como base para la creación de empresas o la transformación en una empresa; iv) la transformación en una organización de servicios tecnológicos (OECD, 2008). Por ende, el número de estos institutos comenzó a decaer, la gráfica 5.1 muestra esta tendencia, mientras los IES comenzaron a aumentar, los institutos de investigación públicos disminuían.

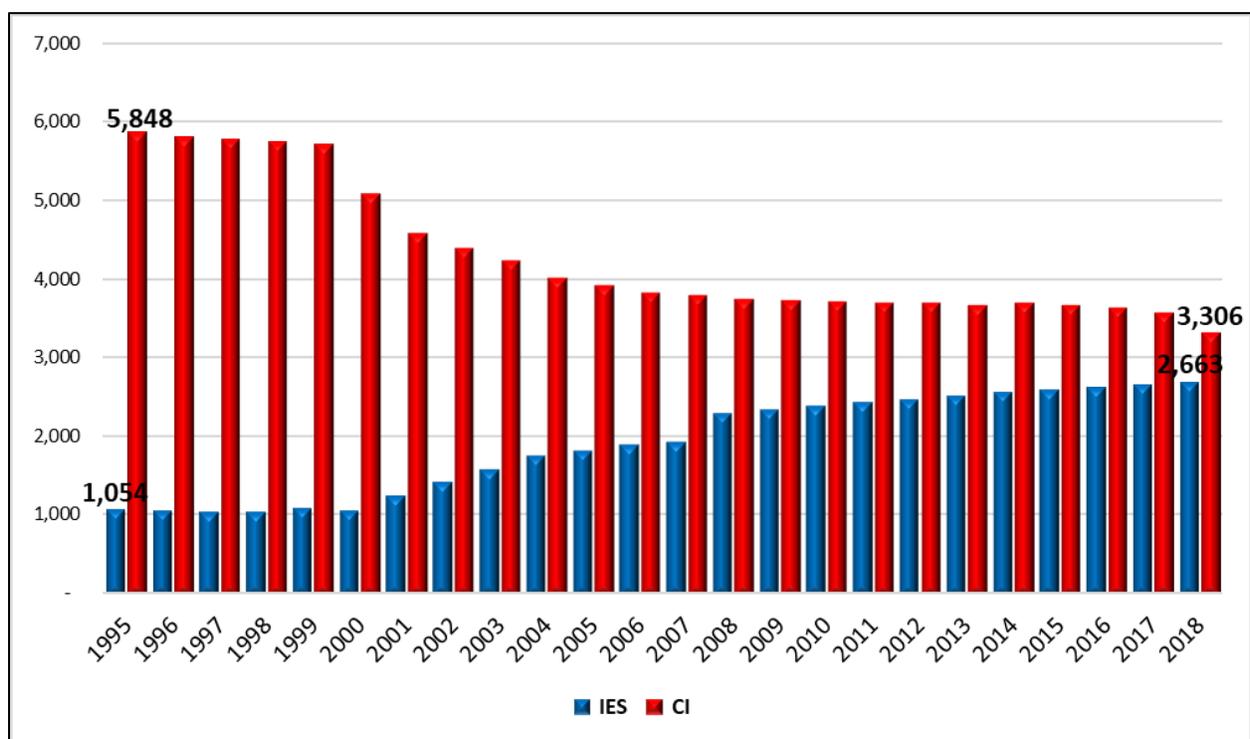


Gráfico 5.1. Evolución de los Institutos Públicos de Investigación y las Instituciones de Educación Superior de China, 1995 – 2018. Elaboración propia con base en: National Bureau of Statistics and Ministry of Science and Technology, China Statistical Yearbook Science and Technology, varias ediciones, 1995 - 2018.

En el caso de India, y de acuerdo con la perspectiva de Koligudde (2014), durante las primeras décadas de independencia, el control de la educación superior estuvo bajo el control del gobierno central, con el fin de satisfacer la necesidad de técnicos en las empresas estatales. Posteriormente, a partir de 1964, la política nacional de educación pasó de abordar las necesidades de la

industrialización en gran escala, a crear competencias para desarrollar el campo y las industrias pequeñas. Por último, a partir de las reformas económicas y de liberalización, inició el proceso de autonomía de la educación respecto del gobierno central, pasando a ser gestionada por los gobiernos de las provincias.

Siguiendo la perspectiva de Krishna (2009), las instituciones de educación superior de la India experimentaron un crecimiento considerable en el período posterior a la independencia en 1947. De veinte universidades en 1947, el número aumentó a más de 361 universidades para 1967. De acuerdo con el Gobierno de la India (2016), para 2013, el número de universidades aumentó a 657, y, para finales de 2018, había 993 universidades. El crecimiento cuántico del sector de la educación superior está encabezado por las universidades, que son los centros de enseñanza más importantes<sup>58</sup>. La gráfica 5.2 exhibe el aumento en el número de estos institutos.

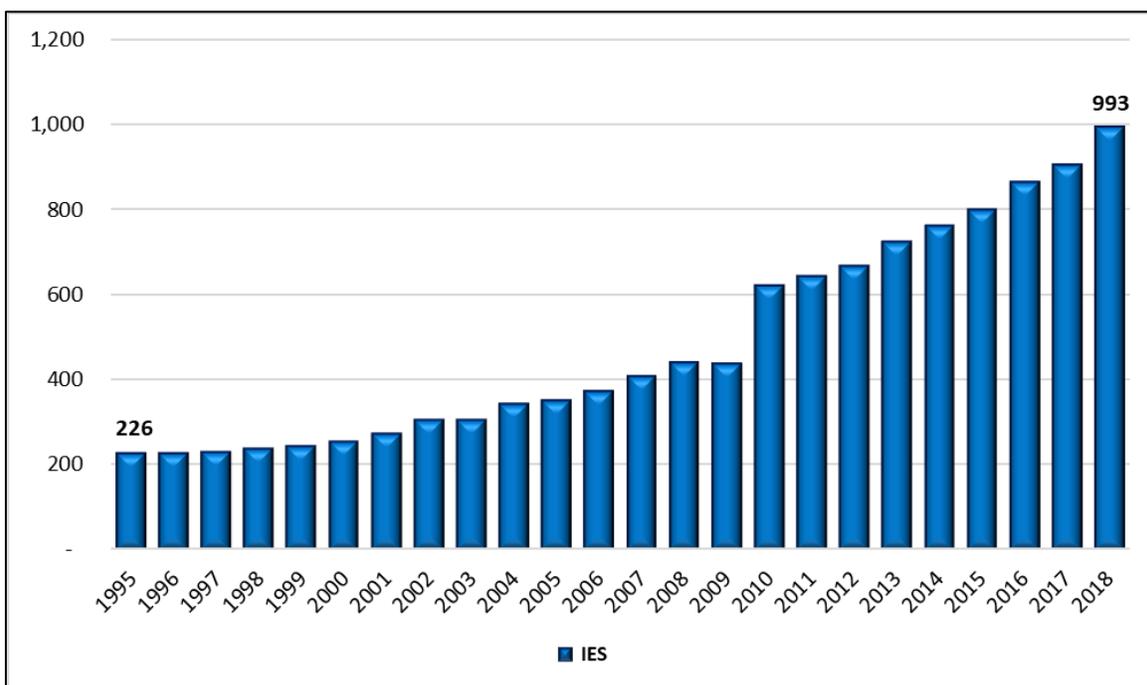


Gráfico 5.2. Evolución de las Instituciones de Educación Superior de India, 1995 – 2018.  
Elaboración propia con base en (GOI), Ministry of Education, AISHE Report, varios años, 1995 - 2018

<sup>58</sup> La literatura carece de una revisión detallada acerca del número de institutos de investigación de la India, debido a que, los IES indios son más relevantes en el Sistema Nacional de Innovación.

Al referirse a los centros de investigación de la India, el gobierno canalizó considerables recursos asignados a la investigación en Ciencia y Tecnología a través de instituciones que estaban fuera del sector de la enseñanza superior. Se crearon muchas instituciones de investigación financiadas con fondos públicos para llevar a cabo investigaciones básicas y aplicadas, pero esas instituciones no llevaron a cabo ninguna enseñanza o formación importante de los estudiantes. Además, se crearon institutos de ingeniería como el Instituto Tecnológico de la India (IIT), que estaban fuera del sistema universitario y gozaban de mayor autonomía que la concedida a las universidades. De acuerdo con Datta y Saad (2011), la separación entre la enseñanza y la investigación, que comenzó en la India británica, se convirtió en una característica permanente del panorama académico de la India.

Por último, en Brasil, Stallivieri (2007) identifica diferentes configuraciones en la gestión de la educación superior: 1) durante los primeros años del SNI, las universidades e IES estaban orientados para dar mayor énfasis a la investigación que a la enseñanza; 2) durante el periodo de industrialización por sustitución de importaciones y de dictaduras militares, surgió interés por parte del Estado en el control de las universidades y similares, además, se crearon la mayoría de las universidades federales; 3) En 1968 inició una tercera fase en la gestión de la educación superior brasileña con el movimiento de la reforma universitaria, que tenía como objetivos conseguir eficiencia administrativa, una apropiada estructura departamental y la indisociabilidad de la enseñanza y la investigación en las instituciones educación superior; y, 4) la estructura actual, en la cual surge la necesidad de flexibilizar el sistema de la educación superior, la reducción del papel ejercido por el gobierno en ella, la ampliación del sistema y la mejoría en los procesos de evaluación con miras a elevar la calidad. De acuerdo con datos del Instituto Nacional de Estudios y Pesquisas en Educación, en 2007 había 2,281 IES, en 2013 eran 2,391, mientras que para 2018

llegaban a 2,537 institutos (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 2015) La gráfica 5.4. muestra el crecimiento de los IES brasileños entre los años 1995 a 2018.

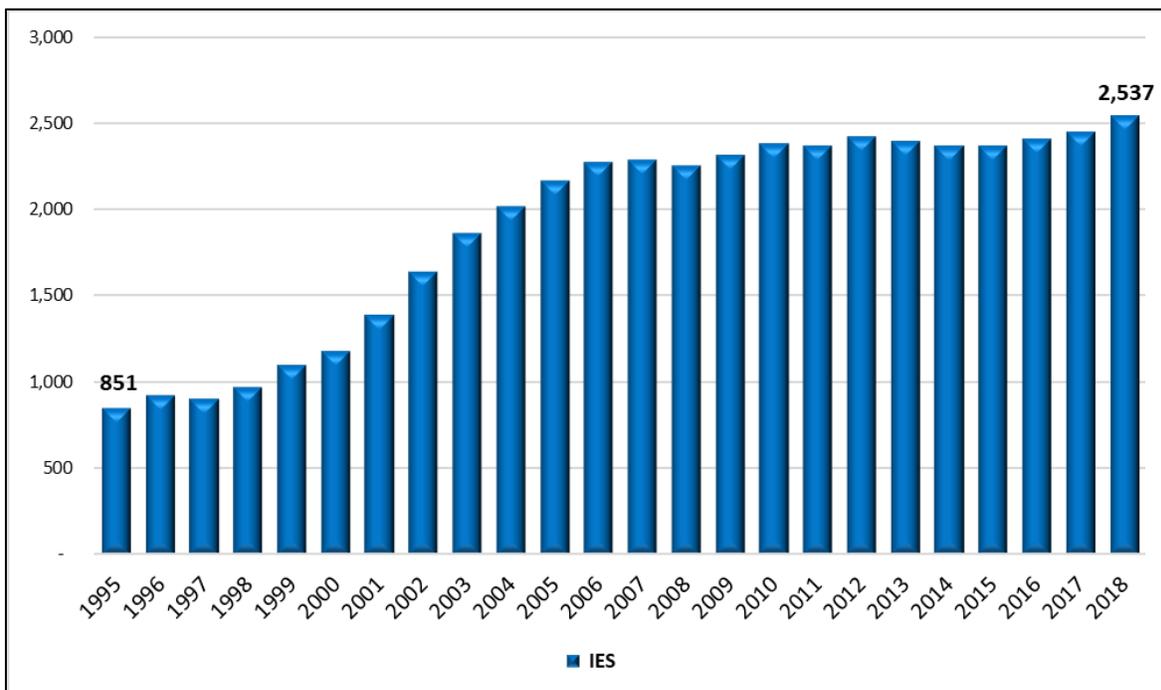


Gráfico 5.3. Evolución de las Instituciones de Educación Superior de Brasil, 1995 – 2018.  
Elaboración propia con base en INEP (2015)

En cuanto a los centros de investigación brasileños, el Programa Nacional de Institutos de Ciencia y Tecnología los describe como instituciones con metas ambiciosas a nivel nacional, donde se agregan, de manera articulada, los mejores grupos de investigación con actuación en red, en ciencias y áreas estratégicas para el desarrollo sostenible del país, impulsando la investigación científica básica y fundamental en nivel internacional; fomentando el desarrollo de la investigación científica y tecnológica asociada a aplicaciones de vanguardia para promover la innovación y el espíritu empresarial, en estrecha colaboración con las empresas y los agentes gubernamentales (MCT, CNPQ, 2008). Por último, en la gráfica 5.4 se compara el crecimiento en los IES de China, India y Brasil.

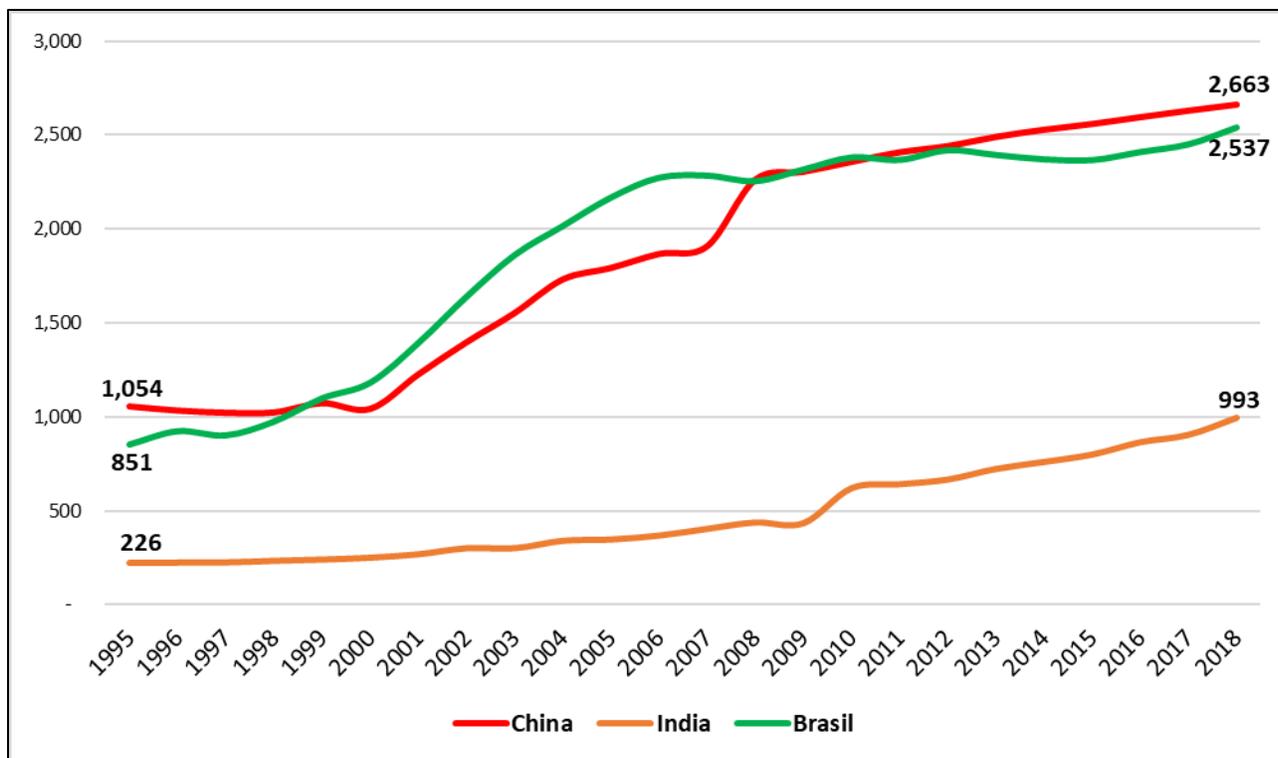


Gráfico 5.4. Comparativo de crecimiento de las IES en China, India y Brasil.  
Elaboración propia a partir de NBS (2012), GOI (2016) e INEP (2015).

### 5.3. Industrias y Mercado.

Las empresas constituyen la médula espinal de los SNI en los países occidentales, pues encabezan la inversión en I+D, desarrollan y difunden gran parte de las innovaciones y son las encargadas de llevarlas al mercado. Situación que los países de este estudio tratan de replicar, a través de la transición de SNI basados en el Estado a empresas.

Es posible cuantificar el desempeño del SNI de cada uno de estos países a través del análisis de sus capacidades de innovación. Estas denotan la consolidación de procesos de aprendizaje en la producción y cadenas de valor de las industrias tecnológicamente más dinámicas. De acuerdo con

el Índice Mundial de Innovación<sup>59</sup>, es posible medir el grado de innovación del sector industrial, incorporando variables que miden la fortaleza institucional, el grado de preparación del capital humano y de investigación, la infraestructura y sofisticación del mercado, resultados obtenidos en materia de tecnología y conocimientos, entre otros. Con base en los datos obtenidos de los informes 2009 a 2019, se puede afirmar que, China tiene la primera posición para los países de este estudio en cuanto logros en materia de innovación, entre 2009 y 2019 ha avanzado 23 lugares en el ranking, siendo 2010 el año con el peor desempeño. No son pocos los hitos alcanzados en materia económica y tecnológica, siendo estos los que lo potencian como un país rico en innovaciones (WIPO, 2019).

Brasil, que, de tener una posición relativamente ventajosa entre los años 2009 a 2011, comenzó a mostrar un pronunciado descenso en el ranking entre los años 2012 a 2015, siendo este último el de menor desempeño, a partir de 2016 comenzó su recuperación, a pesar de ello, se ha visto rebasado por países como México, Costa Rica y Chile. Por su parte, la India, al igual que Brasil, mostró un declive en su desempeño entre los años 2010 a 2016, con signos de recuperación a partir de 2017 y mostrando una tendencia al alza. Actualmente encabeza la región geográfica donde se ubica, superando a países como Irán y Kazajistán, El gráfico 5.5 ilustra la posición de la tríada de países en el Índice Mundial de Innovación en los últimos once años. En la ilustración se advierte que China ocupa la posición más privilegiada de los tres países para el año 2019, seguido de India, y, por último, Brasil (WIPO, 2019).

---

<sup>59</sup> El Índice Mundial de Innovación clasifica los resultados de la innovación de unos 130 países y economías de distintas regiones del mundo, sobre la base de más de 80 indicadores. El informe, publicado conjuntamente por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (WIPO, por sus siglas en inglés, la Universidad Cornell y el INSEAD, ofrece una clasificación anual de las capacidades y el desempeño de las economías de todo el mundo en el ámbito de la innovación (WIPO, 2019).

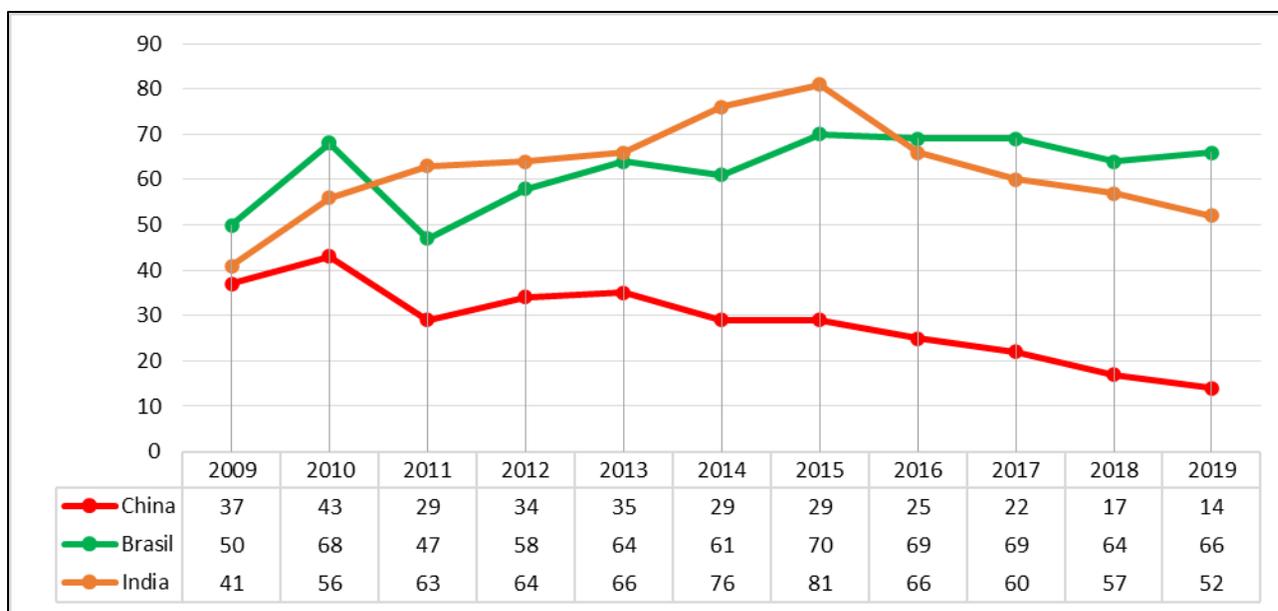


Gráfico 5.5. Posición de China, India y Brasil en el Índice Mundial de Innovación 2009 - 2019.  
Elaboración propia a partir de WIPO, Global Innovation Index (varios ejemplares).

Al hablar de innovación, existen diversos indicadores macroeconómicos que permiten conocer el grado de desempeño, por ejemplo, el número de patentes registradas, ya que estos registros representan las tendencias mundiales en lo que respecta a las empresas y la tecnología. De acuerdo con el reporte *“Number of Utility Patent Applications Filed in the United States, By Country of Origin, Calendar Years 1965 to Present”* elaborado por la Oficina de Patentes y Marcas de Estados Unidos (USPTO, por sus siglas en inglés) (2015), año con año crece el número de solicitudes de patentes de utilidad<sup>60</sup> registradas ante esta oficina, especialmente en Asia, lo que indica que este continente se ha convertido en uno de los centros de innovación a nivel mundial. En palabras de Francis Gurry, director general de WIPO, *“Asia sigue por delante de las demás regiones por lo que respecta a la actividad de presentación de solicitudes de patente, marcas, diseños industriales y otros derechos de propiedad intelectual que se encuentran en la base de la economía mundial”*

<sup>60</sup> USPTO distingue tres tipos de patentes: de utilidad, de diseño y de planta. Las patentes de utilidad pueden concederse a todo aquel que invente o descubra cualquier proceso, máquina, artículo de fabricación o composición de materia nueva y útil, o cualquier mejora nueva y útil de los mismos. (USPTO, 2018)

(WIPO, 2019). La gráfica 5.6 presenta el crecimiento sostenido de solicitudes ante USPTO realizadas por personas o entidades cuyo país de origen es alguno de los de interés de este estudio.

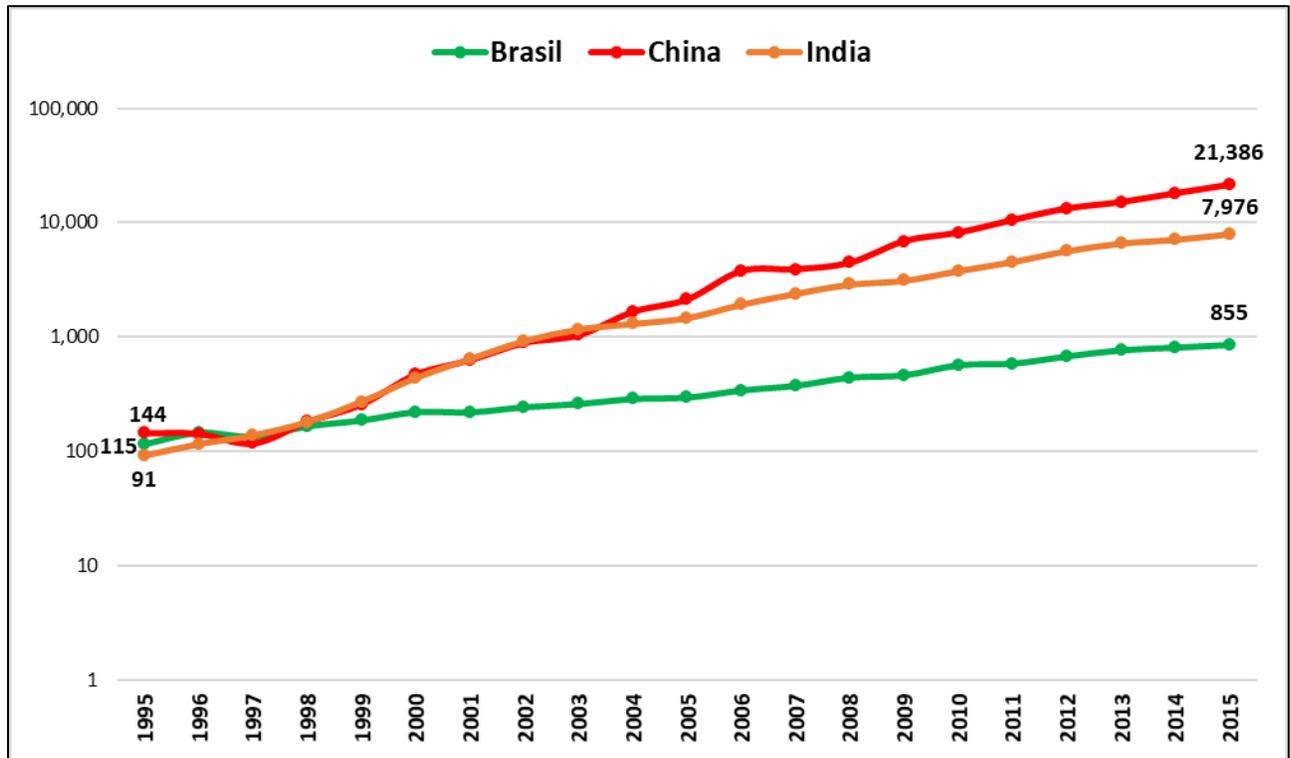
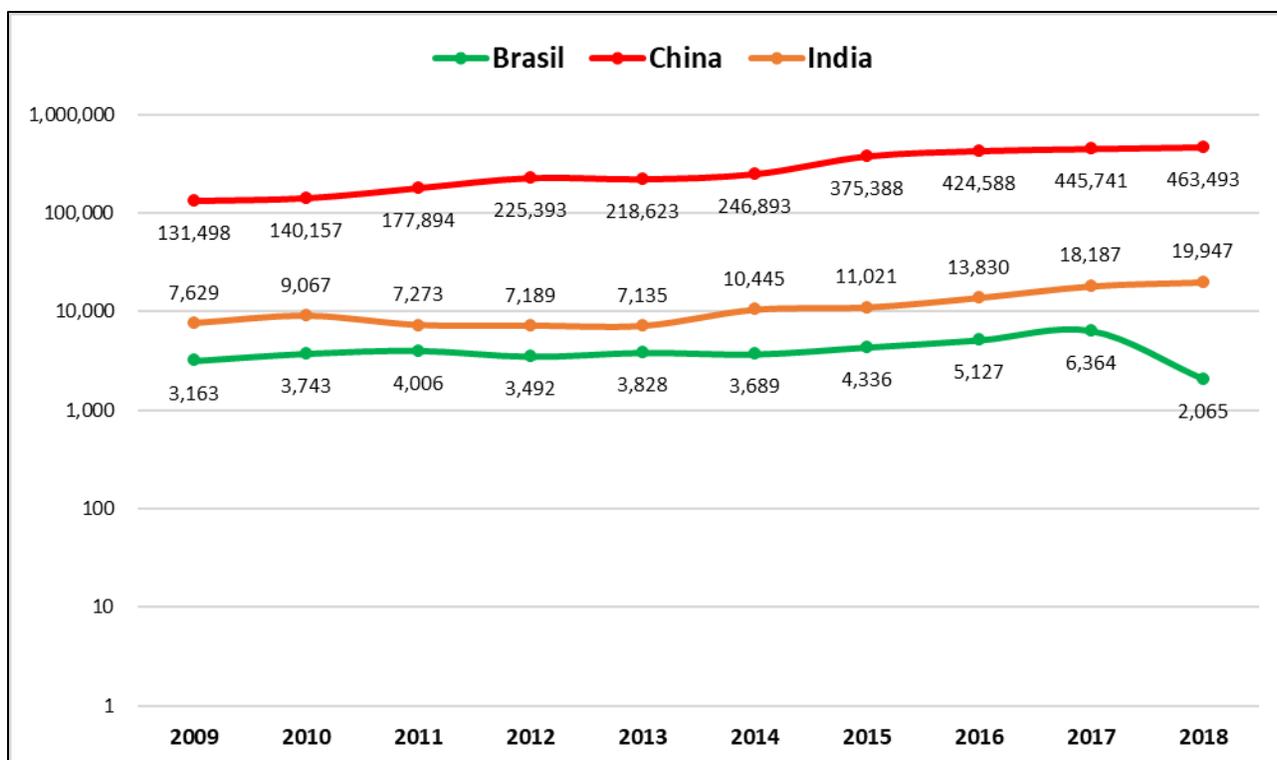


Gráfico 5.6. Número de solicitudes de patentes de utilidad presentadas en los Estados Unidos, por país de origen. Elaboración propia con base en USPTO (2015).

No obstante, existen tres aspectos importantes a resaltar: a) las patentes de USPTO únicamente son reconocidas en el territorio estadounidense, b) no todas las solicitudes de patente son aprobadas, y, c) para cada país existe una oficina de propiedad industrial. Por ello, se contrasta la información anterior con datos provenientes de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (WIPO), que muestra las patentes efectivamente concedidas alrededor del mundo a personas o entidades provenientes de China, India o Brasil (gráfica 5.7).



*Gráfico 5.7. Patentes efectivamente concedidas alrededor del mundo por país de origen. Incluye patentes concedidas en todas las oficinas registradas en WIPO. Elaboración propia con base en WIPO (2020).*

Por último, al hablar de industria y mercados es posible incorporar al análisis un indicador más, el gasto realizado en I+D, ya que, para impulsar el crecimiento económico es necesario que las economías cuenten con la financiación adecuada a la investigación científica y el desarrollo experimental que aumente el acervo de conocimientos que a su vez funciona como vehículo para la creación de nuevos conocimientos, invenciones e innovaciones. En primer lugar, la gráfica 5.8 exhibe el Gasto Interno Bruto en I+D como porcentaje del PIB (GERD, por sus siglas en inglés), su propósito es mostrar la tendencia y el nivel de recursos dedicados por las economías en proporción a su PIB, es decir muestra la intensidad de la I+D que realiza un país. El GERD suele descomponerse de acuerdo con el sector que aporta los recursos: participación privada o por parte de las empresas (BERD, por sus siglas en inglés), participación gubernamental (GOVERD, por sus siglas en inglés), o, por agentes privados sin fines de lucro (PNPERD, por sus siglas en inglés).

Por su parte, la gráfica 5.9 muestra el porcentaje de participación del sector empresarial en el gasto total realizado en I+D en los países de interés, un valor alto de este indicador se traduce en: a) que las firmas instaladas en ese país realizan grandes inversiones en actividades de I+D y b) que el sector empresarial lidera y da dirección al SNI de ese país.

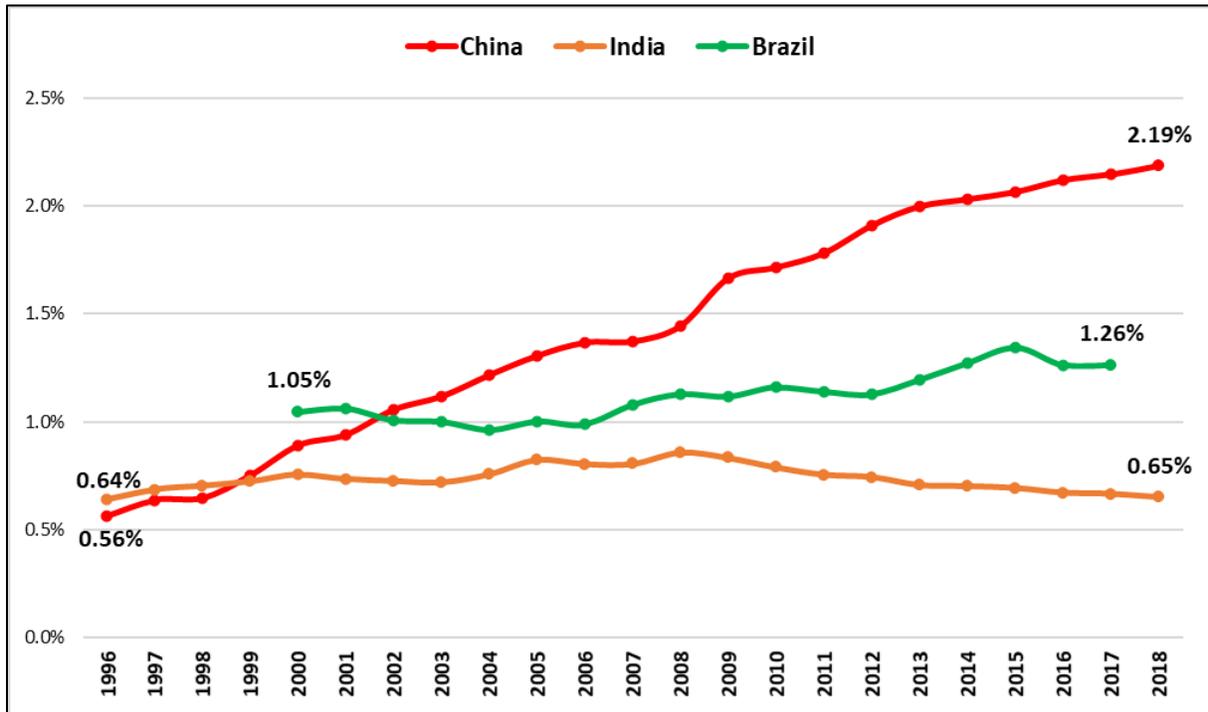


Gráfico 5.8. Gasto Interno Bruto en I+D como porcentaje del PIB en países seleccionados. Incluye el gasto de capital y corriente de los cuatro sectores principales: Empresas, Gobierno, IES y privado sin fines de lucro. Elaboración propia con base UNESCO (2020).

Por último, la gráfica 5.10 muestra el nivel de gasto en I+D per cápita, que exhibe el gasto destinado en actividades de investigación y desarrollo que se realiza por cada habitante de un país, por ende, un valor alto es más favorable. Sin embargo, para países con vastas poblaciones, por ejemplo, la India, el indicador no necesariamente se traduce en bajos niveles en GERD.

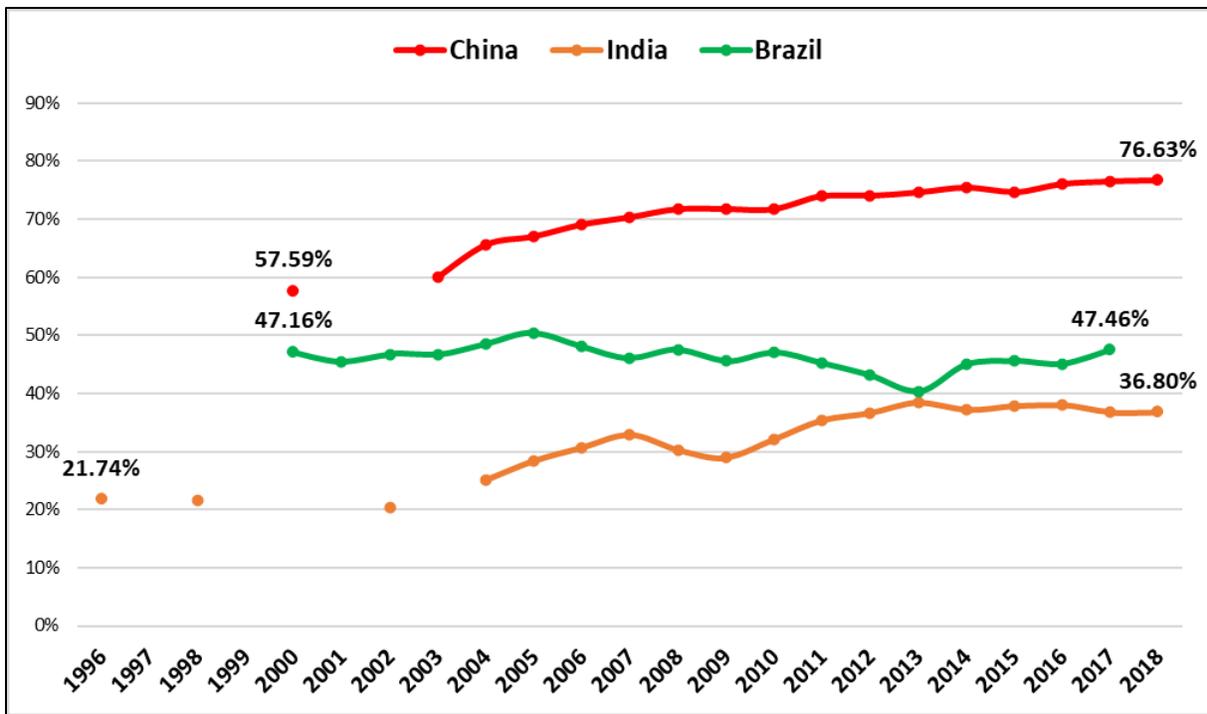


Gráfico 5.9. Porcentaje de participación empresarial en el Gasto Interno Bruto en I+D para países seleccionados. Elaboración propia con base UNESCO (2020) y GOI (2020).

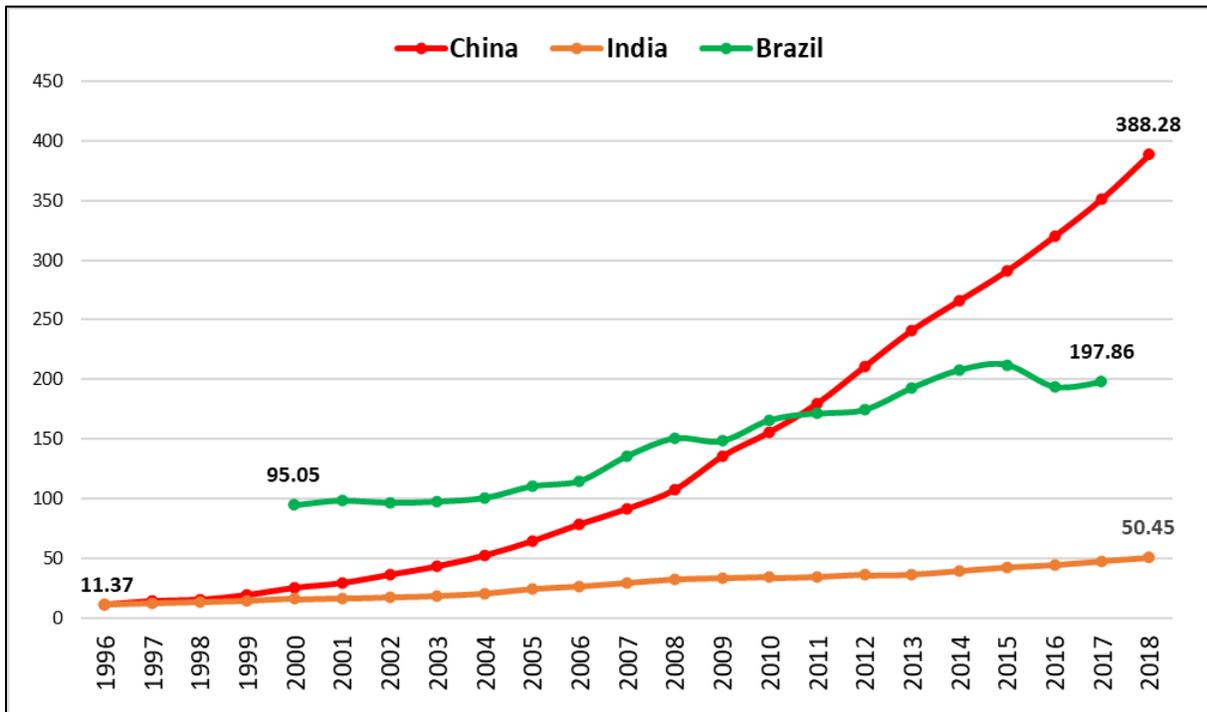


Gráfico 5.10. Gasto Interno Bruto en I+D per cápita (PPA\$ actual), para países seleccionados. Elaboración propia con base UNESCO (2020).

De acuerdo con el capítulo dos, el Sistema Nacional de Innovación de China tenía como objetivo en su Plan de Mediano a Largo Plazo para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología Nacionales 2006-2020, incentivar a las empresas a que realizaran esfuerzos mayores en I+D.

El gráfico 5.11 muestra el aumento en el número de empresas de alta tecnología en China, de las cuales, no todas realizan actividades en I+D. En el año 2000, había 6,187 empresas que invertían en I+D, y aumentaron a 37,767 para 2011. Los sectores destino de inversión más importantes eran: equipos de electrónica y comunicación, computadoras y equipos de oficina, productos médicos y farmacéuticos así componentes electrónicos (National Bureau of Statistics of China, 2012).

Para 2018, las empresas que realizaban actividades de I+D ascendía a 104,820. Y los principales sectores en los que se destina la I+D no ha cambiado mucho, principalmente destaca la manufactura de computadoras, comunicaciones y otros equipamientos electrónicos, la maquinaria y aparatos eléctricos, la elaboración de automóviles, y el procesamiento de petróleo y materiales nucleares.

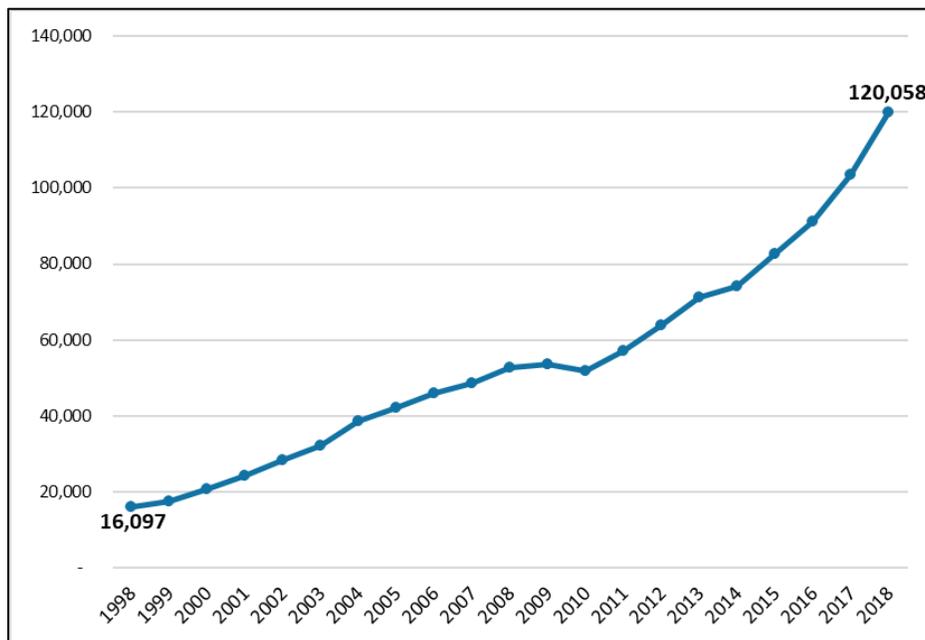


Gráfico 5.11 Número de empresas de alta tecnología en China 1998- 2018.  
Elaboración propia a partir de China Statistical Yearbook (varios ejemplares).

En India, a partir de la liberalización económica de 1991, el porcentaje de participación en el gasto en I+D por parte de las empresas comenzó a aumentar, del 13.8 % en 1990 al 21.6 en el año 2000, mientras que entre el 2007 oscilaba el 30%. Para el año 2017, las empresas de la India aportaron el 42% del gasto total en I+D, las cinco empresas de la India que más invierten son: Hindustan Aeronautics LTD., Bharat Electronics LTD., Bharat Heavy Electricals LTD., Oil & Natural Gas Corporation LTD., y Steel Authority of India LTD (Krishna, 2009).

Brasil por su parte, hace esfuerzos en adaptar y asimilar tecnologías importadas y realizar actividades innovadoras menores en productos y procesos, para el año 2004 el porcentaje de participación en el gasto en I+D por parte de las empresas era de 49%, del 56 % para 2008 y del 52 % para 2012. Para 2016, la participación empresarial en el gasto en I+D era del 47.6% del gasto total en I+D (UNESCO, 2015).

En cuanto a la industria espacial, con algunos años de retraso respecto a las grandes potencias militares, India y China comenzaron a desarrollar esta tecnología, apoyados principalmente por la Unión Soviética, sin embargo, hubo una escisión en las relaciones, motivada principalmente por el deseo de tener acceso independiente al espacio. De acuerdo con Ribeiro y Vasconcellos (2017), el inicio de la tecnología espacial brasileña se atribuye principalmente al Ministerio de Aeronáutica, que determinó la necesidad de desarrollar la tecnología espacial en todo el país.

A partir de 1960, China, India y Brasil comenzaron a desarrollar capacidades espaciales englobadas en tres grandes rubros: satélites, lanzaderas<sup>61</sup> y sistemas terrestres, y, después de casi 60 años, China posee el programa espacial más maduro, sin embargo, la India le sigue de cerca en cuanto a navegación espacial y el desarrollo de tecnologías espaciales rentables. En la actualidad,

---

<sup>61</sup> De acuerdo con la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (2018), es una especie de cohete diseñado y empleado para el transporte de carga útil desde la superficie terrestre al espacio exterior. Un sistema de lanzamiento suele incluir un vehículo de lanzamiento, la carga útil y otras infraestructuras de soporte.

la actividad espacial ya no es una actividad exclusiva de los gobiernos, existen empresas privadas enfocadas en aquellas actividades que tradicionalmente eran consideradas como exclusivas del ámbito gubernamental. De acuerdo con la Nasa (2014), en los últimos años han surgido una cantidad importante de empresas que desarrollan productos, servicios y soluciones relacionadas con el espacio, industria a la que llama *NewSpace*.

De acuerdo con Peter (2016), el proceso de aprendizaje para el desarrollo de la tecnología espacial en un país puede dividirse por lo general en cuatro etapas. La primera etapa consiste en la adquisición de tecnologías de otros países, la segunda etapa consiste en el desarrollo de esas tecnologías en cooperación, la tercera etapa consiste en su desarrollo de manera independiente y la cuarta en la difusión de los conocimientos a otros países.

Para examinar el aprendizaje adquirido y aplicado en la industria espacial de los países del estudio, se emplea el marco comparativo de Wood y Weigel (2012), llamado la Escalera de la Tecnología Espacial cuyo análisis parte de: a) los sistemas nacionales de innovación y la visión evolutiva de la economía de Nelson y Winter; b) el término “escalera” como una metáfora del progreso técnico a lo largo del tiempo y, c) una compilación de estudios históricos y políticos, tanto de países con programas espaciales bien establecidos, así como de países con programas espaciales emergentes. Como indican Wood y Weigel (2012), el estudio establece un hipotético “camino tecnológico” a seguir por un país, a medida que desarrolla sus capacidades espaciales. El camino se compone de actividades o hitos técnicos y/u organizacionales alcanzables por diferentes vías, según la complejidad y el grado de cooperación o autonomía con el que fueron conseguidos.

La “escalera”, se divide en cuatro categorías o logros en materia espacial, y a su vez, estas categorías se dividen en subcategorías donde se toma en cuenta el nivel de complejidad técnica y

el grado de autonomía en la ejecución de la hazaña. Se asume que los países eligen alguna, pero no todas las subcategorías como métodos para obtener tecnología.

La categoría uno se consigue al establecer una agencia u oficina nacional a cargo de toda la actividad espacial, existen dos subcategorías porque algunos países establecen una organización temporal antes de establecer su organismo oficial. Se consigue la siguiente categoría al poseer y operar un satélite en la órbita terrestre baja (LEO<sup>62</sup>, por sus siglas en inglés), hay cinco subcategorías que corresponden a las diferentes maneras en que un país puede lograr este hito: a) por medio de su diseño y construcción local; b) construcción a través de la cooperación internacional; c) construcción local con asistencia de otro país; d) construcción en las instalaciones de otro país; o e) adquisición a una empresa extranjera, siendo este último el de menor autonomía. La categoría tres se alcanza al poseer y operar un satélite en órbita geosincrónica (GEO<sup>63</sup>, por sus siglas en inglés), las subcategorías son las mismas que en la categoría dos. La última categoría se alcanza cuando el país tiene la capacidad de lanzar un satélite, las dos subcategorías consideradas son: a) lanzar un satélite en la órbita terrestre baja y, b) lanzar un satélite en la órbita geostacionaria. El cuadro 5.3 muestra a detalle la escalera de la tecnología espacial con sus categorías y subcategorías.

El método consiste en un análisis cualitativo estructurado a través de la Escalera que sólo incluye la primera ocasión en que un país consigue alguna de las trece subcategorías (haciendo hincapié

---

<sup>62</sup> La órbita terrestre baja (LEO, por sus siglas en inglés) se encuentra entre los 500 y 900 Km sobre la Tierra. Es una órbita de tipo circular que posee una inclinación respecto al ecuador de 90°, y para tener una cobertura total de la Tierra se requieren en promedio entre 40 y 60 satélites. La ventaja de esta órbita radica en la nitidez de las imágenes que puede conseguir de la Tierra, aunque su cobertura es limitada debido a la cercanía respecto a nuestro planeta (Luna Reyes, 2012).

<sup>63</sup> La órbita terrestre geosincrónica es una órbita alta (GEO), ubicada a una altitud de 35,900 km, es de tipo circular y con un período de rotación exactamente igual a un día sideral (23 horas, 56 minutos y 4.1 segundos), provocando así que un satélite ubicado en dicha órbita de la impresión de permanecer estático (Mitton, 2007). A diferencia de la órbita baja, para alcanzar esta altura existen lugares estratégicos del planeta para hacer el lanzamiento, en zonas cercanas al ecuador terrestre (Requena Rodríguez & Tomás Balibrea, 2008).

principalmente en las ocasiones en que los países dan un gran paso adelante en su nivel de autonomía técnica en el ámbito espacial o en la creación de nuevas capacidades tecnológicas) con el fin de trazar un mapa del progreso técnico de cada país. Este progreso se representa a través de una gráfica que muestra, en el eje vertical, el número de hito alcanzado numerado del uno al trece (con respecto a la figura anterior) y, b) en el eje horizontal, el año en el que se completó la hazaña, en el caso de una agencia espacial, el año se refiere a la fecha en que se estableció la oficina o agencia, para un proyecto de satélite de órbita LEO o GEO, el año se refiere a la fecha de lanzamiento y para un proyecto de lanzamiento, el año muestra la primera fecha en la que un satélite fue lanzado con éxito a la órbita deseada.

<b>La escalera de la Tecnología espacial</b>	
13	Capacidad de lanzamiento: Satélite a GEO.
12	Capacidad de lanzamiento: Satélite a LEO.
11	Satélite GEO: Construcción local.
10	Satélite GEO: Construcción a través de colaboración internacional.
9	Satélite GEO: Construcción local con asistencia del exterior.
8	Satélite GEO: Adquisición.
7	Satélite LEO: Construcción local.
6	Satélite LEO: Construcción a través de colaboración internacional.
5	Satélite LEO: Construcción local con asistencia del exterior.
4	Satélite LEO: Construcción con apoyo y en las instalaciones del exterior
3	Satélite LEO: Adquisición con los servicios de capacitación incluidos
2	Agencia Espacial: Establecimiento de la agencia espacial actual
1	Agencia Espacial: Establecimiento de la primera oficina espacial

*Cuadro 5.3. La Escalera de la Tecnología Espacial.  
Fuente: Wood y Weigel, 2012*

A partir del análisis de Wood y Weigel (2012) se actualizan los datos y se replica la escalera para los tres países de interés en este estudio. La gráfica 5.12 resume el aprendizaje conseguido e incorporado al programa espacial de cada uno de los países de este estudio. Como se vio en el

capítulo anterior, las capacidades en materia espacial de China son producto de: la cooperación con la Unión soviética, a través de ayuda de sus ingenieros, y como lo afirma Bi, y otros (2017), de un proceso de imitación, adaptación y reconfiguración de las tecnologías de otros países. India consiguió sus capacidades con ayuda de la cooperación con la Unión Soviética, Francia, Alemania, Corea del Sur y Bélgica, y, con los Estados Unidos hasta antes de la década de 1980. De acuerdo con Ribeiro & Vasconcellos (2017), una parte importante de las capacidades obtenidas en el desarrollo de tecnología espacial de la India, se consiguieron gracias a los esfuerzos adicionales incurridos por la prohibición del Régimen de Control de Tecnología de Misiles (MTCR, por sus siglas en inglés). Y, por último, Brasil, cuyos avances espaciales parten principalmente de su cooperación con EE. UU. y China, y al igual que la India, por el régimen MTCR de los países del G-7.

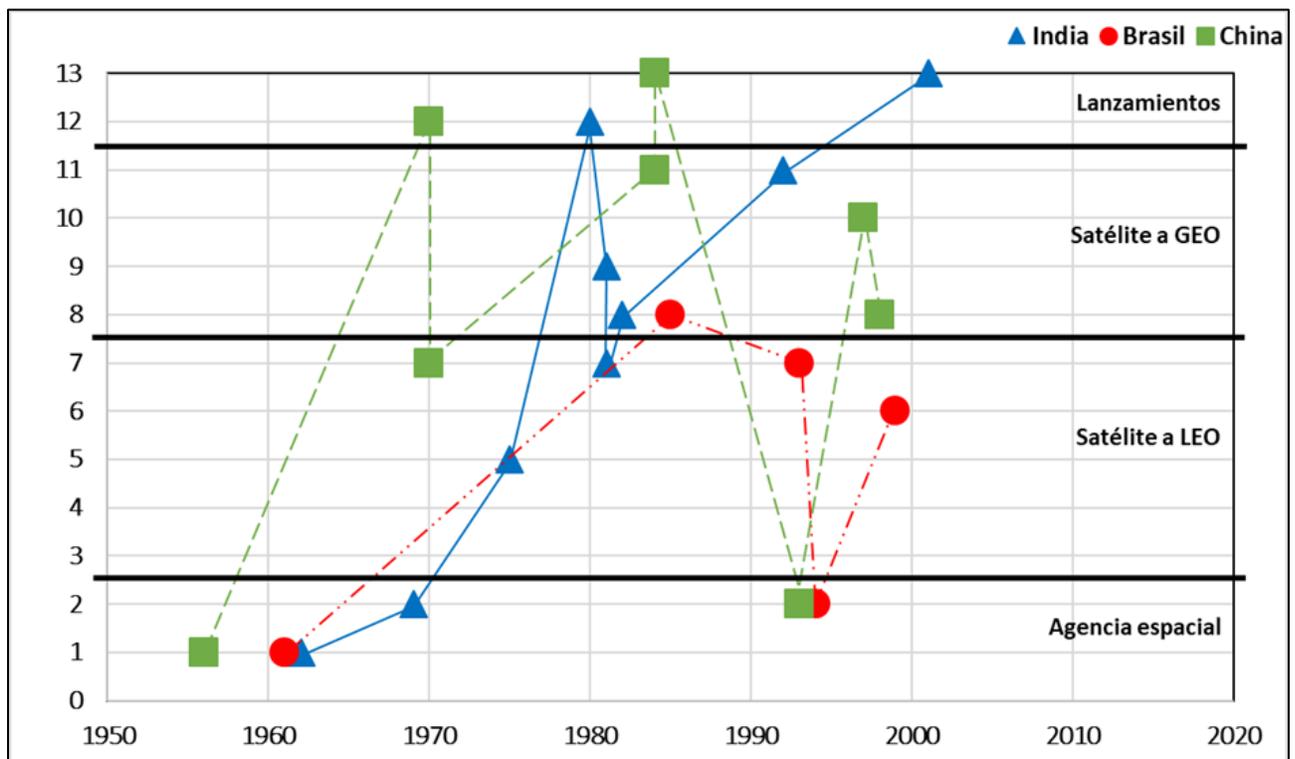


Gráfico 5.12. El ascenso de Brasil, China e India por la Escalera de la tecnología espacial.

Fuente: Elaboración propia con base en: Wood y Weigel (2012); Drozhashchikh (2019); Petroni & Gianluca (2016); Gilks (1997)

De acuerdo con los resultados que se muestran en el gráfico, India cuenta con nueve hitos, mientras que China solamente ocho, sin embargo, este resultado no refleja necesariamente la superioridad del programa espacial indio, por lo siguiente:

1. Los logros no alcanzados por China son los que menor autonomía, es decir, sus ocho hitos conseguidos le otorgan la mayor autonomía posible, además de ser los técnicamente más complejos.
2. China alcanzó su capacidad de lanzamiento a la órbita baja diez años antes que la India, y diecisiete años antes, la capacidad de lanzamiento a la órbita geosincrónica.
3. Los primeros satélites chinos fueron construcciones locales sin la intervención del exterior.
4. Principalmente por las sanciones impuestas por los EE. UU. y a las débiles relaciones con la Unión Soviética, China tuvo acceso limitado al mercado de satélites.
5. La India ha conseguido todas las categorías, en un principio alcanzó las subcategorías con cierto grado de dependencia con el exterior, y después de algunos años, con total autonomía.
6. Con el tiempo, India alcanzó los hitos de China, y hoy representan la principal alternativa al mercado de lanzamientos europeo y estadounidense.
7. Brasil ha conseguido diversos hitos, sin embargo, son los de mayor dependencia, principalmente de China y EE. UU., aunque, esto no impide que sea el país con mayor desarrollo espacial en la región sudamericana.

#### **5.4. Desarrollo de una taxonomía.**

Con base en el análisis comparativo anterior, es posible desarrollar una taxonomía, con el fin de jerarquizar los SNI y sectores espaciales de los países de interés para este estudio.

En primer lugar, la estructura de gobierno, cuyo punto de partida es el nivel de importancia que tienen los órganos de gobierno en el SNI, por lo anterior, es posible afirmar que el primer nivel lo ocupa China, ya que es un sistema de gobierno jerárquico, pero a la vez flexible en el sentido de que está descentralizado. En seguida la India que tiene un sistema de gobierno horizontal y también es flexible, por último, Brasil que se definirá como una estructura dual.

Ahora bien, la estructura de gobierno y su relación con el sector espacial, para el caso de China está fuertemente integrado al sector espacial ya que i) se considera un sector indispensable en el programa de ciencia y tecnología chino, ii) las decisiones en materia espacial fluyen desde las más altas esferas políticas hacia la agencia espacial. Para el caso de la India, se considera que la estructura de gobierno está integrada al SNI por la jerarquía existente entre la figura del Primer Ministro, el Departamento del Espacio y la agencia espacial india. Por último, Brasil, que se considera a la estructura de gobierno como poco integrada con la política de CyT del país y, por ende, con las actividades espaciales.

En segundo lugar, los Institutos de Educación Superior y Centros de Investigación y la relación que guardan en el SNI: China en el pasado apuntaló su SNI en centros de investigación enfocados en las industrias pesadas y plena cooperación con la Unión Soviética. Con el paso de los años, este rol cambió y se les retiraron los incentivos, con el fin de dar paso a las firmas privadas como principal motor de la innovación. Con base en el número de patentes solicitadas y concedidas, es posible definir a China con fuertes capacidades tecnológicas y muy asociadas al mercado interno. En años recientes el esquema ha pasado a ser mixto, con interés en el mercado extranjero. Por su parte, la India también destinó recursos importantes a centros de investigación, principalmente dedicados a la investigación básica y asociados al mercado interno, a pesar de restarle importancia a estas entidades al igual que en China, las firmas no constituyen el principal actor en términos de

innovación. Con base en el número de patentes, es posible encasillar a los centros de India como con fuertes capacidades tecnológicas. Por último, en Brasil estos organismos no constituyen un importante actor en el sistema de Ciencia y tecnología, al mismo tiempo que no están enfocados hacia el mercado, por ende, los niveles de innovación no están a la par que China e India.

Ahora bien, al referirse a los IES y centros de investigación y su impacto en el sector espacial, en el caso de China están organizados en un sistema jerárquico descentralizado en el sentido de que diversos centros de investigación espacial no están únicamente vinculados con CNSA, sino además con entidades y ministerios de Ciencia y Tecnología como MOST o la CAS que nuevamente demuestra la flexibilidad del SNI chino. Por otro lado, en la India se caracterizan por estar organizados en un sistema jerárquico con poca interacción hacia otros niveles del SNI, centralizados en el sentido de que únicamente tienen interacción con ISRO, pero, al mismo tiempo tienen enlaces fuertes con entidades espaciales del extranjero. Por último, en Brasil, los centros de investigación no están organizados en una estructura jerárquica sino, emergente, donde los centros que pertenecen a la academia se encuentran aislados, tampoco hay vínculos fuertes de este sector al interior del SNI ni al exterior.

En tercer lugar, la industria y el mercado, y su relación con el SNI, con base en los indicadores como el Índice Mundial de Innovación, gasto en I+D como porcentaje del PIB, gasto en I+D per cápita, y porcentaje de participación empresarial en el gasto en I+D es posible definir a los países de la siguiente manera: China con altos niveles de innovación a nivel mundial (14° a nivel mundial en el 2019), con alta participación empresarial en las actividades de I+D (mayor al 70% en promedio), con el porcentaje del PIB destinado a I+D más alto de los tres países (2.19 % en 2018); India por su parte se ubica en una posición regular en el índice (52° lugar de 130 países), con baja participación empresarial en las inversiones totales de I+D (31.58 % en promedio) que se traduce

en menos de la mitad que la participación privada en China, y con un porcentaje del PIB menor al 1% en gasto en I+D. Por su parte, Brasil que se ubica en niveles similares que la India, posee regulares niveles de innovación, baja participación empresarial en el gasto de I+D y un 1.26 % del PIB destinado a actividades de I+D

Por último, la industria y mercado y su importancia en el sector espacial; China, está catalogado en la escalera de la tecnología espacial como de muy altas capacidades tecnológicas y alta especialización, ya que ha alcanzado todos los hitos de la escalera tecnológica, pero más importante aún, ha conseguido los de mayor autonomía. El país ha conseguido establecer una robusta industria espacial no sólo para satisfacer la demanda interna sino, además, con fines de comercialización al exterior, en un principio, lo consiguió a partir de cooperación con el exterior e importación de tecnología, con el tiempo con capacidades endógenas. La industria espacial china es un ejemplo claro de la importancia del aprendizaje como vehículo de creación de innovación. India por su parte ha tenido un recorrido similar en la escalera de hitos que China, evidentemente le tomó más tiempo, sin embargo, aún se considera con muy altas capacidades y altamente especializado, ya que de una u otra forma ha conseguido incorporar a su programa espacial los hitos más relevantes, además de que, a nivel global, sólo un puñado de países posee capacidad de lanzamiento en la órbita geostacionaria de la Tierra. Brasil, que, en la escalera, está ubicado en los peldaños más bajos y con los menores niveles de autonomía, a pesar de sus ventajas geográficas (cercanía al ecuador) y geopolíticas (el único de los tres países que mantiene cooperación constante con los EE. UU.), no ha conseguido incorporar alta tecnología en su sector espacial, por lo que se cataloga como de bajas capacidades y menor especialidad.

Por último, para realizar las taxonomías se consideraron las afirmaciones hechas en el capítulo dos, tres y cuatro, así como el comparativo anterior, y está construidas de la siguiente manera: las

columnas contienen cada una a los actores principales del SNI, a saber, la estructura de gobierno, las IES y centros de Investigación y, por último, el mercado, mientras que, las filas horizontales representan a cada país. Entonces, cada intersección de las taxonomías contiene una caracterización del comportamiento de dicho actor para cada país. La taxonomía correspondiente al Sistema Nacional de Innovación (figura 5.4) clasifica de manera jerarquizada a cada uno de los actores de cada país con relación al comportamiento observado de la trayectoria del SNI (ampliamente explicado en los capítulos y en el comparativo), algo similar ocurre en la taxonomía del sector espacial, en la cual se ordena a los mismos actores de cada país, pero ahora con base en las características observadas de la trayectoria histórica del sector espacial de cada país (también ampliamente explicadas).

Así, para el caso de la taxonomía del SNI, se concluye que China por la fuerte influencia del Estado posee una estructura de gobierno jerárquica, pero a la vez flexible por las políticas de apertura, India es horizontal ya que la influencia estatal es menor que en China y también es flexible por la liberalización de la economía, mientras que Brasil se considera dual porque no persiste un dominio ni por el sector gubernamental ni empresarial en el escenario de Ciencia y Tecnología.

Con los datos graficados en el comparativo anterior se puede afirmar que, por el número y calidad de los IES y CI se clasifican como: i) con muy fuertes capacidades tecnológicas, ii) con fuertes capacidades tecnológicas y iii) con bajas capacidades tecnológicas, a China, India y Brasil, respectivamente.

Por último, al basarse en indicadores mostrados en el comparativo anterior tales como: el índice mundial de innovación, el número de patentes presentadas y concedidas para cada país, así como el gasto empresarial en actividades de I+D, se puede afirmar que el mercado, para China, India y Brasil se jerarquizan de la siguiente manera: i) con altos niveles de innovación y alta participación

empresarial en I+D; ii) con regulares niveles de innovación y baja participación empresarial en I+D; y iii) regulares niveles de innovación y baja participación empresarial en I+D, respectivamente.

Ahora, para construir la taxonomía del sector espacial (figura 5.5), se consideró la importancia dada por el Estado a dicho sector, como al establecimiento de agencias para impulsar estas actividades (ampliamente explicado en los capítulos previos), así, se considera que la estructura gubernamental de China está fuertemente integrada al sector, India como integrada al sector y por último Brasil poco integrado con la política espacial, al darle menor importancia al sector en comparación de los otros dos países.

Con base en lo descrito en capítulos anteriores y el comparativo anterior, se afirma que, en lo concerniente a IES y centros de investigación, China posee un sistema jerárquico descentralizado, pues controla muchos de estos organismos; India posee un sistema jerárquico con poca interacción y Brasil posee una estructura emergente no jerárquica.

Para terminar, al caracterizar al mercado espacial, se hace uso de la escalera espacial de Wood y Weigel (2012), con la que se puede afirmar que: China posee muy altas capacidades y tiene un mercado altamente especializado; India tiene muy altas capacidades y un mercado altamente especializado; mientras que Brasil en términos relativos y en comparación con China e India, posee bajas capacidades y un mercado con menor especialidad.

## Taxonomía del SNI de China, India y Brasil.

País	Estructura de Gobierno	IES y CI	Mercado
China	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Jerárquico</li> <li>- Flexible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Muy fuertes capacidades tecnológicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Altos niveles de innovación.</li> <li>- Alta participación empresarial en I+D</li> </ul>
India	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Horizontal</li> <li>- Flexible</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fuertes capacidades tecnológicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Regulares niveles de innovación.</li> <li>- Baja participación empresarial en I+D</li> </ul>
Brasil	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dual</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bajas capacidades tecnológicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Regulares niveles de innovación.</li> <li>- Baja participación empresarial en I+D</li> </ul>

*Cuadro 5.4. Taxonomía de los SNI de China, India y Brasil.  
Elaboración propia.*

## Taxonomía del sector espacial de China, India y Brasil.

País	Estructura de Gobierno	IES y CI	Mercado
China	- Fuertemente integrado al sector.	- Sistema jerárquico descentralizado	- Muy altas capacidades. - Altamente especializado.
India	- Integrado al sector.	- Sistema jerárquico con poca interacción	- Muy altas capacidades. - Altamente especializado.
Brasil	- Poco integrado con la política espacial	- Estructura emergente no jerárquica	- Bajas capacidades - Con menor especialidad.

*Cuadro 5.5. Taxonomía de los sectores espaciales de China, India y Brasil.  
Elaboración propia.*

## **5.5 Caracterización básica del sector espacial mexicano.**

El siguiente apartado no pretende hacer un extenuante recorrido histórico del sector espacial mexicano, sino, enunciar de manera concisa algunos aspectos esenciales del sector, como son: la problemática que enfrenta el sector; los objetivos, estrategias y líneas de acción planteados; algunas implicaciones de la AEM, por mencionar algunos.

De acuerdo con la Agencia Espacial Mexicana (2012), la industria espacial mexicana surgió en los años cincuenta, durante el nacimiento de proyectos para el diseño de cohetes y sistemas de comunicación. Estos proyectos llevarían al lanzamiento de cohetes para estudios de la alta atmósfera (1957) y a la instalación de una estación rastreadora en Guaymas, Sonora (1960) que era de utilidad para el sistema de seguimiento de vuelos espaciales estadounidenses.

La creación de la Comisión Nacional del Espacio Exterior (CONEE) en 1962 llevaría al desarrollo de importantes trabajos en telecomunicaciones y cohetaría, mismos que permitieron la formación de cuadros especializados e infraestructura física para insertarse en las actividades que se desarrollaban de manera incipiente en el mundo.

Continuando con esta perspectiva, México comenzó a ganar presencia en proyectos espaciales mundiales a través de la colaboración de instituciones de educación superior como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el Instituto Politécnico Nacional (IPN), los centros del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y la Universidad del Ejército y Fuerza Aérea Mexicana (UDEFA), así como por la adquisición de satélites a principios de la década actual con el fin de para apoyar en las tareas de seguridad nacional y los enlaces de comunicación satelital y cobertura social en México. La compra de dichos satélites también contó con la participación de

algunas empresas del sector privado, quienes contribuyeron al impulso del sector de las telecomunicaciones en el país.

La Agencia Espacial Mexicana fue creada en julio del año 2010, iniciando operaciones en noviembre de 2011, siendo una de sus primeras acciones la elaboración del Programa Nacional de Actividades Espaciales (PNAE), con la existencia de la AEM, se pretende mantener una política de estado a mediano y largo plazo del sector espacial.

Sin embargo, a pesar de que en México existen más de dos centenas de instituciones y empresas que son susceptibles de integrarse a la cadena de valor del sector espacial (2015), es evidente que, a comparación de los países ampliamente estudiados en este documento. México aún tiene mucho camino por recorrer para poder establecer un sector espacial sólido y poder gozar de los beneficios que de él se derivan.

Desde la perspectiva de la AEM (2015), la falta de una política nacional a largo plazo en materia espacial, en la cual el factor de guía fuera precisamente el desarrollo de la infraestructura espacial es la causa principal de la dispersión de recursos, la falta de crecimiento del sector y la dependencia de tecnologías y servicios de operadores extranjeros. Además, de ello, la intermitencia de los ciclos de apoyo al desarrollo del sector han tenido efecto en el ingreso decidido de México a la comunidad internacional de la economía del espacio.

Además, siguiendo a la AEM (2015), Los retos que enfrenta el sector espacial para contribuir a la resolución de problemas sociales y económicos en colaboración con las entidades responsables que hoy ya plantean y ejecutan los programas que atienden dichas necesidades, se pueden expresar de la forma siguiente:

1. Equilibrar los intereses públicos, privados y de la sociedad civil, para atender las necesidades de la población mediante el uso de infraestructura espacial.
2. Procurar y estructurar el financiamiento para la realización de todas las etapas del ciclo de vida de los activos de la infraestructura espacial.
3. Transitar eficazmente hacia sistemas y soluciones espaciales, soberanos y sustentables, operando con suficiencia de recursos de capital humano, científico, tecnológico y financiero.
4. Evaluar integralmente y apoyar las iniciativas y propuestas de proyectos, productos y servicios espaciales de mayor beneficio e impacto social, económico y geopolítico.
5. Lograr que la sociedad mexicana valore al espacio como un bien público y factor de progreso social y económico.
6. Lograr el reconocimiento de la AEM como organismo estratégico y de consulta del Estado Mexicano, en los asuntos que impliquen el uso de tecnología e infraestructura espaciales.

Pero, para hacer realidad que México utilice la ciencia y tecnología espacial para atender las necesidades de su población y se generen empleos de alto valor agregado derivados de este sector, es necesario impulsar la innovación y el desarrollo en suelo mexicano, promover políticas de desarrollos viables y con bases certeras en su elaboración, también es necesario retomar la experiencia de países con un programa exitoso, y no imitar lo que hacen actualmente, sino dar cuenta de lo que hicieron en el pasado para poder constituir su programa actual.

## Conclusiones.

"El espacio es indiferente a lo que hacemos; no tiene ningún sentimiento, ningún diseño, ningún interés en si nos enfrentamos o no a él. Pero no podemos ser indiferentes al espacio, porque la enorme y lenta marcha de la inteligencia nos ha llevado, en nuestra generación, a un punto desde el cual podemos explorar, entender y utilizarlo. Volver atrás ahora sería negar nuestra historia, nuestras capacidades."

**James A. Michener.**

En principio, en este trabajo da cuenta de las ventajas que se obtienen al incorporar enfoques alternativos en el estudio de la Economía en lugar del enfoque tradicional ortodoxo de la Organización Industrial, tales como la teoría económica evolucionista e institucional, en las cuales se hacen explícitos conceptos tan importantes como las instituciones, los costos de transacción, la racionalidad limitada, el aprendizaje y la cooperación. También destaca la relevancia que tiene la agenda de investigación de los SNI, que demuestra por qué el marco institucional es un factor básico y determinante para que una economía desarrolle su capacidad innovadora a través de procesos de aprendizaje interactivo. Por ende, a la luz de estos resultados se enfatiza i) la importancia del marco institucional en el SNI y sus resultados en la formulación de políticas, planes y estudios relacionados con el desarrollo económico; ii) hay evidencia de que existe una relación entre el marco institucional de un país y el desempeño de la industria, en este caso, del sector espacial.

También se puede concluir que los Sistemas Nacionales de Innovación varían entre cada país, por consiguiente, estos exhiben distintas estructuras, nivel de desarrollo e integración, efectividad de las políticas, etc. Estas diferencias están determinadas por diversas razones, por mencionar algunas, el marco institucional de cada país, las decisiones políticas y económicas tomadas por el Estado, incluso, la cultura. Es decir, todo el conjunto de arreglos institucionales implica un determinado nivel y forma de desarrollo, que a su vez impactará en el desempeño de todas las

actividades, en este trabajo, lo que interesa es el desempeño de los sectores, específicamente del sector espacial.

Como se vio en los capítulos dos al cinco, a partir de 1987, la tríada de países se vio inducida en un bloqueo tecnológico por parte de los países occidentales como parte de sus esfuerzos para limitar la proliferación de misiles. Sin embargo, la forma de afrontar dichas prohibiciones difirió en los tres países: China e India consiguieron el despegue de su industria tecnológica propia, que, a su vez, le otorgó autonomía en el desarrollo de sus competencias respecto de otros países altamente industrializados. Incluso, los esfuerzos fueron tales que, sus programas espaciales superaron a similares europeos, asiáticos y americanos, consiguiendo dirigir sus resultados al mercado. Por su parte, Brasil no consiguió superar dichas barreras, y, la única forma de acceder a los mercados de tecnología fue adoptando los principios impuestos del MTCR. Lo anterior constituye un claro ejemplo de la existencia de una relación entre los marcos institucionales y el desempeño de las industrias, tal que, dichas limitaciones delinearán el camino a seguir en diversos ámbitos de ciencia y tecnología.

El modelo de intervención del Estado planteado en este trabajo supone una contribución a la formulación de hojas de ruta o benchmarking que formulen políticas para incentivar el desempeño de las actividades espaciales, ya que inducen la importancia de los marcos institucionales, la cooperación y el aprendizaje como factores que potencialicen el desempeño de dicha industria.

El estudio realizado a lo largo de esta tesis tuvo como objetivo servir como un insumo de comparación teórica del desempeño diferencial del sector espacial de los países a la luz de las teorías evolucionista e institucional unificadas bajo el concepto de Sistema Nacional de Innovación, por ende, era necesario formular algunos juicios que sirvan de aprendizaje para países como México, por ejemplo:

1. Para consolidar un ambiente propicio para las actividades innovadoras es necesario que exista pleno interés por parte de la estructura gubernamental en establecer las condiciones necesarias para propiciar dicho entorno, en este caso para las actividades espaciales. Es decir, deben existir políticas explícitas para incentivar la ciencia y tecnología, así como la investigación y desarrollo, esto incluye: formalizar organismos especializados en impulsar dichos sectores; creación de Institutos de Educación Superior y Centros de Investigación, con el fin de especializar al capital humano y desarrollar investigación científica; entre otras.

2. Antes de dar paso a las empresas como los principales vehículos para impulsar la innovación, es necesario una participación constante y un financiamiento continuo, adecuado y eficiente por parte del Estado con el fin de establecer un plano industrial y un entorno de incentivos favorecedores para el desarrollo de actividades de I+D intensivas. De acuerdo con la Agencia Espacial Mexicana, (2017), esto implica el incremento del presupuesto para apoyar al sector; el fortalecimiento de la capacidad del gobierno para definir, en conjunto con los demás actores del sector, las prioridades de inversión, y la creación de programas y proyectos de vinculación en investigación, desarrollo industrial y políticas públicas, entre otros temas.

3. Países con sectores espaciales emergentes como México deben impulsar sus programas con ayuda de la cooperación internacional, con el fin de importar y absorber conocimiento que le permitan desarrollar tecnologías propias. El factor de cooperación internacional contempla la participación del sector espacial mexicano en programas internacionales espaciales, desde una perspectiva estratégica para el país, además, incluye la capacidad del sector para integrarse en cadenas internacionales de producción con mercados desarrollados, principalmente en la región de América del Norte (Agencia Espacial Mexicana, 2017).

4. Los países con programas espaciales de reciente creación deben adherirse a los convenios y tratados jurídicos que rijan las actividades espaciales, con el fin de beneficiarse de ellos, ya que, de no suscribirlos incurrirían en bloqueos que retrasarían su introducción en algún segmento de la cadena productiva.

De cara a futuros estudios, sería conveniente abordar el fenómeno de relación entre SNI y niveles más específicos (regional y sectorial) y el desempeño de la industria espacial, a partir de elementos más representativos, sin embargo, esta tesis aporta la metodología de que, el abordaje sectorial y regional requiere un primer planteamiento del SNI. Por tanto, quedan también pendientes otras metodologías cuantitativas y cualitativas, por mencionar algunas, análisis econométricos, entrevistas, estudios de campo entre otras, con el fin de realizar juicios de valor más profundos que, claramente rebasa el alcance de esta tesis de licenciatura.

## **Bibliografía.**

Agencia Espacial Mexicana, 2014. Catálogo y análisis de capacidades de investigación y desarrollo tecnológico espacial en México, Ciudad de México: AEM.

Agencia Espacial Mexicana, 2015. ACUERDO por el que se expide el Programa Nacional de Actividades Espaciales., Ciudad de México: AEM

Agencia Espacial Mexicana, 2015. Programa Nacional de Actividades Espaciales 2015, Ciudad de México: AEM.

Agencia Espacial Mexicana, 2017. Plan de Órbita 2.0. Mapa de ruta del sector espacial mexicano, México: AEM.

Aliberti, M., 2015. China's Space Programme: An Overview. En: When China Goes to the Moon.... Washington, D.C.: Springer, pp. 7-43.

Argote, L., 2013. Organizational Learning: Creating, Retaining and Transferring Knowledge. Second ed. New York: Springer.

Bain, J. S., 1959. Industrial Organization. New York: John Wiley & Sons Inc..

Baskaran, A., 2005. From science to commerce: the evolution of space development policy and technology accumulation in India. *Technology in Society*, 27(2), p. 155–179.

Baskaran, A. & Muchie, M., 2007. The Making of the Indian National Innovation Systems: Lessons on the specific characteristics of the domestic and the external co-evolutions of technologies, institutions and incentives.. Middlesex University Research Repository. Working Paper. DIIPER & Department of History, International and Social Studies. .

Bi, J., Sarpong, D., Botchie, D. & Rao-Nicholson, R., 2017. From imitation to innovation: The discursive processes of knowledge creation in the Chinese space industry. *Technological Forecasting & Social Change*, Issue 120, pp. 261-270.

Brown, F. & Domínguez, L., 2012. Organización Industrial. Teoría y aplicaciones al caso mexicano. Segunda ed. México: Facultad de Economía UNAM.

Cabral, L. M. B., 2000. Introduction to Industrial Organization. Cambridge: MIT Press.

Cassiolato, J., 2015. Evolution and Dynamics of the Brazilian National System of Innovation. En: P. Shome & P. Sharma, edits. *Emerging Economies: Food and Energy Security, and Technology..* New Delhi: Springer, pp. 265-310.

Cassiolato, J., Lastres, H. & Soares, M., 2014. The Brazilian national system of innovation: challenges to sustainability and inclusive development. En: G. Dutrénit & J. Sutz, edits. *National Innovation Systems, Social Inclusion and Development.* s.l.:Edward Elgar Publishing, pp. 68-101.

Chen, Y., 2016. China's space policy-a historical review. *Space policy*, Volumen 37, pp. 171-178.

China National Space Administration, 2011. Long March-3B. [En línea] Available at: <http://www.cnsa.gov.cn/english/n6465715/n6465718/c6476890/content.html>

[Último acceso: 20 Noviembre 2019].

- China National Space Administration, 2011. Shenzhou VI spaceship. [En línea] Available at: <http://www.cnsa.gov.cn/english/n6465715/n6465717/c6480701/content.html> [Último acceso: 20 Noviembre 2019].
- China Satellite Navigation Office, 2013. BeiDou Navigation Satellite System Open Service Performance Standard. [En línea] Available at: <http://en.beidou.gov.cn/SYSTEMS/Officialdocument/201811/P020181115326719549043.pdf> [Último acceso: 20 Noviembre 2019].
- Chong, P.-K., 2019. Mao's Great Leap Forward Brings Chaos to China. [En línea] Available at: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ers&AN=89315357&lang=es&site=eds-live> [Último acceso: 18 Agosto 2019].
- Clay Moltz, J., 2015. Brazil's space program: Dreaming with its feet on the ground. *Space policy*, Volumen 33, pp. 13-19.
- Coase, R., 1937. The Nature of the Firm. *Economica*, 4(16), pp. 386-405.
- Coenen, L. & Díaz López, F., 2010. Comparing systems approaches to innovation and technological change for sustainable and competitive economies: an explorative study into conceptual commonalities, differences and complementarities. *Journal of Cleaner Production*, 18(12), pp. 1149-1160.
- Corona, L. ed., 2002. La economía evolucionista en la Economía de la Tecnología. En: *Teorías Económicas de la Innovación Tecnológica*. México: Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigaciones Económicas, Administrativas y Sociales, Escuela Superior de Economía., pp. 195-257.
- Dalhman, C. & Frischtak, C., 1993. National systems supporting technical advance in industry: the Brazilian. En: R. Nelson, ed. *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*. Oxford University. New York and Oxford: Oxford University.
- Daly, J. C. K., 2019. Jawaharlal Nehru. [En línea] Available at: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ers&AN=88801802&lang=es&site=eds-live> [Último acceso: 22 Agosto 2019].
- Daniels, C., Ustyuzhantseva, O. & Yao, W., 2017. Innovation for inclusive development, public policy support and triple helix: perspectives from BRICS. *African Journal of Science, Technology, Innovation and Development*, 9(5), pp. 513-527.
- Das, M. & N'Diaye, P., 2013. El fin de la mano de obra barata.. IMF Working Paper 13/26, Junio(37), pp. 34-37.
- Datta, S. & Saad, M., 2011. University and innovation systems: the case of India. *Science and Public Policy*, 38(1), pp. 1-17.
- Domínguez, J., 2017. Una aproximación a la gestión de las instituciones de educación superior en China. *Rev. Cubana Edu. Superior*, 36(3), pp. 153-166.
- Douglas, M., 1987. *How institutions think*. Londres: Routledge.

- Drozhashchikh, E., 2018. China's National Space Program and the "China Dream". *Astropolitics*, 16(3), pp. 175-186.
- ESA, 2019. 40 years of Ariane. [En línea] Available at: [https://www.esa.int/Enabling\\_Support/Space\\_Transportation/40\\_years\\_of\\_Ariane](https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Transportation/40_years_of_Ariane) [Último acceso: 5 Enero 2020].
- Etzkowitz, H., Carvalho de Mello, J. & Almeida, M., 2014. Towards "meta-innovation" in Brazil: The evolution of the incubator and the emergence of a triple helix. *Research Policy*, Issue 34, pp. 411-24.
- Feinson, S., 2003. National Innovation Systems Overview and Country Cases. *Knowledge Flows and Knowledge Collectives: Understanding the Role of Science and Technology Policies in Development.*, 1(Sec. 1).
- Forbes, N., 2016. India's National Innovation System: Transformed or Half-formed?. Centre for Technology Innovation and Economic Research, Septiembre.p. 36.
- Freeman, C., 1987. *Technology and Economic Performance*. London: Pinter Publishers.
- Gilks, A., 1997. China's space policy: review and prospects. *Space Policy*, 13(3), pp. 215-227.
- GOI, 2016. University and Higher Education. [En línea] Available at: <https://mhrd.gov.in/university-and-higher-education> [Último acceso: 2 Enero 2020].
- GOI, 2017. *Research & Development Statistics At a Glance 2017-18*, New Delhi: Department of Science & Technology.
- GOI, 2019. S&T Policies. [En línea] Available at: <https://dst.gov.in/s-t-system-india> [Último acceso: 11 Noviembre 2019].
- GOI, 2020. *S&T Indicators Tables: Research and Development Statistics 2019-20*, New Delhi: National S&T Management Information System.
- GOI, 2020. Statistics New. [En línea] Available at: [https://www.mhrd.gov.in/statistics-new?shs\\_term\\_node\\_tid\\_depth=384](https://www.mhrd.gov.in/statistics-new?shs_term_node_tid_depth=384) [Último acceso: 29 Agosto 2020].
- Guarín Grisales, A. & Franco López, D., 2008. La sustitución de importaciones como medio para un desarrollo sostenible. *Revista Universidad EAFIT*, 44(151), pp. 56-67.
- Gu, S., Schwaag Serger, S. & Lundvall, B.-Å., 2016. 'China's innovation system: ten years on'. *Innovation: Management, Policy & Practice*, 18(4), p. 441-448.
- Harvey, B., Smid, H. & Pirad, T., 2010. *Emerging Space Powers. The New Space programs of Asia, the middle East, and South America*. Chichester: Springer.
- Herstatt, C., Tiwari, R. & Buse, S., 2008. India's National Innovation System: Key elements and corporate perspectives. *Working Papers*.
- Hofmann-Wellenhof, B., Lichtenegger, H. & Wasle, E., 2007. *GNSS—global navigation satellite systems: GPS, GLONASS, Galileo, and more*. s.l.:Springer Science & Business Media.

- Hong Kong Science Museum, 2014. Chang'e Programme. [En línea] Available at: <https://hk.science.museum/ms/cle/echange.html> [Último acceso: 20 Noviembre 2019].
- Indian Space Research Organisation, 2017. About ISRO. [En línea] Available at: <https://www.isro.gov.in/about-isro> [Último acceso: 21 Agosto 2019].
- Indian Space Research Organisation, 2017. Dr. Vikram Ambalal Sarabhai (1963-1971). [En línea] Available at: <https://www.isro.gov.in/about-isro/dr-vikram-ambalal-sarabhai-1963-1971> [Último acceso: 21 Agosto 2019].
- Indian Space Research Organisation, 2017. Geosynchronous Satellite Launch Vehicle (GSLV). [En línea] Available at: <https://www.isro.gov.in/launchers/gslv> [Último acceso: 21 Noviembre 2019].
- Indian Space Research Organisation, 2017. Polar Satellite Launch Vehicle. [En línea] Available at: <https://www.isro.gov.in/launchers/pslv> [Último acceso: 21 Noviembre 2019].
- Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 2015. Estadísticas de educación superior. [En línea] Available at: <http://inep.gov.br/sinopses-estatisticas-da-educacao-superior> [Último acceso: 28 Enero 2020].
- ISRO, 1981. APPLE. [En línea] Available at: <https://www.isro.gov.in/Spacecraft/apple> [Último acceso: 21 Enero 2020].
- ISRO, 2017. Aryabhata. [En línea] Available at: <https://www.isro.gov.in/Spacecraft/aryabhata-1> [Último acceso: 21 Enero 2020].
- ISRO, 2017. Bhaskara-I. [En línea] Available at: <https://www.isro.gov.in/Spacecraft/bhaskara-i> [Último acceso: 22 Enero 2020].
- Jakhu, R., 2009. The case for enhanced India-Canada space cooperation. *Space Policy*, Volumen 25, pp. 9-19.
- Johnson, B., 1992. Institutional Learning. En: B. Lundvall, ed. *National systems of innovation. Towards a theory of Innovation and Interactive Learning*. Londres: Pinters Publishers, pp. 23 - 41.
- Johnson, B. & Lundvall, B., 1994. Sistemas nacionales de innovación y aprendizaje institucional. *Comercio Exterior*, Agosto, pp. 695-704.
- Koligudde, C., 2014. Governance of Higher Education. *International Journal of Social Science and Humanities Research*, 2(3), pp. 245-250.
- Kong, X. & Xu, F., 2000. Evolution of National Innovation Systems in China and India: From the Perspective of the R&D Innovation Capability of ICT enterprise. *Innovation*, 7(1), pp. 1-13.
- Koutsoyiannis, A., 2002. *Microeconomía moderna*. Buenos Aires: Amorrortú editores.
- Krishna, V., 2009. Knowledge Production and Knowledge Transfer: A Study of Two Indian Institutes of Technology (IIT, Madras and IIT, Bombay). ARI Working Paper, Issue 121, p. 47.

- Lau, A. K. W. & Lo, W., 2015. Regional innovation system, absorptive capacity and innovation performance: An empirical study. *Technological Forecasting & Social Change*, Volumen 92, pp. 99-114.
- Lele, A., 2017. India's policy for outer space. *Space Policy*, Volumen 39, pp. 26-32.
- Lewis, T. T., 2019. Korean War. [En línea] Available at: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ers&AN=89183431&lang=es&site=eds-live>  
[Último acceso: 21 Agosto 2019].
- Li, C., Zhang, D. & Hu, D., 2017. Making Breakthroughs in the Turbulent Decade: China's Space Technology During the Cultural Revolution. *Endeavour*, 41(3), pp. 102-115.
- Liu, G., 2019. China Begins Its First Five-Year Plan. [En línea] Available at: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ers&AN=89314125&lang=es&site=eds-live>  
[Último acceso: 18 Agosto 2019].
- Liu, G., 2019. Cultural Revolution Begins in China. [En línea] Available at: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ers&AN=89314276&lang=es&site=eds-live>  
[Último acceso: 18 Agosto 2019].
- Long, J., 2016. China's space station project and international cooperation: Potential models of jurisdiction and selected legal issues. *Space Policy*, Issue 36, pp. 28-37.
- Luna Reyes, I., 2012. Análisis del papel de la agencia espacial mexicana como gestora de la política espacial en México y su posible implicación estratégica en el nuevo orden geopolítico internacional. [En línea] Available at: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat02029a&AN=tes.TES01000683747&lang=es&site=eds-live>  
[Último acceso: 23 Enero 2020].
- Lundvall, B. A., 1992. *National Systems of Innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*. Londres: Pinter Publishers.
- Malerba, F., 2004. Sectoral systems of innovation: basic concepts. En: M. F., ed. *Sectoral Systems of Innovation Concepts, issues and analyses of six major sectors in Europe*. Cambridge : Cambridge University Press, pp. 9-41.
- Mankiw, N. G., 2014. *Macroeconomía*. Octava ed. Barcelona: Antoni Bosch editor, S.A..
- Mason, E. S., 1939. Price and Production Policies of Large Scale Enterprise. *American Economic Review*, Volumen 29, pp. 61-74.
- Matos, M., 2016. *Economia Industrial*. [En línea] Available at: [http://www.pped.ie.ufrj.br/intranet/ie/userintranet/hpp/arquivos/050520163709\\_Aula0120161.pdf](http://www.pped.ie.ufrj.br/intranet/ie/userintranet/hpp/arquivos/050520163709_Aula0120161.pdf)  
[Último acceso: 22 Octubre 2019].
- Mazzucato, M. & Penna, C., 2016. *The Brazilian Innovation System: A Mission-Oriented Policy Proposal*, Brasilia: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos.

- McCaleb, A., 2012. China's National Innovation System. Research Papers of the Wroclaw University of Economics / Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wroclawiu, Volumen 257, p. 113–124.
- MCT, CNPQ, 2008. Programa Institutos Nacionais de C&T: Documento de orientação aprovado pelo Comitê de Coordenação em 29 de julho de 2008, s.l.: s.n.
- Metcalf, S., 1995. The Economic Foundations of Technology Policy: Equilibrium and Evolutionary Perspectives. En: P. Stoneman, ed. Handbook of the Economics of Innovation and Technological change,. Oxford: Blackwell.
- Missile Technology Control Regime, 2019. FREQUENTLY ASKED QUESTIONS (FAQS). [En línea] Available at: <https://mtcr.info/frequently-asked-questions-faqs/> [Último acceso: 21 Agosto 2019].
- Mitton, J., 2007. Cambridge illustrated dictionary of astronomy. Cambridge: Cambridge University Press.
- Nagendra, N. P. & Basu, P., 2016. Demystifying space business in India and issues for the development of a globally competitive private space industry'. Space Policy, Volumen 36, pp. 1-11.
- Nassif, A., 2007. National Innovation System And Macroeconomic Policies: Brazil And India In Comparative Perspective. UNCTAD Discussion Papers.
- National Aeronautics and Space Administration, 2014. Emerging Space: The Evolving Landscape of 21st Century American Spaceflight, Washington, D.C.: NASA Headquarters.
- National Aeronautics and Space Administration, 2019. PRC 1. [En línea] Available at: <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraft/display.action?id=1970-034A> [Último acceso: 21 Agosto 2019].
- National Bureau of Statistics of China, 2012. Annual Data. [En línea] Available at: <http://www.stats.gov.cn/english/Statisticaldata/AnnualData/> [Último acceso: 27 Enero 2020].
- National Innovation Council, 2019. National Innovation Council. About us. [En línea] Available at: [http://innovationcouncilarchive.nic.in/index.php?option=com\\_content&view=article&id=26&Itemid=5](http://innovationcouncilarchive.nic.in/index.php?option=com_content&view=article&id=26&Itemid=5) [Último acceso: 19 April 2019].
- Nelson, R., 1985. National Systems of Innovation. Baltimore: John Hopkins University Press.
- Nelson, R. & Nelson, K., 2002. Technology, institutions, and innovation systems. Research Policy, Issue 31, pp. 265-272.
- Nelson, R. R., 1993. National Innovation Systems: A comparative analysis. New York: Oxford University Press.
- North, D., 1993. Instituciones, cambio institucional y desempeño económico. México: Fondo de Cultura Económica.

- OECD/Eurostat, 2005. OECD Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data, A joint publication of Organisation for Economic Co- Operation and Development (OECD) and Statistical Office of the European Communities (Eurostat). Third Edition ed. Paris: OECD.
- OECD, 2008. OECD Reviews of Innovation Policy: China 2008. Paris: OECD Publishing.
- OECD, 2011. Higher Education in Regional and City Development: State of Paraná, Brazil., Paraná: OECD publishing.
- O'Neill, J., 2001. Building Better Global Economic BRICs. Goldman Sachs Global Economics, Issue Paper No: 66, pp. 3-13.
- Oviedo, L., 2016. Las políticas públicas de formación doctoral y su impacto en el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Una lectura comparativa de Argentina y Brasil.. Revista de la Facultad de Ciencias Económicas, Primavera(17), pp. 53-74.
- Pardini, C. & Anselmo, L., 2019. Monitoring the orbital decay of the Chinese space station Tiangong-1 from the loss of control until the re-entry into the Earth's atmosphere. The Journal of Space Safety Engineering.
- Patel, P. & Pavitt, K., 1994. The Nature and Economic Importance of National Innovation Systems. STI Review, OCDE(14).
- Pepall, L., Richards, D. J. & Norman, G., 2006. Organización industrial. Teoría y práctica contemporáneas. Tercera edición ed. México: Thompson.
- Pérez, C., 1989. Technical Change, Competitive Restructuring, and Institutional Reform in Developing Countries, Washington, DC: SPR Publications.
- Peter, N., 2016. The changing geopolitics of space activities. Space Policy, Issue 37, pp. 145-153.
- Petroni, G. & Gianluca Bianchi, D., 2016. New patterns of space policy in the post-Cold War world. Space Policy, 37(1), pp. 12-19.
- ProMéxico & AEM, 2012. Plan de órbita: Mapa de ruta de la industria espacial mexicana, Ciudad de México: ProMéxico.
- Puyana, A. & Romero, J., 2013. ¿Informalidad o dualismo en las manufacturas mexicanas?. Perfiles latinoamericanos, 21(41), pp. 143-177.
- Requena Rodríguez, A. & Tomás Balibrea, L., 2008. Triadas. Nuevas lecturas en ciencia y tecnología. Segunda ed. Murcia: Netbiblo.
- Ribeiro, R. C. & Vasconcellos, R., 2017. Comparative Perspective of the Brazilian and Indian Space Programs. Astropolitics, 15(3), pp. 217-234.
- Ruth, M., 2018. Sino-Soviet split. [En línea] Available at: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=ers&AN=129815453&lang=es&site=eds-live> [Último acceso: 4 Noviembre 2019].
- Santos, D., 2011. Actividades prospectivas en Brasil: pasado, presente y futuros posibles. Ekonomiaz, 1º cuatrimestre(76), pp. 191-211.
- Schmalensee, R., 1989. Inter-industry studies of structure and performance. En: R. Schmalensee & R. Willig, edits. Handbook of Industrial Organization. North-holland: North-, pp. 951-1009.

- Schmid, J. & Wang, F.-L., 2017. Beyond National Innovation Systems: Incentives and China's Innovation Performance. *Journal of Contemporary China*, 26(104), p. 280–296.
- Schrempf, B., Kaplan, D. & Schroeder, D., 2013. National, Regional, and Sectoral Systems of Innovation – An overview, s.l.: Report for FP7 Project.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes, 2018. Informe de resultados 2018 del Programa Nacional de Actividades Espaciales 2013 - 2018, Ciudad de México: SCT.
- Sinha, R. K., 2011. India's National Innovation System: Roadmap to 2020. *ASCI Journal of Management*, 41(1), pp. 65-74.
- Space Foundation, 2019. *The Space Report*, Washington, DC: Space Foundation.
- Stallivieri, L., 2007. El sistema de educación superior de Brasil: características, tendencias y perspectivas.. *Universidades*, Mayo-Agosto(34), pp. 47-61.
- Stigler, G., 1939. Production and Distribution in the Short Run. *Journal of Political Economy*.
- Subhan, F. & Khattak, A., 2017. What Constitutes the Bottom of the Pyramid (BOP) Market?. Kuala Lumpur, s.n.
- Sun, Y., 2002. China's National Innovation System in Transition. *Eurasian Geography & Economics*, 43(6), p. 476.
- Sun, Y. & Liu, F., 2010. A regional perspective on the structural transformation of China's national innovation system since 1999. *Technological Forecasting & Social Change*, 77(8), p. 1311–1321.
- Tagüeña Parga, J., 2005. *Asómate a la materia: ¿qué es un semiconductor?*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Tien, C. C., 2008. Qian Xuesen: Father of China' Space Program. *Chinese American Forum*, 4(1), pp. 38-39.
- Tirole, J., 1989. *The Theory of Industrial Organization*. Cambridge(Massachusetts): MIT press.
- Tseng, C., 2009. Technological Innovation in The Bric Economies. *Research Technology Management*, 52(2), pp. 29-35.
- UNESCO, 2010. *Sistemas nacionales de ciencia, tecnología e innovación en América Latina y el Caribe*, Montevideo: Oficina Regional de Ciencia para América Latina y el Caribe.
- UNESCO, 2015. Brazil. En: *UNESCO Science Report: towards 2030*. Paris: UNESCO, pp. 211-230.
- UNESCO, 2020. GERD - financed by Business enterprise %. [En línea] Available at: <http://data.uis.unesco.org/index.aspx?queryid=74#> [Último acceso: 24 Julio 2020].
- UNESCO, 2020. GERD per capita (in current PPP\$). [En línea] Available at: [http://data.uis.unesco.org/Index.aspx?DataSetCode=SCN\\_DS&lang=en#](http://data.uis.unesco.org/Index.aspx?DataSetCode=SCN_DS&lang=en#) [Último acceso: 24 Julio 2020].
- UNESCO, 2020. Science,technology and innovation : Gross domestic expenditure on R&D (GERD), GERD as a percentage of GDP.. [En línea] Available at: <http://data.uis.unesco.org/index.aspx?queryid=74#> [Último acceso: 24 Julio 2020].

United Nations: Office for Outer Space Affairs, 2019. About Committee on the Peaceful Uses of Outer Space.. [En línea] Available at: <http://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/copuos/index.html> [Último acceso: 5 Julio 2019].

United Nations: Office for Outer Space Affairs, 2020. Committee on the Peaceful Uses of Outer Space: Membership Evolution. [En línea] Available at: <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/copuos/members/evolution.html> [Último acceso: 27 Enero 2020].

USPTO, 2015. Number of Utility Patent Applications Filed in the United States, By Country of Origin, Calendar Years 1965 to Present, s.l.: s.n.

USPTO, 2018. General information concerning patents. [En línea] Available at: <https://www.uspto.gov/patents-getting-started/general-information-concerning-patents> [Último acceso: 26 Agosto 2020].

USPTO, 2018. Protecting Intellectual Property in the United States: A Guide for Small and Medium-Sized Enterprises in the United Kingdom. [En línea] Available at: [https://www.uspto.gov/sites/default/files/documents/UK-SME-IP-Toolkit\\_FINAL.pdf](https://www.uspto.gov/sites/default/files/documents/UK-SME-IP-Toolkit_FINAL.pdf) [Último acceso: 2 Enero 2020].

Vidal, C., 2016. The 1957-1958 Anti-Rightist Campaign in China: History and Memory (1978-2014).. [En línea] Available at: <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01306892> [Último acceso: 21 Agosto 2019].

Walsh, K., 2003. Foreign High-Tech R&D in China. Washington, DC: The Henry L. Stimson Center.

Wang, D., Zhao, X. & Zhang, Z., 2016. 'The Time Lags Effects of Innovation Input on Output in National Innovation Systems: The Case of China'. Discrete Dynamics in Nature & Society, pp. 1-12.

Wilson, R. L., 2019. Mao Zedong. En: Salem Press Biographical Encyclopedia. s.l.:s.n.

WIPO, 2019. Global Innovation Index (GII). [En línea] Available at: [https://www.wipo.int/global\\_innovation\\_index/en/](https://www.wipo.int/global_innovation_index/en/) [Último acceso: 26 Enero 2020].

WIPO, 2019. Indicadores mundiales de propiedad intelectual: la presentación de solicitudes de patente, registro de marcas y diseños industriales alcanzó niveles récord en 2018. [En línea] Available at: [https://www.wipo.int/pressroom/es/articles/2019/article\\_0012.html](https://www.wipo.int/pressroom/es/articles/2019/article_0012.html) [Último acceso: 26 Agosto 2020].

WIPO, 2019. Índice Mundial de Innovación. [En línea] Available at: <https://www.wipo.int/publications/es/series/index.jsp?id=129> [Último acceso: 4 Enero 2020].

WIPO, 2020. Perfiles estadísticos de los países. [En línea] Available at: [https://www.wipo.int/ipstats/es/statistics/country\\_profile/](https://www.wipo.int/ipstats/es/statistics/country_profile/) [Último acceso: 26 Agosto 2020].

Wood, D. & Weigel, A., 2012. Charting the evolution of satellite programs in developing countries - The Space Technology Ladder. Space Policy, 28(1), pp. 15-24.

Yin, Y., Su, M. & Pan, J.-Q., 2017. Analysis of Lewis Turning Point Based on China's National Conditions. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, Volumen 83, pp. 622-627.

Zhao, Y., 2018. The Rise and Prospect of China's Economy. *Estudios de Economía Aplicada*, 31(1), pp. 277-290.