



FLACSO

Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales sede México

Maestría en Gobierno y Asuntos Públicos

Promoción XII (2014- 2016)

Complejidad y Políticas Públicas en el desarrollo del Sector Espacial como un Sistema de Innovación: casos de Argentina, Brasil y México

Tesis para obtener el grado de maestro en Gobierno y Asuntos Públicos con mención en
Economía

Presenta:

Alejandro Guerrero García

Directora de Tesis:

Dra. Mónica Casalet Ravenna

Lectores

Dra. Gloria del Castillo Alemán

M.C. Carlos Roberto de Jesús Duarte Muñoz

Seminario de Investigación: Análisis de Políticas Públicas

Línea de Investigación: Procesos Políticos, representación y democracia

México, D.F., julio de 2016

Esta investigación fue gracias al apoyo del Consejo Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación, y los recursos del proyecto de Ciencia Básica N.166854 coordinado por la Dra. Mónica Casalet Ravenna, que contribuyó a investigación empírica en Brasil y Argentina.

Resumen

El Sector Espacial representa una oportunidad para el aprovechamiento de tecnologías en el bienestar de la sociedad. En México, sin embargo, a pesar de contar en el pasado con algunos esfuerzos para desarrollarlo, estos fueron abandonados. Es desde 2010, con la creación de la Agencia Espacial Mexicana y el diseño de la primera Política Espacial, que se intenta retomarlo, pero no se han obtenido los resultados esperados. Por lo tanto, este trabajo analiza las características que apoyan al desarrollo del sector, y busca comprender su naturaleza como un sistema de innovación y descifrar las dimensiones por las cuales se puede estudiar su comportamiento. Esto se hace con un estudio comparativo entre Argentina, Brasil y México. Se utilizan diversos enfoques analíticos para entender la complejidad del sector, su proceso de convergencia, y el resultado de la coevolución entre políticas, actores y tecnología. Se identifica el papel de las agencias espaciales en la formación de redes de innovación y de los instrumentos de políticas de apoyo al sector. Se concluye que la intervención gubernamental es necesaria para hacer frente a la complejidad por medio de políticas públicas que aseguren la transferencia de conocimiento, la vinculación y la formación especializada.

Palabras clave: Agencia Espacial, Coevolución, Complejidad, Convergencia, Innovación, Política Espacial, Redes, Sector Espacial.

Abstract

The Space Sector represents an opportunity for the exploitation of technologies in the welfare of society. However, in México despite having in the past with some efforts to develop the sector, these were abandoned. Since 2010, with the creation of the Mexican Space Agency and the design of the first Space Policy, that it is been sought to return the sector, but results haven't been obtain. Therefore, this work analyzes the characteristics that support the development of the sector, understand it's nature as an innovation system and decipher the dimensions by which we can study it's behavior. This is done with a comparative study between Argentina, Brazil y Mexico. Different theoretical approaches are used to understand the complexity of the sector, it's process of convergence, and the result of coevolution between policy, actors and technology. The role of space agencies is identified in the formation of innovation networks and of the policy instruments to support

the sector. It concludes that the governmental intervention is necessary to cope the complexity through public policies that ensure the transfer of knowledge, the entailment and the specialized formation.

Key words: Space Agency, Coevolution, Complexity, Convergence, Innovation, Space Policy, Networks, Space Sector

Dedicatoria

Para mi mayor motivación, mi amada Gabriela

Para mi mayor ejemplo, mi madre Virginia

Agradecimientos

Esta tesis ha sido posible gracias a la beca otorgada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Agradezco también a la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales- Sede México por permitirme la oportunidad de estudiar la Maestría en Gobierno y Asuntos Públicos, en la cual no solo aprendí a realizar investigación con rigurosidad, sino también disciplina y esfuerzo para ser un mejor profesionalista.

Expreso mi agradecimiento a la Dra. Mónica Casalet Ravenna por ayudarme a incursionar en un tema innovador y compartir conmigo su conocimiento, el cual, junto con su orientación y correcciones, permitió que este trabajo llegara a buen puerto. También le agradezco su apoyo para realizar estancias en Argentina y Brasil por medio del Proyecto de Ciencia Básica N. 166854 titulado “Acuerdos de colaboración para la innovación: diferentes estrategias productivas y de vinculación para el desarrollo sectorial y regional”, ya que sin esto el trabajo se hubiera visto limitado en evidencia.

Una mención especial se la dedico a la Dra. Gloria del Castillo Alemán, no solo por las observaciones oportunas y dar un seguimiento puntual a mi trabajo, sino también por permitirme ser partícipe del seminario de “Análisis de Políticas Públicas” en el cual siempre encontré recursos analíticos invaluable. Tenerla como mi lectora ha sido una gran experiencia.

También quiero agradecer a mí otro lector, el Mtro. Carlos Roberto de Jesús Duarte Muñoz por todo el apoyo durante la realización de la tesis, ya que su disposición, y el abrirme las puertas a la Agencia Espacial Mexicana, me permitió conocer el verdadero funcionamiento de la institución y los elementos vitales que aportaron en mi tesis un análisis completo.

Para realizar el análisis en los países de Argentina y Brasil, agradezco a todas las personas que me dieron su apoyo y conocimiento durante mi estancia de investigación. También quiero agradecer a todas las personas de la Agencia Espacial Mexicana que contribuyeron de manera directa o indirecta en el proyecto.

Índice

Acrónimos	1
Sistema Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (Sistema Nacional de Desarrollo de Actividades Espaciales).....	3
Introducción	4
Capítulo 1. El Sector Espacial como un sistema de innovación: un proceso de construcción y evolución	10
1.1 Introducción.....	10
1.2 Entorno socio-económico internacional del Sector Espacial	12
1.2.1 Tendencias productivas y relacionales	12
1.2.2 Limitantes para el desarrollo del Sector Espacial.....	15
1.2.3 Tendencias tecnológicas como una oportunidad para nuevos participantes....	16
1.2.4 Estabilidad en la participación gubernamental: requisito para el desarrollo del sector.....	17
1.3 Políticas Públicas y Estrategias Empresariales en el Sector Espacial	18
1.3.1 Política Espacial como eje articulador.....	19
1.3.2 Políticas de apoyo en la Formación de masa crítica de capital humano.....	20
1.3.3 Políticas de apoyo para el fomento a la innovación, atracción de empresas tractoras y formación de cadenas nacionales.....	23
1.4 Complejidad tecnológica, productiva y organizacional del Sector Espacial.....	25
1.4.1 Sectores participantes y creadores de la cadena de valor	28
1.4.2 Rol de las instituciones intermedias	29
1.4.3 Complejidad de las redes: estructura relacional del Sector Espacial.....	30
1.5 Reflexiones del entorno internacional	32
Capítulo 2. El Entorno Socio Económico Nacional del Sector Espacial	35
2.1 Introducción.....	35
2.2 El inicio en el camino del espacio: antecedentes (1940-1959).....	37
2.2.1 Infraestructura Militar y Social.....	37
2.2.2 Comienzo de la trayectoria tecnológica.....	39
2.3 Formalización del Sector Espacial: inician las políticas públicas (1960-1986).....	40
2.3.1 Políticas Públicas vinculadas al Sector Espacial	40
2.3.2 Consolidación de la Estructura Institucional	43
2.3.3 Implementación de Proyectos y definición de la trayectoria tecnológica	46

2.3.4 ¿Son trayectorias similares?.....	48
2.4 Modificaciones en el contexto: cambio de rumbo (1987-1990).....	49
2.4.1 Proyectos Coyunturales	49
2.4.2 Modificaciones en el entorno socio económico.....	50
2.5 Entorno nacional: estructura institucional y capacidad espacial (1991-1996)	53
2.5.1 Política Espacial y Estructura Institucional: la transformación del sector.....	53
2.5.2 Proyectos de tecnología espacial: definición de la especialización tecnológica	57
2.5.3 El rumbo del Sector Espacial en México, un caso especial.....	59
2.6 Conclusión del recorrido histórico	61
Capítulo 3. Construcción de la Política Espacial y las Estrategias Públicas y Privadas para el desarrollo del Sector Espacial	63
3.1 Introducción.....	63
3.2 La Política Espacial: definición del perfil y estrategias del sistema de innovación	65
3.2.1 Objetivos y Estructura de la Política Espacial	65
3.2.2 Proyectos y Misiones Espaciales	68
3.3 Las Políticas Públicas como fomento a la vinculación	74
3.3.1 Acciones de formación de Capital Humano	74
3.3.1.1 Formando la Sociedad del Espacio	75
3.3.1.2 Creación de Centros Especializados de Investigación y Formación.....	77
3.3.2 Políticas de fomento a la innovación y desarrollo de cadenas productivas	79
3.3.2.1 Proyectos de vinculación intersectoriales y productivos	79
3.3.2.2 Programas Nacionales de Conectividad como incentivos a la innovación espacial.....	87
3.3.3 Compras Gubernamentales.....	89
3.4 Conclusión sobre las políticas en el Sector Espacial.....	91
Capítulo 4. Complejidad Tecnológica, Productiva y Organizacional en el Sector Espacial	93
4.1 Introducción.....	93
4.2 Elementos que definen la complejidad y la convergencia en el Sector Espacial ...	95
4.2.1 Complejidad de la cadena de valor como característica del desarrollo de tecnología espacial.....	95
4.2.2 Convergencia Tecnológica y Productiva en el desarrollo satelital	96
4.3 Coordinación en el Sector Espacial: El rol de las Instituciones Intermedias	100
4.3.1 Importancia y roles que adoptan las Agencias Espaciales.....	101

4.3.2 Análisis sobre las Agencias Espaciales de los casos analizados, ¿son o no instituciones intermedias?.....	103
4.4 Complejidad de las Relaciones y Canales de Vinculación en el Sector Espacial	107
4.4.1 Características de la Colaboración Inter e IntraSectorial.....	109
4.4.2 Vínculos en la formación de empresas de base tecnológica.....	110
4.4.3 Coordinación en la implementación de proyectos satelitales	112
4.4.4 Vínculos para la creación de Instituciones de apoyo al desarrollo de proyectos y formación de capital humano.....	114
4.5 SINDAE: Caso único en América Latina.....	117
4.6 Sobre complejidad, redes y convergencia	118
5. Conclusiones	120
6. Recomendaciones de Políticas	128
Anexo 1. Esquemas del Capítulo 1	132
Esquema 1. Ejemplo de participantes en la cadena de valor del Sector Espacial	132
Esquema 2. Ejemplo de ciencias vinculadas con el Sector Espacial.....	133
Anexo 2. Cuadros del Capítulo 2	134
Cuadro 1. Satélites en México: Proyectos completados y programados.....	134
Anexo 3. Cuadros del Capítulo 3	135
Cuadro 2. Estructura Comparativa del Plan Nacional de Actividades Espaciales-Argentina.....	135
Cuadro 3. Estructura comparativa del Plan Nacional de Actividades Espaciales-Brasil	137
Cuadro 4. Estructura Comparativa Plan Nacional de Actividades Espaciales-México.....	139
Cuadro 5. Proyectos Espaciales vinculados con la Política Espacial en Argentina ...	141
Cuadro 6. Proyectos Espaciales vinculados con la Política Espacial en Brasil.....	142
Cuadro 7. Proyectos Espaciales vinculados al desarrollo de satélites, lanzadores e infraestructura terrestre en México.....	143
Cuadro 7 (continuación). Proyectos Espaciales de especialización en México	145
Cuadro 8. Políticas Públicas y Estrategias Empresariales vinculadas al Sector Espacial en Argentina	147
Cuadro 9. Políticas Públicas y Estrategias Empresariales vinculadas al Sector Espacial en Brasil.....	149
Cuadro 10. Políticas Públicas y Estrategias Empresariales vinculadas al Sector Espacial en México	151
Anexo 4. Esquemas del Capítulo 4	155

Esquema 3. Convergencia Tecnológica del Satélite Argentino de Observación con Microondas (SAOCOM)	155
Esquema 4. Convergencia Tecnológica del Satélite Argentino de Aplicación Científica (SAC-D)	156
Esquema 5. Convergencia Tecnológica del Satélite Chino Brasileño de Recursos Terrestres (CBERS-4)	157
Esquema 6. Convergencia Tecnológica del Satélite Lattes.....	158
Glosario de Conceptos	159
Bibliografía	164

Acrónimos

AEB	Agência Espacial Brasileira (Agencia Espacial Brasileña)
AEM	Agencia Espacial Mexicana
ANEC	China National Space Administration (Administración Nacional Espacial China)
ANPCyT	Agencia de Promoción Científica y Tecnológica
ANTEL	Agencia Nacional de Telecomunicaciones
APP	Asociación Público Privada
ASI	Agenzia Spaziale Italiana (Agencia Espacial Italiana)
CBERS	Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (Satélites de Cooperación Chino-Brasileña de Recursos Terrestres)
CEATSA	Centro de Ensayos de Alta Tecnología
CELPA	Centro de Experimentación y Lanzamientos de Projectiles Autopropulsados
CIATEQ	Centro de Tecnología Avanzada de Querétaro
CICyT	Consejo Interinstitucional de Ciencia y Tecnología
CIDTE	Centro de Investigación y Desarrollo en Telecomunicaciones Espaciales
CIE	Ciclos de Información Espacial
Cinvestav	Centro de Investigación y Estudios Avanzados
CIOp	Centro de Investigaciones Ópticas
CLA	Centro de Lançamento de Alcântara (Centro de Lanzamiento Alcántara)
CLBI	Campo de Lançamento de Foguetes da Barreira do Inferno (Centro de Lanzamiento Barrera del Infierno)
CNEA	Comisión Nacional de Energía Atómica
CNES	Centre national d'études spatiales (Centro Nacional de Estudios Espaciales-Francia)
CNIE	Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico y Tecnológico (Centro Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico)
COBAE	Comissão Brasileira de Atividades Espaciais (Comisión Brasileña de Actividades Espaciales)
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
CONAE	Comisión Nacional de Actividades Espaciales
CONEE	Comisión Nacional del Espacio Exterior
CONICET	Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas
CTA	Centro Técnico de Aeronáutica
DDPE	Dirección de Desarrollo Productivo Empresarial
DLR	Centro Espacial Alemán
ECOSUR	El Colegio del Sur
EPE	Eje de Política Espacial
ESA	European Space Agency (Agencia Espacial Europea)
FAP	Fundaciones de Amparo a la Investigación
FAPESP	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fundación de Amparo para la Investigación del Estado de San Pablo)

FINEP	Financiadora de Estudios e Projetos (Financiadora de Estudios y Proyectos)
FINNOVA	Fondo Sectorial de Innovación
FMI	Fondo Monetario Internacional
FNDTC	Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico
FOMIX	Fondos Mixtos Constituidos
FONSOFT	Fondo Fiduciario de Promoción de la Industria del Software
FORNASEC	Fondo Argentino Sectorial
GEMA	Grupo de Ensayos Mecánicos Aplicados
IAE	Instituto de Aeronáutica e Espaço (Instituto de Aeronáutica y el Espacio)
IAES	Instituto de Actividades Espaciales
IAR	Instituto Argentino de Radioastronomía
ICTE	Instituto Civil de Tecnología Espacial
IDT	Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación
IIAE	Instituto de Investigaciones Aeronáuticas y Espaciales
IIC	Instituto de Investigaciones Científicas
IMG	Instituto de Altos Estudios Espaciales "Mario Gullich"
INNOVAPYME	Innovación Tecnológica para Negocios de Alto Valor Agregado
INNOVATEC	Programa de Innovación Tecnológica para la Competitividad
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Instituto Nacional de Investigación Espacial)
IPD	Instituto de Investigación y Desarrollo
IPN	Instituto Politécnico Nacional
ISRO	Indian Space Research Organisation (Agencia India de Investigación Espacial)
ITA	Instituto de Tecnología Aeronáutica
JAXA	Japan Aerospace Exploration Agency (Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial)
LEO	Low Earth Orbit (Órbita Baja)
MECB	Misión Espacial Completa Brasileira (Misión Espacial Completa Brasileña)
MEXSAT	Sistema Satelital Mexicano
MINCyT	Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva
MTCR	Missile Technology Control Regime (Régimen de Control de Tecnología de Misiles)
NASA	National Aeronautics and Space Administration (Administración Federal de Aeronáutica y el Espacio)
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos)
PAC	Plan de Acción Concertada
PAPPE	Programa de Apoio à Pesquisa em Empresas (Programa de Apoyo a la Investigación de Empresas)
PDS	Plan de Satelización
PE	Política Espacial
PEA	Plan Espacial Argentino

PECiTI	Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación
PEN	Plan Espacial Nacional
PIPE	Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (Programa de Investigación para la Innovación en Pequeñas Empresas)
PNAE	Programa Nacional de Actividades Espaciales
PNDAAE	Política Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (Política Nacional de Desarrollo de Actividades Espaciales)
PNEE	Programa Nacional de Exploración Espacial
PNLB	Plano Nacional de Banda Larga (Plan Nacional de Banda Ancha)
PON	Plan de Órbita Nacional
PROINNOVA	Programa de Desarrollo e Innovación de Tecnologías Precursoras
PROSOFT	Programa para el Desarrollo de la Industria del Software y la Innovación
PUIDE	Programa Universitario de Investigación y Desarrollo Espacial
ROSCOSMOS	Agencia Espacial Federal Rusa
SAC	Satélite Argentino de Observación Científica
SAOCOM	Satélite Argentino de Observación con Microondas
SAR	Radar de Apertura Sintética
SCD	Satélites de Coleta de Dados (Satélite de Recolección de Datos)
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
SE	Sector Espacial
SPPCTIP	Secretaría de Planeamiento y Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva
SGDC	Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas (Satélites Geoestacionarios de Defensa y Comunicaciones Estratégicas)
SIASGE	Sistema Italo- Argentino de Satélites para la Gestión de Emergencias
SINDAE	Sistema Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais (Sistema Nacional de Desarrollo de Actividades Espaciales)
SNCTI	Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI)
SOMEI	Sociedad Mexicana de Estudios Interplanetarios
SoPI	Software de Procesamiento de Imágenes
TELEBRAS	Telecomunicações Brasileiras (Telecomunicaciones Brasileiras)
Telecomm	Telecomunicaciones de México
UAZ	Universidad Autónoma de Zacatecas
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
UNC	Universidad Nacional de Cordoba
UNLP	Universidad Nacional de La Plata
VENG	Empresa Vehículo Espacial de Nueva Generación S.A.
VLS	Veículo Lançador de Satélites (Vehículo Lanzador Satelitales)

Introducción

Las actividades vinculadas al Sector Espacial (SE) en México tienen su origen a mediados de la década de 1950, años en los que se realizaron las primeras investigaciones y experimentos con cohetes, e inició el estudio de las ciencias del espacio. Estos esfuerzos se consolidaron con la creación de instituciones gubernamentales, cuya finalidad era comenzar la conformación del SE en México. En este proceso participaron, además del gobierno, instituciones académicas, evidenciando el interés generalizado por el espacio. Pero este comportamiento no sería constante y ocurriría un cambio en la dinámica del SE.

El desmantelamiento de las instituciones del SE en 1977, marcó el final del desarrollo del sector y el comienzo de una tendencia sustentada en compras de sistemas satélites a empresas extranjeras, lo que llevaría a su eventual privatización en la década de 1990. Se definiría así la característica principal de la dinámica del SE en México, la inestabilidad de la participación gubernamental en el desarrollo tecnológico.

En este contexto nacional, surge un cambio en el interés del gobierno sobre el espacio, marcando un momento coyuntural en la dinámica y las actividades vinculadas al SE. En 2010 se crea la Agencia Espacial Mexicana (AEM) y derivado de esto, se promulgó la primera Política Espacial (PE) del país. Lo anterior representó un paso decisivo en la creación de la estructura institucional necesaria para lograr colocar diferentes actores nacionales, y al país en general, en la cadena de valor del SE¹.

Los motivos por los cuales se busca retomar las actividades del SE se exponen en dos ejes. Por un lado, el desarrollo del SE implica la creación de tecnología y aplicaciones que son de utilidad en la resolución de problemas de diferente naturaleza y; por otro lado, en México se considera al SE como una vía por medio de la cual se pueden implementar políticas públicas que buscan aumentar el bienestar de la sociedad.

Respecto del primer eje se reconoce que, a nivel nacional e internacional, se presentan problemas con impactos cada vez más amplios. El cambio climático, los conflictos bélicos y

¹ La cadena de valor del SE la cual se compone por las etapas de manufactura, lanzamiento, operación de los sistemas y los servicios de información (Nosella y Petroni, 2007), dentro de las cuales se involucran actores espaciales y no espaciales, es decir, aquellos cuyos productos y servicios son pensados para ser puestos fuera de órbita o para ser de apoyo en tierra (OECD, 2012).

la seguridad nacional requieren de soluciones enfocadas a mejorar el bienestar y la calidad de vida de las personas. Una alternativa viable y efectiva para solucionar esos problemas es el desarrollo de tecnología espacial, la cual tiene el potencial y la transversalidad para generar información que apoye a la prevención de desastres naturales, fomente el crecimiento económico sustentable, mejore la conectividad de territorios de difícil acceso, aumente la productividad nacional y ayude en el resguardo de las fronteras. De esta forma, el espacio ofrece una ventana de oportunidad para romper la dependencia tecnológica de los países y atender sus necesidades específicas.

En cuanto al segundo eje, el SE también es considerado como un pilar de apoyo para la implementación de políticas públicas para el bienestar social. El rol del SE en México va más allá de la creación tecnológica, ya que también permite llevar a cabo la agenda de políticas públicas del país. En el Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 se menciona por primera vez la necesidad de crear infraestructura espacial, mostrando el interés del gobierno en fomentar la creación de tecnología para la aplicación de políticas de desarrollo social².

Para aprovechar el espacio, en las actividades mencionadas, se requiere que los países logren desarrollar el SE de acuerdo con sus necesidades. Esto involucra el conjunto de actividades relacionadas con el diseño y construcción de satélites, cargas útiles, lanzadores, infraestructura de lanzamiento y estaciones terrenas; así como la creación de aplicaciones para ser utilizadas en la solución de problemas nacionales, regionales y sociales³; y cualquier producto o servicio cuya objetivo sea participar en alguna etapa de la cadena de valor; reconociendo a la amplia gama de actores participantes pertenecientes al sector

² La necesidad de este tipo de tecnología se reconoce en las Líneas de Acción 4.5.1.11 (Desarrollar e implementar un sistema espacial de alerta temprana que ayude en la prevención, mitigación y respuesta rápida a emergencias y desastres naturales), 4.5.1.12 (Desarrollar e implementar la infraestructura espacial de banda ancha, incorporando nuevas tecnologías satelitales y propiciando la construcción de capacidades nacionales para las siguientes generaciones satelitales) y 4.5.1.13 (Contribuir a la modernización del transporte terrestre, aéreo y marítimo, a través de la implementación de un sistema espacial basado en tecnología satelital de navegación global).

³ Algunos ejemplos de esto son los Sistemas de Posicionamiento Global, conectividad para poder llevar servicios médicos y educativos a zonas de difícil acceso, detección de incendios forestales por medio de imágenes satelitales, emisión de alertas de emergencias ambientales, entre otros.

gubernamental, privado y académico, incluyendo centros especializados de investigación y cualquier institución con potencial para participar en alguna de las actividades mencionadas⁴.

En México, sin embargo, a pesar de la existencia de una agencia espacial y de la PE, los resultados están lejos de los esperados, los proyectos definidos no han sido implementados y parte de la PE se ha convertido en letra muerta. Lo anterior se refleja en pocos avances tecnológicos, la limitación en el desarrollo de otras políticas y en el incumplimiento de los planes para el bienestar de la sociedad.

El objetivo de este trabajo se centra en dos ejes de articulación. Por un lado, busca descifrar cuales son los elementos que ayudan al desarrollo exitoso del SE y, por otro, a través de un análisis comparativo de México con Argentina y Brasil, descubrir cuáles han sido las rupturas en el contexto y los aciertos en las decisiones de políticas que permitieron dar forma a las capacidades nacionales del SE y las características a considerar para la futura modificación de la PE en México. Lo anterior se realiza a partir del estudio de la evolución de las políticas de innovación, productivas y de formación de capital humano, y del proceso de construcción de la estructura instruccional del SE. Esto requiere definir dimensiones para comprender la dinámica del SE, así como de una perspectiva que permita realizar un análisis de las políticas públicas.

La inserción en la cadena de valor del SE implica considerar las características de la tecnología espacial y los retos que deben ser superados. El desarrollo tecnológico representa una dinámica compleja que destaca por una amplia cantidad de participantes y la multidisciplinariedad como requisito para la creación de nuevas unidades tecnológicas. En este proceso, la construcción de la estructura institucional y de especialización tecnológica, constituyen las capacidades nacionales y definen la etapa de la cadena de valor en la que se insertará cada país. La vinculación entre actores es necesaria para dar inicio al desarrollo del sector, en un proceso de coevolución con la PE.

El SE como un sistema de innovación en formación, permite definir diversas dimensiones a través de las cuales se pueden precisar qué factores favorecen o limitan su dinámica. Estas

⁴ La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD, por sus siglas en inglés) da una definición de "Economía Espacial" mencionando que es más completa que su propia definición de "Sector Espacial". Sin embargo, la definición aquí propuesta, si bien retoma algunos elementos de estos dos conceptos, busca satisfacer las necesidades de este estudio, por lo tanto, es una definición del autor.

son el entorno internacional y nacional, las estrategias y decisiones públicas de apoyo a la innovación y, la complejidad en la formación del sector. Se trata de un proceso de largo plazo durante el cual se definen la estructura institucional y la especialización tecnológica, enfocada a las necesidades nacionales, por medio de vinculación entre políticas y actores gubernamentales, privados y académicos. Estos elementos se relacionan entre sí en un proceso de coevolución.

Los enfoques teóricos utilizados para el estudio del proceso de coevolución entre elementos tecnológicos, organizativos y relacionales, así como el análisis empírico efectuado en Argentina, Brasil y México, permiten entender cómo interactúan las políticas públicas de fomento a la innovación con la PE. Esto ayuda a que, apoyado por un acercamiento de estudio de políticas⁵, se puedan identificar las características de políticas exitosas y emitir recomendaciones ante modificaciones en el contexto (del Castillo, 2014), para asegurar que la estructura institucional y la PE se adecuen a modificaciones coyunturales.

Una de las preguntas que se busca responder, es cuáles son las condiciones necesarias para lograr desarrollar el SE, fomentar la innovación tecnológica y la creación de aplicaciones para satisfacer las necesidades nacionales. Esta pregunta se acompaña de líneas guía que sirven de base para el desarrollo de la investigación: ¿Qué factores han permitido la estabilidad en la trayectoria del SE, en la participación gubernamental para la formación de las capacidades nacionales y la continuidad de las políticas de innovación dentro del SE?, ¿De qué manera ha influido el contexto internacional, a nivel productivo y tecnológico, en las políticas vinculadas al desarrollo del SE en Argentina, Brasil y México?, ¿Cómo han incidido las políticas públicas vinculadas al SE en los ámbitos tecnológicos, productivos y formativo, para el fortalecimiento de la estructura institucional y la vinculación intersectorial?, en la construcción de la estructura institucional ¿Cuáles son las organizaciones que han permitido la continuidad de los procesos de aprendizaje e investigación, y la formación de relaciones con otras instituciones cuyos vínculos aportan nuevas formas de interacción y competencias?, ¿La existencia de redes de innovación y sus

⁵ En este trabajo se consideran las políticas públicas como el conjunto de acciones, emprendidas por el sector gubernamental, que tengan como objetivo fomentar la vinculación entre actores para facilitar la innovación, la construcción de encadenamientos productivos y la capacitación del capital humano, todas vinculadas al SE o que puedan ser de apoyo en la implementación de la PE.

diferentes niveles de complejidad influyen en el éxito de la construcción de las capacidades nacionales y la creación de un entorno institucional favorable necesario para el desarrollo del SE?, ¿Las agencias espaciales concebidas como instituciones intermedias han favorecido el desarrollo capacidades tecnológicas y productivas en el SE en Argentina, Brasil y México?

La hipótesis que se plantea es que los programas e instrumentos de políticas públicas crean las condiciones favorables para integrar la estructura institucional nacional y subnacional en la cadena de valor y así superar, tanto las décadas de retraso como los momentos de rupturas en la continuidad del SE, para detonar su desarrollo.

El estudio llega a la conclusión de que para superar la complejidad propia del desarrollo del SE, se requiere de la participación estable del sector gubernamental en la definición de la estructura institucional y la implementación de programas e instrumentos de políticas que fomenten la vinculación, la innovación y la formación de capital humano que, junto con la presencia de las agencias espaciales cumpliendo el rol de instituciones intermedias, permitan que las redes de innovación se construyan en torno a niveles altos de complejidad, aprovechando las ventanas de oportunidad definidas en el entorno internacional.

Para desarrollar las ideas aquí presentadas, este trabajo se estructura en 8 apartados, incluyendo esta introducción, a través de los cuales se busca mostrar las dimensiones de estudio del SE y los hallazgos del estudio comparativo.

En el primer capítulo se definen las dimensiones de estudio del SE a partir de un análisis a nivel internacional, mostrando que se trata de un sistema de innovación. Se identifica la forma en que diversos actores se relacionan, las limitantes que existen en la creación de tecnología espacial y las ventanas de oportunidad para países emergentes. Se reconoce la necesaria participación del sector gubernamental y su intervención por medio de diversos tipos de incentivos, dando respuesta a la complejidad del SE y como detonantes de la construcción de redes de innovación.

En el segundo capítulo se realiza una reconstrucción histórica del proceso de evolución de la estructura institucional y la especialización tecnológica del SE en Argentina, Brasil y México. La intención de este apartado es mostrar que la participación estable del sector gubernamental ha sido fundamental para el desarrollo exitoso del SE en Argentina y Brasil,

al compararlo con los procesos interrumpidos en México y su incapacidad para generar tecnología espacial. Por medio de una división en múltiples periodos se observa como las políticas públicas y el soporte gubernamental han sido fundamentales en momentos coyunturales y de ruptura para la recuperación del SE. El resultado del capítulo es la identificación de la estructura institucional y especialización tecnológica de cada país.

Siguiendo la línea de análisis, en el tercer capítulo se estudian los instrumentos y programas de políticas vinculados al SE para identificar de qué manera favorecen en la implementación de la PE. Se comienza por la examinación de la PE en cada país, observando la focalización de los proyectos en la formación y aprovechamiento de la especialización tecnológica y, la estabilidad como característica en el éxito del SE. Además, se observa la interacción entre la PE y las políticas que incentivan la innovación y la formación de capital humano, resaltando la importancia de establecer relación de la PE con políticas de telecomunicaciones y otros sectores.

El último capítulo muestra la complejidad del SE en Argentina y Brasil existente en sus proyectos de construcción satelital, y la forma en que, por medio de los instrumentos de innovación, se construyen procesos de convergencia con el objetivo de crear nuevas unidades tecnológicas. Se identifica la importancia de contar con una agencia espacial que cumpla el papel de institución intermedia, característica de los países con mayor nivel de desarrollo del SE, y la presencia de estructura institucional que tenga capacidad de generar nichos de innovación y desarrollo de nuevas tecnologías. La construcción de redes de innovación es el elemento final del análisis, mostrando que entre mayor nivel de complejidad presenten estas relaciones, habrá más capacidad de inserción en la cadena de valor y diversificación de la especialización tecnológica.

Al término del análisis, se presentan un apartado de conclusiones y otro de recomendaciones, que se derivan del estudio realizado, vinculadas de acuerdo con las dimensiones establecidas, y su intención es la de ofrecer una puntualización de los elementos y hallazgos como resultado del análisis comparativo. Se agrega un apartado de anexos en el cual se observan las tablas y cuadros utilizados para la realización del trabajo. El interés de este estudio es servir como un documento base para el diseño y modificación de la PE.

Capítulo 1. El Sector Espacial como un sistema de innovación: un proceso de construcción y evolución

1.1 Introducción

Estudiar el éxito en el desarrollo del SE requiere identificar las dimensiones que conforman su dinámica, y los elementos que intervienen en su formación. Para comprender por qué en países como Argentina y Brasil el SE se encuentra en etapas más adelantadas en comparación con México, se necesita conocer la naturaleza compleja de las actividades que definen su perfil, la manera en que se hace frente a las barreras que existen en el desarrollo tecnológico y la forma en que se pueden insertar los países emergentes en actividades de alto contenido tecnológico.

El objetivo de este capítulo es exponer al SE como un sistema de innovación y definir las dimensiones que permiten analizarlo, por medio de un estudio a nivel internacional y apoyado tanto por elementos teóricos como por evidencia. Esta perspectiva permitirá comprender la complejidad implícita en actividades de tecnología vinculadas al espacio; así como la necesidad de construir redes de innovación e identificar las limitantes y ventanas de oportunidad en el proceso de desarrollo del SE. En esta dinámica, se resalta la obligada participación gubernamental en la formación del sector y los canales por medio de los cuales puede intervenir.

La complejidad del SE radica en la cantidad de elementos que intervienen en su construcción, y la forma en que estos interactúan, evolucionando y modificándose de manera conjunta. En este proceso se involucran actores de diferentes sectores productivos y múltiples áreas de conocimiento, requisito indispensable en la formación de nuevas unidades tecnológicas, a través de un proceso de convergencia.

Los altos costos de inversión en tecnología, las tasas de rendimiento a largo plazo y los intereses heterogéneos de los diversos participantes en la creación de conocimiento, suponen barreras en la conformación de redes de cooperación, las cuales solo se pueden superar cuando los riesgos implicados en el proceso de desarrollo tecnológico son superados. Se vuelve necesaria la presencia de un agente con capacidad de fomentar la articulación a través

de la creación de incentivos. En el SE, este rol es tomado por el gobierno, y debe tener la capacidad de implementar instrumentos y programas de estímulo a la colaboración.

El éxito de la convergencia tecnológica no depende únicamente de la formación de las redes. Los actores participantes deben tener la capacidad de absorber y transmitir conocimiento, es decir, se requiere de una masa crítica de capital humano que asegure el proceso de formación de innovaciones. Por lo tanto, la intervención gubernamental se da a través de incentivos a la colaboración, y también asegurando la capacidad de creación tecnológica por medio de programas de formación de capital humano.

Se esboza de esta manera una perspectiva del SE como un sistema de innovación, cuya determinación depende de la vinculación entre actores, la presencia de políticas públicas, y el reconocimiento de un entorno externo, conformado por cambios a nivel internacional y las capacidades nacionales definidas por la estructura institucional y la especialización tecnológica, resultado de la trayectoria técnica del SE en cada país.

Las redes construidas en torno al desarrollo del SE deben guiarse por objetivos encausados a fomentar el beneficio nacional y mejorar la vida de la sociedad. Las actividades del SE deben estar vinculadas al cumplimiento de necesidades específicas, articulando los proyectos y acciones de los diferentes sectores por medio de un conjunto de lineamientos que tengan como objetivo la construcción del SE. Estos objetivos y las acciones para su cumplimiento son determinados por medio de la PE.

Es necesario articular las redes de innovación, alrededor de la PE, para asegurar que la dinámica del SE cumpla los objetivos estipulados. Esta coordinación debe tener presente las limitaciones que el sector gubernamental tiene sobre la implementación de la PE, por lo tanto, es necesario fundamentarla sobre un enfoque de nueva gobernanza, en el cual se reconocen los actores heterogéneos y la necesidad de incentivos, así como la presencia de una institución con capacidad de crear vinculación en torno a proyectos tecnológicos y el desarrollo de actividades espaciales. Este papel es adoptado por las agencias espaciales.

Delineado sobre esta perspectiva se identifican los elementos que ayudan a desarrollar el SE de manera exitosa. La participación gubernamental por medio de incentivos para la conformación de redes, la presencia de una agencia espacial y el diseño e implementación de

la PE fundamentada en la estructura institucional y la especialización tecnológica de cada país, ayudan a definir el rumbo del SE. A través de estas dimensiones, se propone identificar las diferencias en el grado de desarrollo del SE entre Argentina, Brasil y México.

Para cumplir el objetivo, este capítulo presenta, en primer lugar, el entorno internacional en el cual se desenvuelve el SE, identificando las tendencias productivas y relacionales; después se pone énfasis en las principales restricciones a las que se puede enfrentar un país que busque insertarse en la cadena de valor del SE. En un tercer punto, se muestran algunas respuestas a las limitantes, que son las tendencias tecnológicas como una ventana de oportunidad y por último, se hace énfasis en el rol que el gobierno ha tenido en el desarrollo de del SE.

1.2 Entorno socio-económico internacional del Sector Espacial

El estudio de los sistemas de innovación requiere de un enfoque multinivel, a través del cual se puedan observar los diferentes elementos que participan en la formación de nuevas tecnologías. Los nichos de innovación y el régimen socio técnico conforman los niveles en los que se crea y consolida la tecnología, y donde se desenvuelven los actores adaptándose a nuevas condiciones, modificando sus prácticas para insertarse en la nueva cadena de valor del sector creado (Geels, 2006a).

Estos dos primeros niveles dependen de la coordinación entre actores y de los incentivos para la formación de redes, y son el resultado de las acciones de los agentes. Sin embargo, sus estrategias también se ven influidas por factores externos, ajenos a su control y que definen tanto barreras como ventanas de oportunidad (Geels, 2006b) en la formación del SE. Uno de los elementos que conforman estos factores son las tendencias y la dinámica del SE a nivel internacional⁶, ya que definen las nuevas tecnológicas en las cuales los países emergentes pueden encontrar oportunidades para insertarse en la cadena de valor, y también las características de las redes y el papel de las agencias espaciales en el desarrollo del SE.

1.2.1 Tendencias productivas y relacionales

Desde sus comienzos, al principio de la Guerra Fría, el SE ha estado vinculado con objetivos gubernamentales tecnológicos y políticos enfocados al desarrollo de necesidades nacionales

⁶ Otro elemento lo componen la estructura institucional y especialización tecnológica nacional, que es tratada en el capítulo dos.

pero con pocas oportunidades de comercialización de productos y servicios. Desde la década de 1980 este escenario se modificó con la llegada de la globalización, lo que representó una nueva tendencia para la dinámica de las actividades vinculadas con el espacio.

La apertura comercial y el funcionamiento económico que significó la globalización, provocó la evolución y modificación de las cadenas de producción a nivel internacional, generando tres efectos que impactaron en el SE: la creación de cadenas de producción a nivel internacional, la generación de vínculos entre distintos países para el desarrollo de nuevas tecnologías, y la entrada del sector privado en actividades intensivas en conocimiento con intereses políticos. Dos instrumentos determinaron la dinámica comercial del sector, el Acuerdo sobre Telecomunicaciones Básicas de la Organización Mundial de Comercio, firmado en 1997, el cual liberalizó considerablemente el mercado de las telecomunicaciones; y el Acta de Orbita de Estados Unidos en el 2000, el cual ha detonado la privatización de ciertas organizaciones espaciales internacionales⁷ (OECD, 2004).

Los efectos de la globalización y la liberalización comercial han estado acompañados de crisis económicas, observables en modificaciones en la organización productiva del SE. La principal, que afectó al funcionamiento del sector, fue el shock de la burbuja ".com", ya que dañó el sector de las comunicaciones espaciales, que es la actividad con mayor inversión privada del SE (OECD, 2004). Esta crisis desaceleró la dinámica positiva presentada por el sector en la década de 1990, afectando principalmente los primeros años del nuevo milenio, y se potencializó con el fracaso de las constelaciones de satélites de órbita baja LEO (Low Earth Orbit)⁸, destinadas a brindar servicios de telecomunicaciones satelitales móviles (OECD, 2005; OECD, 2004).

La dinámica negativa del sector ante modificaciones en el entorno, logró retomar un comportamiento positivo incentivado por cambios en la estructura productiva y la relocalización de la producción. La apertura comercial tuvo como efecto la recuperación de

⁷ La liberalización de las telecomunicaciones sentó las bases para su desarrollo comercial del SE permitiendo la entrada a actores privados lo que la convertiría en la actividad comercial más importante del sector.

⁸ Se destaca la Constelación LEO Iridium, que es un sistema satelital concebido a finales de 1980 por ingenieros de Motorola. Son satélites de baja altitud cuyo principal objetivo es proveer servicios de comunicación de voz de alta definición a nivel mundial. Los problemas durante la década de 1990 tuvieron como consecuencia la incapacidad de cumplir las expectativas que sus inversionistas y patrocinadores tenían del proyecto. Actualmente, estos satélites son administrados por la Iridium INC.

la cadena de valor del SE, lo que generó que la industria espacial atravesara por un proceso similar al de la automotriz y la electrónica (en general de la mayoría de las industrias) que fue un aumento en el nivel de complejidad en las cadenas internacionales de producción (OECD, 2014). Acompañando a esto, se dio un crecimiento en la construcción de relaciones internacionales con el objetivo de lograr responder a las nuevas necesidades de la cadena de valor.

Una de las principales actividades que se beneficiaron por el aumento en la cooperación internacional fueron las misiones científicas y de exploración del espacio. La finalidad de estos convenios era aumentar la capacidad de desarrollo científico y poder superar limitaciones tecnológicas de proyectos satelitales y de lanzamiento, es decir, se buscaba la generación de innovación por medio de cooperación entre distintos países y sectores, "las nuevas tecnologías son el resultado de un proceso recursivo de recombinación de los fragmentos de conocimiento que poseen los agentes intencionales" (Antonelli, 2014: 229). Esta tendencia se puede observar en proyectos desarrollados por medio de convenios institucionales entre agencias de distintos países como la Estación Espacial Internacional o, la cooperación entre la Agencia Espacial Europea (ESA), la Administración Federal de Aeronáutica y el Espacio (NASA) y Francia para la creación de satélites para misiones ambientales⁹ (OECD, 2014).

La globalización también permitió la entrada de actores privados en un mercado en el cual tanto la oferta como la demanda eran de exclusividad gubernamental. Conforme las cadenas de proveeduría de los sistemas espaciales evolucionaron, se abrieron nuevas oportunidades para todos los actores involucrados, públicos y privados, así como para los nuevos riesgos inherentes para los nuevos interesados en entrar (OECD, 2014).

Es así que se vuelve más importante la participación del sector privado ya que, aunque los gobiernos mantengan un rol omnipresente en los asuntos del espacio como financiadores de los programas institucionales en investigación y desarrollo y como clientes, la cadena de

⁹ Como la misión entre la Agencia Espacial Europea y la Administración Nacional del Espacio y Aeronáutica (NASA) para desarrollar el Observatorio Solar y Heliosférico (SOHO) (OECD, 2014). SOHO es un proyecto que tiene como objetivo estudiar el sol desde su núcleo hasta su corona exterior, y el viento solar. Fue lanzado por la NASA en el cohete ATLAS II- AS, en Estados Unidos en diciembre de 1995. Su vida útil se programó para dos años, sin embargo, debido a su éxito, la misión fue prolongada hasta 2010.

proveeduría de la industria privada se está volviendo más compleja, influenciada por la naturaleza multinacional de la mayoría de las empresas espaciales (OECD, 2014). Tendencia que comenzó a presentar sus niveles más elevados en la década de 1990 cuando surgen la mayoría de las empresas dedicadas al SE, principalmente en América del Norte, Europa y Japón (OECD, 2014).

1.2.2 Limitantes para el desarrollo del Sector Espacial

Las tendencias generadas por la apertura de los mercados comerciales internacionales al SE no solo representaron nuevas oportunidades de desarrollo, sino también la creación de un conjunto de restricciones para controlar la producción y el intercambio de bienes y conocimiento estratégico ya que, dadas las características de la tecnología espacial, en específico su capacidad de uso dual para fines civiles y militares, los intereses políticos y la seguridad nacional presentan limitantes para los países emergentes en el sector (OECD, 2004; OECD, 2005).

Las restricciones se presentan tanto para el sector privado como para el gubernamental. Respecto del primer grupo, las complicaciones son los controles a las exportaciones y los permisos para el desarrollo de tecnología únicamente a las firmas autorizadas por el gobierno. En el sector gubernamental, los principales afectados son los países emergentes en el sector, ya que se encuentran supeditados a presiones políticas y de adquisición de determinados sistemas, sin capacidad de absorción de conocimiento, y en algunos casos, sin poder desarrollar tecnología de manera interna.

En general se presentan las siguientes restricciones para el desarrollo del sector:

- Restricciones de acceso al mercado debido a un proceso de liberalización incompleto en el sector, al mantenerse activas barreras regulatorias para países de América Latina, Asia, Europa, África y el Caribe. (OECD, 2004). Esto ocurre como resultado del potencial uso militar de la tecnología espacial, lo que hace que los países dominantes (Estados Unidos y la Unión Europea) generen regulaciones sobre el comercio. Un ejemplo es la política de control de exportaciones de Estados Unidos vía el Acta de Defensa Nacional Strom Thurmon de 1998¹⁰ (OECD, 2004) la cual transfirió el control de exportaciones de manufactura espacial del Departamento de Comercio al Departamento de Defensa. Otro de los acuerdos que restringen el

¹⁰ Este acuerdo representó la creación de barreras al comercio, en específico, a la industria satelital al imponer restricciones a la exportación de cargas útiles que fueran lanzadas por otros países (OECD, 2004)

desarrollo del sector es el Régimen de Control de Tecnología de Misiles (MTCR)¹¹ (OECD, 2005).

- Obstáculos para el desarrollo de nuevas aplicaciones. La naturaleza de la tecnología espacial la convierte en una inversión costosa y riesgosa, lo que quita el atractivo comercial para la intervención privada, por lo tanto, su desarrollo soportado por el gobierno se vuelve indispensable, por medio de inversión a largo plazo y la estabilidad de la PE. Además, la estructura organizacional de la industria, de alto grado de concentración de mercado y la producción en manos de los gobiernos de algunos cuantos países¹², hace que los incentivos para insertarse en este tipo de producción sean muy reducidos. (OECD, 2005)
- Participación del sector privado. Si bien la participación del sector privado es menor que la del sector gubernamental, esta se encuentra igualmente concentrada en empresas de alcance internacional¹³. Esto limita la capacidad de creación de firmas en países con poca inversión en el sector, ya que además de no encontrar demanda del mercado interno, sus exportaciones se ven limitadas no solo por las restricciones ya mencionadas sino también por la incapacidad de competir ante las grandes empresas líderes. Adicionalmente, estas empresas se encuentran protegidas por los gobiernos de los países dominantes, como en Estados Unidos, donde se resguarda a la industria de presiones comerciales externas gracias al apoyo de un mercado nacional de seguridad y defensa muy amplio, cerrado a proveedores extranjeros.

1.2.3 Tendencias tecnológicas como una oportunidad para nuevos participantes

Las limitantes de desarrollo del sector impiden la inserción de países y empresas emergentes en las cadenas de producción de los bienes espaciales. Sin embargo, en el escenario de la globalización, surgen los nuevos nichos tecnológicos como una ventana de oportunidad ya que, a pesar de que las restricciones en la transferencia tecnológica espacial aún son importantes en muchas partes del mundo, incluyendo Europa, Japón, los Estados Unidos y la Federación Rusa, la competencia en los nichos de mercado de nuevas tecnologías se intensificará en el futuro, promoviéndose en todos los niveles de la cadena de proveeduría manufacturera (OECD, 2014).

Esto ofrece una opción para los países emergentes en el sector ya que, a pesar de que las restricciones mencionadas limitan el desarrollo, la emergencia de nuevas tecnologías, aplicaciones y procesos de manufactura no están sujetas a las mismas regulaciones. Además

¹¹ Se trata de una asociación entre países que coordina las licencias de exportaciones de armas de destrucción masiva para evitar su proliferación (OECD, 2005).

¹² Los países y regiones que dominan son Estados Unidos, la Unión Europea, Rusia y China.

¹³ Destacando Boeing, Lockheed Martin, Orbital Sciences, EADS, Astrium (Arianespace), entre otras.

marcan la tendencia hacia la cual se dirigen los esfuerzos internacionales, lo que también genera un mercado más amplio.

La principal tendencia tecnológica es la reducción del tamaño de los satélites, lo que representa disminución en costos y en tiempos de entrega, y al mismo tiempo, genera modificaciones en los lanzadores facilitando su puesta en órbita. Las restricciones internacionales y la tecnología involucrada en la construcción de lanzadores los convierten en productos más complejos que los satélites, lo que limita su desarrollo en los países emergentes. Sin embargo, la disminución en el peso del satélite simplifica su lanzamiento (OECD, 2005), creando un nuevo nicho para lanzadores más sencillos.

Las modificaciones del desarrollo de tecnología espacial ofrecen nuevos nichos a los agentes involucrados en el sector, los cuales pueden ser aprovechados para lograr insertarse en la cadena de valor. Esto requiere de esfuerzos por parte del gobierno, ya que su participación es indispensable, “la participación del sector público había sido fundamental, al apoyar la incorporación de nuevas actividades en la economía y crear mercados, instituciones y capacidad tecnológica local para impulsar el crecimiento” (Katz, 2006: 64).

1.2.4 Estabilidad en la participación gubernamental: requisito para el desarrollo del sector

Una de las características de este sector es la fuerte presencia estatal en aquellos países que han tenido éxito en estas actividades, en especial por medio de la intervención de agencias espaciales y centros de investigación. La capacidad gubernamental para desarrollar programas o incentivos destinados a la investigación y el desarrollo se vuelve fundamental, ya que es el canal por el cual pueden potenciar las capacidades tecnológicas, es decir, se requiere de políticas que sirvan de apoyo para el cumplimiento de las metas del sector.

La participación gubernamental debe asegurar el desarrollo del sector ya que los riesgos de mercado para los nuevos sistemas espaciales son considerables y, debido a los largos tiempos involucrados en su proceso (OECD, 2005), es necesario contar con apoyo estable, de largo plazo y adecuado a las necesidades del SE.

El sector gubernamental debe ser el encargado de generar los incentivos adecuados para fomentar el desarrollo comercial, impulsar los nichos de innovación y asegurar la estabilidad

de largo plazo al absorber los riesgos mencionados. Por lo tanto, la intervención con políticas de apoyo al crecimiento del sector se vuelve indispensable. En un ambiente en el cual el desarrollo tecnológico parece limitado, la creación de incentivos para su formación se vuelve indispensable, "el argumento básico es que los determinantes de la innovación están dados por la combinación de incentivos y oportunidades" (Antonelli, 2014: 223).

1.3 Políticas Públicas y Estrategias Empresariales en el Sector Espacial

El desarrollo del SE está directamente relacionado con la capacidad de intervención y orientación por parte del sector gubernamental, asegurando no solo incentivos para fomentar la participación comercial, sino generando nuevas tecnologías y manteniendo la estabilidad de los nichos en el largo plazo. Esto no solo implica costos, sino también oportunidades en la definición de un sector estratégico.

Los esfuerzos del gobierno para asegurar la estabilidad a largo plazo también se deben enfocar en moldear el sector de acuerdo a las necesidades nacionales, adecuando la promulgación de leyes y políticas al entorno nacional, para asegurar que el espacio haga su contribución en los objetivos de la política pública. (OECD, 2004). Esto lo pueden conseguir definiendo las áreas de investigación relacionadas con el espacio que serán apoyadas y con la emisión de leyes y regulaciones que tengan impactos positivos sobre los actores del SE.

Para aprovechar el sector se deben superar las barreras que puedan romper con la estabilidad del proceso. Si bien el gobierno es el principal detonador y demandante de bienes y servicios, es indispensable que busque el crecimiento de la industria privada nacional, insertando a empresas nacionales (y también internacionales) en la cadena de valor, de modo que permitan generar relaciones productivas y nuevos procesos de innovación. Lo anterior requiere de intervención por medio de políticas y estrategias en la formación de cadenas de producción y fomento a la colaboración en procesos de innovación.

Un aspecto adicional que se debe tener presente es la necesidad de formar una masa crítica de capital humano que sirva de base para iniciar los procesos de innovación y que tenga capacidad de absorción de conocimiento para la apropiación de los procesos, lo que implica el diseño e implementación de políticas relacionadas con la formación de capital humano.

1.3.1 Política Espacial como eje articulador

Un elemento a considerar es la necesaria presencia de un vínculo entre el SE y las necesidades nacionales, así como de un plan y acciones por medio de las cuales se busque aprovechar los beneficios del conocimiento espacial. El desarrollo del SE debe ser impulsado por acciones gubernamentales que, bajo ciertas capacidades tecnológicas y una estructura institucional, determinan el éxito en la obtención de los objetivos nacionales sobre los que se fundamenta el SE. Para esto, se promulgan un conjunto de programas y documentos en los que se establecen los proyectos por medio de los cuales se buscará el desarrollo del SE, esto es la PE.

La existencia de la PE es indispensable, ya que por medio de ella se encausan los objetivos de cada nación y se determina el perfil de las actividades vinculadas al SE, definiendo así los intereses de cada país, como se observa en los siguientes ejemplos.

- En Estados Unidos el espacio es un instrumento para mantener el liderazgo político, económico y científico. El principal interés en la PE es adoptar el control respecto a lanzamientos espaciales, y el desarrollo de vuelos orbitales hacia la Estación Espacial Internacional (OECD, 2004).
- En Europa, la PE debe brindar apoyo a tareas clave vinculadas con un mayor crecimiento económico, creación de empleos y competitividad industrial, ampliación y cohesión de la Unión, desarrollo sustentable y seguridad y defensa. Se espera que la PE reduzca la dependencia de sistemas espaciales no europeos para aplicaciones estratégicas y comerciales, aumente la posibilidad de una cooperación más balanceada con Estados Unidos y le dé a Europa un rol prominente en el mundo (OECD, 2004).

La forma en que el SE se desenvuelva, las articulaciones, especializaciones tecnológicas y políticas de apoyo estarán orientadas al cumplimiento de los objetivos determinados en la PE. Las diferentes acciones estratégicas dependen del nivel de conocimiento científico y tecnológico que los países tengan, los recursos que están dispuestos a invertir, y la importancia que den a los objetivos civiles, políticos y militares en su PE (Petroni, Venturini, Verbano y Cantarello, 2009). En torno al cumplimiento de sus objetivos es que se desarrollan programas e instrumentos de políticas de apoyo al sector.

El cumplimiento de la PE implica el desarrollo de nuevas tecnologías en un escenario adverso. Lograr sus objetivos requiere de intervención gubernamental estable y de largo plazo, por medio de acciones orientadas a fomentar la creación de los elementos esenciales

para el desarrollo del sector. Estos involucran la formación de capital humano, presencia presupuestal en políticas de fomento a la innovación y acciones que faciliten la construcción de encadenamientos productivos.

Muchas problemáticas deben ser resueltas, como lo son la desvinculación del sector productivo con el académico, la falta de focalización de las instituciones universitarias en la formación de profesionales y en la generación de nuevo conocimiento aplicado y la inestabilidad en los incentivos por parte del gobierno en la formación de las redes (Casalet, 2012).

Esto define las dificultades internas que el gobierno debe resolver para conseguir el desarrollo de innovaciones. También se debe considerar la necesidad del fomento de nichos tecnológicos para poder acceder a la cadena de valor por medio de las nuevas tendencias de tecnología espacial. Por lo tanto, se deben incentivar los procesos de construcción de innovación promovidos por el gobierno, para sentar las bases del SE nacional por medio de distintas acciones vinculadas a la creación de encadenamientos productivos e innovación a través de la conformación de redes. En esta tarea, la formación de agendas de políticas estratégicas orientadas a desarrollar programas de investigación y desarrollo y la creación de fondos públicos con la finalidad de estimular la investigación en colaboración (Casalet, 2015) juegan un rol indispensable.

Se debe reconocer la importancia de la participación del gobierno en el fomento de innovación y protección de los nuevos nichos, sobre todo en industrias nacientes en las que es necesario asegurar la capacidad de aprendizaje en los procesos productivos y de innovación (Cimoli, Dosi y Stiglitz, 2008). Es durante la etapa de inicio de las nuevas industrias en la que la distorsión del mercado, por medio de intervención gubernamental, es indispensable, en especial para asegurar la protección de las empresas jóvenes que se encuentran vulnerables ante el entorno de mercado nacional e internacional (Cimoli et al., 2008)

1.3.2 Políticas de apoyo en la Formación de masa crítica de capital humano

Una de las necesidades básicas para desarrollar el sector es la capacidad nacional de absorción de nuevas tecnologías, que estará determinada por el talento, experiencia y

conocimiento de la masa crítica de capital humano. Acciones destinadas a fortalecer este elemento están presentes en los países exitosos, ya que reconocen que el factor más importante en el éxito de la transferencia tecnológica es la capacidad de asimilación del receptor, lo que está relacionado con el capital humano del país, la infraestructura disponible y eficiencia de la organización (Leloglu y Kocaoglan, 2008). Debido a esto, a nivel internacional se han implementado políticas y proyectos de fomento a la formación de capital humano, destacando aquellos destinados a la capacitación para el desarrollo de nuevas tecnologías.

Dentro de los programas más utilizados se encuentran los enfocados a la creación de CubeSats, los cuales son muy populares en las universidades y las demostraciones de tecnología (OECD, 2014). En Estados Unidos una de las primeras promotoras de estas prácticas fue Agencia de Investigación Avanzada de Defensa, mostrando a las universidades de su país que el desarrollo de estos proyectos tiene el potencial de fomentar la creatividad y la puesta en marcha de los conocimientos aprendidos en las aulas. Esta práctica se ha generalizado y para la primavera de 2014 casi cien universidades estaban desarrollando CubeSats y al menos unos 200 han sido lanzados (OECD, 2014).

Tener generaciones de estudiantes expertos en la elaboración de CubeSat puede llevar al aprovechamiento de una de las ventanas de oportunidad de desarrollo del SE más importantes a nivel internacional, ya que a partir de este tipo de satélites se pueden impulsar la creación de industrias en la frontera tecnológica del SE. En especial, el sector privado ha tomado los Cubesat como una oportunidad de fomento de innovación y desarrollo tecnológico.

La formación de capital humano también se puede incentivar por medio de la creación de centros de especializados de capacitación y desarrollo tecnológico. Estos brindan la oportunidad de realizar investigación aplicada y formar estudiantes con conocimientos para proyectos y programas específicos a través de planes de estudio vinculados con las ciencias del espacio.

Estos mecanismos de formación de capacidades han sido utilizados a nivel internacional, como se observa en el establecimiento de centro regionales de ciencia espacial y educación en tecnologías por parte del Programa de las Naciones Unidas sobre Aplicaciones Espaciales, el cual ayuda a los países en desarrollo a generar la mano de obra calificada necesaria para

la implementación de sus proyectos (Piso, 1997, citado en Leloglu y Kocaoglan, 2008). Un ejemplo importante fue la creación de la Universidad Espacial Internacional que brinda programas de capacitación y educación¹⁴ (Leloglu y Kocaoglan, 2008).

La formación de capital humano va más allá de la educación superior y técnica, ya que contar con una sociedad interesada en el espacio es la mejor oportunidad para formar futuros especialistas, por lo tanto, es necesario dar a conocer la importancia y beneficios del SE y de sus aplicaciones. El papel del gobierno no solo se debe mostrar por medio de laboratorios nacionales y universidades, sino también con la implementación de programas y actividades de fomento para permitir que el conocimiento y las innovaciones se divulguen entre todos los sectores y la economía (Mazzucato, 2011).

Lo anterior se presenta, en diversos países, a través de la ejecución de acciones destinadas a diferentes grupos de la sociedad de acuerdo con su edad, intereses y formación académica (Goehlich, Blanksby, Goh, Hatano, Pecnik y Wong, 2005). Para los niños los esfuerzos se enfocan en introducir materias relacionadas con las ciencias del espacio en los planes de estudio de educación básica, y en la promoción de los beneficios del espacio a través de diferentes medios vinculados con el sistema educativo (Goehlich et al., 2005).

En el caso de los adolescentes otros medios pueden ser utilizados, tales como la promoción sobre las ventajas del SE dentro del entorno de la sociedad, es decir, mostrar lo importante que es el espacio y las aplicaciones que de él se derivan (Goehlich, et al., 2005). Para los grupos sociales interesados en el espacio, los entusiastas del espacio, la publicación continua de nuevos descubrimientos científicos y el impulso de conferencias sobre ciencias vinculadas al espacio pueden ser los detonadores perfectos (Goehlich, et al., 2005), acompañado de subsidios para la realización de experimentos.

Múltiples son las políticas y acciones que a nivel internacional se implementan para desarrollar el capital humano, pero esto no es suficiente, ya que es necesaria la formación de cadenas de valor, investigación y producción.

¹⁴ La ISU tiene como objetivo la formación de futuros líderes de la comunidad espacial a través de programas de formación interdisciplinarios. Ofrece becas a sus estudiantes para que puedan completar su formación, recursos que proviene de los patrocinadores de la institución, que van desde agencias espaciales de todos los continentes hasta empresas privadas, instituciones sin fines de lucro y donaciones individuales. Para 2004 se registraron más de 2200 estudiantes de 87 países diferentes.

1.3.3 Políticas de apoyo para el fomento a la innovación, atracción de empresas tractoras y formación de cadenas nacionales

El desarrollo del SE requiere de esfuerzos conjuntos en la creación de nueva tecnología. Dado que los incentivos de mercado son insuficientes para generar nuevas unidades de conocimiento, la articulación de diferentes actores dentro o fuera de un solo sector es necesaria para la definición de nuevos conocimientos que sirvan para ser aplicados en la producción y el desarrollo del SE.

No se trata únicamente de fomentar la formación de capital humano, sino de generar estrategias de vinculación para el desarrollo de investigación. Es necesaria la presencia de acciones destinadas a fomentar proyectos interdisciplinarios y de coordinación, es decir, programas cuyo objetivo sea incentivar la colaboración entre la industria y centros de investigación (públicos y privados), así como la innovación en las empresas en conjunto con las universidades.

Adicionalmente, se debe considerar que el desarrollo del SE también se encuentra supeditado a la capacidad productiva de cada país, así como a la forma en que busque insertarse en la cadena de valor construyendo sus propios procesos productivos, sea por encadenamientos nacionales o fundamentados en la atracción de empresas tractoras para el desarrollo de proveedores, elementos que en el SE están presentes.

El fomento de estas acciones y estrategias son de vital importancia para el desarrollo del SE. En Japón, su búsqueda por ser un país dominante de las telecomunicaciones ha generado proyectos de desarrollo de innovación, vinculados con el crecimiento del SE y la construcción satelital. Con el Programa de Política Prioritaria e-Japón, implementado para colocarse como el país más avanzado en tecnología de la información, se generó integración entre las empresas espaciales, la Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial (JAXA) y universidades para desarrollar tecnología satelital que les permitiera brindar el internet más rápido a nivel mundial por medio del Satélite de Pruebas de Trabajo y Demostraciones de Ingeniería de Internet de Banda Ancha, el cuales un desarrollo conjunto entre la JAXA y el instituto nacional de Tecnologías de la Información y Comunicación (OECD, 2005).

En Estados Unidos existen casos de industrias de alto contenido tecnológico que dan lecciones sobre la implementación de acciones para el fomento de innovación y la cooperación, como es el caso del consorcio llamado SEMATECH (Tecnología de Manufactura de Semiconductores). Fue formado en 1987, cuando 14 manufacturers de semiconductores establecidos en Estados Unidos, y el Gobierno de Estados Unidos, se unieron para resolver un problema común por medio de apalancamiento de recursos y repartición de riesgos(OECD, 2005). La función de este consorcio era evitar duplicidad de trabajos de desarrollo tecnológico entre los participantes y representó la colaboración entre recursos públicos y privados, sin embargo, para 1996 el consorcio se dejó a su libre funcionamiento, y se retiraron los fondos públicos, mostrando un claro ejemplo del apoyo gubernamental en la formación de nichos, potencializando sus capacidades y formando la estabilidad hacia el futuro del sector (OECD, 2005).

La formación de encadenamientos productivos como resultado del apoyo gubernamental también se fomenta por medio de solicitudes tecnológicas destinadas a satisfacer necesidades específicas. A través de compras gubernamentales se detonan proyectos que requieren de colaboración intersectorial. La importancia de un sistema de compras nacionales como fomento al desarrollo del SE, está presente en países desarrollados ya que por medio de esta política se impulsa el mercado local y se incentiva la producción nacional.

La política de compras debe estar enfocada al mercado interno por medio de la contratación de empresas nacionales. La transferencia tecnológica y el desarrollo del SE a través de la adquisición de sistemas completos a empresas o agencias extranjeras es casi nulo. La elaboración de cargas útiles y el ensamble satelital completo son elementos que detonan la innovación nacional, por lo tanto, las compras deben enfocarse en detonar el sector interno, es decir, en proteger los nuevos nichos y a los proveedores nacionales (Leloglu y Kocaoglan, 2008).

Se observa que el rol del gobierno es fundamental para el desarrollo del SE. No solo se ocupa de generar el mercado para incentivar la producción, sino que también fomenta la formación de capital humano y de asegurar los incentivos pertinentes para el desarrollo de programas conjuntos que permitan el vínculo intersectorial en el desarrollo de innovación y en la formación de la cadena de valor, elementos indispensables para poder conseguir los objetivos

de la PE. Son el único actor con capacidad de superar las limitantes que se presentan por el entorno socio-económico, las presiones políticas y la necesidad de estabilidad de instrumentos de políticas en el largo plazo.

Es el estado, y no el sector privado, el que en casos de éxito, ha contado con la visión estratégica, arriesgándose a impulsar el cambio por medio de desarrollo tecnológico, apostando a la construcción de redes descentralizadas de actores como el medio para el fomento a la innovación (Mazzucato, 2011). La participación del estado no puede ser la de dirigir todas las interacciones necesarias, lo que lo lleva a jugar un rol de articulador, sustentado sobre las bases de la nueva gobernanza (Casalet, 2015) de las políticas de innovación y sobre todo, llevando esta relación al SE.

1.4 Complejidad tecnológica, productiva y organizacional del Sector Espacial

Los objetivos de la PE son alcanzados por medio de múltiples proyectos destinados a satisfacer las necesidades nacionales. Estos revelan las características organizacionales de la cadena de producción y su complejidad tecnológica; el rol de las instituciones intermedias que ocupan el papel del gobierno como motor de desarrollo del sector bajo un nuevo esquema de gobernanza de políticas de innovación (Casalet, 2015); y las características de las redes multisectoriales que se construyen en torno al desarrollo del sector. Poder comprender estos elementos requiere de un análisis del sistema de innovación desde una perspectiva de complejidad productiva, tecnológica y organizacional a la que se enfrentan los actores.

La complejidad¹⁵ del desarrollo del SE radica en la fragmentación de la tecnología y el conocimiento, así como en la separación de la producción. El proceso por el cual se ha generado lo anterior se debe a la especialización necesaria para la creación de nuevas unidades tecnológicas (Lee, Olson y Trimi, 2010). La profundización en las áreas de conocimiento tecnológicas requiere su separación, pero también la formación de especialistas que resultan desconocedores de muchas otras ciencias, incluso de las cercanas a ellos.

Para poder generar innovación, la articulación de conocimientos tecnológicos es necesaria (Hacklin y Wallin, 2013), ya que, enfocándose en determinadas especializaciones, las áreas

¹⁵ Este concepto hace referencia al concepto de “sistema complejo” el cual se define como un grupo u organización conformada por múltiples partes, que se encuentran en interacción de manera constante (Mitchel y Newman, 2002)

de conocimiento a su alrededor se convierten en complementarias para el proceso de creación de nuevos núcleos tecnológicos. Cuando el conocimiento exhibe altos niveles de complementariedad modular, se debe crear un escenario en el cual los costos de conformación de redes sean menores a los beneficios, de manera que las empresas tengan un incentivo para implementar la convergencia de conocimiento y fomentar la competencia para aumentar su conocimiento complementariamente (Antonelli, 2007). Esta dinámica de separación y conjunción también ocurre por el lado de la producción.

El aumento en la complejidad de la cadena de valor del SE se da por la separación de la producción en diferentes partes, proveedores y lugares, lo que de igual forma requiere de la creación de redes para la integración de las todas partes del producto final (Kim, Lee, Kim, Lee y Suh, 2015) en una cadena de producción modular.

Se requiere de colaboración intersectorial para conseguir los objetivos de la innovación, ya que "la complejidad de la producción actual determina que el proceso de fabricación se sustente en innovación, creatividad y una amplia colaboración entre las empresas y las universidades... La resolución de esos desafíos complejos, requiere enfoques multidisciplinarios que utilicen la convergencia tecnológica" (Casalet, 2015: 216). De esta forma se puede comprender cuál es el principal vínculo que se establece entre la complejidad del SE y las acciones y políticas de apoyo para el desarrollo del sector, ya que la cooperación requiere de los incentivos adecuados, "la complejidad constituye un enfoque sistémico y dinámico que explica por qué el comportamiento del sistema como un todo y de los agentes heterogéneos que lo componen solo puede entenderse como el resultado de múltiples interacciones entre estos agentes inmersos en estructuras evolutivas" (Antonelli, 2014: 216).

Por lo tanto, el gobierno, al definir los incentivos por medio de diferentes estrategias, juega el rol principal en el desarrollo del SE. Sin embargo, también se deben reconocer sus limitaciones para influir en las acciones de otros agentes, lo que lo lleva a desarrollar el cumplimiento de los objetivos de la PE por medio de redes, funcionando como intermediador y guiador de las interacciones a través de la cooperación, "estos nuevos acuerdos de colaboración exigen un trabajo de concertación entre multiactores para establecer la agenda de investigación, la traducción de códigos no compartidos entre los diferentes actores procedentes de contextos con lógicas, incentivos y culturas diversas" (Casalet, 2010: 6).

Esto requiere la creación de instituciones intermedias que cumplan el rol de detonadores y mediadores de las relaciones en un sistema de innovación descentralizado. Su rol no solo es facilitar intercambios entre los múltiples sectores, sino también sustituir la falta de oficinas de transferencia de conocimiento, sean de origen gubernamental, privado o académico (Casalet, 2012: 111). Esto genera un nuevo papel del gobierno en el desarrollo del SE por medio de incentivos, lo que define "nueva forma de gobernanza basada en la colaboración a través de redes que implican negociación, acuerdos colaborativos y establecimiento de relaciones formales e informales para desarrollar habilidades complementarias" (Casalet, 2015: 223)

En este proceso de interacción y evolución entre actores, políticas públicas (Geels, 2006a) y complejidad del conocimiento y la producción, se conforman estructuras institucionales que determinan la base para el desarrollo del sector y sobre la cual se guían los esfuerzos articuladores. Los países más desarrollados en actividades del SE han adoptado un modelo institucional para dirigir las actividades vinculadas con el espacio, el cual se compone de tres sectores generales de actores (OECD, 2005):

- Las agencias públicas que se concentran en la investigación espacial y desarrollo, normalmente las agencias espaciales;
- Actores públicos o privados responsables de la operación de los sistemas espaciales y el desarrollo de aplicaciones Downstream¹⁶;
- Organizaciones públicas o privadas responsables por el segmento Upstream¹⁷ de la industria espacial".

Este esquema, a pesar de ser general, establece las bases sobre las cuales se busca afrontar la complejidad del sector, y que permite analizar la conformación de la cadena de producción, el rol del gobierno en este esquema de nueva gobernanza y las características de las redes que se conforman, ya que define un amplio margen de acción en la cual se involucra la colaboración de múltiples actores y su participación en la elaboración de tecnología espacial.

¹⁶ Segmento del SE vinculado con el espacio únicamente por el uso de la información y servicios que este genera para poder ofrecer un producto final a usuarios en la tierra. Desvinculado con las actividades de manufactura satelital y de cohetes.

¹⁷ Segmento del SE relacionado directamente con el diseño y manufactura de productos destinados al proceso de puesta en órbita de satélites y el lanzamiento de cohetes.

1.4.1 Sectores participantes y creadores de la cadena de valor

Para comprender la complejidad de la cadena de valor es necesario desagregar los diferentes niveles en que los actores se desenvuelven. A lo largo de todas las actividades involucradas en la cadena de valor "Upstream" los tipos de productores involucrados son los siguientes (OECD, 2014):

- “Primes” son los responsables por el diseño y el ensamble completo de los sistemas de la nave, los cuales son entregados al gobierno o los usuarios comerciales (comprende satélites de observación terrestre, de telecomunicaciones, lanzadores entre otros).
- “Tier 1” son los actores que intervienen en el diseño, ensamble y manufactura de los subsistemas mayores (como estructuras satelitales, subsistemas de propulsión y la carga útil).
- Los “Tier 2” son fabricantes de equipamiento que será ensamblado en subsistemas mayores.
- “Tier 3 y 4” incluyen los productores de componentes y sub ensambles, los cuales tienden a especializarse en la producción de componentes y materiales electrónicos, eléctricos y electromecánicos (como lo son cables, switch eléctrico, entre otros).

Al final de la cadena de producción del sector, se encuentra las actividades “Downstream”, en las cuales las compañías proveen servicios comerciales relacionados con el espacio, así como productos de consumo final. Por lo general no están conectadas con la industria espacial tradicional, y solo utilizan la señal espacial o datos para realizar sus productos. Típicamente brindan servicios de telecomunicaciones, televisión satelital y productos geoespaciales (OECD, 2014). El conjunto de actores en ambos niveles de la cadena de valor se puede observar en el Esquema 1 en la parte de Anexo 1.

Los actores participantes en el sector y la diversificación de las distintas áreas de producción, muestran la complejidad productiva del SE. Esto también se presenta a niveles más específicos. En cuestiones relacionadas con el desarrollo de innovaciones y conocimiento tecnológico, se observa la misma tendencia para la generación de nuevos núcleos de conocimiento, por medio de procesos de convergencia tecnológica (Lee et al., 2010). Esto se identifica en la cantidad de ciencias y áreas de conocimiento relacionadas con el SE, que se observan en el Esquema 2 del Anexo 1.

La convergencia tecnológica surge a partir de la combinación de diferentes elementos complementarios, lo que arroja como resultado nuevas unidades tecnológicas, y con esto,

nuevos productos con múltiples funciones. Este proceso representa la sustitución de los paradigmas tecnológicos previos, generando uno nuevo en el que las divisiones entre áreas de conocimiento científico se difuminan, creando un nuevo sector productivo (Kim et al., 2015).

La estrategia de innovación ha pasado de la explotación de tecnologías existentes a la exploración de nuevas competencias. Esto ha llevado a que la innovación sea el resultado de un proceso de evolución (Lee et al., 2010), entre múltiples elementos, como actores e incentivos en un entorno que ofrece ventanas de oportunidad (Geels, 2006b). La clave del éxito en la convergencia es la colaboración intersectorial.

La necesidad de agrupación tanto tecnológica como productiva requiere conformar equipos multidisciplinarios con capacidad de absorción de conocimiento y adquisición de nuevas habilidades, lo que representa la conformación de redes intersectoriales, tanto nacionales como internacionales, y a su vez la presencia de los incentivos necesarios. Las acciones públicas y estrategias empresariales, dan forma a la nueva gobernanza sobre el desarrollo del sector, que destaca por la presencia de instituciones intermedias y la descentralización de la innovación a los actores con mayor experiencia.

1.4.2 Rol de las instituciones intermedias

En el desarrollo del SE, la presencia de instituciones intermedias es indispensable para lograr insertarse en la cadena de valor (DDPE, 2010). Este papel puede ser adoptado por empresas, centros de investigación, el sector académico o alguna entidad gubernamental. En el SE el encargado de tomar este rol son las Agencias Espaciales (Petroni et al., 2009). Estas financian y coordinan misiones científicas involucrándose en programas de investigación que pueden orientar las misiones y; promueven programas de transferencia por medio de requerimientos satelitales y cohetes que cumplan con especificaciones y estándares técnicos rigurosos. Además, dentro de sus tareas se encuentra el diseño e implementación de misiones de cooperación internacional con otras agencias, así como apoyar el desarrollo de empresas pequeñas y medianas reservando peticiones especiales para satélites (Petroni, Verbano, Bigliardi y Galati ,2013).

Su tarea principal es el diseño e implementación de la PE, lo que les otorga un amplio margen en su movilidad dentro de la definición de las estrategias del sector. La cooperación que deben fomentar no es únicamente a nivel nacional, sino que son el principal vínculo con el exterior, al estar autorizadas para definir los acuerdos y socios que más convengan, en el cumplimiento de los objetivos de la PE, a nivel internacional con empresas extranjeras u otras agencias espaciales.

La cooperación entre agencias espaciales establece un conjunto de beneficios e incentivos que vuelven, no solo atractiva su vinculación, sino necesaria para el desarrollo del SE y la conformación de capacidad tecnológica, por medio de múltiples canales de transferencia. Los beneficios de la cooperación son los siguientes (OECD, 2005):

- Conjuntan recursos que les permite a las agencias emprender proyectos que estarían fuera de su alcance si intentaran desarrollarlas de manera aislada;
- Por la combinación de conocimiento y habilidades, las agencias pueden tomar ventaja de un grupo más amplio de experiencias de lo que de manera individual tiene;
- Al trabajar con otros bajo compromisos, cada agencia tiene la capacidad de influir en las decisiones que otras agencias tomen;
- Promoviendo la cooperación internacional, las agencias pueden ser capaces de adoptar buena voluntad internacional para fortalecer su agrupación.

Cuando se analiza el rol como articulador de las agencias espaciales se debe considerar su lugar en la estructura organizacional del gobierno, así como ver si cuenta con independencia de gobernación sobre si misma o está supeditada a las acciones de algún otro ministerio, así como conocer si participa activamente en los proyectos vinculados con actividades espaciales, y sobre todo, si tiene el personal adecuado para participar no únicamente en la administración de redes y proyectos, sino también en el desarrollo de conocimiento científico y tecnológico. En función de estas características es que se podrá evaluar el verdadero rol de las agencias espaciales como instituciones intermedias en el desarrollo del sector (Space Foundation, 2013; OECD, 2005; Petroni et al, 2013).

1.4.3 Complejidad de las redes: estructura relacional del Sector Espacial

El diseño e implementación de la PE, así como las condiciones generadas por los instrumentos de políticas públicas de apoyo, logran el desarrollo del sector por medio de la implementación de programas y proyectos en torno a los cuales se definen las redes intersectoriales. Las características de las interacciones y el rol de cada actor en el SE, están

determinados por su participación en los proyectos satelitales, de lanzamiento y de construcción de infraestructura terrena. La conformación de estas redes para el desarrollo de tecnología espacial está presente a nivel internacional.

Un ejemplo del desarrollo conjunto de proyectos es el Observatorio Espacial Mundial¹⁸, el cual es una misión que involucra un amplio número de países y organizaciones, entre las que se encuentran: Argentina, Francia, Alemania, India, Israel, Italia, México, los países nórdicos y bálticos (Estonia, Finlandia, Lituania, Noruega, Suecia), China, Polonia, Rusia, Sudáfrica, España, Holanda, Reino Unido, Ucrania, la ESA y las Naciones Unidas (Leloglu, y Kocaoglan, 2008).

Otro proyecto que involucra la construcción de redes es el desarrollo del “Proyecto de Satélites Pequeños de Multimisión”¹⁹, el cual fue lanzado en 2008 e implicó la participación de la Cooperación Multilateral de Asia-Pacífico de Tecnología Espacial y Aplicaciones cuyos miembros son China, Pakistán, Tailandia, Corea del Sur, Mongolia, Irán y Bangladesh. (Leloglu, y Kocaoglan, 2008).

En torno a los ejemplos mencionados se puede observar la tendencia a la cooperación por medio de redes que se establecen en proyectos espaciales. El perfil de las redes de innovación generadas en torno a la implementación de planes de tecnología espacial presentan diferentes grados de complejidad, observables a través de las formas de vinculación intersectoriales (DDPE, 2010). Estos niveles responden al apoyo que recibe el SE y los actores involucrados, por medio de las políticas de fomento a la innovación y de formación d capital humano. Las relaciones se establecen a través de múltiples canales que responden a las necesidades y recursos de los actores (DDPE, 2010), así como al rol que busquen dentro del SE. Para poder profundizar más en el grado de complejidad que se establecen entre las redes y su importancia en el desarrollo del sector, se analiza un caso adicional.

¹⁸ Es una misión espacial que tiene como uno de sus objetivos la obtención de imágenes astronómicas de alta resolución. Su carga útil está conformada por un telescopio y múltiples cámaras, así como por los instrumentos necesarios para completar todos sus objetivos. Aunque su conformación depende de la colaboración de diversos países, el consorcio se encuentra liderado por la Agencia Espacial Rusa (ROSCOSMOS).

¹⁹ Es un proyecto de desarrollo satelital enfocado en aplicaciones civiles de teledetección y experimentos de comunicaciones. Su carga útil consiste en cámaras de diversos tipos con la finalidad de realizar los experimentos pertinentes.

El caso de la empresa italiana Carlo Gavazzi Space, que ha logrado éxito en el desarrollo de sistemas espaciales a nivel internacional, permite mostrar cómo la conformación de redes estables bajo la búsqueda de un objetivo es la vía para desarrollar tecnología, e insertarse en nuevos nichos de mercado, como el de los satélites pequeños.

Esta empresa buscó entrar en un mercado donde la estructura es adversa y resistente al ingreso de nuevos competidores debido a que presenta comportamientos oligopólicos, sin embargo, la estrategia implementada, que consistió en la conformación de redes estratégicas, mostró ser una ventana de oportunidad para insertarse en el nicho y romper las barreras a la entrada. Estas redes de colaboración fueron construidas de manera multisectorial ya que participaron instituciones académicas, centros de investigación y empresas pequeñas y medianas de otras industrias. Se conformó un consorcio para atender necesidades regionales, coordinado por la empresa Carlo Gavazzi Space, que tomo el papel central como articulador de todas las redes.

Cada una de las redes requiere de diferentes mecanismos de coordinación y grados diferentes de formalización dependiendo de los objetivos que busquen y la tecnología espacial a desarrollar. Sin embargo, el común denominador en este caso, fue que todas las redes participaron en la difusión de conocimiento e innovación, tendencia que ha llevado a la propagación de modelos organizacionales en los cuales la cooperación se convierte en el pegamento de las redes, formando así redes estratégicas (Nosella y Petroni, 2007).

Las conclusiones a las que llega el estudio son que el éxito estuvo definido por el alto grado de complejidad de las redes construidas, ya que fueron multilaterales, formales y de larga duración. Además, las redes beneficiaron tanto a la empresa articuladora, como a las de menor tamaño que tomaron el rol de proveedoras, ya que las empresas integradoras de sistemas pequeños manufacturados (CGS, Polyot and OHB system) buscaron cooperar para incrementar su poder contractual al negociar con las agencias públicas, que son los principales contratistas de las herramientas espaciales (Nosella y Petroni, 2007).

1.5 Reflexiones del entorno internacional

La formación de sistemas de innovación es un proceso de largo plazo (Geels, 2006b) en el cual, modificaciones en los factores externos cambian el entorno y ponen en riesgo la

supervivencia de los nichos (Geels, 2006b). Esto hace indispensable la participación del gobierno en la protección de las nuevas tecnologías (Geels, 2006a). La intervención en el desarrollo del SE debe ser estable en el largo plazo y por medio de instrumentos que permitan la conformación de redes intersectoriales.

La formación de capital humano y la construcción de redes de innovación son la forma de enfrentar la complejidad del proceso dinámico de creación del SE. La capacidad de absorción y transmisión de conocimiento, así como los diferentes canales de vinculación, definen las acciones de los actores en la participación de la implementación de proyectos espaciales.

Dada la naturaleza de largo plazo del desarrollo del SE, la definición de la PE y las redes de innovación no surgen de manera fortuita. Es por medio de un proceso de coevolución entre políticas públicas, actores de diferentes sectores y el contexto nacional e internacional (Geels, 2006b) que se definen los perfiles del SE en cada país.

La participación gubernamental implica la construcción de una estructura institucional²⁰ que responda a las necesidades de los proyectos de la PE, buscando como resultado la especialización tecnológica²¹ sobre la cual se define la diversificación de la producción. Los cambios en estos elementos son resultado de procesos de explotación y exploración de nuevas tecnologías, que se apoyan en las ventanas de oportunidad y se adaptan a cambios externos a las redes y los sectores.

Partiendo de la necesidad de la intervención estable y de largo plazo del sector gubernamental, es necesario reconstruir la trayectoria en Argentina, Brasil, y México para identificar si esta característica ha estado presente, y cuales han sido los resultado obtenidos. Se debe analizar la participación gubernamental en la formación de la estructura institucional y la especialización tecnológica, elementos que se modifican en un proceso conjunto con la definición de políticas de desarrollo del SE.

Solo por medio de la reconstrucción de proceso de formación del sector, se pueden comprender las decisiones que se toman actualmente, a partir de la identificación de las

²⁰ Conjunto de actores e instituciones que participan en alguna de las etapas de la cadena de valor del SE, agrupados en sectores gubernamental, académico y privado.

²¹ Etapa de la cadena de valor del SE en la cual un país tiene mayor experiencia y capacidad para insertarse de manera exitosa.

características del entorno socio económico del SE; y también, conocer si la presencia del gobierno en el largo plazo ha sido factor en el éxito o fracaso del SE en Argentina, Brasil y México a partir de su influencia en la definición de la estructura institucional, la especialización tecnológica y las políticas destinadas al SE.

Capítulo 2. El Entorno Socio Económico Nacional del Sector Espacial

2.1 Introducción

El análisis del desarrollo del SE requiere de la identificación del entorno en el cual se desenvuelve. Existen factores externos a nivel internacional que modifican el escenario para la formación de nichos de innovación. Sin embargo, las acciones destinadas a la creación de tecnología también se encuentran enmarcadas en un entorno nacional, un contexto socioeconómico (Geels, 2006b) definido por la estructura institucional y la especialización tecnológica de cada país, resultado de la interacción entre políticas, tecnología y actores en un proceso dinámico de coevolución (Geels, 2006a).

En este capítulo se muestra, por medio de la reconstrucción histórica del proceso de formación del SE en Argentina, Brasil y México, que la participación estable del sector gubernamental es necesaria en la formación de las capacidades nacionales, ya que su intervención permite la continuidad del sector en momentos coyunturales y de ruptura dentro del contexto internacional; y que su desinterés se refleja en la disolución de los proyectos vinculados a la creación de tecnología.

La formación del SE se construye en un proceso de largo plazo que requiere de estabilidad en la trayectoria, definida por la participación del sector gubernamental utilizando instrumentos de fomento a la innovación. Esta intervención debe ayudar a superar los cambios en el contexto internacional por medio de la protección de nichos y la consolidación de instituciones de apoyo al desarrollo del sector. De esta forma se define el perfil del SE de cada país, apoyándose en el diseño de la PE de acuerdo con las necesidades y capacidades conformadas por la estructura institucional y la especialización tecnológica.

Estos elementos sirven de base para identificar las ventajas de cada país para insertarse en la cadena de valor del SE, a partir del diseño e implementación de una PE que busque profundizar en el conocimiento adquirido y diversificar la producción hacia otras etapas de la cadena, generando procesos de explotación y exploración tecnológica.

El análisis se enfoca en tres elementos. El primero es la participación estable del sector gubernamental en el largo plazo, elemento necesario para el desarrollo del SE, y se identifica

por medio de las políticas y acciones destinadas a la creación de infraestructura²² y tecnología espacial, sin que modificaciones en el entorno interrumpieran su implementación. El segundo elemento es la estructura institucional, la cual se integra por el conjunto de actores e instituciones que participan en el diseño y la implementación de los programas vinculados al SE. El último aspecto es la especialización tecnológica, la cual se define por el tipo de trayectoria técnica del sector, resultado de los proyectos para el diseño y construcción satelital o de capacidad de lanzamiento de objetos y su colocación en la órbita terrestre.

En la reconstrucción del proceso de formación de la estructura institucional y de definición de la especialización tecnológica del SE, se identifican cuatro periodos entre 1940 y 1996. En el primer periodo que concluye en 1959, se describen los antecedentes a la formación de las primeras instituciones y proyectos vinculados al SE en los tres países; posteriormente entre 1960 y 1986 se analizan las diferentes políticas y proyectos implementados y su vínculo con la formación de la estructura institucional y la trayectoria técnica, evidenciando que la estabilidad del apoyo gubernamental permite la formación del SE.

Al afrontar momentos coyunturales que presionaron por la civilización²³ del SE, entre 1980 y 1987, los resultados fueron diferentes. Brasil logró mantener su especialización y estructura institucional y diversificar su tecnología. Argentina, en cambio, perdió los avances obtenidos hasta ese momento, sin embargo, dado que la intervención gubernamental continuó, pudo adaptarse al nuevo entorno internacional. México, en este periodo, es el ejemplo del resultado del SE ante el desinterés del gobierno.

Finalmente, el último periodo analizado en este capítulo muestra como el diseño e implementación de nuevas políticas espaciales está vinculado con la trayectoria de largo plazo y las capacidades nacionales, y como estos elementos determinaron diferentes resultados entre los países con apoyo e interés gubernamental, y México, que optó por la privatización de los servicios satelitales.

²² Este concepto se refiere a instalaciones para el diseño y manufactura de productos y servicios espaciales, como fábricas, estaciones terrenas de telecomunicaciones o plataformas de lanzamiento, y son el resultado de la implementación de algún proyecto. Se diferencia del concepto de estructura institucional, porque este involucra instituciones vinculadas con políticas públicas destinadas al desarrollo del SE.

²³ La civilización se refiere a la separación de las actividades espaciales del ámbito militar, enfocando los proyectos únicamente para finalidades civiles y comerciales.

2.2 El inicio en el camino del espacio: antecedentes (1940-1959)

El inicio del SE presenta similitudes y diferencias en los tres países. Tanto en Argentina como en Brasil la industria aeronáutica fue la base de los primeros proyectos de investigación y construcción de nuevos motores y cohetes. Estas actividades tuvieron objetivos duales, ya que a través de ellas se desarrollaron aplicaciones tanto civiles como militares. En México, el nacimiento del sector tuvo orígenes científicos, siendo la sociedad civil la impulsora de la tecnología de cohetes. La participación de la sociedad también se presentó en Argentina, la cual logró avances en las ciencias del espacio por medio de civiles interesados en el tema.

En esta etapa, la participación del sector militar y civil determinaron la estructura institucional base para la implementación de políticas futuras y la definición de la trayectoria técnica, construyendo los nichos tecnológicos e iniciando un proceso de coevolución entre políticas, instituciones y tecnología.

2.2.1 Infraestructura Militar y Social

En este periodo no existieron políticas enfocadas al desarrollo del SE, únicamente se comenzó la formación de una estructura institucional para la implementación de proyectos científicos y militares. En Argentina se fomentó el desarrollo de instituciones militares, civiles y académicas; en Brasil el interés se puso en actividades bélicas; mientras que en México se construyó una base con objetivos académicos y civiles.

Argentina creó en 1947 el Instituto de Investigaciones Científicas (IIC) de la Fuerza Aérea, cuya finalidad era diseñar y construir nuevos motores para aviones y para pruebas de cohetes. El ámbito académico respondió a la necesidad de formación de especialistas en temas aeronáuticos con el diseño del proyecto de creación de la Universidad de Aire, de la cual solo se completó el Instituto de Derecho Aeronáutico de la Nación²⁴, cuyos objetivos eran formar profesionales expertos en aeronáutica y fomentar la cultura de una sociedad vinculada con el desarrollo del aire y el espacio (de León, 2008). También se instituyó la Escuela de Astronáutica en 1958, enfocada a la investigación de ciencias vinculadas con el espacio (de León, 2008).

²⁴ En 1954 sería sustituido por el Instituto de Derecho Aeronáutico e Interplanetario y en 1965 por el Instituto Nacional de Derecho Aeronáutico y Espacial.

Desde el ámbito civil, se fundó la Sociedad Argentina Interplanetaria en 1949 (Manfredi, octubre 14, 2013), que fue la primera institución enfocada al desarrollo de capacidades de lanzamiento no militares, y se constituyó como el vínculo principal con otras asociaciones espaciales internacionales. También se creó el Instituto de Experimentaciones Espaciales en 1956 (Manfredi, octubre 14, 2013), como una iniciativa de la sociedad civil.

Brasil enfocó su estructura institucional en actividades de investigación y desarrollo militar bajo control gubernamental. El primer paso en el SE fue con la creación del Ministerio de Aeronáutica en 1940, el cual marcó el inicio de las actividades destinadas al fomento de nuevos nichos de tecnología aeronáutica y de cohetes.

Para formar la masa crítica de capital humano necesario para la creación de nichos de tecnología espacial, se formó el Centro Técnico de Aeronáutica²⁵ (CTA), el cual estaba constituido por dos organismos: el Instituto de Tecnología Aeronáutica (ITA) creado en 1952, encargado de la formación y capacitación de capital humano; y el Instituto de Investigación y Desarrollo (IPD) instaurado en 1954, responsable de la articulación entre los sectores público y privado vinculados a la industria aeronáutica (Duarte, 2011). Ambas conformaron la estructura del CTA inaugurado en 1954²⁶.

También se buscó consolidar el apoyo al desarrollo tecnológico por medio de la creación del Centro Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq) (Duarte, 2011), el cual fue diseñado como una institución destinada al fomento de la construcción de nichos tecnológicos y definición de trayectorias técnicas en distintas áreas industriales.

En México la primera institución vinculada con el SE fue de origen académico y civil. El primer acercamiento al SE ocurrió por medio de investigaciones en física espacial en el Instituto de Física de la Universidad Nacional Autónoma de México en 1944. Después se creó la Sociedad Mexicana de Estudios Interplanetarios (SOMEI)²⁷, en 1955, con el objetivo de comenzar los estudios en tecnología de lanzamiento (Arreola y Mendieta, 2013). La

²⁵ Que eventualmente se convertiría en el Departamento de Ciencia y Tecnología Espacial (DCTA). Su misión es ampliar el conocimiento y ofrecer soluciones científicas y tecnológicas para fortalecer el sector aeronáutico y espacial (“DCTA”, 2016)

²⁶ Estos programas estuvieron bajo supervisión del Ministerio de Aeronáutica, pero con colaboración continua con el Ministerio de Defensa, ya que su finalidad era la creación de nuevas tecnologías militares.

²⁷ La SOMEI representó el primer acercamiento de México hacia las actividades vinculadas con el espacio, y su finalidad era realizar investigación y difusión sobre temas espaciales.

intervención gubernamental se dio hasta 1957, cuando la Subsecretaría de Comunicaciones y Obras, de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, comenzó un proyecto de desarrollo de tecnología de cohetes, área en la que también participó la Escuela de Física de la Universidad de San Luis Potosí (Arreola y Mendieta, 2013). Sin embargo, México terminaría este periodo sin bases institucionales.

2.2.2 Comienzo de la trayectoria tecnológica

En este periodo se comenzó a construir la trayectoria técnica y las especializaciones de los nichos tecnológicos que fueron la base para el desarrollo del SE. Por medio de diversos proyectos, cada país definió su perfil en actividades vinculadas al SE. Argentina comenzó con la fabricación de cohetes civiles y militares. El IIC desarrolló un motor cohete de combustible líquido para el lanzamiento de proyectiles con finalidades de uso dual, el AN-1, probado con éxito en el cohete misil Tábano, en 1947. Sumado al éxito del lanzamiento del cohete Martin Fierro, el cual fue de fabricación nacional, evidenció el interés por las actividades vinculadas a un SE naciente, así como la capacidad con la que contaba la sociedad argentina en conocimiento y capacidad de aplicación (Manfredi, octubre 14, 2013).

Brasil se enfocó al fortalecimiento de su estructura militar y la consolidación de conocimientos en ciencias vinculadas al espacio para su futura aplicación en la fabricación de misiles. En conjunto, las fuerzas armadas de Brasil y el Ministerio de Aeronáutica comenzaron la construcción de bases aéreas y militares, bajo el argumento de garantizar la seguridad nacional en el contexto de la segunda guerra mundial. A pesar de que no lograron realizar pruebas de lanzamiento de cohetes, su conocimiento científico sobre el espacio permitió la creación de convenios de colaboración internacionales en años previos al inicio de la carrera espacial entre Estados Unidos y la Unión Soviética, que dio como un resultado la construcción de un centro de rastreo de elementos espaciales en colaboración con Estados Unidos (Vilhena y Marins 2007), proyecto en el que participaron científicos de ambos países.

En México los proyectos fueron de origen científico y civil, enfocados principalmente a la fabricación de cohetes. El proyecto implementado por la Subsecretaría de Comunicaciones y Obras, presento resultados exitosos con el lanzamiento del cohete de combustible líquido SCT- 1 en 1959, que fue el primero de una serie de futuros lanzamiento. En el campo académico, profesores de la Escuela de Física de la Universidad de San Luis Potosí,

experimentaron en el campo espacial al provocar lluvia con cohetes de combustible sólido que explotaban al llegar a las nubes y, eventualmente, desarrollaron un proyectil para estudio de radiación cósmica y alta atmosfera (Arreola y Mendieta, 2013).

2.3 Formalización del Sector Espacial: inician las políticas públicas (1960-1986)

La estructura institucional y la trayectoria técnica iniciada en el periodo anterior, fueron la base para la formación del régimen sociotécnico del SE, resultado de la coevolución entre políticas públicas e instituciones, así como de la intervención del sector gubernamental en el fomento de las actividades espaciales. En este periodo la participación estable por parte del gobierno fue un elemento clave en el éxito de la consolidación del SE, en específico, al hacer frente a las modificaciones en el entorno.

Argentina y Brasil tuvieron cambios políticos y dictaduras militares que fueron un factor que influyó en la orientación de los programas espaciales, en cambio, México presentó un contexto político estable y libre de golpes de estado. Esto fue un factor que influyó en la orientación de las acciones y políticas destinadas al desarrollo de tecnología espacial, que definió si la creación de aplicaciones era para fines de uso civil fomentando los servicios comerciales y la investigación académica, o para objetivos militares, relacionadas con el desarrollo de cohetes de mayor alcance y tamaño.

Una modificación en el entorno que compartirían los tres países fue la crisis económica de la década de 1980, que tuvo efectos en la política del sector. En el caso de Argentina y Brasil, obligó a la formación de nuevos nichos tecnológicos y a la re construcción del régimen de innovación, mientras que en México, se reflejó en la modificación de la estructura institucional, y la pérdida de interés en el fomento de las actividades espaciales.

2.3.1 Políticas Públicas vinculadas al Sector Espacial

Solo Brasil y Argentina diseñaron políticas²⁸ destinadas al desarrollo del SE y fueron estables hasta finales de la década de 1980. México, por otra parte, únicamente contó con el desarrollo

²⁸ Se hace referencia a la definición de políticas públicas que las identifica como el conjunto de acciones gubernamentales articuladas para la solución de un problema de políticas. Es decir, incluye la articulación de programas, proyectos y actores para desarrollar el SE.

de proyectos espaciales sectoriales, desarticulados y que buscaban objetivos diferentes, lo que concluyó en la privatización de los servicios satelitales.

En Argentina se diseñó el Plan Espacial Argentino (PEA) que inició su implementación en 1960²⁹ (Viscardi, 2010) y contó con dos etapas³⁰. La primera tuvo el objetivo de consolidar la estructura institucional y la especialización tecnológica del país, orientada hacia el aumento en la capacidad de lanzamiento y de creación de aplicaciones espaciales. En esta etapa se llevó a cabo el lanzamiento de cuatro series de cohetes, cada una con mejoras incrementales y vinculados al desarrollo de aplicaciones militares (Viscardi, 2010).

La segunda fase del PEA comenzó con el Plan de Satelización (PDS) (de León, 2008) en 1979 y tuvo como misión la creación de capacidades para la puesta en órbita de satélites artificiales. Buscó que los cohetes de lanzamiento, las plataformas y los satélites fueran de diseño y fabricación argentina. El PDS se conformó por tres fases, las dos primeras tenían el objetivo de desarrollar un cohete con motor capaz de alcanzar 300 km de altura (Cóndor I), en su primera versión, y después 500 km para un lanzamiento posterior que además contara con un sistema guía y de control (Cóndor II). La última etapa buscó colocar carga útil en órbita baja (Bonetto, 2004).

El PEA y el PDS tuvieron finalidades duales. Si bien la colocación en órbita de satélites implica oportunidades de creación de aplicaciones civiles, la base institucional y la implementación de los programas eran de naturaleza militar. Lo anterior se observó en el Programa Cóndor II, el cual fue considerado como un proyecto para generar capacidad de tecnología de misiles de alcance mediano y largo.

Brasil continuó sobre su línea militar y creó un Programa Nacional de Exploración Espacial (PNEE)³¹ el cual definió la orientación de la especialización tecnología en el país,

²⁹ No se encontró algún registro oficial por Decreto que confirmará la creación de un PEA, sin embargo, al estructurar los programas implementados de manera cronológica se puede identificar su existencia. Esto se corrobora en la bibliografía citada.

³⁰ En la bibliografía consultada se mencionan tres etapas del Plan Espacial, sin embargo, en este trabajo únicamente se consideran dos, ya que la tercera, referente al SE después de la década de 1990, presenta un cambio estructural en todas las dimensiones de análisis de esta tesis, por lo tanto, se propone que sea identificada como una nueva política.

³¹ Este programa es considerado en este trabajo como la primera PE en Brasil, ya que derivó en la construcción de la estructura institucional del sector y también definió la trayectoria técnica. No se localizó el Decreto de creación del programa, sin embargo su existencia se puede verificar en la bibliografía.

fomentando la consolidación de nichos en la construcción de cohetes. También buscó ampliar su estructura institucional orientada hacia finalidades espaciales retomando la base aeronáutica del periodo anterior.

Una vez que el PNEE definió la estructura institucional y generó experiencia en la construcción de lanzadores, se implementó la Misión Espacial Completa Brasileña (MECB)³² en 1979 (Vilena y Marins, 2007). Esta fue la primera política implementada en Brasil que buscó desarrollar las tres dimensiones de las actividades espaciales: tecnología satelital, desarrollo de lanzadores y la construcción de estaciones terrenas y centros de lanzamiento. Un rasgo principal de la MECB fue la creación de convenios internacionales para el desarrollo de tecnología satelital, que tuvo como resultado la serie de Satélites de Cooperación Chino-Brasileña de Recursos Terrestres (CBERS) (Vilena y Marins, 2007).

La PE en Brasil, al igual que en Argentina, estuvo orientada hacia la formación de especialización en capacidad de lanzamiento y de aplicaciones de uso militar. Sin embargo, en Brasil los esfuerzos en el desarrollo satelital permitieron la construcción de nichos tecnológicos fundamentados en la cooperación con otros países. México, en cambio, en este periodo de tiempo modificó el rumbo de su trayectoria técnica y no logró consolidar la estructura institucional, lo que se acompañó de la inexistencia de una PE y un intento por desarrollar del sector sustentado en la implementación de programas aislados.

En 1960 se continuó con el programa de lanzamiento de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), con el éxito el SCT-2. Además se firmó el convenio para la creación de la Comisión México-Estados Unidos para la observación del espacio, que daría lugar al desarrollo de otros proyectos (Arreola y Mendieta, 2013). Sin embargo, el SE en México presentó desarticulación y discontinuidad en el fomento por parte del sector gubernamental.

Esto generó que, a partir de 1977, la participación gubernamental en el desarrollo del SE se limitara a la compra de sistemas satelitales a empresas extranjeras, restringiendo la participación nacional a la operación desde las estaciones terrenas.

³² La MECB se considera como una política adicional al PNEE ya que, a pesar de tomar la estructura institucional previamente construida, este programa fue creado de manera independiente y con un mayor rango de alcance de objetivos.

2.3.2 Consolidación de la Estructura Institucional

Para la implementación de la PE en Brasil y Argentina, fue necesaria la ampliación de la estructura institucional y el aumento de las capacidades tecnológicas nacionales. En ambos países, la primera decisión fue la creación de una organización enfocada al cumplimiento de los objetivos espaciales.

En Argentina, para implementar el PEA, se creó la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales (CNIE) (de León, 2008), la cual fue responsable del fomento y la realización de proyectos de innovación en el SE, participando activamente en la creación de nuevos conocimientos³³. Adicionalmente, se formaron otras instituciones con la finalidad de desarrollar la construcción de nichos tecnológicos enfocados a cohetes.

Se creó el Instituto de Investigaciones Aeronáuticas y Espaciales (IIAE) (Vera, Guglielminotti y Moreno, 2015), dependiente de la fuerza aérea con objetivos militares, el cual concentró todos sus proyectos en el desarrollo de cohetes de una y dos etapas; también se construyó el Centro de Experimentación y Lanzamientos de Projectiles Autopropulsados (CELPA)³⁴ en 1961 (Viscardi, 2010; Manfredi, octubre 14, 2013). Ambos estaban encargados del desarrollo de mejoras incrementales en los sistemas de lanzamiento. Para poder construir los proyectos diseñados por el CELPA y el IIAE, se dio la concesión de producción a la Fábrica Militar Villa María. Constituyendo así una red de diseño, fabricación y pruebas de tecnologías de misiles y cohetes, marcando la especialización tecnológica del país.

A pesar de los objetivos militares que Argentina definió para el SE, también realizó esfuerzos en el desarrollo de aplicaciones civiles. Para fomentarlo, se creó el Instituto Civil de Tecnología Espacial (ICTE) (Manfredi, octubre 14, 2013), con dos objetivos, profundizar en el estudio de conocimientos sobre el espacio en los campos de la biología y medicina, y capacitar mano de obra especializada. Esta fue la primera intervención gubernamental en el SE, alejada del ámbito militar. La estructura institucional de Argentina no fue amplia, sin

³³ Esta característica es particular de la CNIE, ya que en ese periodo las agencias espaciales de otros países, incluida la NASA, tenían un rol de administrador de proyectos, manteniéndose al margen de la participación en ellos.

³⁴ Este fue ubicado en el Departamento de Chamental, en la Provincia de La Rioja. Es conocido como el CELPA 1 para diferenciarlo del CELPA Mar Chiquita la cual no presentó el mismo éxito y entro en desuso.

embargo, la construcción de articulaciones intersectoriales les permitió implementar proyectos complejos y de larga duración.

Brasil conformó una estructura institucional mayor que la de Argentina, lo que le permitiría, eventualmente, tener más resistencia ante las modificaciones en el entorno socio económico, diversificar los nichos tecnológicos y crear trayectorias técnicas espaciales fundamentadas en la implementación de misiones espaciales completas³⁵.

Para implementar el PNEE fue necesaria la formación de una institución cuya tarea principal fuera el cumplimiento de los objetivos de este programa, por lo que se creó una Comisión de Actividades Espaciales en 1963. Fue resultado de la colaboración intrasectorial entre diversas instituciones gubernamentales, a través del Grupo de Organización de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales, subordinado al CNPq, en conjunto con el Centro de Radioastronomía Mackenzie (Vilhena y Marins, 2007).

Debido a que dentro de sus objetivos se encontraba el fortalecimiento de las actividades vinculadas al desarrollo de cohetes y misiles, se dio inicio al Instituto de Actividades Espaciales (IAES) en 1969, encargado del diseño y fabricación de series experimentales de cohetes. Para realizar las pruebas, fue necesaria la construcción de instalaciones de lanzamiento, lo que dio lugar Centro de Lanzamiento Barrera del Infierno (CLBI) en 1965, el cual fue el primero en el país (Vilhena y Marins, 2007).

Previo a la creación de la MECB, aun dentro del marco del PNEE, hubo un cambio estructural más. En 1971 se creó la Comisión Brasileña de Actividades Espaciales (COBAE) presidida por el Estado Mayor de las Fuerzas Armadas. Su principal tarea era coordinar todas las actividades e instituciones en la ejecución del Programa Espacial. Su creación representó la extinción de la Comisión anterior (Duarte, 2011). También se fundó el Instituto de Investigaciones Espaciales en el mismo año, que eventualmente se convertiría en el Instituto Nacional de Investigación Espacial³⁶ (INPE por sus siglas en portugués), encargado del

³⁵ El concepto de sistemas espaciales completos hace alusión a la creación de capacidad de lanzamiento, construcción de satélites y administración terrestre de la información. Cuando se hace referencia a trayectorias técnicas espaciales completas, se especifica la construcción de nichos de innovación en las tres actividades mencionadas.

³⁶ En 1985 sería dotado de mayor autonomía al ser transferido organizacionalmente al Ministerio de Ciencia y Tecnología de nueva creación. Su misión es la producción de ciencia y tecnología en áreas de ciencias espaciales para ofrecer productos y servicios en beneficio de Brasil ("INPE", 2016).

desarrollo de ciencia y tecnología espacial así como todas las aplicaciones definidas en la MECB.

Brasil desarrolló la mayor estructura institucional de los tres países analizados. Fue el único que construyó un centro de lanzamiento, además que realizó cambios en su estructura para adecuarlos a sus necesidades, incluyendo un doble soporte institucional para la implementación de la política espacial (COBAE e INPE). El contraste entre Brasil y Argentina con México fue muy amplio. En México, la falta de una PE articulada derivó en la conformación de instituciones aisladas y en la disolución de los proyectos espaciales implementados por actores nacionales.

En 1962 se creó la Comisión Nacional del Espacio Exterior (CONEE) (Arreola y Mendieta, 2013), dependiente de la SCT, la cual se encargó del desarrollo de conocimiento en temas de lanzamiento y telecomunicaciones, buscando ser la primera institución que tomara el rol de guía en la formación del SE. Su objetivo principal fue coordinar y estimular las actividades espaciales.

El interés de México por el SE se detonó por los Juegos Olímpicos de 1968. Su transmisión requirió del arrendamiento de un satélite del consorcio Intelsat, del cual la CONEE formaría parte para administrar la señal en México, por medio de una estación terrena construida en Tulancingo, Hidalgo (Arreola y Mendieta, 2013). Sin embargo, a pesar de los proyectos de cohetes iniciados y el cuadro de capital humano formado por Intelsat, la CONEE fue desarticulada en 1977, extinguiendo así las posibilidades de un plan espacial (Duarte, 2015).

Se abandonaron los esfuerzos por desarrollar tecnología nacional, cubriendo las necesidades de telecomunicaciones por el sector privado. Los sistemas satelitales fueron comprados a empresas extranjeras, y en México solo se buscó administrarlos a través de las estaciones terrenas Tulancingo II Y III construidas en 1980. Al final del periodo, se creó Telecomunicaciones de México (Telecomm) que sería la operadora del Sistema Satelital Morelos en 1989 (Arreola y Mendieta, 2013).

Además de la SCT, el sector académico también participo en el desarrollo de la estructura institucional. La Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) fue otra institución con participación en el SE. En 1962 creó el Departamento del Espacio Exterior del Instituto

de Geofísica, que eventualmente se convertiría en el Departamento de Estudios Espaciales. Dada la continuidad que mantuvo, en 1980 se conformó el Grupo Interdisciplinario de Actividades Espaciales, cuyos avances darían lugar a la creación del Programa Universitario de Investigación y Desarrollo Espacial (PUIDE) para construir satélites experimentales en 1990 (Arreola y Mendieta, 2013).

El interés por el SE no se reflejó en el diseño de la estructura institucional adecuada para el desarrollo de proyectos, lo que limitó la formación de nichos y trayectorias técnicas. Se identifican, entonces, dos diferencias entre México respecto de Brasil y Argentina: la falta de un programa espacial y de estructura institucional articulada.

2.3.3 Implementación de Proyectos y definición de la trayectoria tecnológica

El desarrollo de proyectos estuvo supeditado a los objetivos de los programas espaciales y a las capacidades de la estructura institucional, lo que definió la especialización tecnológica de cada país. En Argentina, para implementar el PEA, la CNIE elaboró un Plan de Colaboración Multisectorial, con el que buscaba crear cooperación intersectorial con otras instituciones y desarrollar la trayectoria técnica de lanzamiento. Este Plan consideró, además de las instituciones del apartado anterior, a universidades en Argentina, para vincular la formación académica con el desarrollo del sector³⁷ (de León, 2008).

El IIAE desarrolló la primera serie de cohetes, los Centauro, que concluirían con el éxito del Alfa Centauro. Continuaría el desarrollo de lanzamiento junto con el CELPA, creando las demás series de lanzadores, cuyos logros fueron el Beta Centauro y el Gama Centauro. Esta serie conformó el primer programa de misiles en Argentina. La trayectoria técnica continuaría con el proyecto Orión, que finalizaría exitosamente con el lanzamiento del Orión II (Viscardi, 2010; Manfredi, octubre 14, 2013). Paralelamente la CNIE construyó los primeros cohetes suborbitales, el Castor y el Rigel, que al igual que la familia de los Centauro y Orión contaban con funciones tanto bélicas como civiles (Viscardi, 2010).

³⁷ Se crearon convenios con la Universidad Nacional de la Plata, la Comisión Nacional de Energía Atómica, la Universidad Nacional de Tucumán, el Servicio Meteorológico Nacional, la Universidad Nacional de Buenos Aires y la Dirección Nacional de Fabricaciones Aeronáuticas (de León, 2008). Sin embargo, su vínculo más importante era con la Fuerza Aérea, ya que dependían jerárquicamente de esta.

La capacidad de lanzamiento también sirvió para la investigación científica. Se llevó a cabo el Operativo Experiencia EGANI (Vera et al., 2015; Manfredi, octubre 14, 2013), a partir de un acuerdo en 1972 entre la CNIE y el Instituto Max Planck de la entonces Alemania Federal, para realizar experimentos con nubes con cohetes nacionales de las familias Castor y Rigel, proyecto en el que la institución alemana diseñó y proporcionó la carga útil. También hubo planes con finalidades de formación de masa crítica de capital humano. El ICTE llevó a cabo el Programa Felino mediante el cual se realizaron 87 lanzamientos para probar materiales, sistemas y dar experiencia al capital humano (N. Manfredi, octubre 14, 2013).

El perfil de la especialización tecnológica en Argentina fue la creación de lanzadores, con aplicaciones militares y civiles. Brasil siguió una trayectoria parecida. El Grupo de Ejecutivo de Trabajo y Estudios de Proyectos Espaciales³⁸, en cumplimiento del PEA, crearía la serie de cohetes Sonda, todos lanzados desde el CLBI, realizando el primero en 1967 con el Sonda I. Se haría otro lanzamiento de esta serie, el Sonda II en colaboración con el CTA (Vilena y Marins, 2007).

Las actividades espaciales aumentaron con el inicio de la MECB. El INPE, el CTA y la COBAE fueron los encargados de su implementación. INPE, en 1983, fue el responsable de desarrollar un nicho tecnológico por medio de la construcción de cuatro satélites de observación ambiental. En ese mismo año, el CTA dirigió un programa de lanzamiento, la serie de Vehículos Lanzadores Satelitales (VLS), que implicó la creación de tecnología de cohetes para la puesta en órbita de la constelación desarrollada por el INPE y la construcción de un nuevo centro de lanzamiento con mayor capacidad que CLBI, el Centro de Lanzamiento Alcántara (CLA) (Vilena y Marins, 2007).

Tanto Brasil como Argentina desarrollaron proyectos con objetivos definidos que mantenían continuidad y que se fundamentaron en la vinculación multisectorial. En México, el desarrollo de proyectos espaciales se dividió en dos etapas, una previa a la desaparición de la CONEE y una posterior.

La creación de la Comisión México- Estados Unidos permitió construir una estación rastreadora en Guaymas, que funcionó durante las misiones norteamericanas Mercurio y

³⁸ Su finalidad de construir equipos especializados para el lanzamiento de cohetes y formar programas de investigación atmosférica y meteorológica, en cooperación con instituciones extranjeras.

Apollo. También la SCT logró probar con éxito los cohetes SCT-1 y SCT-2 en 1960. Sin embargo, los proyectos aumentarían con la creación de la CONEE, ya que inició un programa de investigación de atmosfera alta³⁹ que se conformó de tres partes: desarrollo de cohetes, recepción de información satelital meteorológica y el desarrollo de globos sonda (Duarte, 2015).

De los elementos del programa, el más apoyado fue la creación de capacidad de lanzamiento. El primer lanzamiento fue el Tototl, en 1962, y después crearía la serie de cohetes Mitl de combustible sólido (Duarte, 2015). Se probó con éxito el Mitl 1 en 1967 y el Mitl 2 en 1975, ambos con capacidad de carga útil de 8 kg, y que subieron 50 km y 120 km respectivamente. Sin embargo, cuando se disolvió la CONEE, en 1977 (Duarte, 2015), la trayectoria técnica se modificó.

Los nuevos proyectos vinculados al SE se enfocaron al desarrollo de telecomunicaciones, por medio de la compra de sistemas satelitales llave en mano⁴⁰. En 1982 se adquiere el sistema de Satélites Morelos (Cinvestav, 2015), que incluyó la instalación de una estación del centro de control (complejo Contel de la SCT en Iztapalapa) y capacitación de los operadores (Arreola y Mendieta, 2013). En ese mismo año se obtuvieron dos posiciones orbitales⁴¹, para colocar en 1985 los satélites Morelos I y Morelos II (Cinvestav, 2015).

El sector académico también continuó con proyectos espaciales. Profesores de la UNAM con presupuesto de la SCT y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) viajaron al Centro de Ingeniería Espacial de la Universidad Estatal de Utha, donde construyeron carga útil bajo los parámetros del programa GASCan de la NASA. Esto les permitió desarrollar satélites de prueba en la década de 1990 (Arreola y Mendieta, 2013).

2.3.4 ¿Son trayectorias similares?

Se observan dos diferencias en la implementación de proyectos entre Argentina y Brasil en comparación con México. La primera se refiere a las finalidades para las cuales se desarrolló tecnología, ya que México no tuvo proyectos vinculados con el ámbito militar, sin embargo,

³⁹ Este programa no es considerado (en este trabajo) como una política pública o un programa espacial, ya que se trata de un proyecto aislado.

⁴⁰ Los sistemas llave en mano, son proyectos realizados por medio de convenios en los cuales, el proveedor se encarga del diseño y la construcción de una obra o producto en un solo contrato (BID, 2013).

⁴¹ La UIT concedió las posiciones 113.5 Y 116.5 grados Oeste.

en los otros países esa fue la base de la construcción de sus nichos tecnológicos. Una segunda diferencia fue el tipo de tecnología en la que se buscó especialización. México presentó avances en el desarrollo de lanzadores y telecomunicaciones sin lograr especialización tecnológica en ninguna de las dos. Brasil y Argentina formaron sistemas de lanzamiento maduros, enfocándose a cohetes, aunque con poco desarrollo en satélites y comunicaciones.

Estas diferencias definieron la forma en que se hizo frente a las modificaciones en el entorno, resultando en estructuras institucionales y especializaciones tecnológicas diferentes. Una revisión más profunda, dilucida que el sector en México, desde la eliminación de la CONEE no comparte el proceso histórico con Brasil y Argentina, incluso se mantendría al margen del sector durante casi 30 años. El momento coyuntural en México fue en 1977, lo que ocurriría después, sería la privatización del sector.

2.4 Modificaciones en el contexto: cambio de rumbo (1987-1990)

Al comenzar este periodo, Argentina y Brasil ya contaban con una estructura institucional madura y una trayectoria tecnológica que les permitía definir su especialización tecnológica en el SE. Ambos países estaban implementando sus primeras PE. Sus avances, sin embargo, fueron afectados por presiones económicas y la tendencia a la desmilitarización de las actividades espaciales. Los dos respondieron con modificaciones en su estructura institucional y cambio o diversificación en la especialización tecnológica.

México ya se encontraba alejado del SE. Se enfocó a fortalecer los servicios de telecomunicación satelital por medio de la compra de sistemas llave en mano. Sus actividades de desarrollo de capacidad de lanzamiento habían terminado antes de 1980 y no contaba con un programa espacial. En este periodo no hubo ninguna modificación en el sector, solo hasta mediados de la década de 1990, momento en el que se incurrió en la privatización de los sistemas satelitales, pero alejado de cualquier presión internacional.

2.4.1 Proyectos Coyunturales

La implementación del PDS argentino impulsó el desarrollo de un lanzador de combustible sólido con capacidad de colocar objetos en órbita, el proyecto Cóndor. Para su construcción se creó una fábrica en Falda del Carmen en 1983 con apoyo de la empresa alemana Consen, subsidiaria de la Dornier, y bajo responsabilidad de la Dirección General de Desarrollos

Espaciales. En esta planta se manufacturaron los componentes físicos del lanzador, y los compuestos químicos del combustible (Viscardi, 2010).

El proyecto Cóndor inició con finalidades civiles, con el objetivo de poner en órbita satélites con un peso no mayor a 500 kg. Pero las modificaciones incrementales en el lanzador permitieron diversificar las aplicaciones de la nueva tecnología, especialmente en actividades militares. Así inició el desarrollo del Cóndor II que contaba con mayor capacidad de carga útil (Viscardi, 2010).

Brasil estaba en una etapa de progreso tecnológico similar. Los objetivos de la MECB se intentaron alcanzar a través de dos proyectos principales, uno satelital y otro de lanzamiento. Se planeó la construcción de dos Satélites de Recolección de Datos (SCD), el SCD-1 y el SCD-2, además se programó el desarrollo de un lanzador brasileño, el VLS. Para completar la primera etapa de la MECB, se financió la construcción de un Laboratorio de Integración y Pruebas en 1983 y de un Centro de Rastreo y Control Satelital en 1987, en los que se construyó el VLS (Vilhena y Marins, 2007).

En ambos casos, el desarrollo de capacidad de lanzamiento fue truncado con el surgimiento de restricciones internacionales, es decir, cambios en el entorno, obligaron a la creación de nuevos nichos. Se impuso la desmilitarización de la tecnología del sector y se supeditó la trayectoria técnica a los intereses de los países desarrollados. La respuesta de Brasil y Argentina, ante esta situación, se determinó por la fuerza de su estructura institucional y la capacidad de diversificar su especialización tecnológica hacia nuevas actividades, lo que les permitió afrontar con diferentes estrategias las imposiciones internacionales. El resultado, en ambos casos, fue la creación de un SE civil.

2.4.2 Modificaciones en el entorno socio económico

Dos cambios en el entorno modificaron la trayectoria técnica, destruyeron los nichos y transformaron el sistema de innovación espacial. El primero, de origen económico, fue la crisis de deuda en América Latina que obligó a la adopción de políticas económicas de reducción del gasto y de la participación del gobierno; y el segundo fue la creación de un acuerdo para evitar la proliferación de armas de largo alcance y tecnología de uso dual, el MTCR, en 1987.

Argentina redujo el gasto militar del 4% al 2.5% en 1984, lo que obligó a conseguir recursos de fuentes externas para continuar con la segunda etapa del proyecto Cóndor, y buscó aprovechar su especialización en misiles. En 1985 se creó el Decreto "Secreto" número 604, el cual consistió en la venta de 144 motores de combustible sólido a Egipto y en facilitar la transferencia tecnológica de misiles, incluido el apoyo para la construcción de una réplica de la planta de Falda del Carmen (Viscardi, 2010). Esto requirió de modificaciones en la estructura institucional.

Ocurrieron dos cambios. Se construyó en 1987 la Empresa Integradora Aeroespacial S.A. (INTESA), formada por la Fuerza Aérea Argentina, que aportó el 40% de la inversión, Conseltec SA que participó con el 40% y Desintec SA con el 20% restante. Fue una agrupación joint venture que servía de vínculo entre los proyectos tecnológicos militares y la obtención de financiamiento adicional para continuar con el Cóndor. La otra modificación fue transferir la planta de Falda del Carmen bajo la dependencia del Ministerio de Defensa. Así, el PDS se militarizó totalmente (Viscardi, 2010).

En 1987, con la creación del MTCR comenzó la imposición internacional sobre Argentina. Inglaterra mostró preocupación por el desarrollo de misiles argentinos, temiendo un ataque a las Islas Malvinas; Israel ejerció presión al encontrar vínculos entre Argentina y Egipto, ya que sospechó que este último solo fuera el intermediario para la transferencia tecnológica de misiles entre Argentina e Iraq. Este entorno político fue acompañado por falta de liquidez resultado de la crisis económica, ya que el Fondo Monetario Internacional (FMI) supeditó el acceso de recursos a la firma del MTCR (Viscardi, 2010). Con la entrada de Carlos Menem a la presidencia en 1989, se comenzó el desarme de la infraestructura de lanzamiento para poder obtener recursos del FMI y supeditar el desarrollo tecnológico al autorizado por Estados Unidos (Vera et al., 2015).

Así concluyeron 30 años de trayectoria técnica, de fomento de nichos tecnológicos y de construcción de un régimen socio técnico soportado en la participación del gobierno en el desarrollo del SE. El programa Cóndor fue desmantelado en 1990 y la firma del MTCR se concretó en 1993, se desintegró la CNIE y se buscó deslindar el desarrollo de tecnología espacial de las actividades militares (Vera et al., 2015).

Brasil enfrentó presiones internacionales para abandonar el desarrollo de lanzadores desde 1972. Estados Unidos, previo a la creación del MTCR, prohibió las exportaciones de tecnología espacial y vehículos de lanzamiento hacia Brasil para limitar su capacidad de construcción de misiles y acabar con su programa de cohetes (Consejo de Altos Estudios y Evaluación Tecnológica, 2010). Sin embargo, Brasil continuó con sus proyectos ya que su capacidad tecnológica los hacía independientes a las innovaciones externas. Esto no evitó que las modificaciones en el entorno afectaran su régimen y sus nichos.

En la segunda mitad de la década de 1980 el entorno fue desfavorable, ya que la crisis económica disminuyó el presupuesto militar y con esto, se truncaron proyectos espaciales; además, la creación del MTCR generó presión internacional sobre Brasil. La adscripción al MTCR no era obligatoria, pero buscando desarticular los lanzadores brasileños se impusieron castigos económicos. La reducción del presupuesto y el pago de estas sanciones retrasaron el desarrollo del VLS y pospuso la puesta en órbita del SCD-1 (Vilhena y Marins, 2007).

La resistencia del programa brasileño ante el escenario internacional se fundamentó en la colaboración tecnológica con otros países. Las presiones internacionales de Europa Occidental y Estados Unidos, abrieron la ventana para la creación de vinculación con otros países emergentes para crear estrategias conjuntas de desarrollo espacial, base que permitió en 1987 la creación del acuerdo Chino-Brasileño, en el cual China apoyaría en el desarrollo de lanzadores y construcción de satélites (Vilhena y Marins, 2007).

El fortalecimiento de Brasil en el sector lo alejó de la subordinación al MTCR, lo que generó un entorno de negociaciones. Estados Unidos cambió las presiones por proyectos conjuntos, que resultó en la serie de Cohetes Sondagem, un grupo de 50 lanzamientos desde el CLA (Consejo de Altos Estudios y Evaluación Tecnológica, 2010), con el objetivo de transferir la tecnología de lanzadores civiles y ofrecer incentivos para abandonar los militares, proyecto que no tendría éxito ya que no modificaron el régimen en Brasil. Sin embargo, la tendencia de transición internacional hacia esquemas de nichos de innovación totalmente civiles y actividades alejadas de las finalidades militares hizo insostenible la política brasileña.

La transición tecnológica se dio sobre la base de convenios. A inicios de 1990, Brasil creó un área de desarrollo espacial desvinculada de actividades militares, disolviendo la COBAE, y aceptando firmar el MTCR en 1995 (Consejo de Altos Estudios y Evaluación Tecnológica,

2010), sin perder sus avances en tecnología de lanzadores, adecuándolos a las regulaciones necesarias. Brasil, a diferencia de Argentina, no tuvo que limitar su especialización tecnológica en desarrollo de lanzadores. El efecto fue la diversificación de la trayectoria técnica, generando, junto con el área de tecnología espacial civil, la creación de acuerdos con China para la consolidación de proyectos satelitales.

2.5 Entorno nacional: estructura institucional y capacidad espacial (1991-1996)

El entorno socio técnico del SE se había modificado y se requerían cambios en las políticas y la estructura institucional para continuar el desarrollo de innovación. La especialización tecnológica tenía que orientarse al desarrollo de aplicaciones civiles y sin capacidad de uso dual. La nueva forma de intervención gubernamental requirió de cambios en los objetivos de política del sector, así como modificaciones en la estructura institucional.

Las restricciones internacionales y la reducción del gasto de gobierno, requirieron de la formulación de estrategias de desarrollo de innovación en un contexto de mercado sin incentivos para el sector privado y en el que el sector gubernamental tampoco contaba con la capacidad de sostener los proyectos como en décadas pasadas. Esto generó la necesidad de políticas de colaboración intersectorial, nacional e internacional. Además, la firma del MTCR obligó a realizar modificaciones que asegurarán la separación del sector militar y civil. Estos cambios fueron definidos por las nuevas Políticas Espaciales.

2.5.1 Política Espacial y Estructura Institucional: la transformación del sector

En Argentina y Brasil se presentó un fenómeno de coevolución de modificaciones en la estructura institucional y en las políticas públicas destinadas al desarrollo del SE, como respuesta a las modificaciones en el contexto, siempre acentuando la importancia de la intervención gubernamental en la formación del nuevo sistema sociotécnico. Argentina pasó por un proceso de reorientación del sector hacia actividades únicamente civiles. La desarticulación de la CNIE y su sustitución por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) en 1991, fue la respuesta ante las presiones internacionales y al MTCR.

La CONAE fue creada bajo dependencia exclusiva del Presidente de la Nación⁴² y con una estructura orgánica compuesta por once entidades del gobierno federal⁴³. Su objetivo es el diseño y la implementación de la PE así como el de un plan de actividades espaciales para atender las necesidades nacionales, siempre orientando los esfuerzos para fines pacíficos y civiles (Decreto 995/91, 1991).

Para cumplir con su objetivo, la CONAE puso en marcha el Plan Espacial Nacional (PEN) en 1994⁴⁴. Su objeto es mejorar la calidad de vida de las personas y la sociedad por medio del desarrollo de nuevas aplicaciones científicas que permitieran crear nuevas capacidades, empleos y aumento de la productividad en las industrias del país, así como desarrollo de conocimiento en múltiples áreas de la vida social (Decreto 2.076/94, 1994). Se estipuló que el PEN fuera revisado cada dos años para poder analizar sus avances y proponer modificaciones que se adaptaran a cambios en el entorno y necesidades nacionales, todo en un proceso de retroalimentación y evolución conjunta.

Con la creación del CONAE y el diseño del PEN, comenzó la nueva etapa del SE en Argentina, dejando atrás el desarrollo de tecnología de uso dual. Sin embargo, no fue el único cambio que se presentó. Después de la obtención de las posiciones orbitales 72 y 81 grados longitud oeste por medio de la Comisión Nacional de Telecomunicaciones, y ante la falta de capacidad para su uso por medio de satélites de manufactura nacional, el gobierno lanzó un concurso de licitación para ocupar las posiciones. La empresa ganadora fue Nahuelsat S.A., un consorcio constituido por Daimler-Benz-Aerospace (Alemania), Aerospatiale (Francia) y Alenia Spacio (Italia) (Castro, 1998).

Nahuelsat firmó en 1993 un contrato de adjudicación por medio de la Comisión de Telecomunicaciones obteniendo el monopolio de estos servicios durante 24 años (Castro, 1998). A cambio de este contrato la empresa se comprometía a desarrollar dos satélites para la explotación y administración de los servicios de telecomunicaciones, lo que aseguraba que

⁴² Eventualmente la CONAE cambiaría su posición en la estructura orgánica del gobierno pasando a depender del Ministerio de Planificación Federal y después al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación.

⁴³ Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio Internacional y Culto; Ministerio de Cultura y Educación; Ministerio de Defensa; Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos; Secretaría de Ciencia y Tecnología del Ministerio de Cultura y Educación; Secretaría de Comunicaciones; Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable.

⁴⁴ Este Plan comenzaría su implementación hasta 1995, sin embargo, aquí se toma en cuenta la fecha de su aprobación en la administración federal.

el gobierno no perdiera sus posiciones orbitales. Surgió de esta forma el Programa Espacial Nahuel (Castro, 1998), el cual, fallaría eventualmente, y representaría un cambio en la estructura institucional.

La PE en Argentina se orientó hacia actividades de desarrollo científico bajo cargo de la CONAE, pero también en el fomento comercial de telecomunicaciones, que daría entrada a la intervención privada en las actividades espaciales del país. Un factor adicional en la implementación de la política fue el desarrollo de manufactura espacial nacional, por medio de la empresa de capital gubernamental INVAP.

INVAP es uno de los pilares del desarrollo y la dinámica del sector en Argentina. Es el actor que juega el rol de principal en la manufactura satelital dentro del país. La diversificación de su producción, la capacidad auto aprendizaje y la convergencia de ciencias básicas en su aplicación para los sistemas de innovación, son algunos de sus rasgos distintivos. Surgió junto con la Política Nuclear de Argentina en la década de 1950 y se encargó del desarrollo de ciencia y tecnología en el área de la energía atómica (Drewes, 2014). Sin embargo con la desaparición del Plan Nuclear en 1992, la empresa tuvo que diversificar su producción y áreas de especialización para poder mantenerse en el mercado, entrando de esta forma en el desarrollo de tecnología espacial, en específico, al diseño y la manufactura de plataformas satelitales (Lavagnino, 2015). Su rol en el SE es vital, ya que se encarga de la manufactura de todos los satélites argentinos de administración gubernamental.

Brasil conservo parte de sus instituciones después de los cambios en el entorno, sin embargo, hubo modificaciones previas a la civilización del sector. El primero fue propuesto por el CTA en 1991 y consistió en la fusión del IPD con el IAES para conformar el Instituto de Aeronáutica y el Espacio (IAE) con la misión de realizar investigación y desarrollo en el campo de las ciencias espaciales (Vilhena y Marins, 2007). Además, el INPE propuso un cambio en el MECB para adaptarlo al nuevo escenario. Las modificaciones buscaban actualizar las fechas de entrega de proyectos retrasados, así como un cambio de perfil militar hacia uno orientado al sector civil. Sin embargo esto no ocurrió, ya que el Ministerio de Defensa no acepto (Vilhena y Marins, 2007).

Aún seguía la necesidad de una política con finalidad civil, por lo que en 1994, por medio del Decreto número 1. 332, se crea la Política Nacional de Desarrollo de Actividades

Espaciales (PNDAE), que se conformaba por el conjunto de acciones y proyectos por los cuales se buscaría desarrollar el SE, con orientación civil. Entorno al cumplimiento de los objetivos de esta política, se definieron modificaciones a la estructura institucional y a la trayectoria tecnológica. El programa más importante de la PNDAE es el Programa Nacional de Actividades Espaciales (PNAE) que contiene los objetivos estratégicos para el SE en el país (Consejo de Altos Estudios y Evaluación Tecnológica, 2010).

Para la implementación de la PNDAE y el cumplimiento del PNAE se crea la Agencia Espacial Brasileña (AEB) en 1994 por medio del Decreto número 8.854, la cual es de naturaleza civil. Se instauró bajo supeditación jerárquica a la Presidencia de la República, pero en 1996 fue traspasada al Ministerio de Ciencia y Tecnología, ya que la intención era que pudiera desarrollar actividades espaciales de forma descentralizada, al convertirlo en un órgano de coordinación autónoma.

El INPE también fue modificado en 1994, ya que se le dio mayor autonomía transformándolo en Órgano Específico Singular. Su función en el PNDAE es desarrollar conocimiento de tecnología espacial y la construcción de los lanzadores y cargas satelitales estipuladas en el PNAE, también tomó el papel de principal proveedor de la AEB y de manera conjunta se encargan de la implementación del PNAE (Consejo de Altos Estudios y Evaluación Tecnológica, 2010).

La complejidad del desarrollo de tecnología espacial es alta debido a la falta de incentivos de mercado a los actores privados y la incapacidad presupuestal del gobierno para ocuparse de todas las etapas de la cadena de valor. Por lo tanto, es necesario la conformación de una organización descentralizada que coordine los objetivos y esfuerzos de los actores que constituyen la estructura institucional e intersectorial. Bajo esta idea se creó en 1996 el Sistema Nacional de Desarrollo de Actividades Espaciales (SINDAE)⁴⁵, el cual se encuentra conformado por la AEB como órgano central y responsable de su coordinación, el INPE y el CTA como responsables de la ejecución de los proyectos, Ministerios de la República y representantes del sector privado y académico (Cupertino y Castilho, 2011).

⁴⁵ Su funcionamiento es detallado en el capítulo 4.

La estructura institucional de Brasil es más amplia que la de Argentina, ya que se conforma por una red de articulación que fomenta el desarrollo de actividades espaciales, todas centralizadas bajo un mismo PNAE, que es el principal medio de cumplimiento de la PE. Argentina, por su parte, define su estructura institucional por medio de organismos separados y de funcionamiento independiente, que pueden interactuar para desarrollar tecnología o realizarlo de manera individual. En ambos casos, para este periodo, la participación del sector privado ya era un elemento distintivo.

La PE en los dos países difiere en el elemento de centralización. Si bien la PE se rige por medio de los Planes de Actividades Espaciales, Argentina separa el desarrollo de actividades comerciales, dejándolo como tarea de instituciones diferentes a la CONAE, mientras que en Brasil, la PE se concentra en la AEB y no tiene líneas que evolucionen de manera paralela.

2.5.2 Proyectos de tecnología espacial: definición de la especialización tecnológica

Cada país modificó su trayectoria técnica en respuesta a las presiones internacionales, sobre todo de Estados Unidos, y cambiaron en mayor o menor medida su capacidad de desarrollo de tecnología espacial. Argentina fue el caso más representativo, ya que no pudo diversificar sus actividades, sino que reorientó sus esfuerzos y destruyó las bases de su trayectoria técnica de etapas anteriores.

A cambio del abandono de las actividades militares espaciales, Estados Unidos ofreció a Argentina un programa de transferencia tecnológica satelital para suplir el desarrollo de lanzadores (el programa Cóndor). De esta forma, en un acuerdo convenido entre la CONAE y la NASA, y establecido en el PNAE, se dio inicio al primer satélite de manufactura argentina, el Satélite Argentino de Observación Científica (SAC-B) que sería el primero de la serie de satélites SAC.

El SAC-B pesó cerca de 100 kilos y su finalidad era el dar servicios de observación de la tierra, sin embargo, a pesar de su puesta en órbita en 1996, solo tuvo una vida útil de unos días debido a un mal funcionamiento en el lanzador. A pesar de esto, su construcción marcó el comienzo de la especialización tecnológica. El SAC-B fue de manufactura argentina a cargo de INVAP en cooperación con la NASA (Drewes, 2014), lo que marcó el comienzo de una nueva forma de cooperación internacional, a través del vínculo entre la CONAE e

INVAP con entidades internacionales, es decir, articulación de la cadena de valor nacional como resultado de participación con entidades extranjeras.

Por el lado de las telecomunicaciones, Nahuelsat puso en órbita el Nahuel 1 que era el primer satélite del llamado Sistema Definitivo (Castro, 1998). Este tuvo capacidad para cubrir la región desde Tierra de Fuego hasta el sur de Estados Unidos. Sin embargo, Nahuelsat no pudo cumplir con las demás etapas del proyecto, dejando de lado un segundo satélite ya programado. Eventualmente le revocaron los derechos de administración de servicios de telecomunicaciones, y con una reforma en la Ley de Telecomunicaciones, el gobierno les quitaría la concesión y la otorgaría a una empresa de capital público, ARSAT.

La especialización tecnológica en satélites no se definió únicamente en el nivel gubernamental y privado, sino también en el civil. El primer satélite argentino en orbitar la tierra fue el Lusat-1, el cual surgió como proyecto de un grupo de radioaficionados sobre la base de un microsatélite desarrollado por Estados Unidos y lanzado en 1996 por la misión Ariane VI de la Unión Europea (Viano, 2011).

Esto definiría la importancia de la academia y la sociedad del espacio en el desarrollo del sector y la especialización tecnológica del país, que a pesar de la destrucción de sus avances anteriores, por medio de colaboración intersectorial e internacional, logró el cumplimiento de sus objetivos, definiendo las tendencias de articulación y participación gubernamental como elementos clave en el éxito de la PE.

En Brasil el escenario para los proyectos espaciales mostró un mejor escenario, ya que, dada su capacidad para enfrentar las modificaciones en el entorno, no perdieron el progreso logrado en periodos anteriores, sino que diversificaron su especialización tecnológica hacia los satélites. En 1993 se logró la puesta en órbita del satélite SCD-1, que fue el primer satélite de manufactura nacional, desarrollado por el INPE, cuyas finalidades eran para recolección de información meteorológica y prevención de eventos naturales (Vilhena y Marins, 2007).

Después de la creación de la AEB y la aprobación del PNAE, los proyectos vinculados con el desarrollo de lanzadores no fueron eliminados, y se continuó con su construcción. Entre 1989 y 1996 no se había conseguido realizar ninguna prueba de lanzamiento provocado por

las limitaciones presupuestarias. Sin embargo en 1997 se lanzó el VLS-1 desde el CLA, el cual llevaba una carga útil satelital de manufactura brasileña (Vilhena y Marins, 2007).

El lanzamiento presento mal funcionamiento y tuvo que ser detonado en el aire. Pero el aprendizaje obtenido, sentó las bases para el desarrollo futuro de la serie de cohetes, y para la apertura de nuevos proyectos. Eventualmente, con el aumento de la complejidad de la serie VLS, Brasil conformaría programas de colaboración tecnológica con Rusia. Esto representó un hito importante en el sector, ya que ahora los proyectos de colaboración internacional no solo tenían la intención de recibir tecnología, sino que se conformaban redes de retroalimentación e intercambio de conocimiento tecnológico.

Brasil pudo mantener la senda de su trayectoria técnica, fortaleciendo su especialización tecnológica en acceso al espacio y desarrollo satelital, todo de manera independiente y con capacidad de formar vínculos internacionales de desarrollo tecnológico. Sin embargo, no desvinculó las actividades militares de las civiles, y si bien la creación de la AEB tenía esa intención, la PNDAE y el SINDAE no se ocupan de eliminar la dualidad del SE.

2.5.3 El rumbo del Sector Espacial en México, un caso especial

Comenzando la década de 1990 en México se observaron dos tendencias en el desarrollo de actividades espaciales. Por un lado un proceso de privatización de los sistemas satelitales mexicanos, resultado del desinterés del gobierno mexicano por el desarrollo del SE; y por el otro, esfuerzos de colaboración en la generación de capacidad satelital impulsados principalmente por el sector académico, con alguna intervención gubernamental, pero sin intención de comenzar una trayectoria técnica.

Después de la adquisición del Sistema Satelital Morelos, a través de Telecomm se realizó la compra del Sistema Satelital Solidaridad, (Cinvestav, 2015), bajo un esquema de sistema llave en mano. Se conformó por dos satélites, los Solidaridad 1 y Solidaridad 2 puestos en órbita en 1993 y 1994, así como por la adecuación de un Centro de Control en Iztapalapa (Ciudad de México) y la construcción de uno nuevo en Hermosillo (Sonora) (Cinvestav, 2015).

A pesar de que la tecnología espacial en México se obtenía por medio de compras, el sector gubernamental mostró un ligero interés en estas actividades. Si bien su intervención no estaba

dirigida en fomentar el aumento de las capacidades nacionales en temas de tecnológicos, si se manifestaban intenciones de ofrecer servicios satelitales comerciales. Sin embargo, una modificación en el entorno crearía un nuevo escenario.

En 1995 se haría una reforma a la Ley de Telecomunicaciones, que tendría como resultado la creación de la empresa SATMEX, la cual fue puesta a la venta y adquirida en un 75% por Principia Loral Space & Communications, reservando el 25% para posesión del gobierno mexicano, aunque sin derecho a voto en las decisiones de la empresa. Esto se realizó junto con la compra de los sistemas satelitales Morelos y Solidaridad⁴⁶, (Cinvestav, 2015). Comenzaría de esta manera el proceso de privatización de las actividades satelitales en México.

De forma paralela al proceso descrito, se desarrollaba otro enfocado a la formación de tecnología satelital por medio de la colaboración entre el sector académico, apoyados, en parte, por algunas instituciones gubernamentales. El objetivo de estos proyectos era el comenzar la definición de nichos tecnológicos propios. La UNAM, por medio del PUIDE construyó el único satélite totalmente mexicano, el UNAMSAT-1⁴⁷. Este satélite fue completado, sin embargo, nunca llegó a ser puesto en órbita ya que fue destruido durante su lanzamiento en 1995 (Arreola y Mendieta, 2013). Un segundo satélite fue construido, el UNAMSAT- B, el cual aprovecho la experiencia y materiales del proyecto anterior se pudo reducir el tiempo de fabricación y adicionar mejoras incrementales. Fue puesto en órbita en 1996, aunque debido a las condiciones adversas del espacio, presento fallas y se deshecho en 1997 (Cinvestav, 2015).

Un proyecto adicional que buscó la formación de capacidad de tecnología nacional, por medio de la creación de cooperación académica en la década de 1990, fue el satélite SATEX 1 "desarrollado por un consorcio de instituciones mexicanas" (Cinvestav, 2015) conformado por once entidades educativas⁴⁸ (Arreola y Mendieta, 2013) apoyados por la Comisión

⁴⁶ También adquirió el Satélite Morelos 3, pero que se encontraba en etapa de construcción. Eventualmente se nombraría como SATMEX 5 y fue puesto en órbita en 1998.

⁴⁷ En la construcción del satélite participaron pasantes de ingeniería en cómputo, electrónica y mecánica, con apoyo del Instituto de Física.

⁴⁸ entre las que estuvieron el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE), el Centro de Investigación y Estudios Avanzados (Cinvestav) del Instituto Politécnico Nacional (IPN), el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica

Federal de Telecomunicaciones (Cofetel) y el CONACYT (Arreola y Mendieta, 2013). Sin embargo, este no pudo ser concluido debido a insuficiencia presupuestal, pero dejó aprendizaje y lecciones sobre la importancia de la colaboración intersectorial.

Se observan las dos tendencias paralelas que se presentaron en México durante este periodo. Pero la venta a empresas extranjeras sería la línea a seguir por parte del gobierno mexicano, y solo hasta 2010, regresaría la participación gubernamental por medio de un nuevo sistema satelital adquirido como sistemas llave en mano. Una segunda modificación a la Ley de Telecomunicaciones permitió la privatización total de SATMEX, la cual fue comprada en 2013 por un nuevo propietario, Eutelsat Communicatios, la cual buscó aumentar la flota de satélites.

Al mismo tiempo que se concretó el proceso de venta, el gobierno mexicano decidió adquirir el Sistema Satelital Mexicano (MEXSAT) a través de la SCT, en 2010, administrado por Telecomm, conformado por los satélites Bicentenario, Centenario y Morelos III (Arreola y Mendieta, 2013). Se espera que cubra las necesidades de telecomunicaciones del país en caso de que SATMEX no logre poner en órbita el SATMEX 7 y SATMEX 8. En el Anexo 2, el Cuadro 1 muestra los satélites en México desde el Morelos 1 y sus cambios en el proceso de privatización.

2.6 Conclusión del recorrido histórico

La participación gubernamental es un elemento indispensable en el desarrollo del SE, ya que por medio de su intervención se construye la estructura institucional y la especialización tecnológica. Esta característica permite que en momentos coyunturales, el SE no se desarticule. Sin embargo, la tendencia a la civilización del SE implicó la reformulación de la PE y la reestructuración y ampliación, en Argentina y Brasil respectivamente, de los elementos que definen el entorno socioeconómico espacial.

La década de 1990 marcó el inicio de una nueva dinámica en el SE, en la cual la redefinición de la PE se fundamentó en la colaboración intersectorial y el diseño de instituciones que respondieran al desarrollo de tecnología de aplicación civil, así como la formación de redes

(INAOE), el Instituto de Ingeniería de la UNAM y la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP) (Cinvestav, 2015).

de vinculación para el cumplimiento de los objetivos del sector. La importancia de la PE radica, no solo en su potencial para el desarrollo del sector, sino también en que define los objetivos nacionales en los cuales se fundamentan los esfuerzos en la implementación de proyectos espaciales.

El contexto internacional, las limitaciones del desarrollo tecnológico y la complejidad de la innovación plantean un escenario en el que la intervención gubernamental se debe enfocar en la formación de coordinación en torno al cumplimiento de los objetivos de la PE. Se vuelve necesaria la creación de instituciones responsables de la construcción de las redes y con capacidad de asegurar la articulación de actores intersectoriales.

La participación del sector gubernamental se debe modificar de un enfoque centralizado de implementación de políticas, hacia uno fundamentado en la colaboración bajo el nuevo enfoque de gobernanza. La ejecución de instrumentos destinados al fomento de desarrollo de innovación y construcción de encadenamientos productivos se vuelve indispensable para el desarrollo del sector. Se necesitan de incentivos que permitan a los actores vincularse en el cumplimiento de los objetivos de la PE, así como formar la masa crítica de capital humano capacitada para iniciar procesos de convergencia tecnológica.

Capítulo 3. Construcción de la Política Espacial y las Estrategias Públicas y Privadas para el desarrollo del Sector Espacial

3.1 Introducción

En el desarrollo del SE, la PE es el eje articulador de los objetivos nacionales vinculados con actividades espaciales. Define las prioridades del SE y describe las líneas generales que lo guían, y también los temas de interés de vinculación internacional. Por medio de la PE se definen los roles, las responsabilidades y los vínculos entre actores necesarios para su implementación (Space Foundation, 2013).

El objetivo de este capítulo es identificar cuáles son las características de la PE que favorecen el desarrollo del SE y como su vínculo con programas e instrumentos de fomento a la innovación es necesario para la implementación de proyectos. Se reconoce que la focalización de objetivos y el aprovechamiento de la especialización tecnológica facilitan la dinámica de innovación y que, junto con la continuidad en el largo plazo, plantean el escenario para la construcción de redes de innovación. Además, se analizan algunas características de los instrumentos de apoyo a la PE que actúan a favor de su ejecución

Las PE debe estar fundamentada sobre la base de las capacidades y las necesidades nacionales. En actividades intensivas en tecnología, no es adecuado buscar cerrar la brecha tecnológica con los países más adelantados, sino construir las propias (Hurtado, 2014) en función de la estructura institucional y la especialización. Para conocer su orientación (de la PE) y el papel que juega en beneficio de la sociedad, se deben considerar sus objetivos, su estructura y los proyectos y misiones espaciales que buscan desarrollar el SE.

En Brasil la PE busca aumentar la productividad de la industria, mientras que en Argentina el uso de la tecnología espacial está enfocado a generar información en beneficio de la sociedad. En estos dos países, la estructura de la PE y los proyectos implementados responden a sus necesidades, manteniendo estabilidad en las políticas y renovando los programas conforme se crean nuevas capacidades o se modifica el entorno. En México la PE presenta problemas en la focalización de los objetivos, dando como resultado una amplia diversificación de sus actividades planeadas, lo que acompañado de la falta de

especialización tecnológica y la inexistencia de la estructura institucional adecuada, imposibilita su implementación.

En este escenario, las políticas públicas son la forma en que el sector gubernamental interviene en el fomento y evolución de los sistemas de innovación. Esto ocurre a través de múltiples niveles (Geels, 2006a) y de diversos programas que buscan dar acceso a recursos para inversiones en tecnología. Por lo tanto las políticas públicas, y sus instrumentos, son un elemento que ayuda a determinar el grado de desarrollo tecnológico (Mazzucato, 2011).

En Argentina y Brasil la presencia de estos incentivos es fundamental en el cumplimiento de los objetivos de la PE, ya que por medio de ellos se ha logrado generar tecnología para el SE. Además se han diseñado políticas cuyos objetivos se relacionan de manera paralela con la PE, como lo son las políticas de telecomunicaciones y acceso a internet. En México, por el contrario, son pocos los instrumentos de apoyo, además de inadecuados.

Las políticas de compras gubernamentales, otro tipo de instrumentos que buscan fomentar la innovación, han arrojado resultados diferentes, ya que, mientras que en Argentina han incentivado la construcción de cadenas nacionales de producción, en Brasil los beneficios han sido menores. México ha concentrado sus compras a sistemas llave en mano, con nula transferencia de conocimiento y sin ningún beneficio para productores nacionales.

La implementación de la PE requiere de la creación de colaboración intersectorial y multidisciplinaria, así como de la conformación de nuevas unidades tecnológicas y de conocimiento (DDPE, 2010). Esto hace necesarias a las políticas destinadas a facilitar la vinculación entre actores heterogéneos con objetivos e intereses diversos. Las políticas públicas se convierten en un canal por medio del cual el sector gubernamental asegura el desarrollo de innovación y la creación de redes bajo un enfoque de nueva gobernanza basada en la densidad de las redes creadas (Casalet, 2015). Por lo tanto, la presencia de instrumentos y programas de políticas de innovación es necesaria en la formación del SE.

Para mostrar el objetivo del capítulo, en el primer apartado se hace un análisis comparativo sobre la PE para diferenciar el perfil en Argentina, Brasil y México de acuerdo con su objetivo, su estructura y sus respectivas misiones. Después se identifican las políticas que se vinculan con la PE y las maneras en que fomentan la formación de capital humano, la innovación, la

construcción de cadenas de producción y la formación de una sociedad del espacio. Por medio de estos elementos, se puntualizan las características que son de apoyo al desarrollo del SE desde una perspectiva de políticas públicas.

3.2 La Política Espacial: definición del perfil y estrategias del sistema de innovación

El diseño de la PE implica la participación del gobierno en la definición de las actividades vinculadas con el espacio. Por medio de los proyectos y objetivos de la PE, se establece el perfil del SE conforme a las necesidades nacionales, sustentado en la estructura institucional y especialización tecnológica resultante del proceso histórico. También considera el escenario internacional en el cual se desenvuelve, para aprovechar las oportunidades y lograr insertarse en la cadena de valor.

La reconstrucción histórica permite identificar el perfil de la PE en los países analizados. Argentina con base en una estructura institucional orientada a actividades espaciales de naturaleza civil y con especialización tecnológica en satélites, definió su PE en torno a la generación de información y el desarrollo de las telecomunicaciones. Brasil, cuya estructura institucional incluye al sector militar, y según a su especialización tecnológica en satélites y lanzadores, diseñó una PE enfocada al desarrollo industrial y militar soportado sobre una red de actores más amplia.

México es un caso diferente, ya que para finales de 1996, no contaba con estructura institucional ni una especialización tecnológica base para el diseño e implementación de la PE. Es en 2010 que el SE regresa a la agenda de políticas del gobierno federal, promulgando la Ley que Crea la Agencia Espacial Mexicana⁴⁹ encargada del diseño e implementación de la PE y la eventual creación del PNAE con las líneas estratégica a seguir para incentivar la creación de tecnología nacional.

3.2.1 Objetivos y Estructura de la Política Espacial

En los países analizados el documento base de la PE es el PNAE, o PEN en Argentina, en el cual se establecen los objetivos, los programas y proyectos, las líneas de acción y los actores

⁴⁹ Diario Oficial de la Federación 30-07-2010.

participantes en la implementación de la PE. Su similitud radican en ser la línea guía del sector, pero de manera interna, presentan estructuras diferentes.

La PE en Argentina constituye una muestra de estabilidad a largo plazo, observable a través del PEN. Desde su primera versión aprobada en 1994, definió la estructura base de los proyectos vinculados al SE, presentando únicamente modificaciones incrementales conforme aumentó la capacidad de desarrollo tecnológico del país. El objetivo del PEN es crear información de utilidad para satisfacer necesidades nacionales por medio de la generación de datos, y su uso en el desarrollo de tecnología espacial en todos los eslabones de la cadena de valor (CONAE, 2004: 2). Para lograrlo se requiere de la creación de un Ciclo de Información Espacial Completo⁵⁰, el cual está conformado por seis Ciclos de Información Espacial (CIE).

A partir de los CIE se desagregan dos niveles de programas y acciones para darles cumplimiento. El PEN considera la articulación entre actores de diversos sectores como un elemento indispensable la implementación de los programas para generar los CIE, por lo cual diseñó un segundo nivel conformado por los Planes de Acción Concertadas (PAC)⁵¹ (CONAE, 2010), que se sustentan en la cooperación entre la academia, el gobierno y el sector privado.

El último nivel de desagregación del PEN corresponde a los Cursos de Acción, los cuales sirven de base para la implementación de los CIE y los PAC, ya que definen las acciones por medio de las cuales se busca desarrollar el sector, estableciendo las características de las misiones espaciales. Se diseñaron cinco Cursos de Acción para el cumplimiento del desarrollo del sector⁵². Los elementos analizados del PEN se pueden observar en el Cuadro 2, de la parte de Anexo 3.

En Brasil, el PNAE ha tenido modificaciones desde su primera publicación, característica observable en las versiones de 2005 y 2012. Estos cambios no fueron solamente en los alcances y objetivos particulares, sino también en las líneas de acción y proyectos definidos,

⁵⁰ De acuerdo con el PEN, este Ciclo reúne el conjunto de etapas que comprenden el censado, generación, transmisión, procesamiento, almacenamiento, distribución y uso de la información espacial.

⁵¹ Los cuales tienen como objetivo “coordinar acciones para la formación de recursos humanos y el desarrollo de tecnologías en el área espacial, así como la mejora de la gestión pública mediante el uso de la información espacial” (CONAE, 2004: 41).

⁵² Este es el nivel de agregación que será considerado para realizar el análisis de redes en el próximo capítulo. Por lo tanto, los actores participantes no se especifican de manera detallada en este apartado.

buscando la simplificar la PE por medio de la agrupación de programas. El único elemento fijo ha sido el objetivo general, que prioriza el dominio y desarrollo de tecnologías espaciales críticas para el desarrollo industrial y la búsqueda de autonomía sobre la innovación espacial⁵³ (Decreto N° 1332, 1994).

A pesar de que la estructura de los documentos no es la misma, existen elementos comparables. El primero son las Líneas de Acción Estratégicas⁵⁴, que definen los principios sobre los cuales debe fundamentarse la implementación de la PE. La diferencia principal entre los periodos radica en que en el segundo PNAE, la búsqueda del fortalecimiento del sector se basa en la colaboración a nivel nacional e internacional, así como en la formación de estructura institucional, vinculada tanto al desarrollo tecnológico como a la parte normativa del SE para reglamentar y legislar las actividades espaciales.

El segundo elemento de análisis son los Objetivos Prioritarios, los cuales son la parte más estable de la PE. Se enfocan al desarrollo de la industria nacional y la creación de procesos de transferencia tecnológica de los centros de investigación y empresas públicas hacia el sector privado, en busca de la independencia tecnológica. Además, se da importancia a la gobernanza en la implementación de la PE.

Un tercer elemento se refiere a los Ejes de la Política Espacial (EPE), los cuales presentan modificaciones estructurales. En el primer periodo, los EPE se constituían de acuerdo con las actividades del SE, definiendo proyectos para cumplir objetivos a partir de las capacidades de cada área. Para el segundo periodo ya no giran en torno a las actividades espaciales que se pueden desarrollar, sino en función de los objetivos definidos.

El último elemento son las Actividades de Apoyo a la Industria. Para el PNAE del segundo periodo, estas Actividades se vinculan con los EPE, ya que estos últimos están orientados hacia el fomento industrial, objetivo principal de la PE. Esto define una política articulada, que permite una mayor focalización de esfuerzos. En cambio, el PNAE del primer periodo

⁵³ El documento guía para el desarrollo del PNAE en Brasil es el Programa Nacional de Desarrollo de Actividades Espacial (PNDAE), el cual define el objetivo más general del SE, “avanzar en la capacidad nacional, de conformidad con un criterio apropiado, para utilizar técnicas y recursos espaciales en la solución de problemas nacionales y beneficio de la sociedad brasileña”.

⁵⁴ En el PNAE del periodo 2005 a 2014 se refiere a los puntos que conforman la Estrategia de Implementación, y en el de 2012 a 2021 considera las Líneas Estratégicas

especifica un conjunto de líneas no vinculadas con los EPE (AEB, 2005; AEB, 2012). La estructura comparativa descrita se observa en el Cuadro 3 del Anexo3.

La PE en México presenta una estructura más elaborada, ya que se encuentra sustentada en múltiples documentos⁵⁵, adicionales al PNAE. Sin embargo esta característica dificulta su implementación. A diferencia de Argentina y Brasil, el objetivo de la PE no se encuentra delimitado, es decir, busca ofrecer soluciones en todas las áreas vinculadas con el SE, sin focalizar las actividades en el cumplimiento de una sola meta. Este problema ha generado modificaciones en la estructura interna del PNAE, resultado de un conjunto de acciones tan amplio que impide definir la especialización tecnológica.

Desde la creación de la AEM, se han emitido dos versiones del PNAE, para 2011-2015 y 2013-2018. Al igual que Brasil, su estructura se simplifica entre periodos ya que, mientras que la primera versión se divide en cuatro niveles, la segunda solo en tres. Y al igual que Argentina, estos niveles, para las dos versiones son definidos de manera escalonada.

En el periodo 2011-2015 la articulación de la PE se define en torno a Ejes, mientras que en el segundo comienza por Objetivos, los cuales debido a una mejor definición, no pierden el sentido de las actividades. Las estrategias por las que se busca cumplir la PE se redujeron, sin que esto implicara una simplificación de las acciones, ya que solo se concentraron en un menor número de actividades, pero de mayor alcance (AEM, 2011; AEM, 2013a). El comparativo de los elementos analizados se observa en el Cuadro 4 del Anexo 3.

3.2.2 Proyectos y Misiones Espaciales

El cumplimiento de los objetivos de la PE requiere de planes y misiones espaciales por medio de las cuales se desarrolle la tecnología que de forma al sistema de innovación. La definición de estos proyectos es el resultado de las necesidades y capacidades de cada país, y por medio

⁵⁵ Estos documentos son: el Plan de Orbita Nacional (PON); Programa Nacional de Actividades Espaciales (PNAE); Catálogo y análisis de capacidades de investigación y desarrollo tecnológico espacial en México; Líneas Generales de la PE en México; Agenda Ciudadana de Ciencia, Tecnología e Innovación; Diagnostico anual de oferta y demanda de capital humano en el campo espacial en México (AEM, 2013c, 2014); Proyecto multiinstitucional de formación de capital humano en el campo espacial en México (PMCH).

de un proceso de retroalimentación como parte de la dinámica de coevolución, se define en conjunto con la PE⁵⁶.

En el caso de Argentina, la estructura institucional se encuentra enfocada al desarrollo de tecnología civil, por lo tanto, la construcción de lanzadores no fue considerada dentro de sus proyectos y la especialización en satélites fue la base para la implementación del PEN. Conforme se dio el proceso de coevolución de tecnología con políticas, se creó un nuevo nicho tecnológico, el de cohetes sin capacidad de uso dual. En Brasil, la inclusión del Ministerio de Defensa en el SINDAE, permitió orientar los proyectos hacia usos militares, lo cual, soportado por la especialización tecnológica en misiles y satélites, llevó la implementación de programas para crear misiones espaciales completas.

Lo anterior se observan al analizar los proyectos definidos para cada país, dividiéndolos en actividades satelitales, misiones de acceso al espacio y construcción de infraestructura terrestre. En este campo, México presenta el mayor rezago. Después de la cancelación de los proyectos de la CONEE, los sistemas satelitales en México se volvieron de propiedad privada y las futuras adquisiciones se dieron por medio de compra de sistemas llave en mano, olvidando el desarrollo de tecnología de lanzamiento.

En Argentina la continuidad en la estructura de la PE y del PEN ha permitido el desarrollo de series satelitales. La primera fue la serie SAC los cuales comenzaron con la puesta en órbita del SAC-B y se continuó hasta la planeación del SAC-G (CONAE, 2004; CONAE, 2010; De Dicco, 2007a). También se diseñó el Sistema Italo- Argentino de Satélites para la Gestión de Emergencias (SIASGE) el cual, por medio de un convenio con la Agencia Espacial Italiana (ASI), busca ser el primer sistema satelital del mundo para la prevención y alerta de catástrofes, lo que para Argentina representó la creación de la serie de Satélites Argentinos de Observación con Microondas (SAOCOM)⁵⁷ (CONAE, 2004; CONAE, 2010; De Dicco, 2007b).

⁵⁶ Esto se refiere al hecho que el avance tecnológico implica generación de mayores capacidades del país, permitiendo redefinir la PE con una base más amplia de proyectos.

⁵⁷ Cuyo instrumento principal es un Radar de Apertura Sintética (SAR) siendo la primera plataforma satelital argentina que cuente con él. Cada SAOCOM (1 y 2) se corresponde para cada etapa del SIASGE (I y II).

Adicionalmente, se tienen programados proyectos satelitales enfocados al aprovechamiento de nichos tecnológicos, en especial, el desarrollo de satélites pequeños, como la serie SARE⁵⁸ (CONAE, 2010; Alonso, Kuba y Caruso, 2007). Además, conforme se consolidó la tecnología satelital se fueron abriendo nuevas oportunidades de desarrollo tecnológico, de modo que para el PEN 2004-2015 se incluyó la creación de capacidad de acceso al espacio. Así fue que se implementó el proyecto Tronador⁵⁹, el cual consiste en el desarrollo de un lanzador con capacidad para poner en órbita plataformas satelitales y carga útil, cumpliendo con los requisitos establecidos por el MTCR (De Dicco, 2007c, 2008).

La baja capacidad de desarrollo de cohetes en Argentina, en comparación con Brasil, se explica por la especialización tecnológica con la que contaban cuando se puso en marcha el primer PEN, que era fundamentalmente satelital. Sin embargo, en el área de Infraestructura Terrestre, Argentina presentó grandes avances con la construcción del Centro Espacial Teófilo Tabanera en donde se puso en marcha el Centro de Control de Misión, el Laboratorio de Integración y Ensayos, el Laboratorio de Medición de Antenas y la Estación Terrena Córdoba (Drewes, 2014).

Un elemento adicional de la PE en Argentina, es la inclusión de instituciones gubernamentales diferentes a la CONAE. Una de las más importantes es ARSAT⁶⁰, la cual se creó en 2006, después del fracaso de la empresa Nahuelsat. Incluida dentro de la PE, se encarga de desarrollar la Serie Satelital ARSAT. Al ser una empresa de capital público, es considerada una institución del sector gubernamental, y sus proyectos se encuentran vinculados con el Plan Argentina Conectada. Además, es una de las dos responsable, junto con INVAP, del proyecto de infraestructura más exitoso en América Latina, el Centro de Ensayos de Alta Tecnología (CEATSA), el cual le dio independencia de realización de pruebas de plataformas satelitales. Estos proyectos se pueden apreciar en el Cuadro 5 del Anexo 3.

⁵⁸ La cual se compone por una constelación de satélites livianos intercomunicados y cuyos instrumentos se unen para funcionar como uno solo.

⁵⁹ Este consta de dos etapas, en la primera se desarrollaron pruebas de lanzamiento con el Tronador I, para concluir con un vehículo de lanzamiento con un tamaño diez veces mayor, el Tronador II.

⁶⁰ La Empresa Argentina de Soluciones Satelitales Sociedad Anónima ARSAT es creada por la Ley 26.092 el 5 de abril de 2006.

En Brasil las modificaciones estructurales en el PNAE han generado cambios en las misiones y proyectos. Sin embargo, dada su especialización tecnológica diversificada y una estructura institucional sin limitantes para el desarrollo de tecnología de lanzamiento, se diseñaron un conjunto de misiones más amplio.

El desarrollo satelital presentó importantes avances. La primera serie de dos satélites, derivada de la MECB, fueron los SCD⁶¹. El proyecto mantuvo su continuidad después de la implementación del PNAE, aunque solo se desarrollaron dos de los cinco satélites inicialmente contemplados en el MECB (Vilhena y Marins, 2007). Otro de los proyectos que se mantuvo fue la serie CBERS que se compone por cinco satélites que han sido puestos en órbita entre 1999 y 2014⁶².

Con el inicio del PNAE no solo se retomaron proyectos heredados, también se diseñaron nuevos satélites, de los cuales, algunos comenzaron como acciones desarticuladas, pero conforme aumentó la capacidad tecnológica y organizacional, y con las modificaciones estructurales de la PE, se convirtieron en proyectos satelitales unificados. Esto se puede observar con los Satélites Amazonia⁶³, el Satélite de Radar de Apertura Sintética (SAR)⁶⁴, el Satélite Lattes⁶⁵ y el Satélite Meteorológico Brasileño (GEOMET-1)⁶⁶ (AEB 2005; AEB, 2012).

⁶¹ Cuya misión general era retransmitir los datos recabados por sus instrumentos a estaciones terrenas, especialmente de información ambiental.

⁶² Sus aplicaciones consisten en la generación de imágenes de la tierra para aplicaciones científicas y de defensa con el objetivo de crear independencia tecnológica para mejorar la gobernabilidad del territorio.

⁶³ La serie de satélites Amazonia se compone por tres plataformas las cuales tiene como propósito la observación de la región amazónica con propiedades de vigilancia y seguridad. La definición del proyecto surgió con las modificaciones del PNAE en su versión de 2012-2021 e incorporo, al menos para el Amazonia 1, la misión y objetivos del Satélite de Teledetección Remota (SSR-1) planeado en la versión anterior del PNAE. El lanzamiento del primer satélite de la serie estaba programado para 2015, sin embargo fue pospuesto hasta 2017.

⁶⁴ En el PNAE de 2005 se definió la implementación de un proyecto de un SAR y el diseño de una plataforma satelital para su puesta en órbita, con lo que se buscaba poder obtener imágenes satelitales de alta resolución. Sin embargo, este fue consolidado como un proyecto satelital hasta el 2012, con lo que se incorporó dentro de una misión satelital, llevándolo más allá de un programa de radares.

⁶⁵ Los proyectos Satélite de Investigación de la Atmosfera Ecuatorial (EQUARS) y el Monitor e Imágenes de Rayos X (MIRAX) fueron diseñados como satélites pequeños independientes uno del otro. Para el PNAE de 2012 se consolidaron estos proyectos en una sola misión, el Satélite Lattes. Su lanzamiento se tiene planeado para el 2018.

⁶⁶ En 2005 se diseñaron dos proyectos destinados a facilitar el acceso a información meteorológica y su recolección y administración. Estos fueron el desarrollo de Carga Útil Meteorológica para un satélite geoestacionario y un Sistema de Monitoreo de Precipitación, con ellos se buscaba aumentar la contribución de Brasil al Programa Global de Medición de la Precipitación. Estos proyectos se unificaron, posteriormente en el GEOMET-1.

La focalización de esfuerzos en proyectos unificados aumentó la capacidad de desarrollo espacial, que fue aprovechada para la implementación de nuevos sistemas. Uno es el programa satelital conjunto más importante de la región latinoamericana, el Satélite SABIA-Mar el cual será el resultado del trabajo conjunto entre Brasil y Argentina, por medio del INPE y la CONAE⁶⁷ (De Dicco, 2007a). El otro proyecto es la serie de Satélites Geostacionarios de Defensa y Comunicaciones Estratégicas (SGDC), que se compone de dos plataformas (SGDC-1 y SGDC-2). En estos se hace evidente la orientación militar de la PE ya que dentro de sus objetivos se encuentra asegurar la comunicación en beneficio del sector gubernamental, civil y militar⁶⁸.

Las actividades vinculadas con el desarrollo de lanzadores tuvieron un proceso similar, ya que el proyecto heredado de la MECB mantuvo su continuidad, además de que se crearon nuevas misiones. El proyecto VLS se definió como un objetivo del PNAE, buscando aprovechar el conocimiento acumulado, por lo que, después de las pruebas de lanzamiento del VLS-1, se aprobó el desarrollo del VLS-2 y se mantiene en fase de estudio la viabilidad del diseño los cohetes VLS-ALFA y VLS-BETA, planeados para ser concluidos en 2018 y 2020 respectivamente. Además, hubo dos los proyectos de lanzamiento nuevos, resultado de colaboración internacional, la serie Vehículos de Lanzamiento Booster (VSB)⁶⁹ y el proyecto de Vehículo de Lanzamiento de Micro Satélites⁷⁰ (AEB, 2012).

El desarrollo de infraestructura terrestre se ha mantenido estable, destacando la construcción de tres instalaciones, todas como parte del INPE. El Laboratorio de Integración y Pruebas, en el cual se realizan las pruebas de validación vinculadas con actividades espaciales y el Laboratorio Asociado de Propulsión y Combustión donde se desarrolla combustibles e hidrosina para las misiones de lanzamiento (AEB, 2005). Adicionalmente se construyó el

⁶⁷ Tiene como misión el monitoreo de la temperatura y color de las aguas oceánicas y su medio ambiente. Su lanzamiento está planeado para 2019.

⁶⁸ Así como llevar internet de banda ancha a zonas de difícil acceso. El lanzamiento del SGDC-1, primero de la serie, estaba planeado para 2014, sin embargo fue pospuesto hasta 2016. El SGDC-2 tiene planeada su puesta en órbita en 2019.

⁶⁹ Proyecto destinado al lanzamiento de experimentos científicos y tecnológicos a nivel suborbital, cuyo desarrollo se lleva a cabo en colaboración con la Agencia Espacial Europea (ESA).

⁷⁰ El cual tiene por objetivo poner en órbita satélites de con un peso máximo de 150 kg, de manera que la periodicidad de los lanzamiento sea más continua, además es el resultado de colaboración con Alemania.

Centro de Rastreo y Control Satelital. Los proyectos vinculados al SE en Brasil se observan en el Cuadro 6 en el Anexo 3.

Un escenario diferente se presenta en México. A pesar del poco tiempo que ha tenido la AEM para implementar el PNAE, se han diseñado proyectos de satélites, cohetes e infraestructura terrena, aunque no han presentado los resultados esperados. Las acciones entorno al desarrollo satelital tiene como objetivo la construcción de un sistema de emergencia de alerta temprana, el cual se encuentra estancado en etapa de diseño (AEM, 2016).

Los proyectos más avanzadas se vinculan con la capacidad de lanzamiento y la infraestructura terrena. La intención de construir un lanzador de microsátélites se lleva en conjunto entre la AEM y la Universidad Politécnica de Chiapas⁷¹ y si bien la construcción del prototipo aún no se ha iniciado, se cuenta con la voluntad de las instituciones para su realización. Por la parte de infraestructura, está la construcción de la Estación de Recepción de Información Satelital para generar capacidades de observación de la tierra, la cual contará con la antena ERIS⁷² en Chetumal, que busca generar una acervo de imágenes satelitales (ASF, 2013; AEM, 2015).

Existe un documento adicional que forma parte de la PE en el cual se pueden identificar proyectos, los cuales, sirven para confirmar la falta de focalización de la especialización tecnológica. El Plan de Órbita Nacional (PON)⁷³ (AEM y ProMéxico, 2012) buscó crear infraestructura industrial, un centro de validación y pruebas, e instituciones de Asociación Público Privadas (APP) con la intención de funcionar no solo como empresas productoras, sino también como canales de vinculación para la construcción de plataformas satelitales. El problema con el PON fue su implementación, ya que el presupuesto considerado en su elaboración no fue aprobado, convirtiendo sus objetivos en letra muerta.

Una de las características que diferencia la PE en México, respecto de Argentina y Brasil, es la diversificación de sus objetivos y acciones. No solo buscan el desarrollo de los elementos en comparación, sino también el reconocimiento a nivel internacional por los esfuerzos en la

⁷¹ Con recursos gestionados por el Fondo AEM-CONACYT.

⁷² Esta antena se encuentra en etapa de rehabilitación para su adecuado funcionamiento.

⁷³ Proyecto único en comparación con Argentina y Brasil, ya que fue elaborado con una metodología de mapa de ruta de negocios en colaboración de múltiples actores intersectoriales. De los países analizados, ninguno otro cuenta con un documento público de esta naturaleza.

creación de una sociedad del espacio y funcionar como articulador entre actores a nivel nacional e internacional. En el Cuadro 7, del Anexo 3, se observa la diversificación de proyectos destinados a estos temas. Especial énfasis es puesto en la atracción de congresos de instituciones espaciales internacionales y el fomento a cursos y conferencias sobre el tema, característica que no es fomentada de la misma forma en Argentina y Brasil.

3.3 Las Políticas Públicas como fomento a la vinculación

Los procesos de convergencia y la construcción de redes de colaboración requieren de la creación de relaciones intersectoriales. Para los agentes resultará atractiva la cooperación siempre que los beneficios obtenidos sean mayores que los costos (Antonelli, 2007). La manera de fomentarlo es por medio de la creación de incentivos que permitan superar la complejidad de la creación de nuevo conocimiento. El rol del gobierno es preparar el escenario adecuado para fomentar articulación en torno a la innovación a través de políticas públicas que faciliten canales de vinculación y aminoren el riesgo de invertir en nuevas aplicaciones (Casalet, 2015).

En el SE, el desarrollo de innovación requiere de la intervención gubernamental por medio de programas e instrumentos de políticas públicas para apoyar en la implementación de los proyectos definidos en la PE. Estos incentivos deben fomentar la conformación de redes de innovación, de encadenamientos productivos y la creación de masa crítica de capital humano para transmitir y absorber el conocimiento. El gobierno se convierte en el agente líder del proceso de formación del sector, soportando la creación de nichos de innovación y de nuevas tecnologías (Mazzucato, 2011). Los programas y acciones mencionadas para los tres países, se observan en los Cuadros 8, 9 y 10 de la parte de Anexo 3.

3.3.1 Acciones de formación de Capital Humano

Tanto Argentina como Brasil han incentivado la divulgación de las ciencias vinculadas con el SE en todos los rangos de edad, implementado proyectos destinados a fomentar la creación de la cultura del espacio en niños y escuelas primarias, y el desarrollo de aplicaciones y proyectos que buscan fomentar el interés de la sociedad civil con conocimiento en ciencias espaciales, a esto se adicionan la construcción de centros especializados de formación de

capital humano. Es en esta área en la que México presenta los avances más importantes en materia espacial.

3.3.1.1 Formando la Sociedad del Espacio

Para fomentar la importancia del espacio en niños y jóvenes, en Argentina se implementó el “Programa de Entrenamiento Satelital para Niños y Jóvenes 2MP”, en 2004, y busca que alumnos de escuelas primarias, desde los 8 años, puedan conocer y acceder a información generada por aplicaciones satelitales y usar este conocimiento en su vida diaria⁷⁴ (CONAE, 2004). Brasil inicio el programa AEB- Escuela en 2003, con el que buscan divulgar la importancia de los temas relacionados con las ciencias espaciales entre los niños y jóvenes por medio de prácticas vivenciales e incentivar la creación de vocación en los niños (AEB, 2005; AEB, 2012).

En México el fomento de la cultura del espacio en niños y jóvenes ha sido su mayor campo de acción. Dentro de los proyectos representativos⁷⁵ se encuentra la revista de divulgación pública “Hacia el Espacio”, en la cual se presentan contenidos tanto especializados como de interés general relacionados con el espacio, que además tiene una sección específica en la página virtual destinada al público infantil, “Espacio de los Niños”. También se cuenta con el portal educativo, “Escuela del espacio”. Además se han realizado concursos de arte espacial para jóvenes y niños, así como la conformación de vínculos con museos donde se presentan exposiciones relacionadas con los temas de las ciencias espaciales (AEM, 2011; AEM 2013; AEM y ProMéxico, 2012; AEM, 2015).

También se ha fomentado el interés de personas adultas y científicos de la sociedad civil por medio de apoyos económicos y facilitación de acceso a tecnología. Argentina desarrolló, a la par del programa 2MP, el Software de Procesamiento de Imágenes (SoPI), en colaboración de la CONAE y la empresa SUR, con el objetivo de ayudar en la visualización, procesamiento

⁷⁴ Este proyecto es resultado de la colaboración conjunta de la CONAE junto con el MINCyT.

⁷⁵ Se mencionan únicamente los proyectos más importantes a criterio del autor, de acuerdo con los presentes en la página de internet de la AEM y que han tenido mayor divulgación, ya que al revisar los Programas Anuales de Trabajo y sus Evaluaciones, se identifican múltiples actividades.

y análisis de imágenes satelitales⁷⁶ (Drewes, 2014). Su finalidad es crear información para su incorporación en investigación y aplicaciones geospaciales en la comunidad científica⁷⁷.

Por su parte Brasil desarrolló el Programa de Micro Gravedad desde 1998, a cargo de la AEB, el IAE e instituciones de educación superior. El objetivo es poner al alcance de la comunidad científica y curiosos por el espacio, ambientes de micro gravedad para la realización de experimentos. Incluye asesoría técnica y recursos económicos para los solicitantes.

En México, se identifican dos formas de apoyo que se enfocan a la educación superior y a la sociedad científica. En las universidades y centros de estudios superiores se han diseñado cursos de ingeniería de sistemas espaciales enfocados al desarrollo de CanSat (AEM, 2013a), así como también programas de becas de estancias académicas en instituciones internacionales o agencias espaciales de otros países, destacando el programa de estancias en la NASA, y becas para la realizar posgrados (AEM, 2016).

El otro tipo de actividades, dirigidas a la comunidad científica, son los seminarios de vinculación. Entre 2013 y 2015 se impartieron seminarios referentes a aplicaciones de naves espaciales, robótica y clima espacial, así como sobre áreas de conocimiento multidisciplinarias entre las que se encuentran la astrobioenergía y la ingeniería bioquímica en el espacio, y algunos cursos más relacionados con la legislación, como fue el seminario de desarrollo jurídico del desarrollo del SE (AEM, 2016). A esto se suman la atracción de eventos internacionales como la cumbre de jefes de Agencias Espaciales en 2015 y el Congreso Internacional de Astronáutica en 2016⁷⁸.

México también desarrolló un Plan Multiinstitucional de Formación de Capital Humano en el campo Espacial (AEM, 2012, 2013b), con el objetivo de satisfacer las demandas científicas y educativas a través de articulación intersectorial. Además se realizó un Diagnóstico Anual de Oferta y Demanda de Capital Humano en el campo Espacial, con el cual se buscó dar información sobre el estado de las ciencias del espacio en el país y a partir de ahí poder tomar

⁷⁶ Imágenes obtenidas por los satélites SAC-C, SAC-D, SARAT y SAOCOM de la CONAE

⁷⁷ También está pensado para ser utilizado por jóvenes que se encuentren cursando los estudios de secundaria.

⁷⁸ Estas acciones son únicamente una abstracción de lo realizado por la AEM en materia de formación de capital humano. Un detalle desglosado de las acciones se encuentran en las Auto Evaluación de la AEM en 2014 y 2015, así como en la Auditoría de Desempeño: 13-1-09JZN-07-0434 hecha por la Auditoría Superior de la Federación

decisiones a favor del desarrollo del sector. Documentos de esta naturaleza no fueron encontrados para Argentina ni Brasil.

3.3.1.2 Creación de Centros Especializados de Investigación y Formación

Los centros especializados de formación son parte de las actividades relacionadas con la formación de masa crítica de capital humano. Buscan dar respuesta a las necesidades del sector privado, y formar vínculos con la academia para generar programas educativos que satisfagan las necesidades industriales. Tanto Argentina como Brasil han creado estas instituciones, mientras que en México, se han fomentado programas en universidades en lugar de establecer nuevas instituciones.

En Argentina se creó el Instituto de Altos Estudios Espaciales "Mario Gullich" (IMG) como un proyecto resultado de la cooperación entre la CONAE y la Universidad Nacional de Córdoba (UNC), en 2001. Cuenta con apoyo de la ASI para integrar la planta docente, constituida por profesores extranjeros, la mayoría de origen italiano. Se enfoca en la formación interdisciplinaria, ya que tanto los estudiantes como los profesores provienen de múltiples áreas de conocimiento vinculadas con las ciencias, la ingeniería y la industria, lo que permite formar vínculos con centros de formación e investigación de diferentes universidades del país. Se distingue por su formación orientada a la aplicación, ya que los estudiantes se vinculan con la CONAE o el sector privado en el desarrollo de procesos productivos⁷⁹ (Drewes, 2014).

Su oferta académica se compone de una Maestría en Aplicaciones Espaciales de Alerta y Respuesta Temprana a Emergencias que se desarrolló en colaboración de la CONAE, la Facultad de Matemáticas, Astronomía y Física de la UNC y el apoyo de la ASI⁸⁰ (Drewes, 2014).

Brasil también cuenta con programas de formación de capital humano de posgrados especializados por medio del INPE, el cual imparte cursos y brinda capacitación y especialización en áreas de las ciencias e industria espacial. Ofrece cursos de maestría con

⁷⁹ Las características comentadas conforman los cuatro ejes rectores del IMG que son la interdisciplinariedad, aplicabilidad y ser un instituto poli universitario y de carácter internacional.

⁸⁰ Además cuenta con cursos relacionados con temas de mecánica orbital y aplicaciones, ingeniería espacial, uso de software para aplicaciones de emergencias, desarrollo de aplicaciones y uso de sistemas de posicionamiento georreferenciado y cursos de administración de proyectos de emergencias.

duración máxima de tres años, tiempo en el que los estudiantes pueden solicitar becas⁸¹. Sus programas de posgrado son en áreas de astrofísica, ingeniería y tecnología espacial, geofísica espacial, computación aplicada, meteorología, percepción remota y ciencias de sistema terrestre⁸² (“INPE”, 2016).

En México, a diferencia de Brasil y Argentina, la AEM no ha creado un instituto especializado, sin embargo, se han realizado convenios con centros de investigación de otras universidades. La finalidad es la misma que en los otros países, crear una masa crítica de capital humano que pueda responder a las necesidades del SE. Sin embargo los resultados se han obtenido más en actividades de investigación académica que en el ámbito privado.

Destacan tres proyectos de formación resultado de la vinculación entre la AEM y distintas universidades. Uno es la constitución del Centro de Desarrollo Espacial por medio de colaboración con el Instituto Politécnico Nacional (IPN) tomando como respaldo el Programa Aeroespacial Politécnico y tiene como propósito "integrar y fortalecer las actividades de Instituto Politécnico Nacional en materia aeroespacial mediante la coordinación y vinculación institucional" (AEM, 2013b: 102). Su objetivo es la creación de un programa interinstitucional para el desarrollo de capacidades de investigación a nivel gubernamental, académico y privado, de manera que los programas de estudios se conformen en colaboración de dos o más instituciones internacionales (AEM, 2013b).

Otro proyecto es el Posgrado de Ingeniería Aeroespacial del Centro de Alta Tecnología de Juriquilla en Querétaro, ubicado en un campus de la UNAM. Si bien el posgrado se encuentra en diseño, tiene como objetivo "establecer las bases para que se desarrolle un programa de posgrado en Ingeniería Aeroespacial que permita la colaboración entre diferentes instituciones " (AEM, 2013b: 103). La UNAM, a través del Instituto de Geofísica, también ofrece programas de posgrado en Ciencias del Espacio⁸³.

⁸¹ Estas becas se solicitan a través del CNPq, el FAPESP y la Fundación CAPES del Ministerio de Educación. Estas últimas son instituciones que serán analizadas en el siguiente apartado. Sin embargo, esto indica un vínculo entre instituciones del sector gubernamental federal y regional en la formación de masa crítica.

⁸² Adicionalmente, han creado una serie de cursos de corta duración para estudiantes de las maestrías del INPE que busquen mayor especialización en determinados conocimientos, para estudiantes provenientes de otras instituciones en el mismo grado académico y para trabajadores del sector privado y servidores del INPE.

⁸³ Además que ha participado en proyectos de colocación de instrumentos de investigación en naves alemanas por medio de apoyo de la AEM (UNAM, 2012).

3.3.2 Políticas de fomento a la innovación y desarrollo de cadenas productivas

La necesidad de fomentar articulación entre actores para la creación de nuevas unidades de conocimiento y tecnología en el SE se reconoce en los tres países. En este sentido, México, en comparación con Argentina y Brasil, presenta el menor nivel de capacidad de vinculación, resultado de la falta de infraestructura, ausencia de actores que busquen insertarse en la cadena de valor y la imposibilidad de la AEM de fomentar acciones conjuntas en el desarrollo de nueva tecnología.

3.3.2.1 Proyectos de vinculación intersectoriales y productivos

En Argentina existen múltiples programas de fomento al desarrollo de redes de colaboración intersectoriales y de innovación, por medio de las cuales se busca fomentar el cumplimiento de los objetivos de la PE. Una de las principales fuentes de apoyo para la implementación de los proyectos ha sido la Agencia de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT)⁸⁴, dependiente del MINCyT. Esta financia el desarrollo de tecnología por medio de fondos⁸⁵, de los cuales uno ha sido utilizado para la implementación de proyectos espaciales.

El Fondo Argentino Sectorial (FORNASEC), creado en 2009, tiene como objetivo dar apoyo a proyectos para desarrollar capacidades en áreas de alto impacto potencial y de transferencia permanente al sector productivo, por medio del financiamiento de plataformas tecnológicas de colaboración intersectorial. Su implementación es de apoyo para el desarrollo del Sistema de Información Geográfica⁸⁶ ("MINCyT", 2016). Los instrumentos del fondo son el financiamiento parcial de proyectos de innovación en áreas potenciales⁸⁷ y planes de recursos de apoyo para la creación de empresas de base tecnológica, así como la instauración de Facilitadores de Flujo de Proyectos, que fomenten la diversificación de las exportaciones y

⁸⁴ Tiene como objetivo "atender a la organización y la administración de instrumentos para la promoción, fomento y financiamiento del desarrollo científico, tecnológico y de la innovación" (Ley 25.467, 2001: art. 12).

⁸⁵ La ANPCyT administra cuatro fondos: el Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica (FONCyT), el Fondo Tecnológico Argentino (FONTAR), el Fondo Fiduciario de Promoción de la Industria del Software (FONSOFT) y el Fondo Argentino Sectorial (FORNASEC).

⁸⁶ Comprendidos en el CA de Sistemas de Información por medio de apoyo económico en el Área Estratégica de Telecomunicaciones.

⁸⁷ Las áreas consideradas como potenciales son energía, agroindustria, desarrollo social, TICs, nanotecnología, biotecnología, medio ambiente y cambio climático.

el aumento en el valor agregado de las empresas nacionales. Todos enfocados a empresas nacionales.

Otra fuente de programas proviene del Consejo Interinstitucional de Ciencia y Tecnología (CICyT), también dependiente del MINCyT, el cual surge como un espacio de articulación entre diferentes actores, y promueve la participación de los sectores público y privado en el desarrollo de tecnología e innovación. Su vínculo con el SE se encuentra definido por la pertenencia de la CONAE al CICyT, lo que fortalece vínculos con otros actores en el desarrollo de aplicaciones de tecnología espacial. Esto se observa por medio de su colaboración en dos programas.

Uno es el Programa Grandes Instrumentos el cual busca optimizar el uso de los equipos y fomentar un mejor acceso y organización a las bases de datos científicos en instituciones de todo el país. Está conformado por un conjunto de Sistemas Nacionales en distintos campos de las ciencias y busca que todas las instituciones del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) "asuman el compromiso público tanto de optimizar el uso de sus equipos de gran porte adquiridos con fondos públicos a través de su apertura mediante servicios a la comunidad, como de compartir sus datos de investigación y sus publicaciones institucionales en portales nacionales" (SPPCTIP, 2012: 44). La CONAE participa en la alimentación y administración de dos bases de datos, además de ser integrante del consejo asesor: el Sistema Nacional e Datos del Mar⁸⁸ y el Sistema Nacional de Dato Climáticos⁸⁹. Para la formación de las bases, y su actualización, se da financiamiento parcial de los proyectos⁹⁰ ("MINCyT", 2016).

La segunda iniciativa es la pertenencia de la CONAE al Consejo Asesor para Temáticas Específicas, que es un espacio de vinculación de los organismos nacionales que realizan actividades científicas orientadas al diseño de políticas, buscando generar mayor relación entre la sociedad y el sector productivo. La CONAE forma parte de dos comisiones y un consejo. El Consejo Asesor de Astronomía y Ciencia del Universo que brinda asesoría en la

⁸⁸ Tiene como objetivo asegurar el acceso y alimentación coordinada a datos de información marina del atlántico sur y la Antártida.

⁸⁹ Con el que se busca generar una base de datos climatológicos para garantizar a la comunidad científica el acceso a información.

⁹⁰ Dentro del financiamiento que se otorga a los participantes de los Sistemas Nacionales también se otorgan recursos de formación de capital humano para cursos y talleres, y estadías de formación de capital humano.

formación de estrategias para la participación en proyectos espaciales a nivel nacional e internacional; la Comisión de Trabajo de Gestión del Riesgo, que articula a los miembros del SNCTI para la prevención de desastres naturales y; la Comisión Asesora del Programa de Centros Interinstitucionales de Temas Estratégicos encargado de la difusión y coordinación de proyectos sobre políticas relacionadas con la innovación (“MINCYT”, 2016).

Un programa adicional que fomenta el desarrollo de innovación en el SE son los Núcleos Socio Productivos Estratégicos, dependientes del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) (SPPCTIP, 2012). Constituidos en 2012, funcionan como orientadores de la política de ciencia, tecnología e innovación sectorial. En el SE, fomentan la colaboración interinstitucional por medio de la articulación de actores enfocados a Tecnologías de Propósito General, en el área de Telecomunicaciones, buscando la conformación de grupos de excelencia (SPPCTIP, 2012).

Existen programas que ponen atención a las relaciones intersectoriales y multidisciplinarias como el FONSOFT⁹¹. Surge en 2004 con el objetivo de apoyar la generación de nuevos emprendimientos y fortalecimiento de las PyMES vinculadas con la producción en el sector de las TIC. Por medio de este programa se creó la cooperación entre la empresa SUR con la CONAE para el desarrollo del SoPI y del programa 2MP. En el proyecto de vinculación con la CONAE se utilizaron recursos para subsidios de emprendedores (Drewes, 2014; “SUR”, 2016).

En Brasil también se identifican programas destinados al fomento de articulación intersectorial para el desarrollo de innovación y tecnología espacial. Dado el objetivo de su PE, el PNAE se vincula con la política industrial (AEB, 2005). Se reconocen dos acciones, el Programa de Apoyo a la Investigación de Empresas (PAPPE) y el Programa de Investigación para la Innovación en Pequeñas Empresas (PIPE). Ambos tienen como objetivo apoyar proyectos de investigación y desarrollo de productos y procesos, focalizando los recursos a las pequeñas empresas. Aunque algunos elementos los diferencian.

⁹¹ Los instrumentos con los que cuenta son aportes no reembolsables de cofinanciamiento para el desarrollo de innovación tecnológica, subsidios a emprendedores dentro de la industria del software, subsidios para la formación profesional en el área y apoyo para la generación de vínculos internacionales y comenzar proyectos de exportación.

El PIPE es creado por la Fundación de Amparo para la Investigación del Estado de San Pablo (FAPESP)⁹² en 1997. Tiene como objetivo el fomento de innovación y desarrollo tecnológico de las microempresas o investigadores relacionados con estas, en el estado de San Pablo, por medio de financiamiento (Furtado, 2012). Lo que busca es aumentar la productividad a través de apoyo en la capacidad de innovación, fomento" a la inversión privada en tecnología, así como la vinculación entre academia e industria⁹³ ("FAPESP", 2016).

El proyecto fue retomado por la Financiadora de Estudios y Proyectos (FINEP)⁹⁴ e implementado a nivel nacional por medio del PAPPE, se conformó por dos ramas, diferenciadas por la región geográfica objetivo. Este programa otorgaba subvenciones económicas no reembolsables para el desarrollo de proyectos de innovación en pequeñas empresas, con recursos provenientes del FINEP y de las Fundaciones de Amparo a la Investigación (FAP)⁹⁵ (Furtado, 2012), vinculando instituciones regionales con federales. El primero fue el PAPPE Subvención creado en 2006, destinado la mayoría de las regiones del país, pero implementado en la zona sur. En 2010 se aprobó el PAPPE Integración, que surgió para atender las zonas norte, noreste y Centro-oeste (Furtado, 2012).

Eventualmente, la FAPESP modificó la estructura del PIPE al vincularlo con recursos del FINEP por medio de la creación del PAPPE- PIPE III, lo que a nivel implementación representó que las empresas que pasaran la etapa uno del PIPE y cuyo informe de trabajo de la etapa dos fuera aprobada por el FAPESP podrían acceder a recursos del PAPPE (Furtado, 2012).

Los Fondos Sectoriales, creados en 1999, constituyen otro programa que fomenta el desarrollo de innovación del SE. Fueron creados como instrumentos de financiamiento para el desarrollo de proyectos de innovación e investigación, orientados hacia sectores estratégicos tecnológicos en el país. FINEP otorga y administra incentivos, a través del Fondo

⁹² Fundación pública del estado de San Pablo desarrollada por medio de impuestos locales para fomentar proyectos de investigación en instituciones de educación superior e instituciones de investigación.

⁹³ La obtención del apoyo se consigue por medio de tres etapas que consisten en un análisis de la viabilidad técnico- científica del proyecto, para después lograr desarrollar la propuesta al menos al 50% con los recursos obtenidos en caso de ser aprobados y por último las empresas debían realizar el desarrollo comercial e industrial del producto. En la primera etapa el valor máximo de financiamiento es de 200 mil reales y para la segunda etapa de un millón de reales, esto por cada proyecto aprobado.

⁹⁴ Institución del gobierno federal bajo la jerarquía del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

⁹⁵ Las FAP son instituciones con el mismo objetivo que la FAPESP solo que en otros estados, es decir, tienen la misma función pero fuera de San Pablo.

Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (FNDCT) en el cual se concentran todos los recursos para todos los sectores (excepto el destinado a telecomunicaciones).

Como parte de los Fondos Sectoriales, en el año 2000 es creado el Fondo Sectorial para el Programa de Desarrollo Científico y Tecnológico del Sector Espacial⁹⁶. Dentro de las actividades que son consideradas para recibir apoyo se encuentran los proyectos de investigación espacial, desarrollo tecnológico experimental, desarrollo de tecnología industrial básica, de infraestructura para investigación, formación de capital humano y difusión de conocimiento científico (“FINEP”, 2016).

Las Subvenciones Económicas del FINEP constituyen otro programa que busca financiar, por medio de fondos no reembolsables, las actividades de investigación, desarrollo e innovación en las empresas, cuando sus actividades estén vinculadas con objetivos y sectores específicos que tengan efecto sobre los encadenamientos productivos del país⁹⁷. El financiamiento se da de manera directa a las empresas y siempre de forma compartida. Dentro de sus programas de apoyo, dos han sido implementados para fomentar la vinculación y el desarrollo de cadenas productivas.

Uno es el programa de Transferencia Tecnológica Espacial, mediante el cual se dan recursos económicos para apoyar proyectos de empresas vinculadas con el acuerdo de transferencia tecnológica definido entre la AEB y la empresa Thales Alenia Space para el desarrollo del SGDC (FINEP, 2012). Las propuestas susceptibles a ser apoyadas se relacionan con proyectos de sistemas de propulsión, paneles solares y cargas útiles de óptica de observación. Los recursos provienen del FNDCT, y dentro de sus características se encuentra el hecho que las empresas susceptibles a recibir el apoyo solo pueden ser empresas individuales brasileñas y no agrupaciones o consorcios. El segundo instrumento es el Apoyo Financiero para la Densificación de la Cadena Tecnológica Aeroespacial⁹⁸. A diferencia del instrumento

⁹⁶ Recibe sus recursos de cuatro fuentes diferentes con participaciones iguales: recursos obtenidos por utilización de orbitas satelitales, por lanzamientos comerciales, por comercialización de información satelital y las concesiones otorgadas por la AEB. Esto se encuentra estipulado en la Ley 9.994 promulgada el 24 de julio de 2000.

⁹⁷ Las áreas que cubre son nanotecnología, biotecnología, TICs y construcción sustentable y saneamiento ambiental.

⁹⁸ Considerado en la Ley 10.973 que financia proyectos vinculados con el desarrollo de sistemas control de altitud satelital y supervisión abordo, cámaras de imagen ópticas con características similares a las que tiene el satélite LANDSAT-7 y sistemas de navegación y propulsión de artefactos aeroespaciales

anterior, en este son consideradas tanto empresas individuales como consorcios y agrupaciones, con la condición de desarrollar los productos en territorio nacional⁹⁹.

En México, la AEM interviene en las acciones de fomento a la innovación y formación de cadenas productivas. Cuentan con un instrumento dentro de la PE enfocado a la creación de vínculos intersectoriales. Los Space Boot Camps son espacios en los cuales, durante tres días, conviven en el mismo lugar tanto estudiantes y profesores, como emprendedores y cualquier persona que busque generar tecnología espacial. El apoyo para el fomento de tecnología no es por medio de financiamiento, sino que se busca, a través del desarrollo de ideas comercializables, coordinación entre agentes multidisciplinarios con intereses de crear nuevos negocios. Su aplicación suele ser a instituciones de educación media superior y superior (ASF, 2013).

México cuenta con solo un programa de apoyo a la innovación y desarrollo del SE, el Fondo Sectorial de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación en Actividades Espaciales CONACYT- AEM, creado en 2013. Este Fondo administra los recursos para incentivar la investigación y desarrollo tecnológico, con el fin de apoyar la formación de recursos humanos y la creación de infraestructura requerida por el sector. Las tareas que se deben realizar al aplicar el Fondo son el desarrollar capacidades científicas, promover proyectos de investigación, y divulgar la ciencia y tecnología vinculada con el espacio (CONACYT, 2014). Dado que las finalidades se concentran en objetivos que requieren de vinculación intersectorial, los actores que pueden ser beneficiados abarcan el sector público, académico y privado¹⁰⁰.

La aplicación del Fondo se realiza por medio de cinco modalidades. La primera es el apoyo para Investigación Científica Básica y Aplicada; la segunda es para el Desarrollo Tecnológico precompetitivo y competitivo¹⁰¹; también se fomenta la Formación de Recursos Humanos Especializados por medio de creación de programas de posgrado y redes de

⁹⁹ Los recursos provienen del FNDCT.

¹⁰⁰ Los sujetos de apoyo del Fondo son universidades públicas y privadas, laboratorios, empresas públicas y privadas, organismos públicos descentralizados y desconcentrados y demás personas que sean incluidas en los artículos 16 y 17 de la LCyT. Esto se establece en las Reglas de Operación del Fondo que entraron en vigor en abril de 2014.

¹⁰¹ El precompetitivo se refiere a los apoyos dados para la creación de productos y procesos de alta apropiabilidad de beneficio para el sector o la AEM; mientras que el competitivo persigue un propósito comercial de beneficio para una empresa o el sector.

innovación. Elementos adicionales de apoyo son el fortalecimiento de la infraestructura científica y actividades de difusión y divulgación. El modo de apoyo es de financiamiento directo, pero (al igual que todos en Argentina y Brasil) parcial, es decir, las instituciones beneficiadas deben poner una parte proporcional del costo del proyecto de sus propios recursos¹⁰²). Una de las condiciones del proyecto es que debe alienarse a las demandas específicas del sector, determinadas por la AEM, es decir, deben buscar impulsar el cumplimiento de los objetivos, de acuerdo con las necesidades definidas (CONACYT, 2014).

El Fondo AEM-CONACYT es el único destinado a actividades espaciales, sin embargo, existen algunas políticas y programas que pueden ayudar al fomento de la innovación y encadenamientos productivos en el SE¹⁰³. El fondo AEM-CONACYT es parte de un grupo de Fondos Sectoriales vinculados al Programa Nacional de Innovación, y tiene dentro de sus objetivos incrementar la disponibilidad y posibilidad de aplicar el conocimiento dirigido a la innovación y promover la concurrencia de recursos públicos y privados que permitan incrementar las fuentes de financiamiento necesarias para el emprendimiento y la innovación (Comité Intersectorial para la Innovación, 2011).

Cuenta con seis pilares de los cuales se proponen tres para relacionarse con actividades de innovación vinculadas al SE. Uno es la "Generación de conocimiento con orientación estratégica" que incluye dentro de sus actividades la creación de Unidades de Vinculación de Transferencia de Conocimiento, Unidades de Vinculación Academia-Empresa y el Fortalecimiento de incentivos al Sistema Nacional de Investigación. Un segundo pilar es el "Fortalecimiento a la innovación empresarial" el cual incluye dentro de sus acciones el Programa de Estímulos a la Innovación. Por último, el pilar de "Financiamiento a la innovación" que implica la constitución del Fondo Sectorial de Innovación (FINNOVA). (Comité Intersectorial para la Innovación, 2011).

El Programa de Estímulos a la Innovación busca incentivar la inversión de las empresas en actividades y proyectos relacionados con la investigación, desarrollo tecnológico e innovación a través de financiamiento complementario. Su implementación se compone de

¹⁰² Según el tamaño de la empresa, el monto que tendrá que poner aumentará.

¹⁰³ Se argumenta esto debido a que presentan características similares a las notadas en Argentina y Brasil, como las similitudes de sus objetivos, instrumentos y actores involucrados así como las condiciones de participación.

tres programas. El Programa de Innovación Tecnológica para la competitividad (INNOVATEC) que tiene como objetivo fomentar la inversión en actividades de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (IDT) en empresas del sector productivo por medio de estímulos económicos, enfocados a proyectos de investigación y a empresas que celebren convenios con instituciones educativas públicas, que realicen actividades de innovación y que busquen articular su cadena productiva (CONACYT, 2008a).

El Programa de Innovación Tecnológica para Negocios de Alto Valor Agregado (INNOVAPYME) busca incentivar la inversión en IDT en las PYMES del sector productivo por medio de estímulos económicos complementarios, para fomentar la creación de empresas de base tecnológica, aumentar la competitividad por medio de productos y procesos intensivos en conocimiento y fomentar la integración y el fortalecimiento de cadenas productivas (CONACYT, 2008b). Por último el Programa de Desarrollo e Innovación de Tecnologías Precursoras (PROINNOVA) impulsa el flujo de conocimiento entre los integrantes del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología por medio de apoyos económicos a los participantes productivos que incentiven la creación de redes y el desarrollo de procesos de IDT en campos precursores, promoviendo la integración de consorcios, redes de innovación, alianzas estratégicas intersectoriales, tanto nacionales e internacionales; y la articulación de la cadena de valor de educación-ciencia-tecnología-innovación por medio de masa crítica capacitada (CONACYT, 2008c).

Otro de los programas que puede apoyar en la implementación del PNAE es el Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (PECiTI). Se crea en torno a seis objetivos específicos, de los cuales, se propone que cuatro de ellos pueden vincularse al SE¹⁰⁴. Están orientados al desarrollo de investigación científica y tecnológica, la formación de capital humano, aumento en las capacidades de innovación regional y fomento de la transferencia tecnológica por medio de constitución de centros de investigación intersectoriales

¹⁰⁴ Estos cuatro objetivos son Contribuir a que la inversión nacional en investigación científica y desarrollo tecnológico crezca anualmente y alcance el 1% del PIB; Contribuir a la formación y fortalecimiento del capital humano de alto nivel; Impulsar el desarrollo de las vocaciones y capacidades de CTI locales, para fortalecer el desarrollo regional sustentable e incluyente y; Contribuir a la generación, transferencia y aprovechamiento del conocimiento vinculando a las IES y los centros de investigación con empresas

(CONACYT, 2014). Dentro de las líneas de acción definidas para el cumplimiento de los objetivos destacan los Fondos Mixtos Constituidos (FOMIX).

El FOMIX es un instrumento que apoya el desarrollo científico y tecnológico estatal y municipal, a través de un Fideicomiso constituido con aportaciones del Gobierno del Estado o Municipio, y el Gobierno Federal, a través del CONACYT (CONACYT, 2014). En el SE ya ha sido utilizado para la creación del Centro de Investigación y Desarrollo en Telecomunicaciones Espaciales (CIDTE) en el estado de Zacatecas, a través del Fondo Mixto de Fomento a la Investigación Científica y Tecnológica¹⁰⁵ (“CIDTE”, 2016).

Analizando las actividades realizadas por la AEM para el desarrollo del SE, se identifican algunos programas adicionales que pueden ser implementados para fortalecer las actividades de innovación. Entre estos, Programa para el Desarrollo de la Industria del Software y la Innovación (PROSOFT) ha sido utilizado para fomentar el desarrollo de incubadoras de alto impacto y Centros de Innovación y Desarrollo Espacial, en específico para financiar un laboratorio de comunicaciones. El PROSOFT busca promover el desarrollo y la adopción de las tecnologías de la información en los sectores estratégicos, contribuyendo al incremento de su productividad por medio de acciones que de formación capital humano especializado, generación de investigación aplicada y financiamiento empresas para innovar (Reglas de operación PROSOFT, 2015).

3.3.2.2 Programas Nacionales de Conectividad como incentivos a la innovación espacial

En Argentina y Brasil los programas destinados a aumentar la conectividad y el acceso a internet están vinculados con el desarrollo del SE, y funcionan como instrumentos de vinculación en la construcción de satélites. En Argentina es el Plan Nacional Argentina Conectada y en Brasil el Programa Nacional de Banda Ancha (PNLB). México, a pesar de contar con el programa “México Conectado”, su implementación no se ha reflejado en el desarrollo del SE.

El Plan Nacional Argentina Conectada tiene como objetivo fomentar el acceso de las telecomunicaciones a todo el país a través de la universalización de servicios de

¹⁰⁵ Se ha logrado consolidar la primera fase del proyecto a través del FOMIX por una cantidad de 10.1 millones de pesos.

comunicaciones desde los centros urbanos hasta las áreas retiradas. Busca articular a las empresas locales en los procesos de innovación por medio de su vinculación con operadores nacionales y empresas grandes (MINPLAN, 2010). Para esto, se encarga de relacionar diferentes políticas enfocadas al fomento del desarrollo de las telecomunicaciones, de las cuales, dos enmarcadas en el Plan requieren de programas de desarrollo satelital.

El Programa Conectar Igualdad busca crear acceso a internet a las zonas retiradas otorgando computadoras a estudiantes y docentes de educación secundaria en apoyo a los procesos de enseñanza y aprendizaje. Para las zonas de difícil acceso el servicio de internet por medio de redes de fibra óptica no es posible, y requieren de conexión vía satélite con recepción por medio de antenas VSAT (Drewes, 2014). Caso similar es el programa de Televisión Digital Satelital que busca llevar la señal de televisión a todos los lugares de Argentina, se encuentra a cargo de la Comisión Nacional de Comunicaciones, la cual se articula con ARSAT para obtener los servicios satelitales necesarios (MINPLAN, 2010).

Para el cumplimiento de los objetivos de los programas mencionados, es necesaria la construcción de satelitales geoestacionarios de telecomunicaciones, motivo por el cual se diseñó la serie de satélites ARSAT, conformada por el ARSAT 1¹⁰⁶ y el ARSAT 2¹⁰⁷ que constituyen el Sistema Satelital Geoestacionario Argentino de Telecomunicaciones. Estos son el resultado del vínculo entre ARSAT e INVAP.

Al igual que Argentina, en Brasil el desarrollo del SE se vincula con los planes nacionales de telecomunicaciones y conectividad, en específico con el PNLB. Fue diseñado, en 2010, por la Secretaría Ejecutiva del Comité Gestor del Programa de Inclusión Digital como una iniciativa del gobierno federal que busca satisfacer las necesidades de conectividad en el país, siendo su objetivo principal el fomento del acceso a internet en las regiones más precarias por medio de desarrollo de proyectos que fomenten la colaboración público- privada. Esto requiere del fortalecimiento de la infraestructura y los servicios de telecomunicaciones para masificar el acceso a internet, promover la inclusión digital y reducir la desigualdad regional (MC, 2010).

¹⁰⁶ Transporta señales de video y brinda servicios de televisión directa al hogar, de acceso a Internet para su recepción en antenas VSAT y de datos y telefonía sobre IP con igual calidad a todo el territorio nacional.

¹⁰⁷ Que brinda servicios de telecomunicaciones sobre el continente americano en tres coberturas: sudamericana, norteamericana y hemisférica.

Este programa fue diseñado e implementado por el gobierno federal a través del Ministerio de Ciencia y Tecnología, Telecomunicaciones Brasileiras (TELEBRAS) y la Agencia Nacional de Telecomunicaciones (ANTEL)¹⁰⁸. Su implementación requirió de un proyecto satelital que tuviera la capacidad de asegurar el acceso de las telecomunicaciones y el internet de alta velocidad a las comunidades retiradas, lo que llevo al diseño y construcción del SGDC, resultado de la colaboración entre Visiona¹⁰⁹ y TELEBRAS, en conjunto con Thales Alenia Space. Proyecto en el cual la AEB forma parte del proceso de transferencia tecnológica entre los diferentes agentes participantes.

3.3.3 Compras Gubernamentales

Un medio adicional por el cual se busca fomentar el desarrollo de encadenamientos productivos y de innovación tecnológica son las compras gubernamentales de productos y servicios de alto contenido tecnológico. En el SE estas solicitudes se vinculan con la adquisición satelital y de servicios de telecomunicaciones, que ayuden en el cumplimiento de las políticas nacionales y estatales.

En Argentina, las compras del gobierno han sido fundamentales en el desarrollo del SE y en la articulación de los actores involucrados en estas actividades, permitiendo tanto la formación de encadenamientos productivos, como el aumento en la capacidad de innovación. De los tres pilares del SE en Argentina (ARSAR, INVAP y CONAE), ARSAT e INVAP son empresas tecnológicas de capital gubernamental, lo que les ha permitido funcionar como empresas tractoras nacionales en el fomento de la tecnología ante las solicitudes gubernamentales. La principal beneficiada ha sido INVAP.

La demanda pública por tecnología satelital permitió a INVAP, después de su diversificación productiva a comienzos de la década de 1990, comenzar su especialización en el diseño y producción de plataformas satelitales y otros productos destinados al SE. Las compras gubernamentales posteriores, por medio de la CONAE, consolidaron su experiencia en otras actividades del SE. La formación de la especialización productiva permitió la

¹⁰⁸ TELEBRAS es la encargada de la implementación y desarrollo de las redes de telecomunicaciones y los productos necesarios para el desarrollo del PNLB, mientras que ANTEL se ocupa de la regulación de los servicios de telecomunicación así como las políticas de fomento

¹⁰⁹ Empresa que resulta de la joint venture entre TELEBRAS y EMBRAER.

implementación de otros proyectos vinculados a las demandas gubernamentales, en especial a través del vínculo ARSAT- INVAP.

Con la creación de ARSAT, se abrió una ventana de oportunidad para aumentar la capacidad de innovación del país, fundamentada en compras nacionales. Los satélites ARSAT 1 y 2, fueron el primer paso en el desarrollo de colaboración para la creación tecnológica entre ARSAT e INVAP. Esta relación productiva ha dado facilidades para sostener el diseño de un plan nacional de fortalecimiento de la industria satelital, el Plan Satelital Geoestacionario Argentino (2015- 2035). Con éste se busca la formación de especialización en los nichos tecnológicos de satélites pequeños y medianos. Este Plan tiene como finalidad utilizar el poder de compra del estado para fomentar la creación de la industria satelital, asegurando que cualquier satélite sea al menos en 50% de contenido nacional, desde la etapa de diseño hasta la de armado y operación¹¹⁰ (Rossi, 2015).

También en Brasil las compras del sector gubernamental han influido en el desarrollo de cadenas productivas, ya que por medio de este mecanismo se han podido concretar acuerdos con empresas privadas, especialmente en la fabricación de satélites. Uno de los contratos representativos del gobierno con empresas vinculadas al SE es con Opto Electrónica la cual fue la encargada del desarrollo de cámaras especiales para el satélite CBERS 3 así como para un proyecto con el consorcio firmado con Sistemas Equatorial (Consejo de Altos Estudios y Evaluación Tecnológica, 2010)

Sin embargo, se reconoce un problema con las compras gubernamentales, relacionado con la Ley de Licitaciones (Lei nº 8.666, 1993), la cual ha sido un obstáculo en el desarrollo del SE. La AEB formuló sugerencias a la Ley a través del documento "Sugerencias para la Mejora del Anteproyecto de la Ley General de Contrataciones de la Administración Pública" (Consejo de Altos Estudios y Evaluación Tecnológica, 2010) argumentando que los cambios debían considerar la naturaleza de los productos intensivos en tecnología, es decir, la elevada complejidad tecnológica y el hecho de que la demanda en el mercado de los productos espaciales es escasa. Por lo tanto, proponen que la Ley considere una política de compras

¹¹⁰ Con la creación de esta nueva actividad, se busca lograr crear la infraestructura satelital necesaria para generar capacidad de exportación de servicios de telecomunicación

gubernamentales que diferencie y de preferencias para los productores locales vinculados con el SE (Consejo de Altos Estudios y Evaluación Tecnológica, 2010).

La AEB propone el siguiente listado de sugerencias: adoptar cláusulas de contrapartida en las adquisiciones de bienes y servicios espaciales en el mercado internacional; incluir elementos de protección para los productos nacionales; especificar que el Anteproyecto de la Ley General en cuestión no se aplica a bienes y servicios de ingeniería civil, de modo que no se excluyan proyectos de desarrollo tecnológico, en específico del SE; e incluir en la fase de elaboración del proyecto mecanismos de contratación más flexibles. La intención es facilitar la contratación y el fomento de la producción de empresas nacionales, dando facilidades a los productores locales y vinculados con el SE, por encima de la actores que se inserten en otras áreas productivas y empresas extranjeras (Consejo de Altos Estudios y Evaluación Tecnológica, 2010).

Los resultados para ambos países son diferentes, pero también lo son las condiciones en las que se implementa la política de compras, en especial si se considera la presencia de empresas de base tecnológica. En Argentina, el esquema de compras gubernamentales ha fomentado la producción y la innovación, la diferencia respecto de Brasil, está en la presencia de una empresa tecnológica de capital gubernamental, que ha sido prestadora de servicios para las licitaciones del sector público.

En Brasil las compras gubernamentales han favorecido la colaboración productiva, pero no es adecuada para el desarrollo de innovación y tecnología en el SE, y tampoco para el aumento de la capacidad nacional de producción espacial. Por lo tanto, es indispensable la realización de modificaciones al esquema de compra. En México existe un problema en dos frentes. Por un lado, no existe una política de compras gubernamentales que fomente la creación de encadenamientos productivos nacionales en el SE, ya que la adquisición de satélites ha sido a través de sistemas llave en mano. Además, el país aún no cuenta con capacidad productiva en el SE, lo que limita la satisfacción de necesidades nacionales.

3.4 Conclusión sobre las políticas en el Sector Espacial

Por medio de la PE se definen los objetivos mediante los cuales se busca desarrollar el SE. Su existencia es necesaria para especificar un camino a seguir para insertarse en la cadena de

valor. Por medio de los proyectos satelitales y de lanzamiento, se define la trayectoria técnica de cada país. Se requiere de una PE focalizada y que considere, en su diseño, la estructura institucional y su especialización tecnológica previa, apoyada sobre políticas e instrumentos de fomento a la vinculación y la formación de encadenamientos productivos.

Si bien las algunas políticas resultan tener mayores efectos en apoyo al cumplimiento de la PE, su presencia son una condición necesaria para el desarrollo del SE. En Argentina y Brasil, países con mayor apoyo a la innovación y formación de capital humano, existe un SE más avanzado, con mayor capacidad de construcción satelital, de lanzamiento y de infraestructura terrena. México, en cambio, ha tenido pocos avances en el SE, no solo debido a su corta trayectoria, sino también a la falta de incentivos para fomentar la cooperación.

La importancia de estos instrumentos es vital dado que el desarrollo tecnológico en el SE requiere de enfrentar la complejidad de los sistemas de innovación para poder generar procesos de convergencia tecnológica en la creación de nuevas unidades de conocimiento. Esto se fundamenta en la construcción de redes intersectoriales, las cuales presentan diferentes niveles de complejidad según los canales por medio de los cuales se establecen procesos de transferencia y recepción de conocimiento.

Bajo el nuevo enfoque de gobernanza se requiere, además de las políticas de incentivos a la innovación, de instituciones con capacidad de coordinar a los actores en favor del cumplimiento de los objetivos de la PE, y que funcione como facilitador en el proceso de creación de conocimiento. Las agencias espaciales deben tomar el papel de instituciones intermedias en un SE que presenta altos niveles de contenido tecnológico.

A través del diseño e implementación de la PE, con apoyo de los incentivos y la presencia de agencias espaciales con atribuciones de institución intermedia, se logrará definir la especialización tecnológica para dar rumbo al SE en países que buscan insertarse en la cadena de valor.

Capítulo 4. Complejidad Tecnológica, Productiva y Organizacional en el Sector Espacial

4.1 Introducción

La implementación de los proyectos de la PE, como medio para desarrollar el SE, representa la creación de nuevas unidades tecnológicas, a través de la conjunción de diversas áreas conocimiento científico. El requisito de articulación se debe a la segmentación de las ciencias espaciales, característica necesaria para la profundización en el estudio de diferentes disciplinas y la especialización del conocimiento, elementos que definen la complejidad del desarrollo tecnológico, y que hace necesaria la participación de múltiples actores en la creación de tecnología.

En este capítulo se busca mostrar la complejidad en el desarrollo del SE, que se hace evidente en los proyectos satelitales de Argentina y Brasil, y los procesos de convergencia que se construyen en torno a ellos. Partiendo de estos elementos, se identifica el papel de las agencias espaciales como instituciones intermedias y su rol en la construcción de redes de innovación, las cuales presentan diferentes niveles de complejidad, y se reconoce cuáles son las características que hacen que sean de utilidad en el desarrollo del SE.

En el diseño y construcción de satélites o lanzadores se involucran una amplia diversidad de actores con conocimiento de distintas áreas científicas y con especialización en diferentes industrias por medio de un proceso de convergencia tecnológica. Los beneficios de la articulación van más allá de la creación de nuevas aplicaciones, ya que representan ventanas de oportunidad para la inserción de países en desarrollo en las cadenas de valor del SE. Ofrece una oportunidad para nuevos actores, al genera nichos tecnológicos, nuevos productos y creando mercados emergentes (Jeong, Kim y Choi, 2015).

A nivel industrial, la convergencia se fundamenta en el conocimiento colectivo de innovaciones tecnológicas complementarias, lo que implica la coordinación de los actores involucrados en nuevas formas de articulación como clusters tecnológicos o la creación de nuevas industrias, es decir, se transita del nivel de convergencia tecnológica al de

convergencia industrial¹¹¹. (Jeong, Kim y Choi, 2015). Esto se hace observable a través de los proyectos satelitales debido a la gran cantidad de empresas públicas y privadas y centros de investigación que participan en el proceso de diseño y manufactura tanto en Argentina como Brasil.

La estructura relacional establecida entre diferentes actores con potencial de participación en la formación de nuevas industrias, se da por medio de diferentes canales y grados de complejidad, que definen el perfil de las relaciones en el SE (Kim et al., 2015). En Argentina y Brasil el nivel de complejidad que presentan las redes de innovación es alto, ya que se reflejan desde la cooperación para la implementación de proyectos conjuntos hasta la creación de empresas entre diversos actores. México en cambio, se ha especializado en la conformación de redes de menor grado de complejidad, fundamentalmente por medio de canales informales y enfocados al capital humano, alejado de la vinculación con empresas.

Dado que la articulación entre agentes no se da de forma natural, se requiere de una entidad organizacional para juntar diferentes actores, que tenga capacidad de articulación y fomento a la cooperación. La creación de nuevos productos exige la capacidad de gobernanza de la entidad integradora para formación de nichos tecnológicos (Casalet, 2015). La gobernanza sobre la PE debe servir a los intereses nacionales, incentivo que se ofrece al sector gubernamental para tomar el rol de articulador y estado emprendedor (Mazzucato, 2011).

Las agencias espaciales son las responsables de tomar el papel de instituciones intermedias, asegurando la coordinación intersectorial para la implementación de la PE y el desarrollo del SE. Lo anterior no solo es por medio de incentivos, sino que también deben fomentar la innovación generando nuevas tecnologías y conformando redes de colaboración. Tanto la AEB como la CONAE presentan estas atribuciones en apoyo a la formación tecnológica en el SE, mientras que la AEM se muestra bastante limitada, lo que ha truncado la innovación y el fomento a las actividades espaciales.

El capítulo se estructura de forma que permite identificar los elementos mencionados. En el primer apartado se analizan algunos satélites construidos en Argentina y Brasil para mostrar la complejidad y la convergencia en el proceso de formación. Después de estudiar el rol de

¹¹¹ La convergencia industrial se refiere a la creación de nuevos sectores productivos como resultado de la conjunción de actores en el sector privado pertenecientes a distintas áreas productivas.

las agencias espaciales y las características que les permiten aportar de manera positiva en la formación del SE. Al final se identifican el grado de complejidad de las redes construidas en los tres países para poder concluir que canales de vinculación son necesarios para la creación tecnológica.

4.2 Elementos que definen la complejidad y la convergencia en el Sector Espacial

La convergencia requiere de la formación de equipos de trabajo intersectoriales, en los cuales, actores de diferentes industrias, participan en la solución de la complejidad productiva, sustentada en herramientas que permitan el proceso de ingeniería colaborativa¹¹² (Mas, Méndez, Oliva, Servan, Arista y del Valle, 2013). En este escenario se observa un proceso de convergencia institucional como condición para la creación de tecnología, siguiendo un camino de desarrollo de innovación comenzando por modificaciones en las estructuras relacionales, definiendo formas colaborativas novedosas que previamente no eran consideradas, dando como resultado el desarrollo de tecnología y a su vez, el tránsito hacia la convergencia industrial. Es decir, unidades tecnológicas como resultado de nuevos canales y formas de vinculación (Lee et al., 2010).

4.2.1 Complejidad de la cadena de valor como característica del desarrollo de tecnología espacial

La complejidad de la cadena de valor en la que participan múltiples actores, se fundamenta en el número de elementos que conforman las nuevas entidades tecnológicas, la cantidad de actores participantes y las diferentes actividades productivas que cada uno aporta (Mas, Méndez, Oliva, Gómez y Ríos, 2013). Al analizar el diseño y construcción de los satélites argentinos y brasileños se puede observar la complejidad relacionada con la tecnología espacial.

Acorde a los tiempos determinados por la empresa argentina INVAP, los proyectos satelitales ocupan entre medio y un millón de horas hombre de trabajo a lo largo de siete años, tiempo que considera la etapa de diseño, de manufactura y de integración de las diversas partes y

¹¹² La Ingeniería Colaborativa es una nueva disciplina de ingeniería socio técnica, la cual facilita el establecimiento grupal de acuerdos técnicos entre un equipo de participantes multidisciplinarios, los cuales trabajan juntos en la búsqueda de un objetivo común con recursos limitados o intereses en conflicto (Wijik, Eynard, Troussier, Belkadi, Roucoules y Ducellier, 2009).

módulos que conforman el satélite. Además, cada uno de los componentes representa un reto de ingeniería debido a las condiciones a las que debe sobrevivir en el espacio. Todos los materiales de los que este hecho deben ser ultralivianos, además de tener propiedades conductoras y resistir variaciones instantáneas de temperatura de 200 grados¹¹³.

Los requisitos tecnológicos de los materiales y de tiempo de trabajo de personal especializado es proporcional al número de pruebas que se deben realizar antes del lanzamiento del satélite, ya que una parte importante del desarrollo satelital se enfoca en la etapa inicial, en la cual se construyen y validan múltiples prototipos para asegurar que el modelo estructural sea adecuado y se realicen las modificaciones pertinentes para el ensamble final¹¹⁴. También hay pruebas una vez que el satélite final ha sido ensamblado, algunas previo a su envío a zona de lanzamiento y otras más llegando a su destino. Estas características dan señales de la complejidad productiva y tecnológica involucrada la puesta en órbita de los satélites.

4.2.2 Convergencia Tecnológica y Productiva en el desarrollo satelital

Dada la complejidad característica de la cadena de valor del SE, se presentan altos niveles de fragmentación del proceso productivo. Se deben difuminar las fronteras de conocimiento, y permitir la convergencia tecnológica e industrial para contar con capacidad de creación de productos y servicios mediante colaboración productiva. La vinculación de distintas entidades de diferentes sectores es indispensable en el desarrollo de tecnología espacial, cada uno con aportes desde diferentes ámbitos de conocimiento y de diversas áreas industriales.

Esta sinergia es observable en los proyectos de series satelitales implementados tanto en Argentina como en Brasil, en los cuales, la participación de múltiples actores de diferentes sectores productivos, con bases tecnológicas diferentes, muestran el proceso de convergencia necesario para la solución del problema de la complejidad que existe detrás del desarrollo del SE.

En Argentina, la participación de los sectores gubernamental, privado y académico en los proyectos de desarrollo satelital son la base de la construcción de vínculos de colaboración y

¹¹³ Esto debido a la ausencia de aire en el espacio, que provoca que las partes del satélite iluminadas por el sol alcancen hasta 150 grados centígrados, además de la radiación ultravioleta; mientras que las partes en la sombra pueden bajar hasta 270 grados bajo cero (Lavagnino, 2015).

¹¹⁴ Estas son solo dos de las pruebas que se realizan a los modelos previos del ensamblado final, que no niegan la existencia y pertinencia de otras

de la solución a la complejidad involucrada en la construcción satelital. Múltiples empresas, universidades y centros especializados de investigación se coordinan en la implementación de proyectos definidos en la PE, articulados por la CONAE. Estos actores pertenecen a diferentes áreas de conocimiento científico e industriales, y su conjunción es indispensable para la afrontar la complejidad en la fabricación satelital. Esto se aprecia al analizar los actores participantes y sus aportes en el desarrollo del satélite SAC- D de la serie SAC y de la serie SAOCOM¹¹⁵.

De la serie SAOCOM, en específico en el desarrollo del 1A y 1B, se identifica la participación de productores privados, centros públicos de investigación especializada, así como la intervención de agencias espaciales internacionales y la CONAE¹¹⁶.

De los participantes del sector privado destacan las empresas ASCENTIO y SUR con el desarrollo de software para uso satelital; DTA, MECANICA 14 y STI aportando equipo electrónico y DTA de manera individual fue la responsable del equipo de control del radar incluido en el satélite. Dentro del sector público se identifican, de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), a la División de Energía Solar que se encarga de la manufactura de los paneles solares y al Departamento de Tecnología de Materiales Compuestos responsable de la construcción de la Antena SAR, junto con el Instituto Argentino de Radioastronomía (IAR) del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET); además participan la CONAE e INVAP que se encarga del ensamble final de todos los elementos y la realización de las pruebas pertinentes.

Las agencias espaciales que participan en el proyecto son la Agencia Espacial Italiana (ASI) encargada junto con Argentina de la administración del SIASGE y el Instituto Belga para el Espacio y Aeronomía que participa con herramientas de procesamiento de datos. Los múltiples elementos aportados por diferentes actores permiten observar las múltiples áreas de conocimiento que participan en el ensamble final de este satélite (Drewes, 2014). Los

¹¹⁵ La elección de estos satélites en el análisis responde a criterios propuestos por el autor. El SAC- D fue el último satélite puesto en órbita de la serie satelital de mayor trayectoria (SAC); mientras que la serie SAOCOM representa la explotación de los nuevos nichos de mercados del SE, como los microsátélites.

¹¹⁶ Los participantes y los elementos que aportan al satélite no niegan la participación de otras instituciones, son solo aquellos identificados que sirven para ejemplificar la complejidad del desarrollo satelital.

participantes y los sectores productivos relacionadas se observan el en Esquema 3 del Anexo 4.

El satélite SAC- D también es una muestra de la convergencia tecnológica. En este proyecto participaron, además de los sectores presentados en el SAOCOM, instituciones del sector académico, por medio de colaboración con la CONAE y centros públicos de investigación. Resultado de esta vinculación de la CONAE con la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) se desarrollaron las aplicaciones e instrumental que formó parte de la carga útil. En colaboración el IAR se elaboró el radiómetro de microondas; en conjunto con el Centro de Investigaciones Ópticas (CIOp) del CONICET y el Instituto Universitario Aeronáutico se construyeron cámaras de alta sensibilidad; y de manera directa con el Grupo de Ensayos Mecánicos Aplicados (GEMA) también de la UNLP se diseñaron cámaras infrarrojas. La División de Energía Solar de la CNEA también se ocupó en este proyecto de los paneles solares.

Por su parte, del sector privado se identifican cuatro empresas participantes del proyecto que son ARSULTRA, encargada de la fabricación de computadoras para el satélite (hardware), y tres más que también participaron en el SAOCOM que son ASCENTIO yDTA construyendo infraestructura para ensamble de componentes espaciales (salas limpias), y MECANICA 14 con compuestos estructurales, elementos electrónicos y accesorios metal mecánicos.

Las agencias espaciales que colaboraron fueron, principalmente la NASA con el aparato Aquarius¹¹⁷, la ASI, el Centro Nacional de Estudios Espaciales (CNES- que es la agencia espacial de Francia) y la Agencia Espacial Canadiense, todas participando en infraestructura de radio a bordo de satélite. De igual manera que en el ejemplo anterior, se puede observar en el Esquema 5 en la parte de Anexo 4 la gran diversificación de áreas de conocimiento vinculadas al desarrollo del SAC- D y a los diferentes tipos de producción industrial (Drewes, 2014).

El escenario que presenta Argentina no es diferente en Brasil, ya que al analizar los actores y áreas industriales y de conocimiento involucradas en el desarrollo satelital se puede

¹¹⁷ Principal carga útil del satélite, para medir la salinidad del mar.

identificar el mismo comportamiento. Se recurre a dos ejemplos representativos¹¹⁸. El Satélite CBERS 4 fue desarrollado por medio de la colaboración del sector gubernamental y privado, con intervención de la Administración Nacional Espacial China (ANEC). Al analizar a los actores privados participantes se identifica la diversidad productiva y de áreas tecnológicas que representó el proyecto¹¹⁹ ya que participaron CENIC y FIBRAFORTE en conjunto para la construcción de la estructura de la plataforma satelital, AEROELECTRÓNICA en la manufactura de los componentes y sistemas eléctricos, la empresa INGENIERIA ORBITAL en la construcción de generadores solares, OMNISYS y NEURON en conjunto desarrollaron transmisores y sistemas de recolección de datos, por su parte OPTO ELECTRÓNICA y EQUATORIAL estuvieron a cargo del desarrollo de cámaras especiales y FIBRAFORTE del contenedor del satélite.

En este proyecto, la colaboración con China fue el pilar fundamental de su implementación, ya que aportó las cámaras para observación terrestre, transmisores de información e imágenes y equipo y software de control y supervisión en el satélite. La AEB y el INPE participan como coordinadores del proyecto, y en específico, el INPE como el ensamblador final. Se hace evidente el proceso de convergencia detrás de este satélite, y también la multidisciplinariedad implícita (“INPE”, 2016). La convergencia se puede apreciar en el Esquema 5 del Anexo 4.

El escenario anterior es similar para el caso del Satélite Lattes, con una diferencia que le da relevancia como ejemplo, y es el hecho de que su concepción inicial fue por medio de proyectos independientes, sin embargo, en la última modificación del PNAE se conjuntó en un solo proyecto satelital. Dentro de los participantes del sector privado se identifican a CENIC fabricante de la estructura de la plataforma satelital, FIBRAFORTE encargada del sistema de propulsión, MECTRON responsable del sistema de suministro de energía y de los

¹¹⁸ La selección de estos satélites fue determinada por criterio del autor. Para el caso del CBERS 4 la elección se fundamentó en ser el último satélite de la serie con mayor cantidad de satélites puestos en órbita por Brasil; para el Satélite Lattes se eligió porque representa la modificación de proyecto de un PNAE a otro, conjuntando múltiples proyectos en un solo satélite.

¹¹⁹ Las empresas e instituciones aquí mencionadas no es exhaustiva, por lo que otras pudieron haber participado en el proyecto, únicamente se mencionan algunas a modo de ejemplo. Lo mismo aplica para el análisis del satélite Lattes.

servicios de telemetría, OPTO ELECTRÓNICA proporcionó cámaras de observación de la tierra y la carga del proyecto EQUARS desarrollada por el INPE (Campos, 2011).

En este satélite destaca la colaboración con Argentina, pero no con la CONAE, sino con INVAP que fue la encargada de los sistemas de control de altitud. De la misma forma que en el CBERS, la AEB y el INPE fueron los coordinadores principales del proyecto. Esto se puede apreciar en el Esquema 6 del Anexo 4

Se observa como actores de diferentes sectores que pertenecen a múltiples áreas de conocimiento e industrias productivas, se conjuntan en el desarrollo de nuevas tecnologías y productos, sin modificar sus actividades iniciales. Se presenta la diversificación de la producción, es decir, la creación de una ramificación adicional en la amplia gama de productos que ofrecen diversos actores, sin modificación de las industrias originarias. La industria espacial y su área específica de conocimiento no suponen la destrucción de actividades previas, y tampoco la modificación de especialización de los actores, tan solo un aumento en la diversificación de la producción, la creación de un nicho de innovación como resultado del desarrollo de tecnología espacial. En este análisis México no fue considerado debido a la inexistencia de proyectos de desarrollo satelital articulados por medio de la AEM.

4.3 Coordinación en el Sector Espacial: El rol de las Instituciones Intermedias

Esta complejidad en el desarrollo de tecnología espacial requiere de vinculación entre actores intersectoriales, los cuales necesitan de la presencia de una entidad con capacidad de generación de coordinación de manera que facilite los procesos de interacción, la homologación de códigos de transferencia de conocimiento y participe en el desarrollo tecnológico cuando las barreras naturales de las innovaciones impidan la articulación intersectorial.

A medida que la complejidad del proceso de desarrollo de tecnología espacial aumenta, se requiere de modificaciones en las relaciones interinstitucionales de modo que logren adaptarse al nuevo escenario por medio de cambios en las redes de vinculación y nuevas prácticas de absorción de conocimiento. En este panorama dinámico en el que la convergencia institucional coevoluciona con el desarrollo tecnológico, es indispensable la presencia de un agente encargado de asegurar que la estabilidad de las relaciones se

mantengan, de forma que el progreso tecnológico no se vea interrumpido (Casalet, 2015), y que la complementariedad de los aportes individuales en la creación de tecnología espacial no se limite (DDPE, 2010).

Esta función es asumida por las instituciones intermedias, las cuales son el enlace para asegurar la cooperación intersectorial y coordinar la colaboración entre actores de diferentes campos de conocimiento y con interés heterogéneos en la obtención de innovación (Casalet, Stezano, Abelenda, Buenrostro y Oliver, 2011). El rol de articulador de las redes de vinculación determina que el proceso de desarrollo tecnológico y el cumplimiento de los objetivos de la PE se fundamente en una nueva forma de gobernanza, que se basa en la creación de acuerdos entre agentes con intereses heterogéneos, pero interdependientes en la creación de innovación (Casalet y Stezano, 2009), coordinados por la entidad intermediaria la cual debe fomentar la cooperación voluntaria, y la construcción de vínculos.

En el desarrollo tecnológico las instituciones intermedias cumplen múltiples roles, desde la creación de convenios de colaboración hasta apoyos en el proceso productivo. Dentro de sus principales actividades se encuentra el fortalecimiento de la capacitación técnica y profesional (ya sea fomentando nuevos aprendizajes vía intraempresa, o recurriendo a la oferta educativa local) y la construcción de nuevas competencias profesionales, organizativas y de gestión de calidad (Casalet, 2015). La formación de los acuerdos de vinculación bajo este nuevo enfoque de gobernanza requiere de la conjunción de agendas de investigación, homologación de códigos de comunicación y transferencia de conocimiento, así como de incentivos para el desarrollo de innovación (Casalet, 2010). Con la presencia de instituciones intermedias, y de incentivos que fomenten el desarrollo tecnológico en el SE, se deben generar modificaciones en los intereses de los actores y cambios en la estructura institucional, fomentando su vinculación.

4.3.1 Importancia y roles que adoptan las Agencias Espaciales

En la dinámica del SE, la convergencia tecnológica e industrial requiere de la construcción de redes de colaboración intersectorial, coordinadas por alguna entidad que cuente con capacidad de articulación. El rol de instituciones intermedias debe ser adoptado por las Agencias Espaciales.

Son múltiples las funciones que desempeñan las agencias espaciales, todas orientadas al cumplimiento de la PE y bajo la perspectiva de su rol en la formación de vinculación en los proyectos. Su capacidad de cumplir con las tareas de institución intermedia en un sector intensivo en tecnología, es uno de los factores que determinan los avances en el desarrollo del SE. Sus actividades se pueden agrupar en formulación e implementación de la PE, desarrollo tecnológico por medio de la creación de cadenas y relaciones intersectoriales a través de la implementación de proyectos de innovación propios, y formación de vínculos nacionales e internacionales.

Las agencias espaciales tienen la capacidad de formar procesos de desarrollo de tecnología espacial por medio de dos canales. Por un lado, pueden contar con la capacidad de iniciar proyectos de investigación y desarrollo de tecnología haciendo uso de su personal, lo que les permite no tener que implementar proyectos de manera aislada, sino poder colaborar con otras instituciones o empresas, aportando elementos de valor al desarrollo tecnológico. Por otra parte, puede fomentar la creación de redes de innovación por medio del diseño de proyectos, dejando su implementación a otros actores, pero manteniendo la responsabilidad de la carga útil y de los experimentos que serán realizados en los artefactos espaciales por construir.

Esto implica que las agencias espaciales cuentan con capacidad de participación en proyectos de desarrollo conjuntos, por medio de relaciones contractuales de vínculos intersectoriales (Space Foundation, 2013). Una acción implícita en estos planes es su participación en la formación de capital humano ya que, ante falta de personal capacitado, deberá promover programas de fortalecimiento de capacidad técnica y profesional de manera que las redes de vinculación se fortalezcan y puedan implementar la PE.

Además, el diseño e implementación de la PE debe ser su principal tarea. En este campo, se es necesario considerar tres dimensiones. La primera es su rol como principal actor en la definición de la PE y los objetivos que se buscan para lograr el desarrollo del sector, teniendo presente el fomento de misiones relacionados con el desarrollo de tecnología espacial, de misiones científicas en el espacio y la creación de aplicaciones espaciales (OECD, 2005).

Otra dimensión está relacionada con el hecho de que las actividades y la capacidad de definición de proyectos, se encuentran en función de la independencia organizacional que

tengan en de la jerarquía gubernamental, ya que esto revela aspectos de la importancia que se le da a las actividades. Una agencia espacial que funcione como articulador y cuente con capacidad de desarrollo tecnológico y de coordinación sobre los proyectos espaciales, deberá contar con un rango jerárquico en la estructura institucional que denote dependencia directa del ejecutivo nacional, o en caso que sea dependiente de otros ministerios, contar con autonomía en la decisión de sus proyectos. El último punto de actividades de las agencias concierne a la formación de convenios de colaboración con instituciones internacionales, atribución particular en su rol de articulador en el fomento al desarrollo del sector.

El papel de las agencias espaciales también implica coordinar y financiar misiones que involucran programas de investigación y de difusión de aplicaciones, así como la promoción de programas de transferencia por medio de solicitud de manufacturas de objetos espaciales (satélites y lanzadores) diseñando y promoviendo misiones que fomenten la cooperación con agentes intersectoriales nacionales y entidades internacionales, reservando derechos de producción a empresas locales (Petroni et al., 2013).

Por medio de esas acciones es como las agencias espaciales representan su rol se instituciones intermedias, bajo un nuevo enfoque de gobernanza, buscando por medio de la articulación, la coordinación y la orientación hacia los intereses de la PE, el desarrollo del sector. Su presencia y el cumplimiento de estos criterios, aportan un pilar fundamental en el desarrollo del SE.

4.3.2 Análisis sobre las Agencias Espaciales de los casos analizados, ¿son o no instituciones intermedias?

La convergencia en el desarrollo de tecnología espacial es necesaria, pero también la presencia de agencias espaciales con atribuciones de institución intermedia. Por lo tanto, se debe analizar si la CONAE, la AEB y la AEM presentan las características propias de entidades mediadoras y comprender su rol en el proceso de innovación.

En Argentina, la CONAE depende estructuralmente del Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios¹²⁰, y dentro de sus funciones principales se encuentra el diseño

¹²⁰ Con el cambio de gobierno en diciembre de 2016, la estructura gubernamental federal en Argentina se ha modificado. Un cambio importante fue que la CONAE ahora funcione bajo la órbita del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación.

e implementación de la PE, en específico del PEN (Decreto 995/91, 1991) atribución que al mismo tiempo le da autonomía en la definición de los proyectos. Dentro de las atribuciones que la definen como una institución intermedia se encuentra la capacidad de coordinación de misiones científicas espaciales, observable a través de las series satelitales y de lanzamiento que ha logrado concluir con éxito. En la Serie satelital SAC y SAOCOM y el desarrollo del proyecto Tronador, la CONAE ha participado como el principal agente articulador por medio de la definición y la puesta en marcha de los proyectos, lo que supuso la demanda de bienes y servicios necesarios en el desarrollo tecnológico, y con esto, la formación de redes entre actores intersectoriales.

Adicionalmente, no solo cuenta con capacidad articuladora, sino también de desarrollo tecnológico y de participación activa en programas de investigación espacial, aportando la carga útil de las plataformas satelitales, módulos o algunos componentes del producto final¹²¹.

También cuenta con actividades para fortalecer la de formación de capital humano como se describió en el capítulo anterior. Un elemento adicional de la CONAE es su capacidad para implementar programas a nivel regional, lo que se ha logrado por medio de la creación de los Acuerdos Marco con Provincias de Argentina, los cuales son la base del Programa Provincias Espaciales, y buscan identificar las necesidades y la capacidad específicas de cada provincia, para generar tecnología en colaboración con la CONAE. El medio es la formación de núcleos de expertos en cada región que funcionen como contraparte de la CONAE (CONAE, 2010). Existen Acuerdos Marco con las provincias de Santa Fe, Córdoba, Corrientes, Jujuy, Catamarca y San Juan en busca de potenciar progresivamente las capacidades locales para el uso y aprovechamiento de la información espacial (CONAE, 2010).

La capacidad de formación de vinculación también se observa en convenios con instituciones internacionales. Dados los motivos y beneficios que representa la cooperación internacional entre agencias espaciales, la CONAE ha sustentado gran parte de la implementación de sus proyectos en este tipo de colaboración. La lista de países con los que mantiene convenios es

¹²¹ De esta conclusión se excluyen los satélites ARSAT 1 y 2, los cuales fueron desarrollados por la empresa con el mismo nombre e INVAP de manera conjunta.

larga, sin embargo se pueden desatacar los construidos con la NASA, la ASI, el Instituto Danés de Investigación Espacial, la CNES y la AEB¹²².

En Brasil, la AEB comparte características similares con Argentina en la mayoría de los elementos de análisis, aunque con algunas diferencias. Se encuentra vinculada directamente al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, y al igual que la CONAE, además cuenta con autonomía en la definición de los proyectos espaciales y la obligación de implementar la PE (Lei N° 8.854, 1994). La coordinación de misiones científicas también es un elemento característico que la destaca, ya que funciona como el principal orientador e impulsor de los proyectos de desarrollo de tecnología espacial, esto no solo por funcionar como agente intermediador ante los intereses de los actores heterogéneos, ofreciendo incentivos económicos a la cooperación, sino también, al igual que la CONAE, por medio del diseño e implementación de planes que tiene como finalidad la construcción de redes intersectoriales, capacidad fomentada aún más por la utilización del Fondo Sectorial Espacial.

Una diferencia importante, respecto de la CONAE, radica en su escasa participación en programas de desarrollo e investigación de tecnología espacial, dado que la mayor parte de su personal proviene de áreas no relacionadas con las ciencias exactas, lo que hace que se limiten a la construcción de cooperación que al desarrollo de ciencia y tecnología, restringiendo su participación a la realización de algunas pruebas científicas abordo de satélites. Esta característica es resultado de la estructura institucional en el SE en Brasil, ya que al contar con el INPE, cuya finalidad es el desarrollo científico y productivo del SE, la AEB puede concentrarse en su rol como entidad articuladora.

Respecto de la formación de capacidad técnica y profesional, la AEB cuenta con múltiples programas como los analizados en el capítulo 3. Aunque presenta pocos esfuerzos en la formación científica de su personal, contrario a la CONAE.

En la construcción de acuerdos regionales e internacionales, exhiben dinámicas diferentes entre sí. La colaboración internacional en el desarrollo de tecnología espacial es fundamental para la AEB, lo que se observa por medio de los convenios adscritos con otras Agencias

¹²² La lista de países con los que la CONAE mantiene acuerdos de colaboración no es exhaustiva, solo presentan algunos ejemplos.

Espaciales como la NASA, la Agencia Espacial Federal Rusa¹²³, la ANEC, la Agencia India de Investigación Espacial (ISRO), y el Centro Espacial Alemán (DLR)¹²⁴. Sin embargo, en el desarrollo de convenios de colaboración regional no se identifica un programa específico, solo el INPE cuenta con sedes regionales en diferentes partes del país.

La AEM presenta algunas características propias de una institución intermedia, además de que comparte funciones similares con la CONAE y la AEB, sin embargo, hay elementos que la diferencian y que pueden ser parte de los motivos por los que el SE no ha mostrado avances en el desarrollo de tecnología. La principal fortaleza de la AEM son los logros obtenidos en fortalecimiento de la capacidad técnica y profesional del capital humano a nivel nacional, como se vio en el capítulo anterior, no obstante, al igual que la AEB, la mayor parte de su personal está conformado por profesionales alejados de las ciencias exactas.

Depende de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y dentro de sus principales atribuciones se encuentra el diseño e implementación de la PE. Respecto de la formación de acuerdos regionales e internacionales también han presentado avances importantes. A nivel nacional, la AEM cuenta con un proyecto de formación de convenios estatales, el cual busca la creación de entidades afines en los estados para ampliar sus capacidades de desarrollo y explotación de tecnología espacial en función de sus necesidades específicas. Este ha sido firmado por Zacatecas y Yucatán (ASF, 2013).

A nivel internacional la AEM ha logrado ser reconocida por medio de la firma de múltiples convenios, aunque en su mayoría vinculados a actividades de formación de la sociedad espacial, alejados del desarrollo tecnológico. Dentro de los convenios destacan los realizados con la NASA, la Agencia Espacial de Reino Unido, la CNES, la ANEC y la ISRO¹²⁵.

Las principales diferencias se ubican en su capacidad para coordinar misiones científicas y en su participación en programas de desarrollo de tecnología espacial. Los PNAE de la AEM, y en general su PE, definió múltiples proyectos satelitales, de lanzamiento y de infraestructura, sin embargo, estos no han sido implementados. Con excepción de la

¹²³ Popularmente se le conoce como ROSCOSMOS.

¹²⁴ La lista de países con los que la AEB mantiene acuerdos de colaboración no es exhaustiva, solo presentan algunos ejemplos.

¹²⁵ La lista de países con los que la AEM mantiene acuerdos de colaboración no es exhaustiva, solo presentan algunos ejemplos.

construcción de algunas estaciones de recepción terrestre (como la de Zacatecas o la de Chetumal) el desarrollo de proyectos ha sido casi nulo. Además, dado el perfil más administrativo que científico del personal de la AEM, no cuenta con capacidad de investigación y desarrollo, limitando sus acciones a la promoción de formación de vínculos intersectoriales. La característica anterior la comparte con la AEB, con la diferencia de que en México no se cuenta con una institución, ni pública ni privada, cuyo objetivo sea el desarrollo de tecnología espacial como el INPE.

Respecto sus capacidades de formación de vínculos intersectoriales, este es limitado, ya que a pesar de contar con el Fondo AEM- CONACYT, es insuficiente, no solo por el bajo presupuesto que recibe, sino también por la falta de implementación de proyectos por parte de la AEM que conjunten esfuerzos de diversos actores receptores del Fondo, lo que hace que estos recursos queden en experimentos aislados con pocas probabilidades de repercusión.

Tanto la AEB como la CONAE presentan elementos para ser consideradas como instituciones intermedias. Aunque la CONAE no cuente con un fondo específico para el desarrollo tecnológico y de vinculación, como la AEB, el impulso de proyectos espaciales y su participación en ellos suple esta carencia. Por su lado, a pesar de que la AEB no cuente con el personal adecuado para la participación en proyectos científicos, la existencia del INPE suple esta carencia permitiendo que, en conjunto, se cuente con un respaldo institucional tanto de articulación como de desarrollo tecnológico, soportado por un fondo específico destinado al SE.

La AEM, sin embargo, si presenta debilidades en su capacidad de fomento a la vinculación, es decir, no cuenta con gobernanza sobre la PE ni capacidad de orientación de los actores académicos ni privados en el desarrollo de proyectos espaciales. Esta principal diferencia puede ser uno de los factores más importantes en el fracaso del desarrollo del SE. Es decir, apoya la idea de que la presencia de instituciones intermedias con capacidad de gobernanza sobre la PE es necesario para el exitoso desarrollo del SE.

4.4 Complejidad de las Relaciones y Canales de Vinculación en el Sector Espacial

El desarrollo del SE implica el fomento de actividades intensivas en conocimiento y tecnología. La formación de innovación representa dinamismo, resultado de la coevolución

de múltiples elementos que se modifican y adaptan a nuevos entornos. Dentro de los elementos base de este proceso se encuentran las políticas públicas como incentivos a la formación de articulación intersectorial y de actores con intereses heterogéneos cuya coordinación, a través de instituciones intermedias, asegura los resultados en torno a la implementación de la PE. Por lo tanto, un aspecto central relacionado con la innovación es la cooperación entre diversos agentes, públicos y privados (DDPE, 2010).

La vinculación tiene el objetivo de crear nuevas unidades tecnológicas por medio de la convergencia, en la cual los incentivos no solo están enfocados a crear cooperación intersectorial, sino también a la profundización en áreas especializadas; y al mismo tiempo, generar capacidad de comunicación y absorción de conocimiento de diferentes actores de otros sectores. Es decir, deben contar con capacidad de crear procesos de integración de conocimiento interdisciplinario (Hacklin y Wallin, 2013).

La formación de redes de actores es un elemento necesario para la integración de conocimiento. Implica colaboración para el diseño e implementación de proyectos tecnológicos y de innovación en el SE, bajo una nueva forma de gobernanza en la cual las relaciones formales e informales constituyen la base del diseño y la implementación de la PE¹²⁶ (Casalet, 2009).

Estos vínculos deben superar la visión de las relaciones de tripe hélice, hacia una perspectiva que permita la incorporación de nuevos actores y relaciones que involucren, no solo al gobierno, la academia y el sector privado, sino también a centros especializados de investigación e instituciones híbridas e intermedias que faciliten la cooperación y la creación de innovación. Es necesario llevar la integración de conocimiento más allá del desarrollo individual, para fomentar la innovación conjunta, la homologación de conocimiento y códigos, y la formación de sistemas de innovación abierta (Tether y Tajar, 2008) para la formación de unidades tecnológicas.

Las relaciones intersectoriales de integración interdisciplinaria y complementaria muestran múltiples niveles de complejidad, lo que define el perfil (Kim et al., 2015) y la intensidad de las relaciones entre los actores de diferentes sectores, "cuanto más compleja es la forma

¹²⁶ Este concepto de gobernanza implica los sistemas de gobierno cuyas políticas no son solo el resultado de la acción gubernamental central, sino de múltiples actores interdependientes.

de interrelación, más cerrados y fuertes son los vínculos y más sofisticada su gestión" (DDPE, 2010) y por lo tanto, los códigos de transmisión de conocimiento son compartidos por los distintos agentes involucrados, lo que facilita la transmisión, absorción y creación de nueva tecnología. La formación del sistema de innovación que representa el desarrollo del SE, está determinada por las características de los actores involucrados así como del grado de complejidad implícita en su articulación para el desarrollo tecnológico y su coevolución con las políticas de fomento del sector (Geels, 2006a).

4.4.1 Características de la Colaboración Inter e IntraSectorial

En el SE existen relaciones coordinadas por las agencias espaciales con diferentes grados de complejidad, que responden al tipo de proyectos y las capacidades de las instituciones intermedias para dirigir a los agentes heterogéneos, así como de la orientación de las políticas e incentivos destinados a fomentar el cumplimiento de la PE.

La complejidad toma múltiples formas en los países de análisis, desde la formación de empresas de base tecnológicas resultado de colaboración de múltiples actores, hasta relaciones informales destinadas a la capacitación de capital humano. Por lo tanto, se identifican mayores niveles de complejidad en la formación de redes intersectoriales en países con un mayor desarrollo tecnológico, como Argentina y Brasil, en comparación con México, especialista en las acciones de fomento a la creación de sociedad del espacio.

Brasil presenta los mayores niveles de complejidad en la formación de redes intersectoriales a través de los canales por los cuales se define la articulación para la implementación de proyectos y desarrollo del SE. Esto se observa en la formación de empresas de base tecnológica, en la implementación de proyectos satelitales con base en transferencia tecnológica y la presencia de una red de colaboración específica para el desarrollo del SE.

Argentina también presenta redes de colaboración con elevados niveles de complejidad por medio de centros de investigación y de empresas de base tecnológica, a través de la cooperación intra e intersectorial en la implementación de proyectos satelitales y la creación de centros de formación especializados que permiten llevar la complejidad de las relaciones de formación de capital humano de un nivel bajo a uno medio.

México es el país que presenta las redes de vinculación con los niveles más bajos de complejidad. La mayoría de los proyectos se fundamenta en la cooperación por medio de canales informales, enfocados a la formación de capital humano y creación de vínculos en los que la participación individual y el intercambio de información sin acuerdos concretos es la fuente principal de conocimiento. Los proyectos que representan un mayor nivel de complejidad no son realizados, salvo muy pocas excepciones.

4.4.2 Vínculos en la formación de empresas de base tecnológica

En Brasil, se creó una empresa de base tecnológica resultado de la colaboración entre actores, VISIONA. Creada en mayo de 2012, su origen se fundamenta en la implementación de proyectos para el cumplimiento de objetivos del PNAE, en específico, los orientados al desarrollo satelital. Surgió de la vinculación entre tres entidades involucradas en el SE. La primera es EMBRAER, la empresa de capital privado más importante de la industria aeronáutica; la segunda es TELEBRAS la cual es una empresa de capital tanto público como privado encargada del servicio de telefonía a nivel nacional (Carvalho, 2014); y el INPE. Por lo tanto, se trata del resultado de colaboración del sector público, privado y de un centro especializado de investigación.

La planta laboral de esta empresa, de colaboración joint venture, proviene de ingenieros egresados y personal capacitado de EMBRAER y de los posgrados del INPE, lo que también implica un canal de vinculación de redes formales de trabajo y formación de estudiantes por medio de pasantías en esta empresa. Los motivos de participación del INPE en el proyecto son generar transferencia tecnológica y de conocimiento para así poder mudar los procesos productivos de sistemas espaciales a VISIONA, y ser encargado únicamente de la investigación científica. Por lo tanto, se trata de una empresa cuya creación representa vínculos en la formación de actores híbridos así como en la transferencia tecnológica. El ejemplo de esto es su rol en la participación del proyecto satelital SGDC

En Argentina también se han implementado proyectos de colaboración para la formación de instituciones y empresas de base tecnológica, como lo fue el Centro de Ensayos de Alta Tecnología (CEATSA), resultado de la participación conjunta entre dos empresas gubernamentales, ARSAT e INVAP. Por medio de inversión compartida, ARSAT con el 20% e INVAP con el 80%, se construyeron las instalaciones del laboratorio de pruebas. Entró

en operación en diciembre de 2010 y requirió una inversión total de 40 millones de dólares (Drewes, 2014), sin embargo, la gestión de recursos y administración de proyectos funcionan como en una empresa privada, con la cual la CONAE, ARSAT e INVAP acuden para realizar contratos de manera independiente a los montos de inversión para su formación¹²⁷. Su campo de acción va más allá de Argentina, ya que puede satisfacer demandas de otros países de la región.

Una de sus ventajas es la cercanía geográfica que tiene respecto de la planta de INVAP (encargada de la manufactura de plataformas satelitales), ya que fue construida dentro del mismo complejo, lo que facilita el traslado de elementos satelitales para su prueba y validación, práctica que previamente se realizaba en Europa o Brasil (en el INPE), y que representaba grandes costos y riesgos de traslado. Su creación permite que en Argentina se realicen las pruebas necesarias previas al lanzamiento. A pesar de que su conformación requirió de colaboración conjunta, no fue bajo el esquema de vinculación de APP, sino de dos empresas de base tecnológica de capital gubernamental, con autonomía suficiente para actuar como empresas privadas.

Vínculos similares se pueden observar en la empresa Vehículo Espacial de Nueva Generación (VENG) que surgió de la cooperación de actores del sector gubernamental junto con la CONAE. Fue creada en 1998, pero tomó importancia en 2007 con la definición del proyecto Tronador. A pesar de que la mayor parte de sus acciones son del sector gubernamental, cuenta con autonomía de funcionamiento sobre las contrataciones que realiza, así como de las compras y ventas de sus insumos y productos. Además, tiene independencia en la definición de su estructura laboral. Sin embargo, el vínculo constituido con CONAE tiene un doble flujo, ya que no solo se relacionan por medio de la inversión para su formación, sino también por el proceso productivo y los cursos de acción del PNAE.

Si bien VENG cuenta con autonomía, no la tiene para la definición de proyectos, es decir, no cuenta con capacidad para elegir la tecnología que desarrollará. Esto es debido a que su

¹²⁷ A pesar de ser un centro cuya finalidad es funcionar como la institución principal para la normalización y validación de procesos productivos en el SE, también cuenta con capacidad para certificar productos de diversas industrias como la aeronáutica, nuclear, automotriz, de comunicaciones y electrónica, así como la agroindustria, la defensa y los sectores energéticos y de bienes de capital (Drewes, 2014) El primer satélite que fue tratado en el CEATSA fue el ARSAT 1.

especialización tecnológica es en el desarrollo de cohetes de lanzamiento, por lo tanto, no puede tomar decisiones sobre este tipo de proyectos sin aprobación gubernamental. Además, su principal cliente es la CONAE, y no es debido a que cuenta con la mayor parte de las acciones, sino a que su creación responde a la implementación del PEN. Esta vinculación también presenta flujo de capital humano, ya que el personal gerencial de VENG son trabajadores de la CONAE. Se trata de una empresa de base tecnológica con múltiples canales de vinculación, pero que mantiene como prioridad el desarrollo de lanzadores y proyectos para la CONAE. (Drewes, 2014).

Se observa que las dos empresas de base tecnológica han sido resultado de la vinculación por medio de colaboración en proyectos de inversión de desarrollo tecnológico conjunto, pero su particularidad radica en que tanto VENG como el CEATSA son el resultado de combinación de empresas gubernamentales, y en un caso, de la CONAE. Esto es una señal del nivel de participación gubernamental en el desarrollo del SE en Argentina, que es el mayor en comparación con Brasil y México.

4.4.3 Coordinación en la implementación de proyectos satelitales

La formación de vínculos intersectoriales en el desarrollo tecnológico también se observa en el diseño e implementación de proyectos satelitales tanto en Brasil como en Argentina¹²⁸. En comparación con las relaciones establecidas en la formación de empresas tecnológicas, la colaboración en estas actividades se fundamenta en la construcción de cadenas de producción conjuntas y acuerdos de transferencia tecnológica con instituciones y empresas nacionales e internacionales, por medio de las agencias espaciales. Sin embargo, la complejidad de las redes es menor ya que se pueden identificar tanto niveles altos como medios en complejidad de los vínculos.

En Brasil, en el marco de la implementación del PNBL, se definió el diseño y construcción del SGDC. Este proyecto constituyó la configuración de redes interinstitucionales de colaboración entre el sector privado, la AEB y empresas internacionales. Dada su relación con el PNBL, el SGDC cuenta con la participación del Ministerio de Comunicaciones, el

¹²⁸ México no cuenta con este tipo de proyectos, por lo tanto no es considerado en este apartado.

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación, el Ministerio de Defensa, TELEBRAS, AEB, INPE y la empresa ThalesAlenia Space (Carvalho, 2014).

Por medio de programas de incentivos se fomenta la colaboración de empresas nacionales con ThalesAlenia Space a través de VISIONA, destacando un fondo de fomento a la innovación de apoyo a empresas que participaran en alguna etapa de la cadena de proveeduría para VISIONA (Carvalho, 2014). Por medio de AEB se definió la formación del vínculo con ThalesAlenia para concretar el convenio de desarrollo de proyecto conjunto bajo esquema de transferencia tecnológica en el diseño y manufactura de plataformas satelitales, permitiendo así poder fomentar esta especialización, directamente al sector privado (Carvalho, 2014).

El CBERS 4 también es un ejemplo de la formación de colaboración intersectorial en la implementación de proyectos espaciales en Brasil. Si bien la coordinación del proyecto estuvo a cargo del INPE y la AEB, la articulación de actores del sector privado mostró dos formas en particular. La primera, y de menor nivel de complejidad, fue la proveeduría de módulos de alto valor agregado, para ser ensamblados en la plataforma satelital, por medio de convenios de desarrollo de proyectos conjuntos con empresas privadas individuales.

También se configuraron estructuras de colaboración por medio de la creación de cuatro consorcios productivos¹²⁹, lo que representó la creación de convenios para la formación de agrupaciones empresariales en la fabricación de elementos que requerían convergencia tecnológica de industrias complementarias. Además, por medio de la AEB y el INPE se pueden mantener los acuerdos de desarrollo satelital con China, en específico los acuerdos con la ANEC y la Academia China de Tecnología Espacial (“INPE”, 2016).

En Argentina, en el desarrollo de satélites también se presentan diversos canales de vinculación, que en su mayoría son de nivel de complejidad media, en la cual la participación del sector privado es coordinada por la CONAE, característica que se puede observar en la construcción del SAC- D.

La articulación de instituciones en la participación en el proyecto conjunto de fabricación satelital se presenta por medio de múltiples canales. La vinculación entre academia y la

¹²⁹ Consorcio Cenic- Fibraforte, Consorcio TT&C - Mectron, Neuron e Betatelecom, Consórcio Omnisys/Neuron y Consórcio WFI - Equatorial e Opto Eletronica.

CONAE se complementa con centros públicos de investigación. La base de este tipo de relaciones se sustenta entre la CONAE, la UNLP y el CONICET a través de colaboración coordinada en el diseño y manufactura de productos para ser ensamblados en el satélite, así como por medio ensayos e integración de instrumentos (Drewes, 2014).

En estas actividades la CONAE coordina la participación del CIOp, la UIA, el IAR y el GEMA de la UNLP, así como a la División de Energía Solar del CNEA (Drewes, 2014). Además es el vínculo de articulación con las agencias espaciales extranjeras. La participación del sector privado se da por medio de producción de diferentes componenetes del satélite. La entidad encargada del ensamble es INVAP, la cual es la responsable de elegir a los proveedores. En este escenario, la CONAE y las instituciones vinculadas con ella, son las responsables de la fabricación de los instrumentos y la carga útil¹³⁰.

4.4.4 Vínculos para la creación de Instituciones de apoyo al desarrollo de proyectos y formación de capital humano

En el SE también se identifican vínculos de menor complejidad para la producción de bienes y servicios complementarios en el proceso de producción, así como de formación de capital humano. Estos son convenios de capacitación, estancias académicas en el sector privado, e incluso la formación de centros especializados de investigación. Sin embargo, su utilidad y aportación al desarrollo del SE es limitada sino se cuenta con empresas de base tecnológica y proyectos de desarrollo de tecnología especial, así como agencias espaciales con capacidad de gobernanza sobre la PE.

Tanto Argentina como Brasil tienen proyectos en este nivel de complejidad, sin embargo, es México el que presenta la mayor cantidad de actividades en este campo, y por lo tanto, el que menor grado de complejidad relacional presenta en el sector.

En el desarrollo del CBERS 4, en Brasil, se identifica la participación de una institución dependiente del INPE con el rol de articulador de conocimiento tecnológico. La Fundación de Ciencia, Aplicaciones y Tecnología Espacial fue creada por el INPE en 1982 con el objetivo de contribuir al desarrollo de ciencia y tecnología del país. Desde 1996 funciona

¹³⁰ La dinámica de interacción presentada en este satélite se puede generalizar, ya que las redes de vinculación, así como el papel de la CONAE e INVAP son similares en la mayoría de los satélites fabricados.

como apoyo al INPE y tiene la facultad de vincularse con otras instituciones gubernamentales (“FUNCATE”, 2016). En la implementación de proyectos, se encarga de la gestión del financiamiento durante todas las etapas del proyecto y también apoya por medio de consultorías especializadas, servicio técnico y ensayos en laboratorios.

Otra institución que muestra las particularidades de los canales de vinculación del SE en Argentina es el IMG (CONAE, 2004). Su formación de manera colaborativa entre UNC, la CONAE y la ASI se da por medio de múltiples canales, la mayoría de ellos, de intercambio de recursos humanos y de conocimiento para la formación de planes de estudio. La CONAE y la UNC fueron las encargadas de la selección de las áreas de trabajo científicas sobre las que se fundamenta el perfil del IMG.

Con la ASI, el vínculo se fundamenta en redes intercambios de estudiantes, de profesores para la formación de la planta docente, de investigadores, y en proyectos de colaboración para la generación de aplicaciones para el proyecto SIASGE. Dada la naturaleza de aplicación del IMG, también se establecen canales de relación soportados en pasantías, formación de estudiantes en empresas públicas y privadas, así como redes profesionales para facilitar la contratación de los estudiantes egresados.

Desde su conformación, el número de actores con los que se vincula ha aumentado, ya que múltiples organismos de la administración pública federal se han vinculado con el IMG, como el Sistema Federal de Emergencias y el Ministerio de Salud de la Nación. Este Sistema se coordina con el IMG para la generación de conocimiento académico en la construcción de sistemas de alerta temprana. Por su parte, con el Ministerio se vincula para la generación de información espacial y su uso en la prevención de emergencias sanitarias en accidentes ambientales¹³¹ (Drewes, 2014).

En México, como se observó en el capítulo anterior, la mayoría de los vínculos se construyen entorno a conferencias, convenios de formación de capital humano sin relación directa con el sector privado y actividades para incentivar la creación de una sociedad del espacio, pero sin proyectos que fomenten la capacidad de aplicación del conocimiento adquirido y tampoco

¹³¹ Esto lo hace por medio del desarrollo de proyectos conjuntos a través de los Sistemas Integrados Operativos para la Gestión de Riesgo en Emergencias Naturales y el Sistema Integrado de Aplicaciones a la Salud.

estímulos para el desarrollo de nuevas tecnologías. Son redes de baja complejidad sin capacidad de creación de innovaciones.

Algunos casos pueden ser considerados de complejidad media, como la implementación del programa de Space Boot Camps que busca fomentar acuerdos de colaboración entre el sector privado y académico, para crear convenios de comercialización de ideas vinculadas con el desarrollo tecnológico del SE. Por medio de la conformación de equipos multidisciplinarios intenta detonar nichos de innovación en beneficio de la productividad. Sin embargo, el problema radica en la falta de interés por parte del sector privado e incluso la indiferencia para la conformación de vínculos de cooperación. En este sentido, la AEM no ha podido concretar su rol de institución intermedia, siendo incapaz de crear el escenario y los incentivos adecuados para construir las redes de innovación.

La creación del CIDTE es otro ejemplo de este tipo de relaciones, el cual es resultado de la vinculación intersectorial entre el Gobierno del Estado de Zacatecas a través del Consejo Zacatecano de Ciencia, Tecnología e innovación, el CONACYT, la Universidad Autónoma de Zacatecas (UAZ) y la AEM, además de ser impulsado por el cuerpo académico de Comunicaciones y Electrónica de la Unidad Académica de Ingeniería Eléctrica de la UAZ. Es una institución que vincula el sector gubernamental con el académico que tiene como objetivo el desarrollo de sistemas de comunicaciones inalámbricas para el desarrollo de soluciones de conectividad de banda ancha satelital, una línea de acción del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018 (“CIDTE”, 2016).

La colaboración en la formación conjunta de proyectos también se observa en la estación terrena en Chetumal con la Antena ERIS. El canal de articulación es por medio de colaboración conjunta entre el Centro de Tecnología Avanzada de Querétaro (CIATEQ), la AEM, El Colegio del Sur (ECOSUR) y la DLR. Mientras el vínculo entre el CIATEQ y la AEM se dio por medio de la facilitación de recursos para realizar las reparaciones pertinentes a la antena para su adecuado funcionamiento, la relación entre AEM y la DLR fue para la transferencia de conocimiento sobre el proceso de instalación. El vínculo con el ECOSUR fue necesario debido a que es dentro de sus instalaciones que se edificará la estación terrena donde se ubicará la antena. Por lo tanto, se presentan convenios de colaboración de proyectos conjuntos entre estos actores. Si bien la estación no está concluida, si representa un esfuerzo

de la AEM por cumplir su rol de institución intermedia y también de fomentar el aumento en la complejidad de las redes de vinculación (“ECOSUR”, 2016).

4.5 SINDAE: Caso único en América Latina

Existe un elemento adicional de análisis en la vinculación intersectorial entorno al SE. En Brasil, para la implementación del PNAE se constituyó un organismo para la formación de vínculos de cooperación y conformación de acuerdos en beneficio del cumplimiento de los objetivos de la PE, el SINDAE. Se encuentra conformado por actores de todos los sectores vinculados al SE, tanto públicos como privados, y también centros especializados de investigación. La institución encargada de la coordinación y vigilancia del cumplimiento de los proyectos es la AEB, la cual funge en su rol de institución intermedia.

Por parte del sector gubernamental participan el Ministerio de Ciencia y Tecnología, el Ministerio de Defensa y otros ministerios vinculados con actividades espaciales. De los dos primeros se desprende la participación del DCTA y el IAE, así como de la AEB y el INPE respectivamente (Consejo de Altos Estudios y Evaluación Tecnológica, 2011). Parte de su estructura está conformada por empresas del sector privado e instituciones educativas a nivel nacional.

La formación de convenios dentro del SINDAE es a través de contratos de colaboración, los cuales deben incluir un programa de acción y proyecciones presupuestales, de manera que se pueda asegurar que los proyectos adscritos se concretarán. Todos deben estar vinculados con el cumplimiento del PNAE¹³² (Decreto No. 1.953, 1996). Por medio del SINDAE se pueden crear múltiples relaciones de colaboración intersectorial de diferentes niveles de complejidad.

Considerando la definición de un consorcio como una "organización o figura creada por una política pública en CTI (Ciencia, Tecnología e Innovación), en la que participan empresas que comparten esfuerzos con organizaciones públicas de investigación, y ambos contribuyen con distintos tipos y cantidades de recursos para el apoyo de investigaciones en un área de conocimiento de interés común al grupo de investigación conjunto" (Casalet y Stezano, 2009:

¹³² La AEB es la encargada de vigilar la adecuada elaboración de los convenios así como que su diseño e implementación este enfocada en apoyo del cumplimiento de los objetivos de la PE.

194) se argumenta que el SINDAE toma la figura de un consorcio a través del cual, en la implementación de la PE, se definen acuerdos de colaboración por medio de múltiples canales.

Este tipo de relaciones configuran vínculos, no solo para el desarrollo productivo sino también, para el fomento en la investigación y creación de conocimiento. Representan niveles de complejidad de las redes de mayor nivel que la colaboración con empresas individuales, ya que se trata de un la imagen de formación de "redes de redes" (Casalet y Stezano, 2009).

4.6 Sobre complejidad, redes y convergencia

La complejidad es una característica presente en la tecnología del SE, que se hace evidente al analizar los diferentes actores, áreas de conocimiento e industrias participantes en la fabricación de satélites. Tanto en Argentina como Brasil destacan la presencia de múltiples agentes de diferentes sectores productivos en el desarrollo de tecnología para cumplir los objetivos de la PE.

En Argentina se observa la centralización de la producción satelital a través de INVAP, al funcionar como única empresa tractora y con capacidad de satisfacer las necesidades de manufactura tanto para la CONAE como para ARSAT. En cambio en Brasil, si bien el ensamble es tarea de INPE, institución gubernamental, la formación de encadenamientos productivos presenta una mayor gama de empresas privadas en comparación con Argentina. Además, el INPE no es la única empresa con capacidad tractora en Brasil, y no se busca que lo sea, lo que se evidencia por la creación de una empresa adicional, VISIONA, en colaboración con TELEBRAS y EMBRAER para que supla las tareas de ensamble de INPE.

En ambos países la colaboración internacional es un pilar en el desarrollo de tecnología satelital. En los casos analizados se observa que la cooperación con agencias espaciales de otros países es fundamental para la implementación de los proyectos. México, en este campo queda fuera del análisis ya que sus carencia de infraestructura y apoyo gubernamental les impide generar procesos de construcción satelital, y aunque los convenios internacionales si son representativos, estos no están destinados en fomento del desarrollo del sistema de innovación del SE.

En Argentina y Brasil, el fomento tecnológico se sustenta en las agencias espaciales, que toman el rol de instituciones intermedias en un sector intensivo en tecnología. La CONAE y la AEB cuentan con capacidad de articulación y de fomento a la implementación de proyectos, así como capacidad para establecer los acuerdos de cooperación internacional. Presentan diferencias en dos elementos. Por un lado, mientras que la CONAE cuenta con la capacidad de formación de arreglos regionales al interior del país y de creación de nuevas tecnologías sustentado en su personal, la AEB no puede cubrir estas tareas. Sin embargo, dada la estructura institucional del SE en Brasil, esto es cubierto por el INPE, manteniendo estas actividades dentro del sector gubernamental.

La AEM, sin embargo, carece de capacidad de fomento a la formación de proyectos de vinculación con finalidades productivas y de desarrollo tecnológico, concentrando sus esfuerzos en la creación de acuerdos regionales e internacionales pero enfocados a la formación de capital humano y la sociedad del espacial.

Los proyectos y la capacidad de las agencias para intervenir en el desarrollo del SE se observan a través de la complejidad de las redes que se construyen. Mientras que en Argentina y Brasil el grado de complejidad es de medio a alto, ya que giran en torno a la creación de empresas de base tecnológica por medio de colaboración intersectorial, hasta la conformación de realización de proyectos conjuntos; México se encuentra en la etapa de formación de vínculos informales de colaboración y con poca participación del sector privado.

5. Conclusiones

La revisión teórica y la evidencia empírica proporcionaron el mapa de acciones que actúan en favor o en contra del fomento a la innovación y la implementación de proyectos tecnológicos involucrados con el SE. El estudio comparativo, amplió las posibilidades de identificar las dimensiones vinculadas con el desarrollo del SE y las opciones adecuadas para solventar las restricciones en la construcción de un sistema de innovación.

En el desarrollo de la investigación también se reconocieron los problemas que limitan el desarrollo del SE, los cuales se desagregan de las dimensiones de análisis, y que son i) la falta de estructura institucional articulada y orientada a logros evaluables y ii) la incapacidad de consolidar una especialización tecnológica. Estos aspectos resultan determinantes, ya que sus efectos impiden la focalización de la PE y la articulación entre los programas e instrumentos de políticas, lo que a su vez restringe el potencial de vinculación intersectorial y la formación de redes de innovación.

Del estudio se identificaron tres ejes de problemas vinculados con las dimensiones de análisis del sistema de evolución. Estos elementos son problemas de estructura institucional y especialización tecnológica, observable en la falta de actores públicos o privados con capacidad de insertarse en la cadena de valor del SE y también de relacionarse para construir nichos de innovación; problemas de vinculación entre la PE y las políticas de incentivos para la cooperación lo que impide la implementación de los proyectos del PNAE al no ofrecer incentivos para superar las barreras al desarrollo tecnológico; y problemas de formación de las redes de innovación indispensables para comenzar los procesos de convergencia.

En cada uno de los ejes de problemas los países han respondido conforme a su trayectoria técnica, resultado de la historia productiva y el desarrollo de sus capacidades de absorción de conocimientos y aprendizajes. Esto ha dado forma al SE en un proceso de largo plazo considerando sus condiciones nacionales. En este aspecto, el rol de los actores y la intervención gubernamental definieron el perfil nacional y el rumbo de la dinámica del SE. En el análisis se evidencian las heterogeneidades y similitudes de cada país; así como los avances y obstáculos en la aplicación de programas e instrumentos de política.

Estructura institucional y la especialización tecnológica

Los retos en la formación de la estructura institucional fueron resueltos de diferente manera, pero las respuestas en momentos coyunturales, de presión por parte de los países desarrollados o por cambios de políticas nacionales, definieron las características futuras del SE, incidiendo en la reorganización de las instituciones. Argentina y Brasil buscaron la continuidad en la trayectoria técnica y la estructura institucional, asegurando la estabilidad necesaria en el desarrollo tecnológico. El resultado fue, para el primer país, una nueva agencia espacial con finalidades civiles y la sustitución de especialización tecnológica hacia satélites. En el caso de Brasil se dio un proceso de diversificación de la trayectoria técnica y la ampliación de la estructura institucional. Estos elementos permitieron que las bases del SE no se disolvieran.

La forma en que Argentina y Brasil respondieron a las regulaciones internacionales impuestas por Estados Unidos, por medio de adecuaciones de los programas vinculados al SE, permitieron la continuidad del sector y la diversificación o modificación de la especialización tecnológica, soportada en convenios internacionales. México, en cambio, desintegro a la institución encargada del SE, y dada la falta de una PE o proyectos de vinculación, el resultado fue la disolución de los avances en el sector y el cambio de estrategia hacia la compra de sistemas llave en mano, que culminó en la privatización de los satelitales. La existencia de una estructura institucional articulada no se encuentra presente en México, limitando la capacidad de generación de nichos de innovación.

Dentro de los elementos identificados en la consolidación de la estructura institucional, un papel principal lo toman las agencias espaciales, característica a través de la cual se puede observar la heterogeneidad entre los países analizados. El rol de las agencias como institución intermedia, de enlace entre los sectores académico y productivo para la formación y la creación de tecnología, solo se puede identificar en Argentina y Brasil, ya que en México, a pesar de la existencia de la AEM, no se cuenta con capacidad de gobernanza sobre la PE. Esta indefinición de sus capacidades y de falta de visibilidad ha llevado tanto al incumplimiento de los proyectos, como a la imposibilidad de implementación de programas de información satelital para la creación de aplicaciones tecnológicas en otras industrias. En

estas actividades, Argentina y Brasil muestran avances importantes, desarrollando sistemas de alerta temprana y aplicaciones para su uso en beneficio de la educación de la población.

Otro elemento que incide en la diferenciación del perfil del SE ha sido la creación y atracción de empresas, nacionales o extranjeras, que funcionen como las compañías tractoras en la formación de la cadena de valor, al proveer tecnología a los demás participantes del proceso de producción. Estas compañías abren una ventana de oportunidad para encabezar trayectorias técnicas, sin embargo, deben estar condicionadas bajo acuerdos de transferencia tecnológica, como en Argentina y Brasil. En México aún no existe alguna empresa con capacidad de producción y desarrollo tecnológico del SE.

La falta de estructura institucional, de formación de especialización tecnológica, y una agencia espacial sin capacidad de implementación de la PE, son solo algunos de los elementos que limitan el desarrollo del SE. A esto se adiciona el desinterés, en México, de los sectores académico y privado para la creación de centros especializados de formación y tecnología, estableciendo únicamente instituciones focalizadas en ciencias del espacio con limitada capacidad de aplicación de conocimiento. En Argentina y Brasil estos centros son una de las bases en el desarrollo del SE, ya que en estos países, debido a la vinculación académica y productiva, han podido aportar en la innovación y creación de tecnología.

Estas diferencias han dado lugar a resultados heterogéneos en las trayectorias institucionales y en la formación de especialización tecnológica. En México no se cuenta con infraestructura espacial propia, ya que se carece de plataformas de lanzamiento, así como de capacidad de manufactura satelital, contando únicamente con estaciones terrenas de recepción de información. A esto se agrega la falta de definición en la trayectoria técnica, lo que impide enfocar los recursos, al querer destacar en todas las actividades en el mismo proceso. En este sentido, el camino más adecuado ha sido el de desarrollar una sola especialización tecnológica, y conforme se consolide, comenzar procesos de diversificación.

Política Espacial y los programas e instrumentos de políticas

Otros problemas identificados en el SE, que también muestra la heterogeneidad entre los países del estudio, se vinculan con la PE y los incentivos en la formación de redes de innovación. En México el grado de complejidad de la PE no corresponde con la capacidad

de implementación, lo cual es un elemento que estanca el desarrollo del SE. Además, en tanto que en Argentina y Brasil se definen periodos específicos para someter a revisión los avances de los planes espaciales, en México no, lo que genera un aumento en el rezago de la implementación de proyectos y la reformulación inadecuada de los objetivos de la PE. Las modificaciones al PNAE realizadas por la AEM para su segunda versión fueron cambios incrementales sin una evaluación adecuada.

La definición de un objetivo propio de la PE también es un elemento ineludible para el desarrollo del SE. Ayuda a la formación de la trayectoria técnica y a encausar los recursos hacia la creación de tecnología necesaria para su cumplimiento, característica observable en Brasil y Argentina. En México el objetivo de la PE es el cumplimiento del Plan Nacional de Desarrollo, lo cual no permite la construcción de instrumentos adecuados para las necesidades nacionales, al carecer de una finalidad específica.

La falta de apoyo del sector gubernamental sobre el SE también limita la implementación de la PE, lo que se observa en pocos recursos disponibles que no son encausados sobre una línea guía, perdiéndose en intentos de construcción de múltiples trayectorias, sin la capacidad suficiente. La falta de un objetivo propio impide trazar un camino que satisfaga las necesidades nacionales, intentando seguir las trayectorias de otros países, sin tener en cuenta una meta nacional o las nuevas tendencias tecnológicas para explotarlas como una ventana de oportunidad.

A estos elementos se suman las características de la estructura de los planes espaciales, ya que a diferencia de Argentina y Brasil, México no cuenta con una vinculación entre los diferentes proyectos del PNAE que los oriente hacia un solo objetivo, resultando en un conjunto de acciones desarticuladas y en ejes separados e independientes. Acentuando el problema de focalización de la PE.

Las diferencias se extienden a los incentivos que funcionan como soporte para la formación de redes de innovación cuya vinculación con la PE es necesaria, ya que permiten la articulación de diferentes actores para la construcción de nichos de innovación, dinámica observable en Argentina y Brasil. Sin embargo, en México estos recursos son insuficientes y no están relacionados con la PE, limitando la capacidad de desarrollo tecnológico. Y a pesar de que en México existen programas con características similares a las presentes en los países

de mayor desarrollo dentro del análisis, la desarticulación se convierte en el principal problema.

La presencia de fondos especializados para el SE y de administración por parte de la agencia espacial no son un requisito indispensable para el desarrollo del sector, pero si son un factor que aporta de manera positiva a su dinámica. En México, sin embargo, la falta de focalización de la PE limita la capacidad de apoyo de estos recursos, al diversificarse en múltiples proyectos que no persiguen la consolidación de una especialización.

El aprovechamiento de los vínculos regionales también es indispensable en el SE. Para su conformación, la presencia de fondos subnacionales de fomento a la innovación es necesaria, como se observa en Argentina y Brasil. En México, el problema no es la falta de estos fondos, sino también la desarticulación con los programas regionales de la AEM, lo que impide desarrollar tecnología para satisfacer necesidades focalizadas.

La desvinculación también se hace evidente al analizar la relación entre las políticas de telecomunicaciones y la PE. Mientras que en los países de Sudamérica analizados estos planes han servido como apoyo para desarrollar programas satelitales, no ocurre lo mismo en México. Las demandas satelitales de estas políticas y el aprovechamiento de fondos de innovación deberían apoyar en la construcción de una empresa de base tecnológica, gestionada y supervisada por la AEM.

En el nicho tecnológico satelital, las compras gubernamentales pueden apoyar al desarrollo de las capacidades nacionales. Pero para que la adquisición de sistemas llave en mano ayude a consolidar sinergias a nivel nacional y subnacional, se debe asegurar la inclusión de actores nacionales y la presencia de programas de transferencia tecnológica, lo que funciona como una vía para absorción de conocimientos y mejora en las condiciones para que los productos nacionales se inserten en la cadena de valor. Este tipo de compras se deben realizar solo cuando no existe capacidad nacional propia para desarrollar esta tecnología, pero teniendo en cuenta que su finalidad debe incluir el funcionar como incentivos a la innovación.

Resultado sobre la redes de innovación

La falta de estructura institucional y de una PE focalizada, así como la desarticulación de los programas e instrumentos de fomento a la innovación, impiden la creación de condiciones

necesarias para superar las barreras que se presentan en el proceso de evolución del sistema de innovación del SE. La complejidad que existe detrás del desarrollo tecnológico solo puede ser superada por medio de redes de innovación con diferentes grados de complejidad, característica observada en Argentina y Brasil, como elemento necesario para la formación de capacidad de construcción satelital y de tecnología de lanzamiento.

En México la desvinculación de las políticas, los problemas en el diseño e implementación de la PE y la falta de actores e instituciones con capacidad de desarrollo tecnológico, han impedido el crecimiento del SE. Esto se refleja en una baja complejidad de los vínculos intersectoriales, limitando la inclusión del sector productivo en el SE. La desarticulación retrasa los procesos de convergencia tecnológica e industrial que a nivel internacional determinan las nuevas formas de organización productiva que se caracterizan por la interdisciplinariedad y la digitalización por medio de plataformas, cuya finalidad es facilitar la colaboración a distancia y desarrollar la cadena de valor de manera remota.

Las agencias espaciales, en su rol de instituciones intermedias, se convierten en el medio para alcanzar un nivel alto de complejidad de las redes de innovación, fomentando los procesos de transferencia tecnológica, los intercambios comerciales y la producción compartida soportada por plataformas de información colaborativa. En Argentina y Brasil la intervención de las agencias espaciales ha incidido en el éxito de las relaciones y los acuerdos para consolidar los canales de vinculación intersectorial. Su inclusión en grupos gubernamentales, privados y de la sociedad civil con la tarea de generar información por medio de plataformas colaborativas de conocimiento e información, es fundamental en la consolidación del SE, ya que les permite funcionar como nodo entre diferentes actores y participar del desarrollo tecnológico. Si no cuenta con capacidad científica, este papel puede ser tomado por otra institución, diseñada específicamente al fomento del SE y ligada a la agencia, como sucede con el INPE en Brasil.

La AEM, sin embargo, no cuenta con la capacidad de iniciar procesos de convergencia institucional, y tampoco de desarrollo científico, limitando su rol de articulador y de fomento para la creación de nichos. Una ventana de oportunidad han sido los acuerdos con instituciones extranjeras. Los convenios con agencias espaciales de otros países tienen efectos positivos sobre el SE, como se observa en el desarrollo satelital y de lanzadores en

Argentina y Brasil. Pero en México tampoco se han aprovechado estas oportunidades, ya que estos arreglos no han sido utilizados para el desarrollo tecnológico.

La falta de estructura institucional y de una agencia espacial que funcione como institución intermedia, son una limitante en la construcción de redes de innovación. Mientras que en Argentina y Brasil se han definido redes de alto nivel de complejidad que se materializaron en la creación de empresas de base tecnológica, resultado de la colaboración intersectorial o de la agrupación de diferentes instituciones gubernamentales, en México existe un retraso en este tipo de canales de vinculación. Estas empresas sirven como pilar de la implementación de los proyectos de la PE y presentan características que han resultado en favor de su crecimiento, como la administración autónoma pero en colaboración cercana con la agencia espacial en la selección de proyectos y aprobación de desarrollo de tecnología espacial.

Si bien existen otros canales de vinculación de menor complejidad como el desarrollo conjunto de proyectos satelitales, estos se deben apoyar en la colaboración intersectorial e internacional, asegurando procesos de transferencia tecnológica. Sin embargo, estos no han sido alcanzados por México, concentrando las acciones de la AEM en la construcción de redes de formación de capital humano y creación de la cultura del espacio, y algunos casos de impulso de infraestructura. Pero estos vínculos no son útiles en el desarrollo del SE si no están acompañados de redes más complejas.

Dado que todas las redes de innovación conforman la dinámica de evolución del sistema de innovación, las de menor complejidad no son suficientes para el detonar el desarrollo del SE si no cuentan con la presencia de capacidad de implementación de proyectos espaciales o empresas de base tecnológica que fomenten los encadenamientos productivos. Los vínculos de formación de masa crítica y creación de instituciones especializadas requieren de colaboración entre el sector productivo y el académico, sea por medio de acuerdos nacionales o internacionales, ya que sin esto no hay forma de generar capacidad de aplicación de conocimiento ni dar respuesta a las necesidades nacionales. En México se observan ejemplos de lo anterior, ya que la creación de centros de formación e investigación limitan la capacidad del SE sin un sector privado o gubernamental con capacidad productiva.

La heterogeneidad observada entre Argentina y Brasil con respecto a México hace evidentes los vacíos que pueden ser cubiertos por modificaciones en la PE y en las actividades de la

AEM. Además, se deben buscar medios para generar procesos de convergencia y articulación tanto institucional como de políticas. El estudio comparativo permite afirmar que la participación del sector gubernamental es indispensable en la formación de capacidades nacionales, creando y articulando instrumentos de fomento a la innovación con una PE focalizada y que considere el contexto nacional e internacional, y una agencia espacial que pueda asegurar su rol de institución intermedia y la construcción de redes de innovación adecuadas para el desarrollo del SE.

6. Recomendaciones de Políticas

Las dimensiones analizadas en el trabajo permiten identificar las fallas sobre las que se fundamenta el escaso progreso de la PE en México. Las tres dimensiones de problemas se encuentran relacionadas, lo que genera errores que si no son corregidos, impiden los procesos de retroalimentación para realizar cambios en las políticas y afrontar el desafío de la fragmentación productiva.

Es necesario considerar la complejidad que encierran las políticas públicas en su camino a la solución de problemas (del Castillo, 2014). Se debe transitar hacia propuestas que aprovechen las experiencias adquiridas, para cubrir los vacíos en el desarrollo del SE. Las recomendaciones buscan funcionar como una base de aspectos a considerar en el rediseño de la PE de México.

Las propuestas implican un cambio en al PE y los programas e instrumentos de política destinados al fomento a la innovación y la formación de capital humano. Se deben de considerar las condiciones nacionales e internacionales en las que se desenvuelve. Para modificar la PE hay que tener presente la estructura institucional, los avances obtenidos por la AEM y las áreas de oportunidad en la PE.

De conformidad con la información obtenida en el análisis comparativo, las conclusiones del trabajo y el enfoque de políticas, se proponen las siguientes recomendaciones, estructuradas en ejes de solución, derivados de las dimensiones del problema analizado.

Diseño de la PE en México

La PE es el centro del desarrollo del SE, pero en México existen problemas identificados en su estructura, resultado de un mal diseño de políticas. Por lo tanto, el primer punto a considerar son los elementos que permitan una mejor redefinición de la PE. Se proponen las siguientes observaciones:

A partir de un estudio en el cual se identifiquen las necesidades nacionales, definir un objetivo específico para PE y el PNAE, que permita alinear las acciones y proyectos. Esto no implica que pierda su rol como sector de apoyo en la implementación del Plan Nacional de Desarrollo, pero si debe contar con una orientación propia.

En función de este objetivo, hay que analizar las capacidades con las que cuenta el país en materia de tecnología espacial. Es necesaria la compatibilidad entre el nivel de complejidad de los proyectos de la PE y las capacidades nacionales para desarrollar tecnología.

Dado que los recursos de la AEM son limitados, no es viable que la PE busque múltiples trayectorias técnicas. Hay que identificar las nuevas tendencias tecnológicas a nivel internacional que se adecuen a las necesidades del país. Una ventana de oportunidad son los microsátélites, debido a su menor tamaño, complejidad de fabricación y costos.

La PE debe ser evaluada para poder realizar las modificaciones pertinentes y adecuar los proyectos y los plazos de acuerdo con los avances obtenidos y las modificaciones en el contexto. Es necesario fijar la periodicidad de las evaluaciones y apegarse a los tiempos.

La PE en México cuenta con múltiples documentos que crean duplicidad en algunas acciones. El aprovechamiento de las capacidades requiere de homologar los diferentes documentos que conforman la PE, ya que esto focalizaría los recursos.

Desarticulación de las políticas de fomento a la innovación y de apoyo al SE

Se observó que en el desarrollo del SE es necesaria la presencia de instrumentos de políticas para superar las barreras en la formación de sistemas de innovación. En México el problema es la desarticulación entre los incentivos para la formación de redes intersectoriales, de manera que se pueden hacer algunas observaciones al respecto.

La AEM puede apoyar en la resolución del problema, realizando un análisis sobre los programas vinculados con el desarrollo tecnológico y buscar aquellos que sean compatibles con el objetivo y las líneas de acción del PE. Los resultados deben ser incluidos en el PNAE para hacer evidente la articulación de las políticas.

El fondo AEM-CONACYT necesita focalizarse hacia la trayectoria técnica definida en la PE. De esta forma se pueden aprovechar los recursos escasos y comenzar a construir una especialización tecnológica adecuada a las expectativas nacionales.

Los planes de compras gubernamentales están separados de la PE, sin embargo, conjuntar estas acciones permitiría aprovechar los vínculos de la AEM con instituciones nacionales e

internacionales para fomentar acuerdos de transferencia tecnológica y la participación de actores nacionales.

Vincular las políticas de telecomunicaciones con la PE es una oportunidad para desarrollar nuevas tecnologías a través de proveedores nacionales, ya que si se requiere de la adquisición de un satélite, se podría facilitar la inclusión de empresas mexicanas en los procesos de transferencia tecnológica.

Los instrumentos de formación de capital humano y de creación de la sociedad del espacio deben fomentar proyectos para aprovechar las tecnologías espaciales en otras industrias, enfatizando los potenciales beneficios del SE, despertando el interés de actores con capacidad productiva.

Estructura institucional y especialización tecnológica

En México, la discontinuidad en el apoyo del SE ha generado una estructura institucional endeble, no solo por la escasez de actores con capacidad de participar en el SE sino también por su desarticulación. Sin embargo, esto es parte de las bases para iniciar el proceso de coevolución de formación del sistema de innovación. Por lo tanto, se proponen las siguientes acciones para fortalecer estos elementos.

Dentro de las líneas de acción de la PE se deben definir proyectos de formación de empresas de base tecnológica y de centros de especializados en ciencias del espacio para soportar la trayectoria técnica definida. Siempre atendiendo a los recursos disponibles.

La definición de los proyectos de la PE se debe realizar de manera inclusiva y considerando a los actores con capacidades y disposición de participar en su implementación. Así se incluirán las acciones a desarrollar y a los responsables de su ejecución en el PNAE.

La AEM no cuenta con el personal adecuado para iniciar proyectos de desarrollo tecnológico. En este campo, el apoyo en otras instituciones es una fuente de innovación vinculada directamente con la PE. Es pertinente realizar acuerdos de colaboración con universidades que tengan mayor capacidad de innovación, por medio de acuerdos de exclusividad con la AEM.

Características de las redes

Las redes de innovación mantienen un nivel de complejidad bajo, característica que ha limitado el desarrollo del SE en México. La manera de fortalecer estas relaciones es por medio del diseño e implementación de proyectos definidos en la PE. A partir de lo observado en el trabajo, se proponen algunas consideraciones en la PE que favorezcan la construcción de estas redes.

La AEM cuenta con acuerdos de cooperación con diversas agencias espaciales. Pero estos vínculos solo se pueden aprovechar por medio de acciones conjuntas para ampliar las capacidades nacionales, por lo tanto, los proyectos de desarrollo tecnológico definidos en el PNAE deben de favorecer la cooperación con otras agencias y la participación de actores del país.

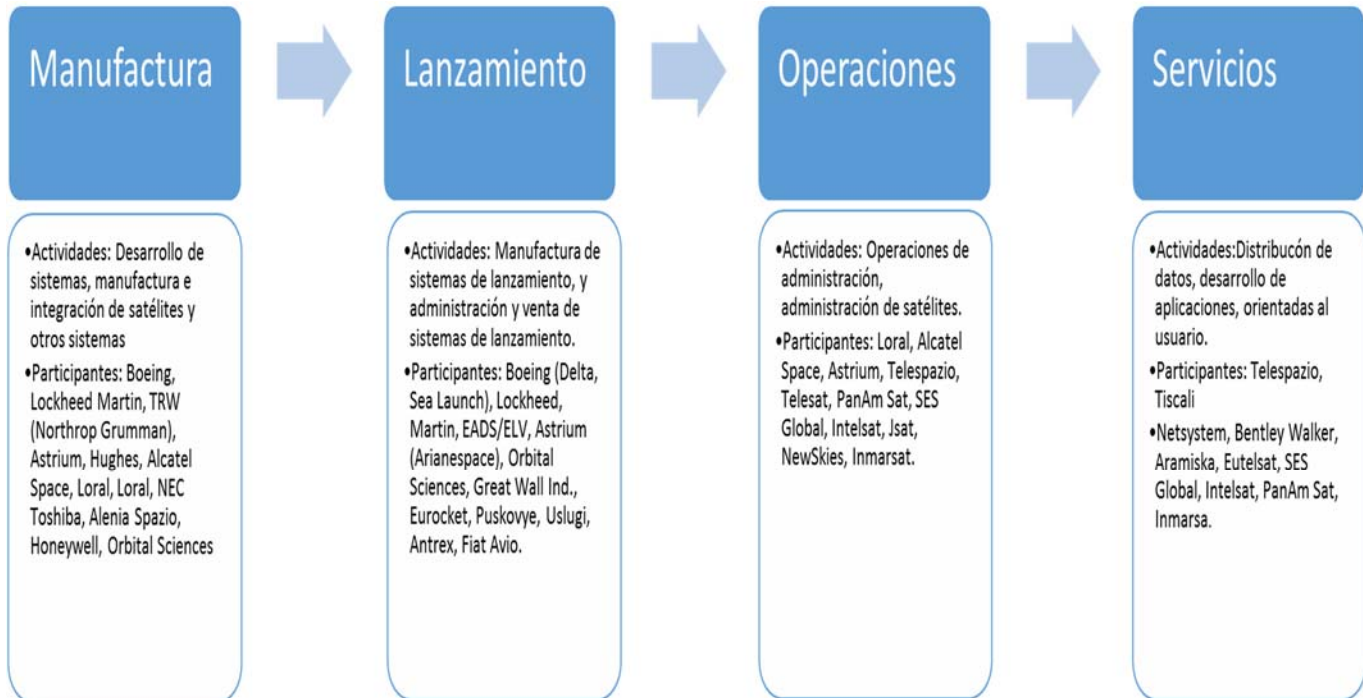
Los intereses heterogéneos de los actores de diferentes sectores no han sido homologados, lo que se observa en la desvinculación de los centros de estudio especializados con el sector productivo. La PE debe incluir proyectos que faciliten la interacción entre el sector privado y el académico, especificando los actores con capacidad de participación.

Si bien en la PE se tiene presente que la colaboración regional es necesaria para el desarrollo del SE, no se han generado los vínculos adecuados. Es necesario que una de las líneas de acción del PNAE este enfocada a la construcción de articulación con los estados y los municipios definiendo proyectos específicos.

Las recomendaciones presentadas consideran las restricciones presupuestales a las que se enfrenta el SE en México y también el contexto internacional y nacional, así como la complejidad que solo puede ser resuelta en el mediano o largo plazo. La PE y las políticas de vinculación definirán el rumbo de la tecnología y la dinámica del SE, por lo tanto, es necesario considerar el rediseño de la PE y los medios por los cuales se busca implementar. Solo así se podrá retomar el rumbo perdido.

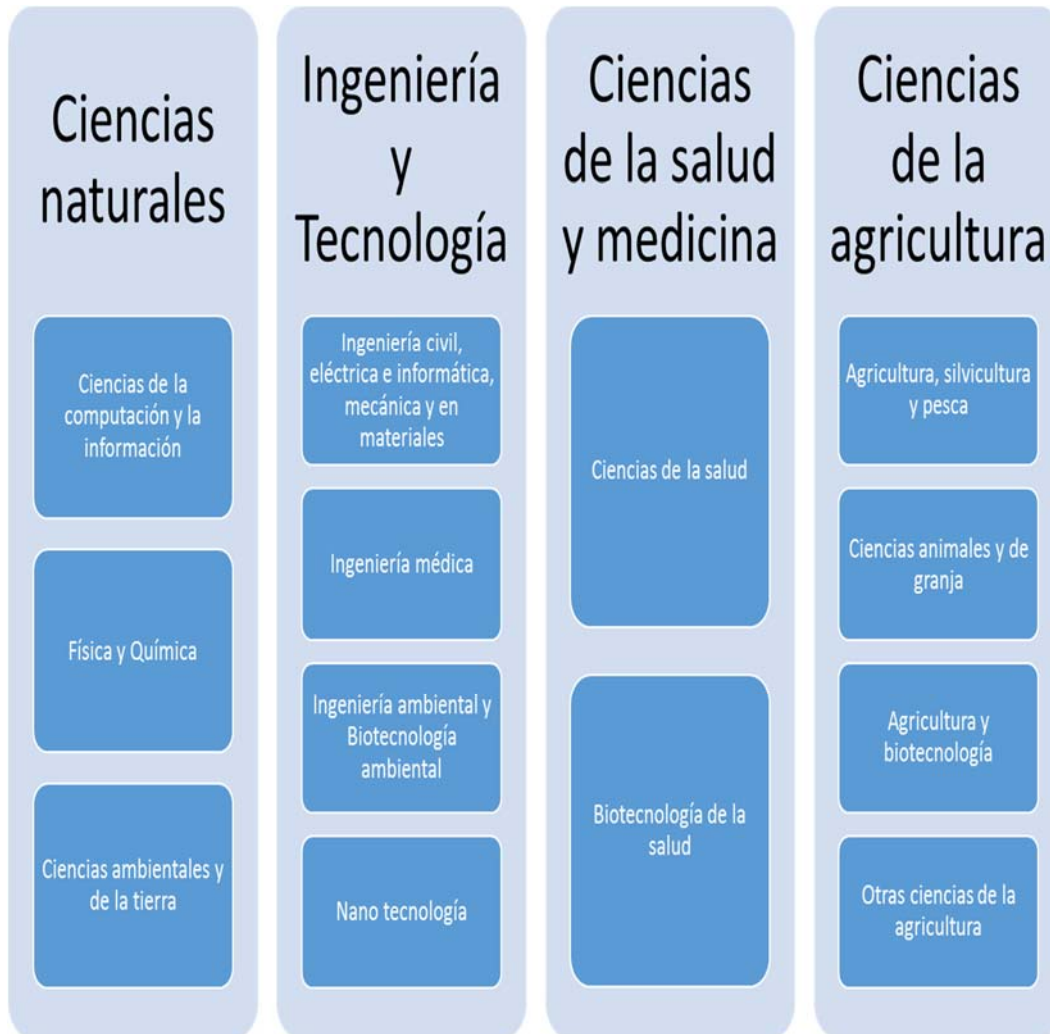
Anexo 1. Esquemas del Capítulo 1

Esquema 1. Ejemplo de participantes en la cadena de valor del Sector Espacial



Fuente. Anna Nosella and Giorgio Petroni, 2007.

Esquema 2. Ejemplo de ciencias vinculadas con el Sector Espacial



Fuente. OECD, Handbook on Measuring the Space Economy, 2012.

Anexo 2. Cuadros del Capítulo 2

Cuadro 1. Satélites en México: Proyectos completados y programados					
Satélites	Fecha de puesta en órbita	Proveedor	País	Cambio de propiedad	Renombrado
Morelos 1	17 de junio de 1985	Hughes Space and Communications Company	Estados Unidos		SATMEX 1
Morelos 2	27 de noviembre de 1985	Hughes Space and Communications Company	Estados Unidos	Privatizado en 1997	SATMEX 2
Solidaridad 1	19 de noviembre de 1993	Hughes Space and Communications Company	Estados Unidos	Privatizado en 1997	SATMEX 3
Solidaridad 2	7 de octubre de 1994	Hughes Space and Communications Company	Estados Unidos	Privatizado en 1997	SATMEX 4
SATMEX 5	5 de diciembre de 1998	Hughes Space and Communications Company	Estados Unidos		EUTELSAT 115 WEST A
SATMEX 6	27 de mayo de 2006	Space Systems Loral	Estados Unidos	Transferido en 2014	EUTELSAT 113 WEST A
SATMEX 7	Pospuesto	Space Systems Loral	Estados Unidos	Transferido en 2014	EUTELSAT 115 WEST B
SATMEX 8	26 de marzo de 2013	Space Systems Loral	Estados Unidos	Transferido en 2014	EUTELSAT 117 WEST A
UNAMSAT-1*	28 de marzo de 1995	UNAM	México		
UNAMSAT B	5 de septiembre de 1996	UNAM	México		
Mexsat 1 (Centenario)*	15 de mayo de 2015	BOEING	Estados Unidos		
Mexsat 2 (Morelos III)	Octubre de 2015	BOEING	Estados Unidos		
Mexsat 3 (Bicentenario)	19 de diciembre de 2012	Orbital Science Corporation	Estados Unidos		

*Lanzamiento fallido

Fuente: Elaboración propia con datos de recopilación bibliográfica.

Anexo 3. Cuadros del Capítulo 3

Cuadro 2. Estructura Comparativa del Plan Nacional de Actividades Espaciales-Argentina	
Ciclos de Información	
Actividades agropecuarias, pesqueras y forestales	Comprende toda la información relevante a las actividades agropecuarias, forestales y pesqueras, incluyendo el relevamiento y monitoreo de los recursos ictícolas para su seguimiento y protección
Clima, hidrología y oceanografía	Comprende el seguimiento de fenómenos climáticos e hidrológicos en todo el territorio nacional y los estudios oceanográficos del Atlántico Austral, del Mar Antártico y en escalas geográficas más amplias para permitir pronósticos estacionales de fenómenos globales.
Gestión de emergencias	Este ciclo abarca la gestión de información en las etapas de prevención (incluyendo alerta muy temprana), de asistencia y de recuperación.
Vigilancia del medio ambiente y los recursos naturales	Este ciclo está orientado a las aplicaciones en estudios climáticos y del cambio global atmosférico en general y comprende además toda la información relacionada con la vigilancia del medio ambiente en lo referido a la contaminación del suelo, del aire, del mar y los ríos por causas naturales y antropogénicas.
Cartografía, planeación territorial, caminos, etc.	El presente ciclo abarca la teledetección y procesamiento de información relevante para: Cartografía, geología y producción minera; Planificación Territorial, Urbana y Regional; Infraestructura para trazado de caminos y líneas férreas.
Gestión de salud	Existen tres grandes líneas en las cuales la tecnología espacial puede ayudar a resolver problemas vinculados a la Salud Humana. Estas son: la Telemedicina; uso de información espacial en caso de emergencias sanitarias; Epidemiología Panorámica.
Planes de Acción	
Instituto Mario Gullich	Generación de conocimientos de avanzada, el desarrollo de aplicaciones innovativas de la información espacial y de formación de recursos humanos de excelencia, enfocado al soporte y desarrollo de los CIC, a través del Instituto de Altos Estudios Mario Gullich.
Acuerdos Marco con Provincias	Potenciar progresivamente las capacidades locales de cada provincia para el uso y aprovechamiento de la información espacial, asentando para ello núcleos de expertos que puedan actuar como contrapartes de la CONAE en los aspectos técnicos involucrados en el uso y aprovechamiento de información espacial.
Apoyo a la Administración Pública (fiscal)	Concertar acciones tendientes al mejor y más eficaz aprovechamiento de los sistemas de información basados en datos teledetectados para asistir en sus funciones específicas a diversas áreas de la Administración Pública Nacional y las oficinas de recaudación y control fiscal.

Exterior y Vinculación Regional	Implementar acuerdos de cooperación en el ámbito regional, de manera bilateral y multilateral.
Entrenamiento Satelital 2MP	Acercar la tecnología satelital a 2 Millones de estudiantes primarios y secundarios. A través del desarrollo del Programa 2Mp se busca que los alumnos a partir de 8 años de las escuelas de nuestro país conozcan, tengan acceso y utilicen la información de origen satelital, y que puedan aplicarla en lo sucesivo a las actividades que desarrollan en el ámbito de su vida cotidiana.
Curso de Acción	
Estaciones Terrenas	Realizar la Telemetría, el Telecomando y el Control (TTyC) de los satélites; Realizar la Telemetría, el Telecomando y el Control (TTyC) de los satélites; Recibir, procesar y almacenar datos obtenidos en misiones de teleobservación; Instalar y operar el instrumental y equipamiento de la Facilidad de Integración y Ensayos; Promover el uso de la información espacial facilitando la infraestructura física y la tecnología necesaria para su difusión por métodos teleinformáticos.
Sistemas Satelitales	Proveer a través de misiones satelitales propias los medios para satisfacer requerimientos específicos de nuestro país en las áreas de teleobservación, comunicaciones y ciencias básicas, que no se ven satisfechos por la oferta de sistemas existentes.
Sistemas de Información	Promover el acceso de la sociedad a la información de origen espacial, impulsando su disseminación, aprovechamiento e integración en bases de datos, sistemas de información geográfica, y en desarrollos de software para diversos usos y aplicaciones.
Sistemas de Lanzamiento	Contribuir a satisfacer los requerimientos de acceso al espacio del Plan Espacial Nacional, de modo de: asegurar la puesta en órbita de los satélites nacionales, y promover la inserción de la tecnología e industrias nacionales en el mercado de los medios de acceso al espacio y servicios de lanzamiento.
Convenios Institucionales	Coordinar la difusión y el mejor uso de la información espacial; Establecer vinculaciones con instituciones del sector científico, técnico y empresario para promover la investigación y el desarrollo en ciencia y tecnología espacial así como promover el desarrollo de recursos humanos especializados; Establecer el marco y los contenidos de acuerdos de cooperación internacional; Informar a la sociedad sobre la importancia y los beneficios derivados de la actividad espacial; Promover el desarrollo integral de la CONAE y de su organización interna efectuando planes operativos periódicos.

Fuente: Elaboración propia con base en los Planes Nacionales de Actividades Espaciales-Argentina.

Cuadro 3. Estructura comparativa del Plan Nacional de Actividades Espaciales-Brasil		
	2005-2014	2012-2021
Líneas Estratégicas/Acción	Enfocarse en las necesidades de los usuarios de bienes y servicios espaciales.	Consolidar la industria espacial por medio de políticas de compras de estado y cooperación internacional.
	Autonomía en desarrollo de satélites pequeños y sus lanzadores.	Fomentar programas de tecnología para consolidar el sector.
	Adopción de estándares de calidad y seguridad compatibles con normas internacionales.	Aumentar los acuerdos de cooperación internacional para la innovación.
	Búsqueda de sustentabilidad financiera en las actividades espaciales, por medio de la comercialización.	Crear un Consejo Nacional de Política Espacial con gobiernos locales y federal.
	Integrar industria y universidades con las instituciones encargadas de implementar la Política Espacial.	Mejorar la legislación que fortalezca el Sector Espacial.
	Fortalecer las instituciones vinculadas directa o indirectamente en la implementación de la Política Espacial.	Fomentar la formación de recursos humanos y la importancia del Sector Espacial en la sociedad.
Prioridades del sector	Continuar con el desarrollo satelital y de lanzamiento aumentando la participación del sector industrial.	Satisfacer las necesidades y demandas nacionales del área espacial.
		Integrar la Política Espacial con otras políticas públicas.
	Incluir en todas las misiones sistemas de recolección de datos para consolidar el Sistema Brasileño de Recolección de Datos.	Mejorar los recursos humanos y satisfaciendo las demandas del sector.
		Dominar tecnologías de uso restringido fomentando la participación intersectorial (dependencia tecnológica).
	Concluir los proyectos de plataformas multimisión y sus cargas útiles.	Generar capacidad de lanzamiento satelital dentro del territorio nacional.
	Promocionar la comercialización de medios de acceso al espacio.	Usar la política de compras del estado para generar Sistemas Espaciales Completos.
	Inversión en investigación de colaboración académica e industrial.	Transferir tecnología espacial de institutos de investigación a la industria.
	Ejecutar programas de movilización para conocer las demandas sociales por tecnología espacial.	Incorporar tecnología nacional en los sistemas espaciales encargados por el estado.
Mantenimiento y producción industrial de los programas de cohetes.	Incorporar la industria nacional en todas las etapas de desarrollo de proyectos espaciales.	

		Fomentar el establecimiento de contratistas principales nacionales.
	Transferencia tecnológica del INPE y el CTA a las empresas nacionales.	Fomenta que la Política Espacial sea Política de Estado.
	Promover acuerdos internacionales de transferencia tecnológica.	Mejorar la gobernanza del programa espacial brasileño.
Ejes del PNAE	Observación de la tierra.	Especialización Tecnológica.
	Misiones Científicas y Tecnológicas.	
	Telecomunicaciones.	Cooperación Internacional.
	Acceso al espacio.	Regulación de las actividades espaciales.
	Infraestructura.	Asegurar las inversiones necesarias.
	Investigación y Desarrollo.	Generar beneficios del Sector Espacial.
	Recursos Humanos.	Formación de Capital Humano.
Apoyo a la Industria	Desarrollar satélites y lanzadores con base en industria nacional.	Organizar y fortalecer la cadena de producción del Sector Espacial.
	Desarrollar aplicaciones útiles para los sectores involucrados en las actividades espaciales.	Dominar tecnologías necesarias en el sector.
	Fomentar el uso de la infraestructura industrial.	
	Involucrar a las instituciones involucradas con ciencia y tecnología a las políticas de innovación.	Expandir el mercado de bienes y servicios espaciales.
	Fomentar la contratación de jóvenes y el desarrollo de innovación.	
	Invertir en programas de certificación de productos.	Incrementar la participación en proyectos de cooperación internacional.
	Dirigir estudios periódicos para conocer la situación de la industria.	

Fuente: Elaboración propia con base en los Planes Nacionales de Actividades Espaciales de Brasil.

Cuadro 4. Estructura Comparativa Plan Nacional de Actividades Espaciales-México		
	2011-2015	2013-2018
Ejes	Formación de capital humano en el campo espacial.	
	Investigación científica y desarrollo tecnológico espacial.	
	Desarrollo industrial, comercial y competitividad en el Sector Espacial.	
	Asuntos internacionales, normatividad y seguridad en materia espacial.	
	Financiamiento, Organización y Gestión de la Información en Materia Espacial.	
Objetivos	Impulsar y fortalecer la formación de capital humano en ciencias y tecnologías espaciales.	Impulsar el desarrollo de una infraestructura espacial que atienda las necesidades sociales, de protección y banda ancha.
	Impulsar la investigación e innovación en materia espacial, para la atención de necesidades nacionales.	Impulsar el desarrollo del Sector Espacial promoviendo la innovación, la inversión pública y privada, la creación de empresas y aumento de la competitividad.
	Impulsar la generación de nuevos negocios, la transferencia tecnológica articulando las cadenas de valor y competencias regionales.	
	Fortalecer la política de cooperación internacional espacial de uso pacífico del espacio, propiciando también la transferencia tecnológica.	Promover las capacidades y competencias nacionales fortaleciendo la educación, investigación y articulación (capital humano).
	Promover el financiamiento y desarrollo de aplicaciones en materia espacial, y la coordinación y evaluación por la Agencia.	Posicionar a México internacionalmente con el uso de fines pacíficos del espacio, participando en retos de colaboración multinacional.
Estrategias	Programa nacional de desarrollo de capital humano especializado.	Impulsar el desarrollo de infraestructura de órbita baja para observación del territorio nacional.
	Creación de una sociedad espacial (cultura del espacio).	Incrementar la eficiencia de servicios de operación y logística por medio de infraestructura espacial.
	Apoyo al gobierno en temas de comunicación, observación y localización.	Desarrollar infraestructura espacial en telecomunicaciones para aumentar la conectividad.
	Fomentar la investigación y la innovación tecnológica para generar aplicaciones.	Desarrollar infraestructura espacial de lanzadores y plataformas de lanzamiento.

	Desarrollar instituciones especiales para el espacio a nivel estatal.	Estimular los ecosistemas regionales de innovación del Sector Espacial.
	Articulación de agrupamientos industriales para el fomento del Sector Espacial y nuevos negocios.	Fomentar las capacidades de normalización y certificación de productos y sistemas espaciales.
	Promover el desarrollo de proveedores, transferencia tecnológica y procesos de normalización y certificación.	Impulsar la formación de especialistas, la educación en línea, y creación de sociedad del espacio.
	Crear instrumentos de gestión y seguimiento de las actividades con los tres órdenes de gobierno.	Desarrollar un programa nacional de capacitación de personal y formación de especialistas certificados.
	Crear los fundamentos legales para la cooperación internacional y transferencia tecnológica.	Aumentar las capacidades nacionales en desarrollo de tecnología e investigación en ciencia básica.
	Participar en actividades y foros espaciales internacionales.	Aumentar las capacidades nacionales en desarrollo de tecnología e investigación en ciencia aplicada.
	Colaborar con instituciones responsables de la seguridad nacional.	
	Facilitar la elaboración y fondeo de proyectos de innovación.	Dar aportaciones al uso pacífico y seguridad del espacio, abierto a la cooperación.
	Fomentar las actividades de la AEM por medio de aplicaciones de gestión de la información.	
	Coordinar la organización y la planeación estratégica de la Agencia que vincule directamente las metas individuales con las metas de la Agencia.	Suscribir instrumentos legales para soportar la colaboración internacional.
	Implementar un sistema de recursos humanos que permita a la Agencia contar con servidores públicos con las competencias requeridas.	

Fuente: Elaboración propia con base en los Planes Nacionales de Actividades Espaciales de México

Cuadro 5. Proyectos Espaciales vinculados con la Política Espacial en Argentina		
Sistema (serie)	Producto (Satélite/Lanzador/Infraestructura)	Año de lanzamiento/construcción
Satélite de Aplicaciones Científicas (SAC)	SAC-B	1996
	SAC-A	1998
	SAC-C	2000
	SAC-D	2011
	SAC-E/SABIAMAR	2019
	SAC-F	En estudio
	SAC-G	En estudio
Satélites Argentinos de Observación con Microondas (SAOCOM)	SAOCOM 1A	2015
	SAOCOM 1B	2016
	SAOCOM 2A	Después de 2015
	SAOCOM 2B	Después de 2015
Serie SARE	SARE Activo	2017
	SARE Pasivo	2017
Nahuelsat	Nahuel 1	1997
ARSAT	ARSAT-1	2014
	ARSAT-2	2015
	ARSAT-3	2017
Proyecto Tronador	Tronador I	2007
	Tronador Ib	2008
	Tronador 400	2011
	Vex-1	2014
Centro Espacial Teófilo Tabanera	Centro de Control de Misión	1991
	Laboratorio de Integración y Ensayos	
	Laboratorio de Medición de Antenas	
	Estación Terrena Córdoba	
Centro de Ensayos de Alta Tecnología (CEATSA)		2013

Fuente: Elaboración propia con datos de documentos oficiales.

Cuadro 6. Proyectos Espaciales vinculados con la Política Espacial en Brasil

Sistema (serie)	Producto (Satélite/Lanzador/Infraestructura)	Año de lanzamiento/construcción
Satélite Chino- Brasileño de Recursos Terrestres	CBERS-1	1999
	CBERS-2	2003
	CBERS-2B	2007
	CBERS-3	2013
	CBERS-4	2014
Satélite SAR (Radar de Apertura Sintética)		2020
Satélites Amazonia	Serie Satelital Amazonia 1	2015(pospuesto a 2017)
	Serie Satelital Amazonia 1B	2017
	Satélite Amazonia 2	2019
Satélites de Recolección de Datos	Satélite de Recolección de Datos (SCD-1)	1993
	Satélite de Recolección de Datos (SCD-2)	1998
Satélite Lattes	Satélite Lattes (EQUARS-MIRAMAX)	2018
Satélite Geoestacionario de Defensa y Comunicaciones Estratégicas	SGDC-1	2014 (pospuesto a 2016)
	SGDC-2	2019
Satélite Meteorológico Brasileño	GEOMET-1	2018
Satélite SabiaMar		2019
Vehículo de Lanzamiento Satelital	Vehículo de Lanzamiento VLS-1	2013-2014-2015
	Vehículo de Lanzamiento VLS-2	En fase de estudio
	Vehículo de Lanzamiento VLS-Alfa	2018
	Vehículo de Lanzamiento VLS-Beta	2020
Vehículo de Lanzamiento de Micro satélites		2015
Vehículo de Exploración Booster (VSB)	VSB-30 V1	2004
	VSB-30 V2	2005
	VSB-30 V3	2006
	VSB-30 V4	2007
Lanzador Cyclon 4		2014-Cancelado
Laboratorio de Integración y Pruebas (LIT)		1987
Laboratorio Asociado de Propulsión y Combustión (LCP)		
Centro de Rastreo y Control Satelital (CRC)		

Fuente: Elaboración propia con base en documentos oficiales.

Cuadro 7. Proyectos Espaciales vinculados al desarrollo de satélites, lanzadores e infraestructura terrestre en México			
Satélite, lanzadores, infraestructura terrestre	Proyectos	Acciones	Año
Infraestructura	Proyecto de un Centro de Validación, Normalización y Acreditación de Pruebas de Componentes y Sistemas Espaciales.	Gestionar registro de la AEM como organismo de normalización y certificación en el Sector Espacial.	2015
		Validación del programa de certificación 2015 – 2016.	
	Diseño de un modelo APP para el desarrollo de infraestructura espacial mexicana.	Generar propuesta de Asociación Público Privada para infraestructura espacial.	2015
		Analizar esquemas existentes de APP en base tecnológica de la SCT-Telecomm.	
		Desarrollar el modelo de financiamiento de la APP.	
	Instituto APP de coordinación triple hélice para la innovación en materiales avanzados con aplicaciones aeroespaciales.	Programa de fomento a la investigación en materiales avanzados.	2014- pospuesto indefinido
		Plataforma de innovación abierta.	
	Diseño de estrategia para el desarrollo del segmento terrestre de infraestructura espacial.	Plan estratégico para el desarrollo del Centro Nacional de Integración de Vehículos Espaciales.	2015
		Plan Estratégico para el desarrollo de infraestructura espacial para el segmento terrestre.	
	Fortalecimiento de las capacidades nacionales en observación del territorio nacional.	Desarrollo de Estación Terrena para adquisición de Datos Geomáticos de múltiples sensores.	2015
Red Nacional de Datos Geomáticos, Espaciales y Astrofísicos.			
Desarrollo de una librería abierta para el procesamiento de imágenes satelitales de radar.			
Gestión para la puesta en marcha de la antena ERIS-Chetumal.			

	Proyecto para la creación de un Centro de Innovación y Desarrollo Espacial.	Registro en Cartera del Programa de Inversión.	2015
		Proyectos de Inversión.	
		Contrato de Mandato.	
	Estudio para clústeres regionales de innovación y desarrollo espacial con participación pública y privada.	Desarrollo de propuesta de modelo tipo de clúster de innovación.	2015
Desarrollar propuesta de Oficina de Transferencia Tecnológica.		2015	
Satélites	Plan maestro para el impulso al fortalecimiento de las capacidades nacionales de investigación y desarrollo tecnológico del país en la materia.	Propuesta: Desarrollar Infraestructura Satelital.	2013-2015
	Proyecto multiinstitucional para el mejoramiento de la seguridad y la protección de la población empleando las ciencias y tecnologías espaciales.	Documento Sistema de Alerta Temprana: Especificaciones.	2013
		Documento Infraestructura Satelital: diagnóstico.	
	Integración de plataforma satelital multifunción de órbita baja con 50% de tecnología desarrollada en México.	Construcción y prueba del satélite de la primera misión.	2017
		Lanzamiento de la prueba de misión del micro-satélite.	
	Nube para un sistema de datos geomáticos, espaciales y astrofísicos.	Diseño de la arquitectura de hardware.	2015
Diseño de la arquitectura operativa.		2015	
Lanzadores	Desarrollo de un plan estratégico para el uso de un lanzador de cargas pequeñas en México.	Definición de socios estratégicos en la implementación de un lanzador de cargas pequeñas.	2015
		Prueba piloto de lanzamiento de México de cargas pequeñas.	2015
	Desarrollo de una prueba piloto para el establecimiento de al menos un puerto espacial en México.	Definición de zonas estratégicas para la realización de lanzamientos en México.	2015
		Gestión para realizar al menos un lanzamiento en México.	2015

Fuente. Documentos de evaluación de trabajo de la AEM.

Cuadro 7 (continuación). Proyectos Espaciales de especialización en México		
Proyectos	Actividades	Año
Catálogo de Capital Humano.	Diagnóstico anual de oferta y demanda.	2013-2014
Plan maestro para el impulso al fortalecimiento de las capacidades nacionales de investigación y desarrollo tecnológico del país en la materia.	Programa de investigación y desarrollo militar.	2013-2015
	Grupos multidisciplinarios para congresos internacionales.	
	Simposio en Tecnología Espacial Básica.	
Estrategia de desarrollo regional del Sector Espacial.	Diseño operativo de Centros Regionales (jurídica y organizacional).	2013-2015
	Identificación de Proyectos Regionales de Tecnología Espacial.	
	Consolidación del CREDES.	
	Convenios con Zacatecas Yucatán y Coahuila.	
	Gestión de firma de convenio con al menos dos nuevos estado	
Impulso al desarrollo de vocaciones y competencias regionales, e identificación de mecanismos de cadena de valor.	Mapa de Ruta Regional (Plan Nacional de Órbita).	2013
	Estudio de factibilidad para el desarrollo de asociaciones público privadas para la innovación del Sector Espacial.	
	Mapas de Ruta Regionales.	
Proyecto para realización de acuerdos internacionales en materia de espacio y de actualización en legislación espacial.	Acuerdo con la NASA.	2013
	Acuerdo con la UKSA.	
	Propuesta, negociación y firma de MoU con Venezuela.	2015
	Propuesta, negociación y firma de MoU con Canadá.	
	Propuesta, negociación y firma de MoU con China.	
	Elaboración y trámite de dos anteproyectos de leyes en materia espacial.	
Celebrar en México congresos, simposios y talleres de trabajo en materia espacial.	Congreso de la Federación Internacional de Astronáutica.	2016
Celebración de la “Semana Mundial del Espacio”.		2015
Seguimiento a los proyectos en ciencias médicas y biológicas espaciales.	Actividades de gestión para el seguimiento a los proyectos en ciencias médicas y biológicas espaciales y los aprobados en el Fondo Sectorial.	2015

Desarrollo e implementación de un sistema de gestión de fondos FONDONET.	Gestión de convenio con la Academia Nacional de Medicina.	2015
Realizar encuentros de generación y estímulo a la innovación mediante Space BootCamp.	Presentar proyecto en extenso a INADEM.	2015
Seminarios de divulgación.	Realizar cinco eventos Space BootCamp a nivel nacional.	
Fortalecimiento y desarrollo de vínculos entre grupos de trabajo en ciencia básica espacial.	Implementación del sistema para el Registro de Capacidades en Investigación y Desarrollo Espacial (RECIDE).	2015
	Gestionar la elaboración de la estrategia científica para el uso de imágenes satelitales.	
	Estrategia para el diseño de una misión a la Luna.	
	Especialización en tecnología de sistemas ópticos satelitales.	
	Realización de casos de estudio sobre el uso de la teledetección aplicada a desastres.	

Fuente. Documentos de evaluación de trabajo de la AEM.

Cuadro 8. Políticas Públicas y Estrategias Empresariales vinculadas al Sector Espacial en Argentina

Elementos	Programas/Acciones	Año	Descripción	Instituciones Responsables	Acciones/Instrumentos
Formación de Capital Humano	Programa de Entrenamiento Satelital para niños y jóvenes 2MP	2004	Se busca que los alumnos a partir de 8 años de las escuelas de nuestro país conozcan, tengan acceso y utilicen la información de origen satelital, puedan aplicarla en lo sucesivo a las actividades que desarrollan en el ámbito de su vida cotidiana.	Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE)- Ministerio de Ciencia y Tecnología (MINCyT)	
	Software de Procesamiento de Imágenes (SoPI)	2004	Proyecto de desarrollo de software nacional que busca acompañar a los usuarios en la incorporación del potencial de las imágenes satelitales y las tecnologías geospaciales a sus actividades profesionales y educativas.	Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE)- SUR Emprendimientos Tecnológicos	En términos educativos, el SoPI está pensado para trabajar con estudiantes de nivel secundario. Por sus características y dado el alcance de sus funcionalidades, puede ser utilizado también a nivel profesional
	Instituto de Altos Estudios Espaciales "Mario Gullich"	1997 / 2001	Formación de recursos humanos de excelencia, enfocada al soporte y desarrollo de los proyectos del Plan Espacial Nacional, la generación de conocimientos de avanzada, y el desarrollo de aplicaciones innovativas de la temática espacial.	Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE)- Sistema Federal de Emergencias- Ministerio de Salud de la Nación- Universidad Nacional de Córdoba	Cursos de posgrado
					Sistema de Gestión de Riesgo en Desastres Naturales
	Programa de Articulación con Escuela Técnica	2014	Promover la apertura y la articulación de las actividades que desarrolla la empresa con los contenidos de enseñanza de los últimos años de la escuela secundaria técnica en nuestro país.	ARSAT- Ministerio de Educación de la Nación	Comunicaciones Satelitales
Comunicaciones Ópticas					
Ingeniería Satelital					
Fomento a la Innovación	Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica (FONCyT)	1996	Apoyo a proyectos de investigación cuya finalidad sea la generación de nuevos conocimientos científicos y tecnológicos.	Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT)	Becas de Investigación Científica y/o Tecnológica
					Proyectos de Investigación Científica y Tecnológica (PICT)

	Fondo Argentino Sectorial (FORNASEC)	2009	Apoya proyectos y actividades cuyo objetivo sea desarrollar capacidades críticas en áreas de alto impacto potencial y transferencia permanente al sector productivo.	Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT)	Área Estratégica TIC: Sistemas de Información Geográfica-Telecomunicaciones
	Programa Grandes Instrumentos		Alcanzar una utilización eficiente de los grandes equipamientos y una mejor organización y acceso a las bases de datos científicos existentes en las distintas instituciones de ciencia y tecnología de todo el país.	Consejo Interinstitucional de Ciencia y Tecnología	Sistema Nacional de Datos del Mar
					Sistema Nacional de Datos Climáticos
	Consejo Asesor y Comisiones para Temáticas Específicas	2001	Espacio de articulación y vinculación de los organismos nacionales que realizan actividades científicas y tecnológicas orienta su actividad principalmente al diseño de políticas comunes al sistema propiciando una mayor relación con la sociedad en general y el sector productivo en particular.	Consejo Interinstitucional de Ciencia y Tecnología	Consejo Asesor de Astronomía y Ciencias del Universo
					Comisión de Trabajo de Gestión del Riesgo
					Comisión Asesora del Programa de Centros Interinstitucionales en Temáticas Estratégicas
	Núcleos socio productivos estratégicos (NESP)	2012 - 2015	Orientadores de la política de ciencia, tecnología e innovación sectorial o focalizada para el período 2012-2015, pero la identificación y priorización de los que serán materia de intervención en ese período se realizará en la etapa de operacionalización del Plan.	Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Conicet) (1958)	Telecomunicaciones
	Plan Nacional de Telecomunicaciones: Argentina Conectada	2010	Se funda en una labor conjunta entre el Estado Nacional y el sector privado, articulando la participación de las grandes empresas de comunicaciones que operan en el país, y de los pequeños y medianos operadores locales de la economía social.	ARSAT	Programa Conectar con Igualdad
					Televisión Digital Satelital
Cadenas Productivas	Fondo Fiduciario de Promoción de la Industria del Software (FONSOFT)	2004	Apoyar la finalización de carreras de grado, la generación de nuevos emprendimientos y el fortalecimiento de PyMES, productoras de bienes y servicios pertenecientes al sector de Tecnología de la Información y las Telecomunicaciones (TIC).	Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT)	Subsidios a Emprendedores (Emprendedores)

Fuente. Elaboración propia con base en revisión de documentos oficiales.

Cuadro 9. Políticas Públicas y Estrategias Empresariales vinculadas al Sector Espacial en Brasil

Elementos	Programas/Acciones	Año	Descripción	Instituciones Responsables	Acciones
Formación de Capital Humano	AEB-Escuela	2003	Busca divulgar temas de ciencias espaciales en las escuelas de todo Brasil, estimulando a los estudiantes por medio de prácticas y despertar la vocación de investigación en niños y jóvenes en el área de las ciencias del espacio.	Agencia Espacial Brasileña.	Jornadas Espaciales
					Cursos de Capacitación
					Eventos de divulgación científica
	Programa Microgravedad	1998/2013	Poner a disposición de la sociedad técnico científica brasileña ambientes de microgravedad y dando acceso, apoyo técnico y recursos para la realización de experimentos.	Agencia Espacial Brasileña- Instituto de Aeronáutica y Espacio (IAE/DCTA)- Instituciones de Educación Superior (IES).	
	Programa de Formación de Recursos Humanos en Áreas Estratégicas (RHAE)	1987/2007	Programa destinado a la formación e inserción de maestros y doctores en empresas privadas, preferentemente micro y pequeñas empresas. Tomando recursos de bolsas de fomento tecnológico para incorporar personal altamente calificado.	Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq).	Fijación y Formación de Recursos Humanos-Fondos Sectoriales
					Fondo Especialista de visita
					Extensión de Apoyo Técnico en el país
Ciencia sin Fronteras	2011	Programa que busca la consolidación, expansión e internacionalización de la ciencia y la tecnología, la innovación y la competitividad brasileña por medio de intercambio y movilidad académica.	Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq)- Coordinación para la Mejora del Personal Superior.	Área de ingeniería y tecnología	
				Área de tecnología aeroespacial	
					Convenios de la AEB con otros países
Fomento a la Innovación		2003	Creado para apoyar proyectos de investigación y desarrollo de	Financiadora de Estudios y Proyectos del Ministerio de Ciencia y Tecnología	PAPPE Integración

	Programa de Apoyo a la Investigación de Empresas (PAPPE)		productos y procesos, focalizados a la pequeña empresa.	(FINEP)- Fundaciones de Amparo a la Investigación (FAP).	PAPPE subvención
	Programa de Investigación para la Innovación en Pequeñas Empresas (PIPE)	1997	Destinado para el apoyo del desarrollo de investigaciones innovadoras en micro y pequeñas empresas con sede en el Estado de San Pablo.	Financiadora de Estudios y Proyectos del Ministerio de Ciencia y Tecnología (FINEP)- Fundación de Amparo a la Investigación del Estado de San Pablo (FAPESP).	PAPPE/PIPE III
	Fondos Sectoriales	1998/2000	Fuentes de financiamiento destinadas a ampliar la infraestructura científica y tecnológica, incentivar las inversiones en innovación y promover el aumento de la competitividad nacional. Siempre promoviendo la cooperación entre instituciones de ciencias y el sector privado.	Financiadora de Estudios y Proyectos del Ministerio de Ciencia y Tecnología (FINEP)- Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico (CNPq).	Fondos Sectoriales Verticales: Espacial
	Programa Nacional de Banda Ancha	2010	Iniciativa del gobierno federal que tiene como objetivo la masificación del acceso a internet de banda ancha, principalmente en las regiones más precarias del país. El objetivo es llegar a 40 millones de hogares.	Ministerio de Comunicaciones- Telebras-AEB-Visiona-INPE.	Satélites SGDC
Cadenas Productivas	Subvenciones Económicas	2005	Programas de financiamiento a fondo perdido para actividades de investigación, desarrollo e innovación de las empresas, asociada a objetivos y sectores específicos con efecto sobre el encadenamiento productivo del país.	Financiadora de Estudios y Proyectos del Ministerio de Ciencia y Tecnología (FINEP).	Núcleos de Innovación Tecnológica
					Densificación de la cadena tecnológica aeroespacial
					Transferencia Tecnológica Espacial

Fuente. Elaboración propia con base en revisión de documentos oficiales.

Cuadro 10. Políticas Públicas y Estrategias Empresariales vinculadas al Sector Espacial en México

Elementos	Programas/Acciones	Año	Descripción	Instituciones Responsables	Acciones
Formación de Capital Humano	Proyecto Multi institucional de Formación de Capital Humano en el Campo Espacial.	2013-2014	Disponer de un proyecto nacional en el que la Agencia Espacial Mexicana funja como articulador y coordinador de los esfuerzos de diferentes dependencias e instituciones gubernamentales, sector privado, organismos y centros educativos para impulsar la educación científica y tecnológica de alta calidad en el campo espacial como un bien público estratégico cuyo uso y explotación coadyuva al beneficio social y económico de la población y al desarrollo sustentable del país.	Agencia Espacial Mexicana (AEM)	Promoción de actividades extracurriculares en el Sector Espacial.
					Creación de un grupo interinstitucional e intersectorial para fomento de capital humano.
					Capacitación de profesores para mejorar la enseñanza en educación superior y media superior.
					Becas en especialidades espaciales según las necesidades de industria, academia y gobierno.
					Programa de estancias en otras Agencias Espaciales, intercambios estudiantiles y Programa de Vinculación intersectorial
					Creación de programas educativos espaciales
	Actividades de Divulgación de las ciencias del espacio en la sociedad.	2013	Formación de cultura espacial y una sociedad del espacio con conocimiento e interés sobre el impacto que el desarrollo tecnológico tiene sobre la vida cotidiana.		Revista Hacia el Espacio
	Formación a nivel educación básica.	2015			Semana Mundial del Espacio
	Programa de formación espacial para jóvenes.	2011-2015			Seminarios de divulgación
	Divulgación por medio de museos.	2013-2015			Coordinación con SEP
					Visitas a instituciones extranjeras
					Espacio de los Niños (RHE)
					Jóvenes por el espacio
		Actividades de vinculación			
		Exposición en Universum			
		Colaboración con museos nacionales			

Fomento a la Innovación	Programa Nacional de Innovación.	2011	Programa que busca incrementar la disponibilidad y posibilidad de aplicar el conocimiento dirigido a la innovación; Fortalecer la base de empresas y entes públicos que demanden la generación de ideas y soluciones innovadoras para llevarlas al mercado; Promover la concurrencia de recursos públicos y privados que permitan incrementar las fuentes de financiamiento necesarias para el emprendimiento y la innovación.	Secretaría de Economía (SE)- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología	Generación de conocimiento con orientación estratégica: Creación de Unidades de Vinculación de Transferencia de Conocimiento, Creación de Unidades de Vinculación Academia-Empresa, Fortalecimiento de incentivos al SIN
					Fortalecimiento a la innovación empresarial: Banco de Buenas Practicas de Innovación Laboral, Red Nacional para la Competitividad e Innovación en el Trabajo; Programa de Estímulos a la Innovación
					Financiamiento a la innovación: Constitución del Fondo Sectorial de Innovación (FINNOVA), Constitución de Fondos de Capital Emprendedor
	Programa de Estímulos a la Innovación.	2008	Busca incentivar, a nivel nacional, la inversión de las empresas en actividades y proyectos relacionados con la investigación, desarrollo tecnológico e innovación a través del otorgamiento de estímulos complementarios, de tal forma que estos apoyos tengan el mayor impacto posible sobre la competitividad de la economía nacional.	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)	Innovación Tecnológica para la Competitividad de la Empresas (INNOVATEC)
					Innovación Tecnológica para Negocios de Alto Valor Agregado (INNOVAPYME)
					Desarrollo e Innovación de Tecnologías Precursoras (PROINNOVA)
	Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación (PECiTI).	2014	Hacer del desarrollo científico, tecnológico y la innovación pilares para el progreso económico y social sostenible.	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología	Articular los esfuerzos que realizan los sectores público, privado y social en la inversión en CTI
					Consolidar la masa crítica de investigadores para generar investigación científica y desarrollo tecnológico de alto nivel
					Ampliar la cooperación internacional para la formación de recursos humanos de alto nivel en temas relevantes para el país

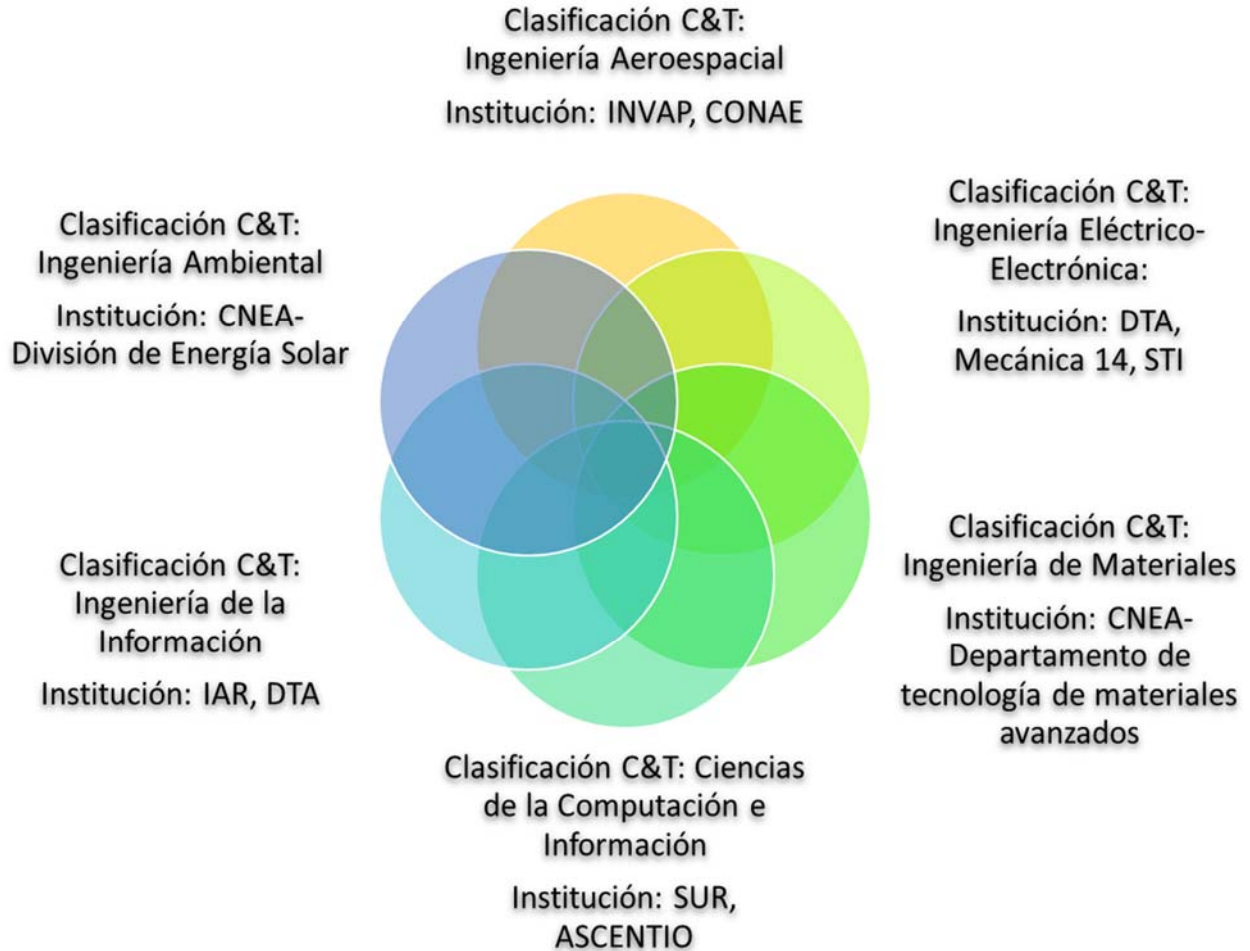
				<p>Fomentar la creación y fortalecimiento de sistemas estatales y regionales de CTI aprovechando las capacidades existentes</p> <p>Promover la vinculación entre las IES y CPI con los sectores público, privado y social</p>
Fondo Sectorial de Investigación Desarrollo Tecnológico e Innovación en Actividades Espaciales (CONACYT-AEM).	2014	<p>Administrar los recursos que se destinan al fomento y apoyo para las investigaciones científicas, de desarrollo e innovación en el sector; Formación de recursos humanos especializados; Creación de grupos académicos y profesionales de investigación y desarrollo tecnológico y de innovación; Generar infraestructura requerida por el sector.</p>	<p>Agencia Espacial Mexicana (AEM)- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)</p>	<p>Investigación Científica: básica y aplicada</p> <p>Desarrollo tecnológico y de innovación: precompetitivo y competitivo</p> <p>Formación de Recursos Humanos Especializados: creación de programas de posgrado, redes de investigación e innovación, Fortalecimiento de la capacidad tecnológica</p> <p>Creación de infraestructura científica y tecnológica</p> <p>Difusión y divulgación</p>
Fondos Mixtos Constituidos.	2001	<p>Instrumento que apoya el desarrollo científico y tecnológico estatal y municipal, a través de un Fideicomiso constituido con aportaciones del Gobierno del Estado o Municipio, y el Gobierno Federal, a través del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.</p>	<p>Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) - Gobiernos estatales y municipales</p>	<p>Fondo Mixto de Fomento a la Investigación Científica y Tecnológica (FOMIX-Zacatecas)</p>
Programa para el Desarrollo de la Industria del Software y la Innovación (PROSOFT).		<p>Promover el desarrollo y la adopción de las tecnologías de la información y la innovación en los sectores estratégicos del país que contribuya a incrementar su productividad.</p>	<p>Secretaría de Economía</p>	<p>Formación de capital humano especializado en tecnologías de la información y en innovación en los sectores estratégicos</p> <p>Generación de investigación aplicada, desarrollo tecnológico e innovación en los sectores estratégicos</p> <p>Financiamiento para las empresas de los sectores estratégicos para el desarrollo y adopción de tecnologías de la información e innovación</p>

					<p>Generación de infraestructura para el desarrollo y adopción de las tecnologías de la información y la innovación</p> <p>Generación y difusión de conocimiento en materia de TI e innovación a través de estudios y eventos</p>	
Cadenas Productivas	Programa de Desarrollo Innovador (PRODEINN).	2013	Se busca Desarrollar una política de fomento industrial y de innovación que promueva un crecimiento económico equilibrado por sectores, regiones y empresas; e instrumentar una política que impulse la innovación en el sector comercio y servicios, con énfasis en empresas intensivas en conocimiento.	Secretaría de Economía (SE)	Incrementar la competitividad de los sectores dinámicos	
					Atraer y fomentar sectores emergentes	
					Incentivar el desarrollo de proveeduría, para integrar y consolidar cadenas de valor que coadyuven a la creación de clústeres	
					Promover la innovación en los sectores, bajo el esquema de participación de la academia, sector privado y gobierno (triple hélice)	
					Aprovechar los servicios intensivos en conocimiento como fuente de productividad y diversificación de exportaciones	
					Promover la innovación en el sector servicios bajo el esquema de participación academia, sector privado y gobierno (triple hélice)	
	Programa para el Desarrollo Científico y Tecnológico (PRODECYT).			Apoyar, incentivar y potenciar las acciones y proyectos de alto impacto en investigación, desarrollo e implementación orientados a incrementar y mejorar el acervo de las capacidades y habilidades científicas y tecnológicas, que fortalezcan el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)	Fortalecimiento de la infraestructura y equipamiento de los Centros Públicos de Investigación
						Desarrollo de las capacidades científicas y tecnológicas en las regiones y entidades federativas
Impulso a las actividades científicas y tecnológicas de alto impacto nacional						
Fortalecimiento del capital humano e intelectual de alta especialización						

Fuente. Elaboración propia con base en revisión de documentos oficiales.

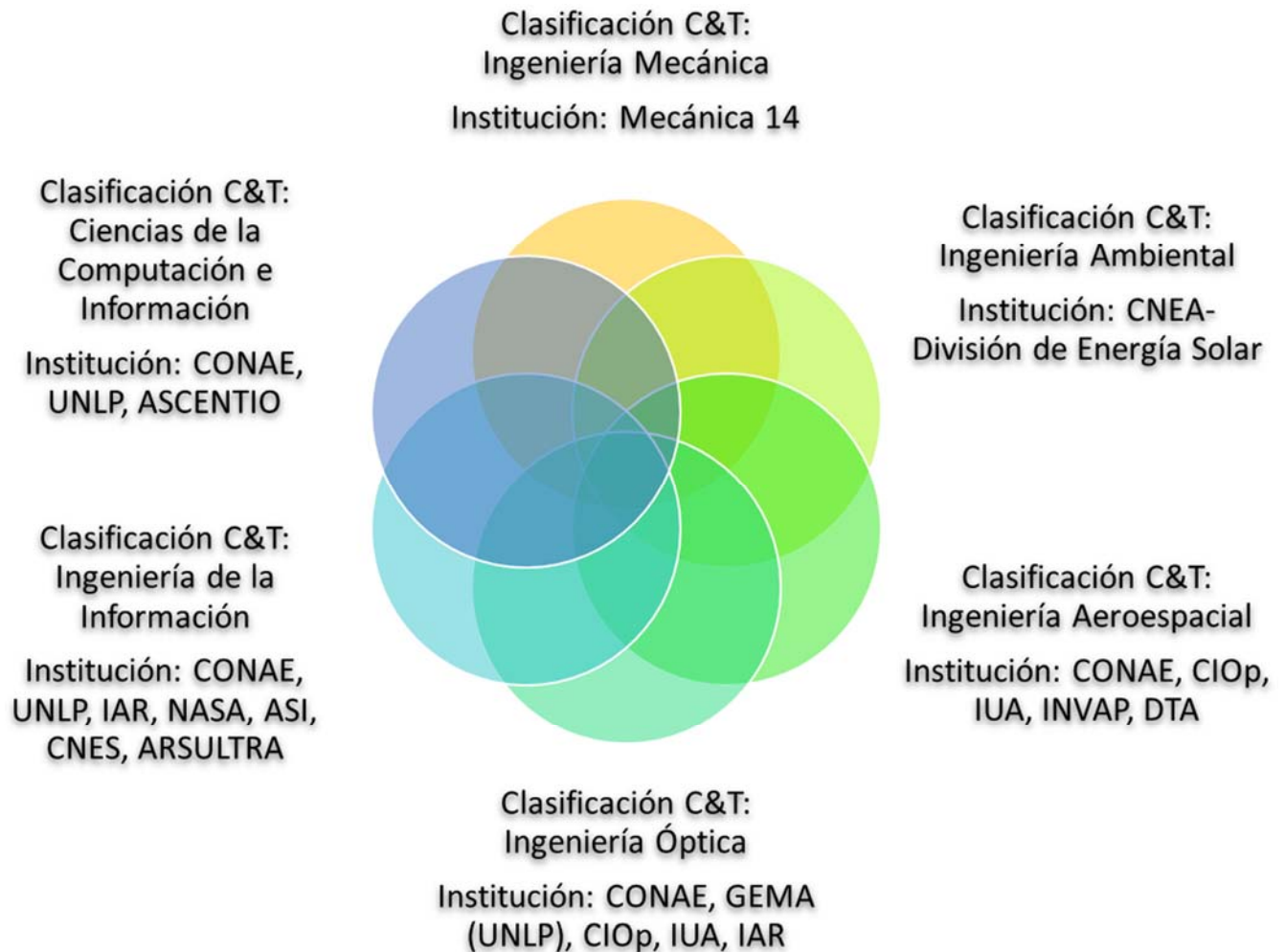
Anexo 4. Esquemas del Capítulo 4

Esquema 3. Convergencia Tecnológica del Satélite Argentino de Observación con Microondas (SAOCOM)



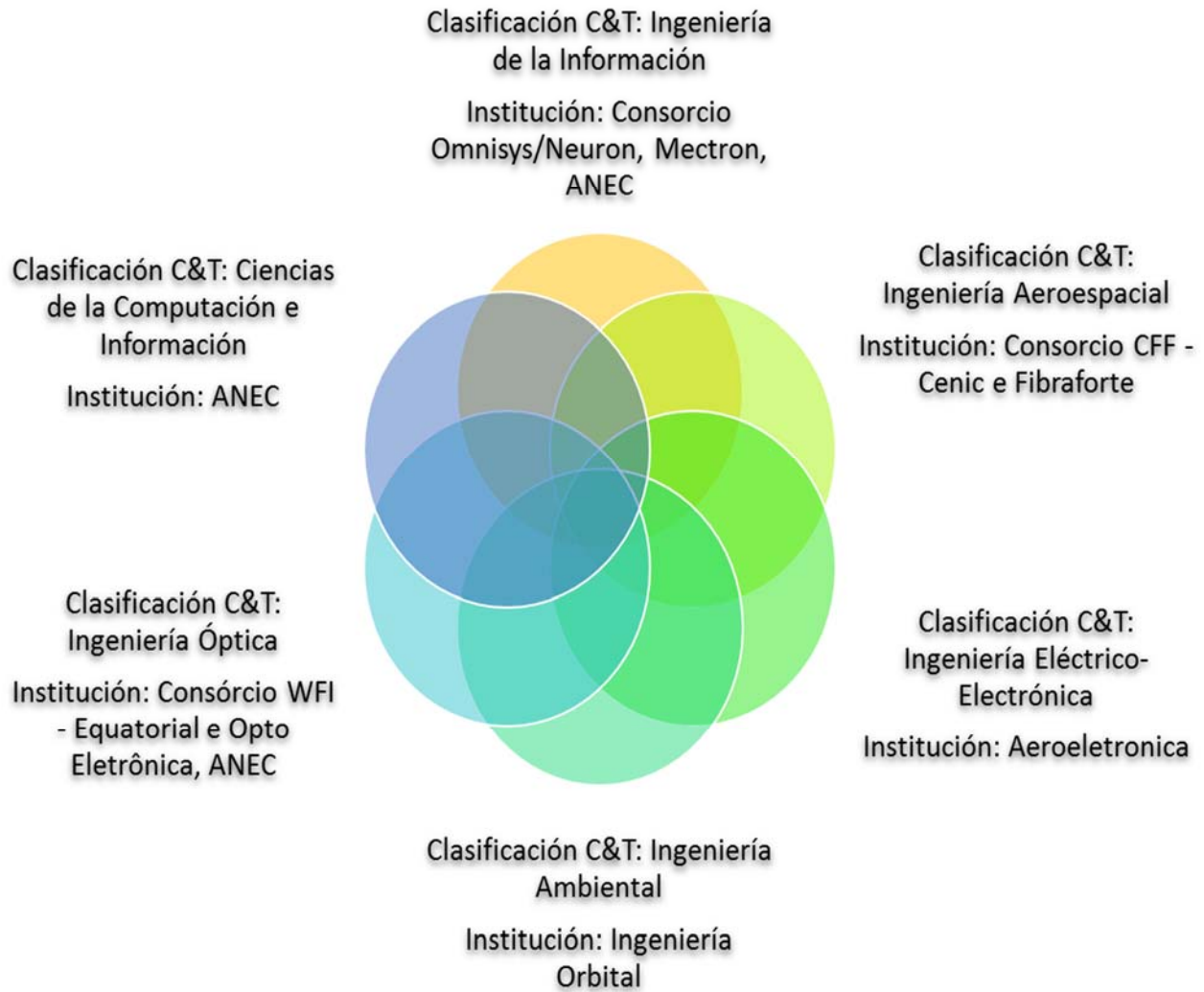
Fuente: Revisión de documentos oficiales y de la Clasificación de Ciencia y Tecnología (FOS) del Manual Frascati (OECD).
La intervención de la Agencia Espacial Italiana no es incluida en el esquema debido a que no participa en el proyecto.

Esquema 4. Convergencia Tecnológica del Satélite Argentino de Aplicación Científica (SAC-D)



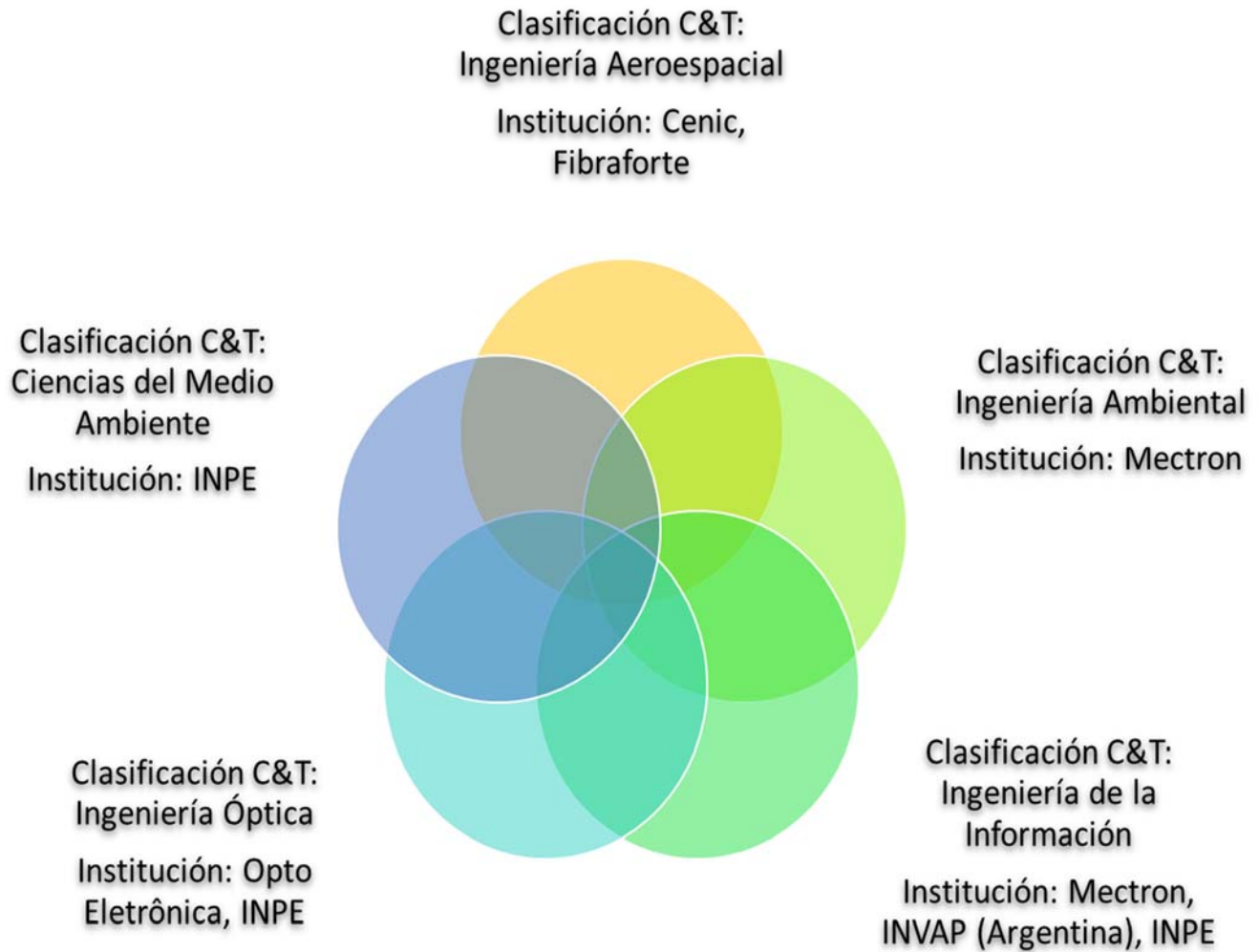
Fuente: Revisión de documentos oficiales y de la Clasificación de Ciencia y Tecnología (FOS) del Manual Frascati (OECD).

Esquema 5. Convergencia Tecnológica del Satélite Chino Brasileño de Recursos Terrestres (CBERS-4)



Fuente: Revisión de documentos oficiales y de la Clasificación de Ciencia y Tecnología (FOS) del Manual Frascati (OECD).

Esquema 6. Convergencia Tecnológica del Satélite Lattes



Fuente: Revisión de documentos oficiales y de la Clasificación de Ciencia y Tecnología (FOS) del Manual Frascati (OECD).

Glosario de Conceptos

Concepto	Definición
Ambiente de Microgravedad	La microgravedad hace referencia a un ambiente en el cual los efectos locales de la gravedad se hallan reducidos, no se elimina la fuerza de la gravedad en sí misma, contrario a lo que sucede en condiciones de “ingravidez” o “gravedad cero”. Un ambiente de microgravedad es aquel que imparte una aceleración de pequeña magnitud a un objeto en comparación a la ejercida por la Tierra
Antena ERIS	Antena de Estación de Recepción de Información Satelital (ERIS), que tiene como fin la recepción y el procesamiento de datos provenientes de satélites civiles y comerciales, que fortalezcan el uso de los mismos en proyectos y aplicaciones científicas de percepción remota de instituciones de gobierno, la academia y otras encargadas de la investigación en México y América Central.
Antena VSAT	La Antena de Terminal de Apertura Muy Pequeña (Very Small Aperture Terminal- VSAT), es una antena de comunicación de datos vía satélite para intercambio de información, que no sobrepasan los 2 o 3 metros de diámetro. A diferencia de antenas de mayor tamaño, estas no pueden comunicarse entre sí, por lo que requieren el uso de un satélite para conectarse entre ellas.
Banda Ancha	Infraestructura de red fiable, capaz de ofrecer diversos servicios convergentes a través de un acceso de alta capacidad con una combinación de tecnologías.
Cadena de Valor del Sector Espacial	Compuesta por las etapas en las cuales se engloban las actividades del SE, que comprenden manufactura, lanzamiento, operación de los sistemas y servicios de información, dentro de las cuales se involucran actores espaciales y no espaciales, es decir, aquellos cuyos productos y servicios son pensados para ser puestos fuera de órbita o para ser de apoyo en tierra (OECD, 2012)
Cámaras Infrarrojas	Cámaras que muestran cuanto calor tiene alguna cosa y dan información sobre su temperatura, formando imágenes luminosas, visibles para el ojo humano.
CanSat	Son una simulación de un satélite real, integrado dentro de un contenedor con la forma y el volumen de una lata de bebida.
Carga Útil	Todo el instrumental que el satélite necesita para hacer su trabajo. Esto puede incluir antenas, cámaras, radar y electrónica. La carga útil es diferente para cada satélite. Por ejemplo, la carga útil para un satélite climático incluye cámaras para capturar imágenes de formaciones de nubes, mientras que para un satélite de comunicaciones incluye grandes antenas para transmitir a la Tierra señales de TV o de telefonía.
Ciencia Espacial	Comprenden el estudio del Sol, el medio interplanetario y los entornos ionizados y magnéticos de los planetas y cuerpos menores; así como el estudio de los fenómenos de generación, transporte y disipación de energía, la transferencia de masa, y sus efectos en el

	entorno tanto terrestre como planetario dentro del espacio dominado por el Sol.
Cohete (lanzador/misil) de dos etapas	Cohete conformado por dos partes, cada una de las cuales posee su propio motor y propelente.
Constelación Satelital	Disposición en el espacio de todo el conjunto de satélites de un sistema, por ejemplo el Sistema de Posicionamiento Global (GPS).
Convergencia Industrial	Se refiere a la creación de nuevos sectores productivos como resultado de la conjunción de actores en el sector privado pertenecientes a distintas áreas productivas.
Convergencia Institucional	Agrupación que ocurre cuando las empresas o instituciones se comportan como si los productos de dos industrias o sectores estuvieran vinculados.
Convergencia Tecnológica	Fusión de conocimiento tecnológico de diversas disciplinas científicas para crear una nueva unidad de conocimiento y tecnología
CubeSat	Satélite con forma de cubo con un tamaño de 10 cm., y una masa de hasta 1.33 kg.
Cultura del Conocimiento Espacial	Comprensión de la actividad científica y tecnológica desarrollada para acceder al espacio, la apreciación del conocimiento que este campo produce, sus diferentes expresiones culturales tangibles e intangibles, y los beneficios sociales y económicos que las aplicaciones del espacio generan para la población.
Entorno Socioeconómico	Entorno definido por las tendencias tecnológicas, productivas y relacionales a nivel internacional vinculadas con el desarrollo del Sector Espacial, y la estructura institucional y especialización tecnológica definido por el proceso histórico de cada país, resultado de la trayectoria técnica y las políticas implementadas.
Especialización tecnológica	Tipo de productos y servicios vinculados al Sector Espacial en los que se especializa el país. Se identifica de acuerdo con la etapa de la cadena de valor a la cual pertenecen, y se divide en tres tipos: satelital (diseño y manufactura de satélites), de lanzamiento (diseño y manufactura de sistemas de lanzamiento) y estaciones terrenas (servicios de operación satelital, comercialización de información, transmisión de datos y de control de misión de lanzamiento).
Estación Espacial	
Estructura Institucional	Conjunto de actores e instituciones que participan en alguna de las etapas de la cadena de valor del SE, agrupados en sectores gubernamental, académico y privado, y cuya finalidad se vincula con el diseño e implementación de la Política Espacial y políticas e instrumentos de apoyo para el desarrollo del Sector Espacial.
Infraestructura Espacial	Es el conjunto de bienes tangibles e intangibles necesarios para el estudio, acceso, exploración, uso y aprovechamiento del espacio. Los bienes tangibles incluyen cohetes propulsores, plataformas y sistemas de lanzamiento, vehículos suborbitales, satélites, sondas y otras naves espaciales; su instrumentación, cargas útiles, estaciones maestras, telepuertos, antenas receptoras,

	<p>terminales de usuario y otros dispositivos de enlace y control; instrumentos de medición, detectores de partículas cósmicas, así como observatorios, planetarios, institutos y centros de investigación, universidades y escuelas, con sus respectivos laboratorios e infraestructura, bibliotecas especializadas, museos, etcétera. Los bienes intangibles comprenden posiciones orbitales y sus frecuencias asociadas, leyes, reglamentos, tecnologías, patentes, licencias, concesiones, marcas, “saber hacer”, entre otros; así como profesores, investigadores y profesionales del ramo; redes de conocimiento, asociaciones y sociedades de profesionales, divulgadores, aficionados, entusiastas, etcétera.</p>
Infraestructura terrena/ Estación Terrena	<p>Equipos interconectados entre sí con una antena o un conjunto de antenas, que puede tener un extremo de entrada y salida de señales de comunicación en banda base o en frecuencia intermedia y otro de transmisión y recepción de radiación hacia y desde uno o más satélites. Por ellos realiza funciones como la modulación, demodulación, conversión de frecuencias, codificación, multiplexación, conversión analógico-digital, etc.</p>
Ingeniería Colaborativa	<p>Nueva disciplina de ingeniería socio técnica, la cual facilita el establecimiento grupal de acuerdos técnicos entre un equipo de participantes multidisciplinarios, los cuales trabajan juntos en la búsqueda de un objetivo común con recursos limitados o intereses en conflicto.</p>
Joint Venture	<p>Conjunto de empresas que acuerdan combinar o fundir sus recursos tangibles e intangibles más allá de una simple cooperación, realizando acuerdos de para hacer negocios juntos</p>
Lanzadores (cohete) de Combustible Líquido	<p>Cohete con un motor que utiliza combustible sólido como propulsor. Dentro de las ventajas de usar este tipo de combustible son que se tiene control sobre el empuje durante el vuelo, pero suelen ser más costosos que los que usan combustible sólido.</p>
Lanzadores (cohete) de Combustible Sólido	<p>Cohete con un motor que utiliza combustible sólido como propulsor. Dentro de las ventajas de usar este tipo de combustible son el bajo costo y el poder ser almacenado por largo tiempo; sus desventajas son que no se puede controlar el empuje, una vez que se ha encendido el motor no se puede detener.</p>
Nicho Tecnológico (o de innovación)	<p>Espacio en el cual surgen las innovaciones radicales. Funcionan como incubadoras de novedades, protegiendo las nuevas ideas de las reglas de mercado, lo que les permite tomar la forma de nichos de mercado. Los recursos para crear tecnología y distorsionar las reglas de mercado provienen del sector gubernamental o privado por medio de inversiones estratégicas.</p>
Plataforma de Lanzamiento	<p>Superficie horizontal plana, descubierta y elevada, construida sobre una armazón en el suelo u otra superficie mayor en la que se disponen los dispositivos necesarios para el despegue de proyectiles, cohetes y naves espaciales.</p>

Plataforma Satelital	Estructura en el cual se transportan los aparatos necesarios para realizar los objetivos de la misión. Por lo general se refiere al satélite sin considerar su carga útil.
Política Espacial	Conjunto de programas y documentos por medio de los que se establecen los objetivos y proyectos a través de los cuales se definen las intenciones del sector gubernamental para las actividades relacionadas al espacio, los objetivos y finalidades de la tecnología y las instituciones públicas, privadas y académicas nacionales e internacionales vinculadas con su implementación.
Radar de Apertura Sintética (SAR)	Sensor activo que permite generar imágenes en la zona que ilumina. Por ser activo no necesita otras fuentes de iluminación como es el caso de los sensores ópticos, tratándose por lo tanto de un sensor que opera día y noche.
Radiómetro de Microondas	Instrumento del satélite de monitorización medioambiental. Dentro de sus funciones está medir la altura de los océanos y caracterizar las magnitudes físicas del suelo.
Salas Limpias	Habitación con atmosfera controlada donde temperatura, humedad, presión interior, flujo y partículas en el aire son los elementos que determinan el nivel de contaminación. Su objetivo es reducir al máximo el nivel de contaminación.
Satélite de Navegación	Satélite que transmite señales para determinar la localización exacta de los usuarios móviles.
Satélite de Observación Terrestre	Satélite que se utiliza para el monitoreo ambiental, la metrología, la elaboración de mapas, etc. Incluyen los satélites de observación ambiental.
Satélite de Órbita Baja (LEO)	Satélites que orbitan la tierra a una altitud entre 200 y 1600 kilómetros. Comparado con órbitas más altas, los satélites LEO pueden capturar imágenes y datos con un mayor grado de resolución, tiene comunicaciones más rápidas con los receptores en tierra y requieren de menor energía para transmitir los datos y señales a la tierra. Sin embargo, dada la fricción de la atmósfera, estos satélites perderán velocidad y altitud más rápido que los satélites que se encuentran en órbitas más altas.
Satélite de Órbita Geoestacionaria (satélites de telecomunicaciones)	Se encuentran a una altitud de 36,000 kilómetros formando un anillo prácticamente circular alrededor del ecuador. La órbita está sincronizada con la rotación de la tierra por lo que estos dan la impresión de mantenerse en una posición fija alrededor de la tierra y proporcionan una vista que cubre casi en su totalidad un hemisferio. Esta órbita es muy útil para aplicaciones de telecomunicaciones porque las antenas terrestres, que deben estar apuntadas al satélite, pueden operar eficientemente "sin moverse". Sin embargo, debido a que los satélites tienen la restricción de tener que operar encima del ecuador, no siempre son idóneos para las transmisiones a altas latitudes pudiendo afectar la conectividad. Debido a la altitud de órbita, también es idónea para satélites meteorológicos.

Sector Downstream de la Cadena de Valor del Sector Espacial	Sector constituido por actores dedicados a la manufactura de equipos espaciales y proveedores de servicios que permiten y apoyan en el lanzamiento de objetos al espacio. Incluye compañías e integradores de sistemas de equipo espacial y estaciones terrenas.
Sector Espacial	Involucra el conjunto de actividades relacionadas con el diseño, construcción de satélites, cargas útiles, lanzadores y la infraestructura necesaria para efectuar lanzamiento, y estaciones terrenas y centros espaciales; así como la creación de aplicaciones derivadas de estos elementos para su aplicación en la solución de problemas nacionales, regionales y sociales, y cualquier producto o servicio cuya objetivo sea participar en alguna etapa de la cadena de valor de estas actividades; reconociendo a la amplia gama de actores participantes pertenecientes al sector gubernamental, privado y académico, incluyendo centros especializados de investigación y cualquier institución con potencial para participar en alguna de las actividades mencionadas.
Sector Upstream de la Cadena de Valor del Sector Espacial	Sector constituido por actores dedicados a la operación de satélites y proveedores de productos y servicios habilitados para el espacio. Este incluye productos y servicios que solo pueden ser entregados a través del espacio a aquellos que complementan la formación de estructuras especiales completas. Los servicios y productos de este sector dividen en tres aplicaciones generales: observación de la tierra, telecomunicaciones y navegación.
Sistema de Innovación (Sistema Sociotécnico)	Espacio donde se construyen y evolucionan la especialización tecnología, las políticas públicas, la estructura institucional y los usos y significados que la sociedad define, resultado de un proceso de vinculación a largo plazo entre todos los elementos.
Sistema de Propulsión	Cualquier sistema que permita poner una nave en órbita o, una vez allí, maniobrar para cambiar su velocidad.
Tecnología Espacial	Incluye el diseño y control de misiones, el desarrollo de los medios para el acceso al espacio (o a la atmósfera superior), así como el diseño y la construcción de equipo de medición y comunicaciones, el uso y mantenimiento de diferentes sistemas (vitales, energía, experimentación, etc.) durante la estancia en el espacio y durante el retorno de personas o equipo a la Tierra, en su caso, o en el envío de misiones a otros destinos del Sistema Solar.
Telemetría	Tecnología que permite la medición a distancia y la comunicación de información de interés al creador u operador del sistema.
Trayectoria Técnica	Cambios incrementales en la tecnología existente en dirección al cumplimiento de un objetivo, crear la Especialización Tecnológica.
Vehículo Lanzador	Artefactos creados por el hombre capaces de situar carga en órbita, objetivo de muy alta complejidad que solamente puede alcanzarse con la tecnología más puntera

Bibliografía

- AEB (2011). *Espaco Brasileiro 4(11)*. Brasil: Ministerio de Ciencia y Tecnología.
- AEM (2011). Programa Nacional de Actividades Espaciales 2011-2015. México: Secretaría de Comunicaciones y Transportes.
- AEM (2012). Plan Multiinstitucional de formación de Capital humano en el campo espacial 2012. México: Autor.
- AEB (2012b). National Program of Space Activities 2012-2021. Brasilia, Brasil: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación.
- AEM (2013b). Proyecto Multiinstitucional de formación de Capital humano en el campo espacial. México: Autor.
- AEM (2013c). Diagnóstico Anual de Oferta y Demanda de Capital Humano en el Campo Espacial en México. México: Autor.
- AEM (2014). Diagnóstico Anual de Oferta y Demanda de Capital Humano en el Campo Espacial en México. México: Autor.
- AEM (2016). Informe de Autoevaluación del Director General de la Agencia Espacial Mexicana del Ejercicio 2015. México: Autor.
- AEM y CONACYT (2014). Reglas de operación del “Fondo Sectorial de Investigación, Desarrollo Tecnológico e innovación en Actividades Espaciales, CONACYT-AEM”. México: Autor.
- AEM y PROMÉXICO (2012). Plan de Órbita: Mapa de ruta de la industria espacial mexicana. Ciudad de México, México: Secretaría de Economía.
- Arreola, M. y Mendieta, F. (Coord.). (2013). Investigación Espacial. México: Agencia Espacial Mexicana.
- Alonso, R., Kuba, J., y Caruso D. (2007). Visual Navigation - SARE Mission. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.113.4600&rep=rep1&type=pdf>
- Antonelli, C. (2007). The system dynamics of collective knowledge: From gradualism and saltationism to punctuated change. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 62, 215–236.
- Antonello, C. (2014). “La complejidad económica del conocimiento tecnológico, la innovación y el cambio estructural”. En *Tópicos de la teoría evolucionista neoschumpeteriana de la innovación y el cambio tecnológico* (pp. 213-244). Argentina: Miño y Dávila editores.

ASF (2013). Auditoría de Desempeño: 13-1-09JZN-07-0434. México: Autor.

AEB (2005). *National Program of Space Activities: PNAE / Brazilian Space Agency*. Brasília: Ministry of Science and Technology, Brazilian Space Agency.
http://www.aeb.gov.br/wp-content/uploads/2013/03/PNAE_INGLES.pdf

Bonetto, W. (2004). *La Industria Pérdida*. Argentina: Universidad Nacional de Río Cuarto.

Campos, H. (2011). *Satélites Científicos Tudo a fazer e a missão ASTER*. Brasil: Ministerio de Ciencia y Tecnología.
<http://www.aeroespacial.org.br/downloads/eventos/WMissoesEspaciais-04.pdf>

Carvalho, H. (2014). *O Projeto SGDC -Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas*. Brasil: Visiona.

Casalet, M. (2009). “Las nuevas tendencias en la organización y financiamiento de la investigación: el caso de México”. En *Globalización, conocimiento y desarrollo. Teoría y estrategia de desarrollo en el contexto de cambio histórico mundial* (pp.495-514). México: Miguel Ángel Porrúa.

Casalet, M. (2010). Velos y desvelos entre el poder y la ciencia. *Innovación-RICEC*, 2 (1), (1-15).

Casalet, M., Buenrostro, J., Stezano, F., Oliver, R. y Abelenda, L. (2011). *Evolución y complejidad en el desarrollo de encadenamientos productivos en México Los desafíos de la construcción del cluster aeroespacial en Querétaro*. Santiago, Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe y Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo.

Casalet, M. (2012). Las relaciones de colaboración entre la universidad y los sectores productivos: una oportunidad a construir en la política de innovación. En J. Carrillo, A.

Casalet, M. (2015). El Mito de Sísifo: Avances y nuevos desafíos en la apropiación de los paradigmas tecnológicos. En M. Santos y R. Díaz (Coord.) *Innovación tecnológica y procesos culturales* 2ª Edición. México: Fondo de Cultura Económica. ResearchGate
https://www.researchgate.net/publication/281208377_El_mito_de_Sisifo_avances_y_nuevos_desafios_en_la_apropiacion_de_los_paradigmas_tecnologicos

Casalet, M. y Stezano, F. (2009). “Cambios institucionales para la innovación: nuevos instrumentos de política científica y tecnológica. El caso del consorcio Xignux-CONACYT”. En *Sistemas de innovación en México: regiones, redes y sectores* (pp. 187-215). México D.F.: Plaza y Valdés.

Castro María Giselle. 1998. Nahuel 1, primer satélite privado de la región. *La Nación*. Obtenido el día 23 de mayo de 2015, desde dirección.
<http://www.lanacion.com.ar/96651-nahuel-1-primer-satelite-privado-de-la-region>Decreto

Cimoli, M., Dosi, G., y Stiglitz, J. (2008). The Future of Industrial Policies in the New Millennium: Toward a Knowledge-Centered Development Agenda. Working Paper Series. Italia: Laboratory of Economics and Management Sant' Anna School of Advanced Studies. http://www8.gsb.columbia.edu/faculty/jstiglitz/sites/jstiglitz/files/2008_Future_Industrial_Policies.pdf

CIDTE (2016).

<http://cidte.uaz.edu.mx/web/>

Cinvestav (2015). White Paper Satélites.

<http://micrositios.cinvestav.mx/whitepaper/Materiales>

CONAE (2004) Plan Espacial Nacional Argentina en el Espacio 2004-2015. Argentina: Autor.

<http://www.conae.gov.ar/index.php/espanol/plan-espacial-nacional/argentina-en-el-espacio-2004-2015>

CONAE (2010) Actualización Plan Espacial Nacional 2010 – 2015. Argentina: Autor.

www.conae.gov.ar/index.php/espanol/.../139-actualizacion-plan-espacial-2010-2015

Comité Intersectorial para la Innovación. (2011). Programa Nacional de Innovación. México: Secretaría de Economía.

www.economia.gob.mx/files/.../innovacion/Programa_Nacional_de_Innovacion.pdf

Consejo de Altos Estudios y Evaluación Tecnológica. (2010). A Política Espacial Brasileira Parte I (Serie Cuaderno de altos estudios no. 7). Brasilia, Brasil: Cámara de Diputados

<http://www2.camara.leg.br/a-camara/altosestudios/arquivos/politica-espacial/a-politica-espacial-brasileira>

CONACYT (2008a). Lineamientos del Programa de Desarrollo e Innovación en Tecnologías Precursoras. México: Autor.

CONACYT (2008b). Lineamientos del Programa Innovación Tecnológica de Alto Valor Agregado. México: Autor.

CONACYT (2008c). Lineamientos del Programa Innovación Tecnológica para la Competitividad. México: Autor.

CONACYT (2014). Programa Especial de Ciencia, Tecnología e Innovación 2014-2018. México: Autor.

Coordinación General de la Comisión de Planificación y Coordinación Estratégica – ARGENTINA CONECTADA. (2010). Planificación Estratégica Plan Nacional de Telecomunicaciones Argentina Conectada. Argentina: Autor.

<http://scripts.minplan.gob.ar/octopus/archivos.php?file=2802>

De Dicco, R. (2007a). Proyecto Tronador. Buenos Aires, Argentina: Centro Latinoamericano de Investigaciones Científicas y Técnicas (CLICeT).

De Dicco, R. (2007b). Satélites Argentinos de Aplicaciones Científicas Satélites serie SAC. Buenos Aires, Argentina: Centro Latinoamericano de Investigaciones Científicas y Técnicas (CLICeT).

De Dicco, R. (2007c). Sistema Ítalo-Argentino de Satélites para la Gestión de Emergencias (SIASGE) Satélites serie SAOCOM. Buenos Aires, Argentina: Centro Latinoamericano de Investigaciones Científicas y Técnicas (CLICeT).

De Dicco, R. (2008). Acceso al Espacio. Buenos Aires, Argentina: Centro Latinoamericano de Investigaciones Científicas y Técnicas (CLICeT).

De León, P. (2008). *Historia de la Actividad Espacial en la Argentina*. Buenos Aires: Pablo de León.

Del Castillo, Gloria (2014). Una perspectiva analítica de política pública para el análisis de problemas públicos complejos. En *La Construcción del Futuro: Los retos de las Ciencias Sociales en México. Memorias del IV Congreso Nacional de Ciencias Sociales organizado por el Consejo Mexicano de Ciencias Sociales*, marzo.

Diario Oficial de la Federación. *ACUERDO por el que se expide el Programa Nacional de Actividades Espaciales*. México, 14 de abril de 2015.
http://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5388707

Diario Oficial la Unión. *Decreto N° 1332, Institui o Sistema Nacional de Desenvolvimento das Atividades Espaciais - SINDAE e dá outras providências*. Brasil, de 10 de febrero de 1994.

Diario Oficial la Unión. *Decreto N° 1.953, Aprova a atualização da Política de Desenvolvimento das Atividades Espaciais - PNDAE*. Brasil, de 10 de julio de 1996.
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1996/D1953.htm

Diario Oficial la Unión. *Decreto n° 3.915. Regulamenta a Lei no 9.994, de 24 de julho de 2000, que institui o Programa de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do setor espacial, e dá outras providências*. Brasil, 12 de septiembre de 2001.
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2001/D3915.htm

Diario Oficial de la Unión. *Decreto n° 7.769. Dispõe sobre a gestão do planejamento, da construção e do lançamento do Satélite Geoestacionário de Defesa e Comunicações Estratégicas - SGDC*. Brasil, 28 de junio de 2012.
http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Decreto/D7769.htm

DDPE (2010). Espacios Iberoamericanos: vínculos entre universidades y empresas para el desarrollo tecnológico. Santiago, Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

Drewes, L. (2014). El Sector Espacial Argentino. Instituciones, empresas y desafíos. Argentina: ARSAT - Empresa Argentina de Soluciones Satelitales.

Duarte, C. (2015). México Pionero en el Desarrollo Espacial. México: Agencia Espacial Mexicana <http://www.taringa.net/post/info/18937402/Mexico-pionero-en-el-desarrollo-espacial.html>

Duarte, L. (2011). Programa Espacial Brasileiro completa 50 años. *Espacio Brasileiro* 11, 16- 19.

Ducci, J., Garzonio, O., Moreno, H., Navarrete, M., Perroni, A. y Riquelme, R. (2013). Ventajas y riesgos de contratos llave en mano. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/6006/Ventajas%20y%20riesgos%20de%20contrato%20llave%20en%20mano.pdf?sequence=1>

ECOSUR (2016).

<http://www.ecosur.mx/>

FUNCATE (2016).

<https://www.funcate.org.br/>

Furtado, J. (2012). Desarrollo empresarial en Brasil. FINEP, Apoyo a la Innovación y el Emprendimiento. Serie Políticas Públicas y Transformación Productiva 5. Brasil: CAF. Extraído el 24 de junio de 2015 http://publicaciones.caf.com/media/18886/caf_libro_finep_web_120912.pdf

Geels, F. (2006a). Co-evolutionary and multi-level dynamics in transitions: The transformation of aviation systems and the shift from propeller to turbojet (1930–1970). *Technovation*, 26, 999–1016. Extraído el 18 de junio de 2015 <https://pure.tue.nl/ws/files/2490975/612557.pdf>

Geels, F. (2006b). Multi-Level Perspective on system innovation: relevance for industrial transformation. En X. Olshoorn y A. Wiczorek, *Understanding Industrial Transformation: Views from Different* (163–186). Holanda: Springer.

Geonoticias Año 19, Núm. 167, Febrero 2012. Instituto de Geofísica UNAM. http://www.geofisica.unam.mx/unid_apoyo/editorial/publicaciones/divulgacion/geonoticias/archivos/geonoticias167.pdf

Goehlich, R., Blanksby, C., Goh, G., Hatno, Y., Pecnik, y Wong, J. (2005). Space spin-offs: Making them known, improving their use. *Space Policy*, 21, 307–312.

Hacklin, F. y Wallin, M. (2013). Convergence and interdisciplinarity in innovation management: a review, critique, and future directions. *The Service Industries Journal*, 33(7–8), (774 –788).

Hualde y D. Villavicencio (Coord.), *Dilemas de la Innovación en México. Dinámicas Sectoriales, Territoriales e Institucionales* (109-142). México: Colegio de la Frontera Norte y Red Temática Complejidad, Ciencia y Sociedad de CONACYT.

Hurtado, D.(2014). *El Sueños de la Argentina Atómica. Política, tecnología nuclear y desarrollo nacional*. Buenos Aires: Edhasa, Diego Hurtado.

INFOLEG base de datos del Centro de Documentación e Información. *Decreto 995/91. Créase la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE)*. Funciones. Ministerio de Economía y Finanzas Públicas, 28 de mayo de 1991.

Jeong, S., Kim, J. y Choi, J. (2015). Technology convergence: What developmental stage are we in?. Budapest, Hungría: Springer. DOI 10.1007/s11192-015-1606-6 ResearchGate

INPE (2016).

<http://www.inpe.br/>

Katz, J. (2006). Cambio estructural y capacidad tecnológica local. *Revista de la Cepal*, 89, 59-73.

Kim, N., Lee, H., Kim, W., Lee, H. y Hwan, J. (2015). Dynamic patterns of industry convergence: Evidence from a large amount of unstructured data. *Research Policy* Elsevier

http://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/11125/089059073_es.pdf?sequence=1

Lavagnino, F. (2015). Desde Bariloche. Fábrica de Satélites. *National Geographic Odisea Espacial: Los nuevos satélites argentinos*, 27- 47.

Lee, S., Olson, D. y Trimi, S. (2010). The Impact of Convergence on Organizational Innovation. *Organizational Dynamics*, 39(3), (pp. 218–225). Extraído el 19 de enero de 2016. Desde

https://www.researchgate.net/publication/231174846_The_Impact_of_Convergence_on_Organizational_Innovation

Lei 8.666. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências. *Diário Oficial da União*. Brasil, 21 de junio de 1993.

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8666cons.htm

Lei 8.854. Cria, com natureza civil, a Agência Espacial Brasileira (AEB) e dá outras providências. *Diário Oficial da União*. Brasil, 10 de febrero de 1994.

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8854.htm

Lei 10.973. Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências. Diário Oficial la União. Brasil, 2 de diciembre de 2004.

http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2004-2006/2004/lei/110.973.htm

Leloglú, U. M., Kocaoglan, E. (2008). Establishing space industry in developing countries: Opportunities and difficulties. *Advances in Space Research*, 42, (1879–1886). Extraído el 17 de mayo de 2015. Desde la base de datos Elsevier.

Ley 25.467. Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Objetivos de la política científica y tecnológica nacional. Responsabilidades del Estado Nacional. Estructura del Sistema. Planificación. Financiamiento de las actividades de investigación y desarrollo. Evaluación de las mismas. Disposiciones especiales y generales.

Ley No 9.994. Institui o Programa de Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Setor Espacial, e dá outras providências. Diário Oficial la União. Brasil, 24 de julio de 2000.

Manfredi, A. (2013). Historia de la Industria aeroespacial argentina. Diario LLORCA, 14 de octubre de 2013. Obtenido el 15 de octubre de 2015. Desde <http://porlanacion.com.ar/art%C3%ADculos-y-ensayos/158-historia-industria-aeroespacial-argentina.html>

Mas, F., Menéndez, J., Oliva, M., Gómez, A. y Ríos, J. (2013). Collaborative Engineering Paradigm Applied to the Aerospace Industry. (675-684)

Mas, F., Menéndez, J., Oliva, M., Servan, J., Arista, R. y Del Valle, C. (2014). Design Within Complex Environments: Collaborative Engineering in the Aerospace Industry. En M. J. Escalona et al. (Eds.), *Information System Development: Improving Enterprise Communication* (197-205). Suiza: Springer International Publishing.

Mazzucato, M. (2011). The Entrepreneurial State. Londres, Reino Unido: Demos. http://www.demos.co.uk/files/Entrepreneurial_State_-_web.pdf

[Mitchel, M. y Newman, M. \(2002\). Complex Systems Theory and Evolution. *Encyclopedia of Evolution* \(pp. 1-5\). New York: Oxford University Press.](#)

Nacional 2.076/94 aprobación del Plan Espacial Nacional. (1994). Buenos Aires: <http://www.saij.gob.ar/2076-nacional-aprobacion-plan-espacial-nacional-dn19940002076-1994-11-28/123456789-0abc-670-2000-4991soterced>

Nosella, A., y Petroni, G. (2007). Multiple Network Leadership as a Strategic Asset: The Carlo Gavazzi Space Case. *Long Range Planning*, 40, 178-201.

OECD (2004). Space 2030 Exploring the future of space applications. Francia: Autor. http://www.space-library.com/0404OECD_Space2030-1_2To1.pdf

OECD (2005). *Space 2030 Tackling Society's Challenges*. Francia: Autor. <https://www.uvm.edu/~wgibson/Classes/20f10/OECD%20space%20report.pdf>

OECD (2012). *Handbook on Measuring the Space Economy*. OECD Publishing. Extraído el 11 de diciembre de 2015. Desde <http://dx.doi.org/10.1787/9789264169166-en>

OECD (2014). *The Space Economy at a Glance 2014*. OECD Publishing. Extraído el 17 de febrero de 2016. Desde <http://dx.doi.org/10.1787/9789264217294-en>

Petroni, G., Venturini, K., Verbano, C., y Cantarello, S. (2009). Discovering the basic strategic orientation of big space agencies. *Space Policy*, 25, (45-62). Extraído el 10 de febrero de 2016. Desde https://www.researchgate.net/publication/229395381_Discovering_the_basic_strategic_orientation_of_big_space_agencies

Petroni, G., Verbano, C., Bigliardi, B. y Galati, F. (2013). Strategies and determinants for successful space technology transfer. *Space Policy*, 29, (251-257). Elsevier

Poder Ejecutivo Nacional. Decreto 1.660/96 del Poder Ejecutivo Nacional creación de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica. (1996). Buenos Aires: Autor. http://www.agencia.mincyt.gob.ar/upload/Creacion-de-la-Agencia_Dec1660-96-Poder-Ejecutivo-Nacional.pdf

REGLAS de Operación del Programa para el Desarrollo de la Industria del Software (PROSOFT) y la Innovación para el ejercicio fiscal 2016. Diario Oficial de la Federación, 29 de diciembre de 2015.

Rossi, D. (2015). Argentina y el mundo satelital. Página 12, 4 de noviembre de 2015. <http://www.pagina12.com.ar/diario/laventana/26-285356-2015-11-04.html>

Secretaria de Assuntos Estratégicos. (2011). *Desafios do Programa Espacial Brasileiro*. Brasil: Autor Cupertino, O. y Castilho, D.

SPPCTIP. (2012). *Argentina Innovadora 2020. Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Lineamientos estratégicos 2012-2015*. Argentina: Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva.

Secretaría Ejecutiva del Comité Gestor del Programa de Inclusión Digital. (2010). *Programa Nacional Banda Larga*. Brasil: Autor.

Space Foundation. (2013). *The Space Report 2013*. Washington DC, EUA: Autor.

Tether, B. y Tajar, A. (2008). Beyond industry- university links: Sourcing knowledge for innovation from consultants, private research organisation and the public science- base. *Research Policy* 37, 1079- 1095. Recuperado el 15 de noviembre de 2015. Desde www.elsevier.com/locate/respol

Van Wijk, D., Eynard B., Troussier, N., Belkadi, F., Roucoules, L., y Ducellier, G. (2009). Integrated Design and PLM Applications in Aeronautics Product Development. Extraído el 4 de marzo de 2016. Desde http://sam.ensam.eu/bitstream/handle/10985/6736/SAMLSIS_032009_ROUCOULES.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Vera, M., Guglielminotti, C. y Moreno, C. (2015). La participación de la Argentina en el campo espacial: panorama histórico y actual. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 26 (51), (326-349).

Viano, L. (2011). Autopistas y baches en la actividad espacial argentina. *La Voz*, 24/07/2011. Obtenido el día 7 de enero de 2016. Desde <http://www.lavoz.com.ar/suplementos/temas/autopistas-baches-actividad-espacial-argentina>

Vilhena, R., y Marins, P. (2007). Instituições e agências brasileiras. En Cabo, O., y Bertachini, A. (Ed.), *A Conquista do Espaço: do Sputnik à Missão Centenário* (123-150). São Paulo, Brasil: Livraria da Física.

Viscardi, A. (2010). *El Programa Espacial Argentino, 1960-2008. Un análisis de largo plazo*. Documento de Trabajo 6. Argentina: Universidad Nacional de La Plata. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/1813>