

**UNIVERSIDAD DE LA SABANA**



**Facultad de Ingeniería**

**Maestría en Gerencia de Ingeniería**

**DISEÑO DE UN MARCO Y HOJA DE RUTA QUE PERMITA FORMULAR LA  
POLÍTICA ESPACIAL DE COLOMBIA, PARA PROMOVER EL DESARROLLO  
TECNOLÓGICO, ECONÓMICO Y SOCIAL DEL PAÍS**

**Área de Ingeniería**

Ingeniería Aeroespacial

**Gerencia de Ingeniería**

**Chía, febrero de 2018**

**Documento Final**

**DISEÑO DE UN MARCO Y HOJA DE RUTA QUE PERMITA FORMULAR LA  
POLÍTICA ESPACIAL DE COLOMBIA, PARA PROMOVER EL DESARROLLO  
TECNOLÓGICO, ECONÓMICO Y SOCIAL DEL PAÍS.**

**Carlos Giovanni Corredor Gutiérrez**

**Director de Proyecto**

Luis Carlos Rabelo Mendizábal, PhD

**Facultad de Ingeniería**

**Maestría en Gerencia Ingeniería**

**Chía, noviembre de 2017**

## TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	10
2	PROBLEMA .....	11
2.1	CONTEXTO GENERAL.....	11
2.2	CONTEXTO PARTICULAR .....	12
2.3	UBICACIÓN DEL PROBLEMA .....	13
2.4	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
2.5	PREGUNTA.....	14
2.5.1	Preguntas específicas .....	14
3	JUSTIFICACIÓN.....	15
4	OBJETIVOS.....	16
4.1	OBJETIVO GENERAL .....	16
4.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	16
5	MARCO TEÓRICO .....	17
5.1	MARCO CONCEPTUAL.....	17
5.2	ESTADO DEL ARTE.....	29
5.2.1	La política espacial en Colombia.....	29
5.2.2	Trabajos de investigación en el contexto nacional .....	35
5.2.3	Trabajos de investigación en el contexto internacional .....	36
5.2.4	Dinámica de sistemas.....	37
5.3	MARCO NORMATIVO.....	38
6	METODOLOGÍA.....	39
7	DESARROLLO.....	42
7.1	DIAGNÓSTICO DEL SECTOR ESPACIAL EN COLOMBIA.....	42

7.1.1	Análisis del contexto estratégico del sector .....	42
7.2	DEFINICIÓN DE LA POLÍTICA PARA EL DESARROLLO ESPACIAL DE COLOMBIA.....	70
7.2.1	Visión para el sector espacial colombiano.....	70
7.2.2	Identificar los principios y objetivos de la política espacial .....	70
7.2.3	Formulación y selección de la estrategia .....	75
7.2.4	Hoja de ruta propuesta .....	82
7.2.5	Determinar roles y responsabilidades para la ejecución de la política espacial ..	84
7.3	DEFINICIÓN DE LA ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL PARA CONDUCIR LA POLÍTICA ESPACIAL DE COLOMBIA MEDIANTE LA DINÁMICA DE SISTEMAS.....	87
7.3.1	Identificación del problema y análisis del comportamiento .....	87
7.3.2	Representación del sistema .....	93
7.3.3	Experimentación y resultados .....	107
8	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	113
8.1	CONCLUSIONES .....	113
8.2	RECOMENDACIONES .....	115
9	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	117
10	ANEXOS .....	126
10.1	CUESTIONARIO .....	126
10.2	ENTREVISTA CIRO ARÉVALO-YÉPES .....	127
10.3	ENTREVISTA TENIENTE CORONEL ROBERT QUIROGA CRUZ .....	128
10.4	ENTREVISTA OMAR SALAS.....	134
10.5	ENTREVISTA PILAR ZAMORA .....	136

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Situación de los tratados internacionales del derecho espacial. Elaboración propia, basado en COPUOS (Legal Subcommittee, 2017) .....	44
Tabla 2. Situación actual del derecho espacial internacional en Colombia. (Elaboración propia) .....	44
Tabla 3 Modelos de gobernanza del sector espacial. Elaboración propia, basado en Grimard (2012)....	45
Tabla 4 Empresas e Ingresos según la cadena de valor (Elaboración propia, basado en Euroconsult (2016) y SIA (2017)) .....	54
Tabla 5 Inversión en I+D para el periodo 2011-2016. Elaboración propia, basado en OCyT (2016) y FAC (2017) .....	62
Tabla 6 Inversión en ACTI como porcentaje del PIB según países seleccionados 2010-2014. (OCyT (2016)) .....	63
Tabla 7 Cantidad de programas profesionales del sector aeronáutico y aeroespacial (Elaboración propia) .....	64
Tabla 8 Patentes concedidas en oficinas nacionales de patentes, según países seleccionados, 2006–2014 (Adaptada del OCyT (2016)) .....	65
Tabla 9 Matriz FODA del sector espacial colombiano (Elaboración propia).....	69
Tabla 10 Objetivos de la política pública para el desarrollo del sector espacial (Elaboración propia)....	75
Tabla 11 Análisis TOWS (Elaboración propia) .....	76
Tabla 12 Criterios de la matriz de priorización (Elaboración propia).....	82
Tabla 13 Puntuación de las actividades (Elaboración propia) .....	83
Tabla 14 Miembros de la CCE (Elaboración propia).....	85
Tabla 15 Lista priorizada de actores. (Elaboración propia) .....	86
Tabla 16 Comparación estructuras del sector central del poder ejecutivo (Elaboración propia).....	90
Tabla 19 Listado de variables del sistema. (Elaboración propia) .....	96
Tabla 20 Inversión en ACTI e I+D como porcentaje del PIB (Elaboración propia, basado en OCyT (2016)) .....	98
Tabla 21 Coeficientes p y q según el tiempo de adopción (Elaboración propia).....	100

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Clasificación de la industria espacial.....	22
Figura 2 Modelo de las cinco fuerzas de Porter .....	23
Figura 3 Principales componentes del análisis SWOT .....	25
Figura 4 Organización del Estado colombiano .....	26
Figura 5 Organización rama ejecutiva .....	27
Figura 6 Estructura modelo de un Ministerio o Departamento Administrativo.....	28
Figura 7 Ingresos mundiales de la industria satelital. SIA (2017) .....	47
Figura 8 Ingresos de la industria satelital según la cadena de valor. (SIA (2017)).....	47
Figura 9 Presupuesto espacial como porcentaje del PIB para países seleccionados. Elaboración propia, basado en Euroconsult (Bochinger, 2016; Euroconsult, 2015; Larrea, 2017) .....	49
Figura 10 Satélites lanzados según cliente (Euroconsult (2016)) .....	49
Figura 11 Pirámide del desarrollo tecnológico (Leloglu y Kocaoglan (2008)) .....	51
Figura 12 Amenaza de productos sustitutos (Elaboración propia) .....	54
Figura 13 Poder de los compradores (Elaboración propia).....	56
Figura 14 Poder de negociación de los proveedores (Elaboración propia).....	57
Figura 15 Amenaza de nuevos competidores (Elaboración propia) .....	58
Figura 16 Rivalidad de los competidores (Elaboración propia).....	59
Figura 17 Escalera de desarrollo espacial en Latinoamérica (Elaboración propia) .....	60
Figura 18 Evolución de la inversión en actividades de ciencia, tecnología e innovación –ACTI como porcentaje del PIB, 2006 – 2016. (OCyT (2016, p. 20)) .....	62
Figura 19 Mapa disciplinario de la producción bibliográfica de autores vinculados con instituciones colombianas en revistas indexadas en el core collection de Web of Science, 2014 .....	65
Figura 20 Árbol del problema del sector espacial en Colombia (Elaboración propia) .....	72
Figura 21 Matriz de priorización (Elaboración propia) .....	84
Figura 23 Modelo Bass general. Sterman (2000, p. 333).....	91
Figura 24 Modelo Bass con variables p, q y m. (Elaboración propia, basado en Sterman (2000)) .....	92
Figura 25 Comportamiento de la difusión según p y q (Elaboración propia, basado en Van del Bulte (2002)) .....	93
Figura 26 Modelo causal. (Elaboración propia).....	94
Figura 27 Diagrama de Forrester. (Elaboración propia) .....	95
Figura 28 Tipos de estructura y su influencia en la organización del sector espacial. (Elaboración propia).....	99
Figura 29 Efecto del apoyo político en el presupuesto. (Elaboración propia) .....	103

Figura 30 Comportamiento del Capital Político en el período 2011-2016 en las condiciones que verifican el modelo de referencia. (Elaboración propia).....	105
Figura 31 Presupuesto I+D para el OSE “Exploración y Explotación del Espacio” en el periodo 2011-2016. (Elaboración propia, basada en OCyT (2016) y FAC (2017)).....	106
Figura 32 Efecto del capital político en el presupuesto en las condiciones que verifican el modelo de referencia. (Elaboración propia) .....	106
Figura 32 Percepción de éxito de la iniciativa espacial en el período 2011-2016 en las condiciones que verifican el modelo de referencia. (Elaboración propia).....	107
Figura 34 Comportamiento de la variable Capital Político para los tres escenarios. (Elaboración propia) .....	109
Figura 35 Comportamiento de la variable Efecto del capital político en el presupuesto para los tres escenarios. (Elaboración propia).....	110
Figura 36 Comportamiento de la percepción de éxito de la iniciativa espacial. (Elaboración propia) ..	110
Figura 37 Comportamiento de la variable Tasa de cambio AP. (Elaboración propia) .....	111
Figura 38 Comportamiento de la variable Contribución a la economía. (Elaboración propia) .....	111

## **LISTADO DE ANEXOS**

- ANEXO 1. CUESTIONARIO
- ANEXO 2. ENTREVISTA CIRO ARÉVALO-YÉPES
- ANEXO 3. ENTREVISTA TENIENTE CORONEL ROBERT QUIROGA CRUZ
- ANEXO 4. ENTREVISTA OMAR SALAS
- ANEXO 5. ENTREVISTA PILAR ZAMORA

## RESUMEN

El aprovechamiento de la tecnología satelital ha demostrado ser de gran importancia para el desarrollo de los países. El sector espacial está dividido principalmente en la fabricación de equipos, entre los cuales se incluyen los satélites y los servicios de lanzamiento; los servicios de operación de satélites y los servicios para consumo. Actualmente Colombia no tiene participación en ninguno de estos segmentos, desaprovechando la oportunidad explotar una fuente de crecimiento económico e innovación que en la última década ha duplicado sus ingresos a nivel mundial.

El papel de los gobiernos ha sido fundamental como fuente inicial para financiar la adquisición de la infraestructura, así como para fomentar la I+D+i del sector a nivel mundial. Este trabajo está motivado por la necesidad que tiene Colombia de crear un marco regulatorio que brinde gobernabilidad y gobernanza al sector, así como la urgencia de establecer un derrotero que guíe las acciones de los incipientes actores del país.

### ABSTRACT

The use of satellite technology has proven to be of great importance for the development of countries. The space sector is mainly divided into space manufacturing, which includes satellites and launch services; services from satellite operators and consumer services. Currently, Colombia has no share in any of these segments, missing the opportunity to exploit a source of economic growth and innovation that in the last decade has doubled its revenues worldwide.

The role of governments has been fundamental as an initial source of funding for the acquisition of infrastructure, as well as to promote the R & D & I worldwide. This work is motivated by Colombia's need to create a regulatory framework that provides governability and governance to the sector, as well as the urgency to establish a roadmap that guides the actions of the country's incipient actors.

**Palabras clave:** Aerospace, technology, satellite, public policy, space, COPUOS, OECD, space trends exploration, earth observation, remote sensing, navigation, telecommunications, management, engineering, system dynamics modeling, simulation, space investments, impacts, evaluation, developing countries, space faring nations, Latin America, Colombia.

## 1 INTRODUCCIÓN

La nueva realidad de Colombia de cara al postconflicto, agudiza el desafío de reducir las brechas socioeconómicas a través de la construcción de un país social, económica y ambientalmente sostenible, en condiciones que garanticen una paz estable y duradera. El fortalecimiento institucional juega un papel importante para acometer esta tarea, y en particular, el sector espacial requiere un impulso importante para emitir directrices sobre cómo aprovechar estas tecnologías para promover el desarrollo económico del país.

El propósito de este trabajo es identificar y priorizar las formas en que los responsables de elaborar la legislación en Colombia, pueden orientar los esfuerzos para fomentar una industria local, la investigación, la cooperación internacional y la gobernanza del sector espacial. La información empleada para realizar este trabajo proviene de reportes de fuentes oficiales como la Organización para la cooperación y el desarrollo económico OECD, la Comisión para el uso pacífico del espacio ultraterrestre de Naciones Unidas COPUOS y agencias espaciales nacionales, de artículos que abordan los beneficios y retos con relación al sector espacial, así como de entrevistas con expertos en la elaboración de política en Colombia.

Este trabajo realiza un análisis estratégico, tanto interno como externo del sector espacial desde el punto de vista tecnológico, político y económico, para posteriormente proponer una visión del sector en Colombia, seguido de la identificación y priorización de las iniciativas estratégicas que permitan alcanzarla. Finalmente, se utiliza la dinámica de sistemas para evaluar la estructura organizacional más adecuada para conducir la política espacial del país, de tal suerte que las iniciativas se transformen en beneficios tangibles para toda la sociedad.

## 2 PROBLEMA

### 2.1 CONTEXTO GENERAL

Al finalizar la segunda guerra mundial, la lucha entre las superpotencias (EE.UU. y la Unión Soviética) dio paso a lo que se conoció como la guerra fría, un periodo que comenzó en 1947 y concluyó en 1991 con la caída del muro de Berlín. Este periodo estuvo caracterizado por la priorización en los temas relacionados con la seguridad nacional, soportados en el desarrollo tecnológico para alcanzar ventaja militar. El lanzamiento del Sputnik en 1957 (primer satélite lanzado al espacio por la Unión Soviética) desató la competencia por el poder tecnológico y militar, y su influencia como potencias culturales y económicas. A pesar de la predominancia de las motivaciones militares en los primeros años de las actividades espaciales, a partir de la década de 1980 el desarrollo espacial ha estado apalancado por el fortalecimiento del sector privado y en consecuencia, el espacio, una vez exclusivo de las naciones más poderosas, se ha convertido en una prioridad en la agenda de los países que buscan incrementar su desarrollo socioeconómico mediante en el uso de estas tecnologías (Harding, 2013).

Los beneficios de las tecnologías espaciales abarcan muchos aspectos de nuestra vida diaria, concediendo un valor práctico a las inversiones realizadas por todos los países sin importar su grado de desarrollo. Tal es el caso de India, donde el 29,8 % de su población de 1.2 billones de habitantes está considerado por debajo de la línea de pobreza (Central Intelligence Agency, 2016), pero eso no lo detuvo para invertir en 2016 el 0,048 % de su PIB (Larrea, 2017) en un programa espacial que busca como retorno mejorar las condiciones socioeconómicas de sus habitantes. El último informe de economía espacial de la OECD (2014c) presenta los cálculos del retorno de inversión de los programas espaciales de algunos de sus miembros, siendo evidente que estas tecnologías lejos de representar un gasto para los Gobiernos, se convierten en una importante herramienta para generar desarrollo económico, recibiendo en promedio dos euros por cada euro invertido en los diversos programas.

En Latinoamérica, Brasil y Argentina han logrado el mayor desarrollo, alcanzando la capacidad de fabricar localmente sus propios satélites, y están enfocando sus esfuerzos en desarrollar vehículos (cohetes) capaces de llevar sus satélites al espacio. Otros países como Chile, Bolivia, México, Perú y Venezuela ya cuentan con satélites propios que cubren en gran parte las necesidades estatales en materia de comunicaciones y observación de la tierra, pero aún no cuentan con una industria local capaz de constituirse en una nueva fuente de ingresos al país. Otros países con un PIB similar al de Colombia, como Argelia, Irán y Sudáfrica, han pasado de

ser naciones que compren los servicios de tecnología satelital, a ser dueños de sus propios recursos, y aunque aún no cuentan con capacidad para construir satélites, han conseguido independencia en cuanto a su uso y una fuente de ingresos económicos provenientes de comercializar la capacidad remanente en sus satélites.

## **2.2 CONTEXTO PARTICULAR**

Aunque las tecnologías satelitales han estado presentes en Colombia desde 1970, cuando la empresa estatal TELECOM instaló la primera estación satelital para la recepción de señales de televisión y algunas conexiones telefónicas en Chocontá (Cundinamarca), no ha existido un cambio importante en la forma en que el país aprovecha estas tecnologías. Durante 47 años el Estado colombiano no ha promovido efectivamente el desarrollo de capacidades locales en el área espacial, careciendo de una política clara que aborde las dimensiones de seguridad, ciencia y tecnología, cooperación internacional, gobernanza, economía, entre otras, y en consecuencia, Colombia permanece en el último escalón de la “escalera de la tecnología espacial” propuesta por Paikowsky (2009).

En 2006, el Gobierno Nacional ordenó la creación de la Comisión Colombiana del Espacio (CCE)(Ministerio de relaciones Exteriores, 2006), con el objetivo de constituirse como el órgano de coordinación central para las actividades espaciales, la política, la investigación y la cooperación internacional bajo la tutela de la Vicepresidencia de la República. A pesar de los esfuerzos realizados por la CCE para ejecutar los planes, programas y proyectos requeridos para el impulso del desarrollo espacial colombiano, las instancias creadas y las disposiciones normativas han sido insuficientes para implementar unas políticas nacionales que permitan su consolidación. La necesidad aún no atendida de crear conciencia en el alto gobierno sobre la relevancia y el gran impacto que tienen estas tecnologías en el desarrollo social y económico del país, así como el hecho de que esta comisión presenta dificultades asociadas a su naturaleza jurídica, tales como la inexistencia de un soporte presupuestal y personal designado para trabajar en ella en forma dedicada, han sido factores determinantes en su desempeño.

El rezago de Colombia en materia espacial ha tenido consecuencias en diferentes ámbitos. El debate sobre la soberanía de Colombia en el segmento de la órbita de los satélites geostacionarios no ha sido resuelto, razón por la cual solo se han ratificado por parte del Congreso, dos de los cinco tratados del espacio emitidos por la Comisión para el Uso Pacífico del Espacio Ultraterrestre de las Naciones Unidas (COPUOS), y mientras tanto, son cada vez menos las posiciones orbitales disponibles sobre territorio colombiano. El desarrollo tecnológico

se encuentra liderado por las Universidades, que principalmente están desarrollando programas de coherencia sin un objetivo muy definido. La cooperación internacional también se ha visto afectada; la ausencia de un derrotero no ha ofrecido los incentivos requeridos para que países con una mayor capacidad tecnológica encuentren atractivo invertir en Colombia. El país tiene necesidades muy grandes en cobertura de comunicaciones y observación de la tierra que pueden cubrirse con la adquisición capacidades satelitales. En materia de comunicaciones, el Plan Vive Digital que busca brindar servicio y acceso universal a todos los colombianos, motivó el desarrollo de la red nacional de fibra óptica. Sin embargo, debido a la orografía del país 44 municipios deben ser conectados por enlace satelital, los cuales se encuentran Choco, la Amazonía y la Orinoquía, afectando aproximadamente 441.000 que viven en la selva colombiana (Ministerio de Tecnologías de Información y Comunicaciones, n.d.). De forma similar, en observación de la tierra, la contribución de las imágenes satelitales es enorme. Según el documento CONPES 3859 (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2016b) el 28% del territorio nacional no posee información catastral, mientras que el 63.9% del territorio tiene catastros desactualizados. Finalmente, la posición geográfica de Colombia también podría ser aprovechada; sin embargo, la ausencia de una estrategia por parte del alto gobierno sobre estos temas, ha derivado en que cada entidad busque satisfacer sus necesidades de forma independiente, haciendo un uso ineficiente de los recursos económicos.

### **2.3 UBICACIÓN DEL PROBLEMA**

El país no cuenta con una política pública donde se establezcan los lineamientos para el desarrollo y uso de las tecnologías espaciales para la atención de necesidades sociales, económicas, ambientales y de seguridad. Tales como el monitoreo de los efectos del cambio climático, la minería ilegal, el desarrollo de infraestructura vial, la educación y la salud entre otros. Establecer una política es imperativo para enlazar el poder espacial con un fin particular, así como para generar un liderazgo regional como el que busca alcanzar Colombia (Semana, 2012). Sin una política clara, las actividades espaciales podrían aportar cierto valor, pero será muy difícil identificar y ejecutar programas de largo plazo que ayuden a alcanzar los objetivos nacionales.

### **2.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Con el fin de lograr esta hazaña es necesario asegurar la coordinación y la convergencia de las actividades espaciales en el marco del país. Desde el punto de vista de la administración pública, esto se traduce en la necesidad de un marco nacional, es decir, una política pública

espacial que guíe las actividades dentro del entorno espacial a través de un conjunto de objetivos básicos y comunes a todas las entidades.

## **2.5 PREGUNTA**

¿Cuál sería el marco y la hoja de ruta para formular la política espacial de Colombia y así promover el desarrollo tecnológico, económico y social del país?

### **2.5.1 Preguntas específicas**

¿Cuál es el estado actual del sector espacial en Colombia?

¿Cuáles son los cursos de acción que debe contener una estrategia estatal para el desarrollo espacial de Colombia?

¿Cuál es la estructura organizacional requerida para conducir la política espacial de Colombia?

### 3 JUSTIFICACIÓN

La contribución principal de este trabajo es la de presentar una respuesta fundamentada a la pregunta sobre porqué es importante para Colombia invertir en el espacio. Desde la década de 1970, cuando el primer proyecto para la adquisición de un satélite dio pie a un debate político sobre la pertinencia de invertir una gran cantidad de dinero en este tipo de proyectos en un país que tiene tantas desigualdades socioeconómicas, nadie ha podido demostrar adecuadamente cuales son los beneficios prácticos que se pueden obtener de dicha inversión. La información de esta investigación permitirá identificar acciones que el Estado pueda llevar a cabo sin estar sujeto a las coyunturas políticas y que posibiliten la construcción de un ecosistema tecnológico que promueva el crecimiento de todos los sectores de la economía y desarrolle el conocimiento para la creación de industria local que atienda la demanda existente y futura.

La accesibilidad a las tecnologías espaciales ha permitido que actores emergentes comiencen a beneficiarse de su uso, especialmente en países como el nuestro, con brechas socioeconómicas bien diferenciadas, la definición de una hoja de ruta al más alto nivel permite concentrar sus esfuerzos en áreas en las que el impacto va dirigido directamente a la sociedad y a la construcción de capacidades tecnológicas que mejoran la competitividad en todos los sectores de la economía.

Las políticas públicas muchas veces no alcanzan el resultado esperado. La complejidad de su proceso de elaboración, así como el ambiente cambiante en el que deben implementarse son los principales factores que determinan su éxito. El diseño de este complejo sistema y su posterior modelado constituyen herramientas importantes de la gerencia de ingeniería que serán aplicadas para el desarrollo de este trabajo, mediante el estudio de las interrelaciones de los diferentes actores involucrados, las variables en el tiempo y los efectos de su implementación en los campos tecnológico, social y económico.

## **4 OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

Proponer un marco y hoja de ruta que permita formular la política espacial de Colombia, y así promover el desarrollo tecnológico, económico y social del país.

### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Diagnosticar del sector espacial en Colombia

Definir los cursos de acción que debe contener una estrategia estatal para el desarrollo espacial de Colombia.

Definir la estructura organizacional adecuada para conducir la política espacial de Colombia.

## 5 MARCO TEÓRICO

### 5.1 MARCO CONCEPTUAL

El presente marco conceptual explica los conceptos necesarios para la adecuada comprensión del marco y hoja de ruta para política espacial de Colombia.

**Política pública:** “Política pública es un proceso integrador de decisiones, acciones, inacciones, acuerdos e instrumentos, adelantado por autoridades públicas con la participación eventual de los particulares, y encaminado a solucionar o prevenir una situación definida como problemática. La política pública hace parte de un ambiente determinado del cual se nutre y al cual pretende modificar o mantener” (GAVILANES, 2009).

**Derecho espacial:** La comunidad internacional no provee una definición para el derecho espacial, sin embargo, Tronchetti (2013) provee una descripción de las actividades que realiza, lo cual sirve para facilitar su comprensión. Según su apreciación, el derecho espacial está comprendido por un sistema de regulaciones internacionales y nacionales que controlan las actividades que realizan los estados en el espacio. Teniendo en cuenta que lo que en realidad se está regulando es el uso de una tecnología, estas normas están en constante aumento y revisión según la evolución tecnológica así lo demande. El derecho espacial utiliza el conceso como método para alcanzar los acuerdos pactados entre los estados. En palabras del Doctor Alfredo Rey<sup>1</sup>, “las decisiones se toman por mayoría, sin embargo, se busca minimizar la discrepancia con las minorías, puesto que solamente se requiere que quienes no estén de acuerdo con la decisión tomada, no ejerzan oposición a esta, con lo cual se alcanza un estado de armonía entre las partes” (A. Rey, comunicación personal, 17 de mayo de 2017).

Como se mencionó anteriormente, el derecho espacial tiene fuentes internacionales y nacionales. Las fuentes internacionales la constituyen los tratados, principios y resoluciones negociados en el marco del Comité de las Naciones Unidas para el uso pacífico del espacio ultraterrestre (COPUOS) y en la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), que también forma parte de las Naciones Unidas, y se encarga de regular técnicamente el uso de las órbitas de los satélites geoestacionarios y el espectro radioeléctrico requerido para su explotación y

---

**1** <sup>1</sup> Alfredo Rey Córdoba es profesor de la cátedra de Derecho del Espacio Ultraterrestre de la Universidad de los Andes, ha sido representante permanente alterno de Colombia ante la Organización de las Naciones Unidas y embajador en misión especial ante la Subcomisión Jurídica de la Comisión de Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos

control. Las fuentes nacionales son las leyes, normas o regulaciones que cada país expide internamente para regular las actividades espaciales.

El núcleo del derecho espacial lo constituyen los cinco tratados emitidos por la COPUOS. El primer tratado, llamado sencillamente el tratado del espacio de 1967, constituye la base legal para todos los demás documentos acordados a nivel internacional y nacional. Establece cuatro principios básicos: La no apropiación, el uso pacífico, la cooperación internacional y el beneficio para toda la humanidad de las actividades espaciales. El segundo, del mismo año, es el convenio de devolución de astronautas y objetos lanzados al espacio. Este documento busca el compromiso de los estados participantes para ayudar a los astronautas que se encuentren en situación de peligro, por ejemplo, al caer inesperadamente el territorio de otro país signatario. No se obliga a las partes a prestar ayuda a los astronautas en situación de peligro en el espacio debido a la dificultad técnica que esto representa. El tercer tratado es denominado de responsabilidad de objetos lanzados al espacio; firmado en 1972, establece que los estados son responsables por los daños causados a terceros como consecuencias del desarrollo de sus actividades espaciales, haciendo diferencia entre los daños causados en tierra, en el espacio aéreo y en el espacio ultraterrestre. El cuarto tratado se conoce como la convención de registro de objetos lanzados al espacio de 1975 y en él se busca mantener un orden en las actividades espaciales, así como reforzar la idea de actividades pacíficas en el espacio. El registro del objeto se debe hacer a nivel nacional e internacional (a través del secretario general de las Naciones Unidas), no obstante, aún se requiere tramitar ante la Unión Internacional de Telecomunicaciones las frecuencias y posiciones orbitales a emplear.

**Satélite:** El concepto general de satélite lo define como cualquier objeto o cuerpo natural o artificial que se mueve alrededor de otro cuerpo celeste (Maini & Agrawal, 2007). Dentro del contexto de este trabajo, la palabra satélite solamente estará referida a los objetos artificiales que describen una trayectoria alrededor de la tierra. Los satélites artificiales son creados por el hombre para su beneficio, como el de mejorar sus condiciones de vida en la tierra o el de explorar la evolución del universo para una mejor comprensión de nuestro planeta.

**Órbitas más comunes:** El conocimiento de las órbitas de los satélites es verdaderamente fundamental dentro del campo espacial. La selección de una órbita está relacionada directamente con criterios operacionales tales como el tipo de misión, la vida útil y el ambiente operacional en que se desempeñará un satélite o un vehículo espacial en términos generales (Wright, Grego, & Gronlund, 2005). Por otro lado, de la órbita escogida también dependen los vehículos de

lanzamiento (cohetes) requeridos y su infraestructura asociada, así como la trayectoria que estos deben recorrer para ponerlo en órbita (Maini & Agrawal, 2007). Existen diferentes tipos de órbitas que los satélites pueden describir alrededor de la tierra. A continuación, se realiza una breve explicación de las órbitas que son empleadas con mayor frecuencia.

- **Órbita baja terrestre:** La órbita baja, conocida como LEO por sus siglas en inglés, es aquella en la que los satélites se ubican a una distancia de entre algunos cientos de kilómetros hasta cerca de los 1000 km de la superficie de la tierra. La cercanía de estos objetos a la tierra ocasiona que su periodo de rotación alrededor de esta sea bastante corto, y en consecuencia, los retardos por propagación de la señal son pequeños. Con tiempos que están del orden de 60 a 90 minutos, según la altura de la órbita, un periodo de rotación tan corto se traduce en múltiples pasos alrededor de la tierra cada día, aunque no necesariamente sobre el mismo punto si tenemos en cuenta que la tierra también está girando sobre su propio eje. Por otro lado, un tiempo de retardo de señal pequeño hace esta órbita ideal para los satélites de comunicaciones, los cuales deben ser empleados en constelaciones para mantener la cobertura sobre el mismo punto durante las 24 horas del día. La observación de la tierra también es una aplicación bastante común en este tipo de órbita. La cercanía a la superficie de la tierra permite que los sensores abordo no sean tan grandes, lo que impacta directamente sobre su costo (Wright et al., 2005).
- **Órbita media terrestre:** Los satélites ubicados en la órbita MEO están a una distancia aproximada de entre 10.000 km y 20.000 km. Su periodo de rotación alrededor de la tierra puede variar entre 6 y 12 horas (Maini & Agrawal, 2007). Las aplicaciones más comunes de esta órbita son la navegación y las comunicaciones por medio de constelaciones de satélites (Wright et al., 2005).
- **Órbita geoestacionaria:** La órbita GEO por sus siglas en inglés, es llamada así porque a una altura de 35.786 km y una inclinación de 0° sobre el ecuador, tiene un periodo de rotación de 24 horas, con lo cual, el objeto en órbita mantiene fija su posición relativa con respecto a la tierra. Estas características hacen que esta órbita sea apropiada para aplicaciones de comunicaciones, puesto que la cobertura que tiene de la superficie de la tierra es la más grande de las tres orbitas señaladas anteriormente. Sin embargo, su distancia de la tierra conlleva que los retardos de propagación se más grandes (Fortescue, Swinerd, & Stark, 2011).
- **Órbita polar:** Este tipo particular de órbita LEO también es conocida como helio-sincrónica. Su característica principal proviene de la inclinación de su plano orbital

cercano a los 90°, la cual le confiere una posición fija relativa con respecto al sol. En términos prácticos, esta órbita es deseable para aplicaciones de observación de la tierra, puesto que permite obtener imágenes con menos sombras sobre la tierra (Wright et al., 2005).

***Vehículo de lanzamiento:*** El término vehículo de lanzamiento hace referencia a los cohetes que son utilizados para poner en órbita una carga útil. Los sistemas principales de un vehículo de lanzamiento son las etapas del cohete, los sistemas de guiado y control, los sistemas de propulsión y la plataforma de lanzamiento. Los cohetes tienen limitaciones en cuanto a la cantidad de carga que pueden poner en órbita, lo cual debe ser considerado a la hora de seleccionar el tipo de vehículo a utilizar para el lanzamiento de una misión (Rogers, 2008b). Por otro lado, la latitud desde la cual se realiza el lanzamiento también tiene un efecto importante sobre la cantidad de carga que puede transportar un cohete. Ente más cerca del ecuador se ubica la plataforma de lanzamiento, es posible aprovechar la velocidad de rotación de la tierra para transferir energía al cohete y con ello, transportar una carga útil de mayor peso (Rogers, 2008a).

***Tipos de satélites:*** Según su aplicación los satélites se pueden clasificarse principalmente en telecomunicaciones, navegación y observación de la tierra. A continuación se realiza una breve descripción de cada uno de ellos.

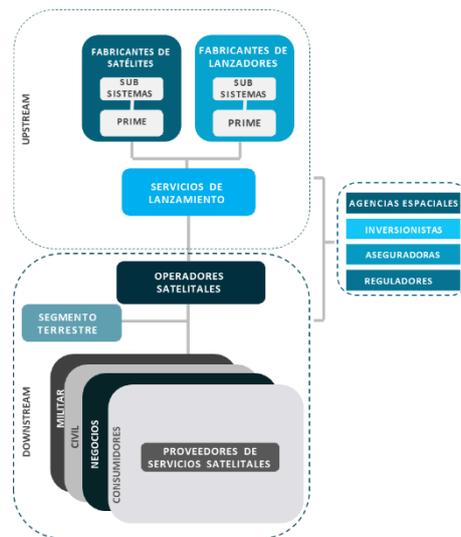
- Satélites de telecomunicaciones: Arthur C. Clark en su artículo “Extraterrestrial Relays” publicado en 1945, fue quien propuso la existencia de la órbita geoestacionaria y su aplicación para establecer enlaces de comunicación con cualquier punto de la tierra, debido a la gran cobertura que se alcanza desde esa altitud (Santacoloma, 2013). Los satélites de comunicaciones ha evolucionado a partir de sus aplicaciones iniciales en la década de los sesenta, en donde era dedicados casi exclusivamente para transmitir señales de televisión, a ser utilizados para la transmisión de grandes cantidades de datos directamente a los usuarios, especialmente a aquellos en áreas rurales o en países subdesarrollados, en donde la infraestructura terrestre no ha sido desarrollada adecuadamente (Brünner, Soucek, & (Eds.), 2011).
- Satélites de navegación: Los satélites de navegación fueron inicialmente desarrollados para proveer posicionamiento y medida de tiempo para las unidades militares de los EE.UU. Teniendo en cuenta que para la navegación se requiere tener datos de posición sobre el área de interés en la tierra, estos satélites se emplean en constelaciones de órbita media, en donde encuentran un equilibrio entre el área de cobertura, el tamaño y el tiempo

de retardo entre los dispositivos en tierra y el satélite. Entre las constelaciones más reconocidas se encuentran la GPS (EE.UU.), GLONASS (Rusia) y GALILEO (Europa), que tienen una cobertura mundial. Otros países han implementado sistemas de navegación con cobertura regional para satisfacer sus propias necesidades. Tal es el caso de COMPASS/BEIDOU (China), QZSS (Japón) y NAVIC (India). Los sistemas de navegación son ampliamente utilizados en medios de transporte terrestre, sin embargo, para su utilización segura en el transporte aéreo, se han desarrollado sistemas de aumentación, cuya función es la de mejorar su precisión por medio de correcciones de error. Estos sistemas de aumentación pueden ser basados en tierra (GBAS), en aeronaves (ABAS) o en otros satélites (SBAS). Para estos los últimos, en Europa el sistema EGNOS se ha seleccionada como estándar, mientras que en América se emplea el sistema WAAS (Tronchetti, 2013).

- Satélites de observación de la tierra: Estos satélites normalmente se ubican en órbita baja (LEO). En los satélites de observación de la Tierra, la carga útil es un sensor que permite la medición de alguna propiedad del planeta sin tener contacto con él. Estos sensores pueden ser ópticos, como por ejemplo las cámaras, o electrónicos, como por ejemplo un radar de apertura sintética. La variedad de sensores que se pueden instalar a bordo de un satélite ha hecho de esta aplicación una de las más demandadas, y entre sus principales servicios se destacan la meteorología, monitoreo de los efectos del cambio climático, gestión de tierras (catastro rural y urbano, restitución, cultivos de uso ilícito), gestión de emergencias, monitoreo de mares, y seguridad y defensa.

***Cadena de valor de la industria espacial:*** Las firmas Euroconsult, la Asociación de la Industria Satelital (SIA por sus siglas en inglés) y la Asociación de los Operadores Satelitales Europeos (ESOA por sus siglas en inglés), presentan modelos con pequeñas variaciones de los diferentes segmentos que conforman la cadena de valor de la industria espacial. Sin embargo, el modelo propuesto por Euroconsult reúne la mayor cantidad de actores, puesto que además de la industria en sí, su modelo incluye las entidades que se encargan de regularla y que son responsables importantes de la manera en que esta se comporta. La Figura 1 muestra la cadena de valor propuesta por Euroconsult.

**Figura 1 Clasificación de la industria espacial (Euroconsult (2015))**



Fuente: Euroconsult (2015)

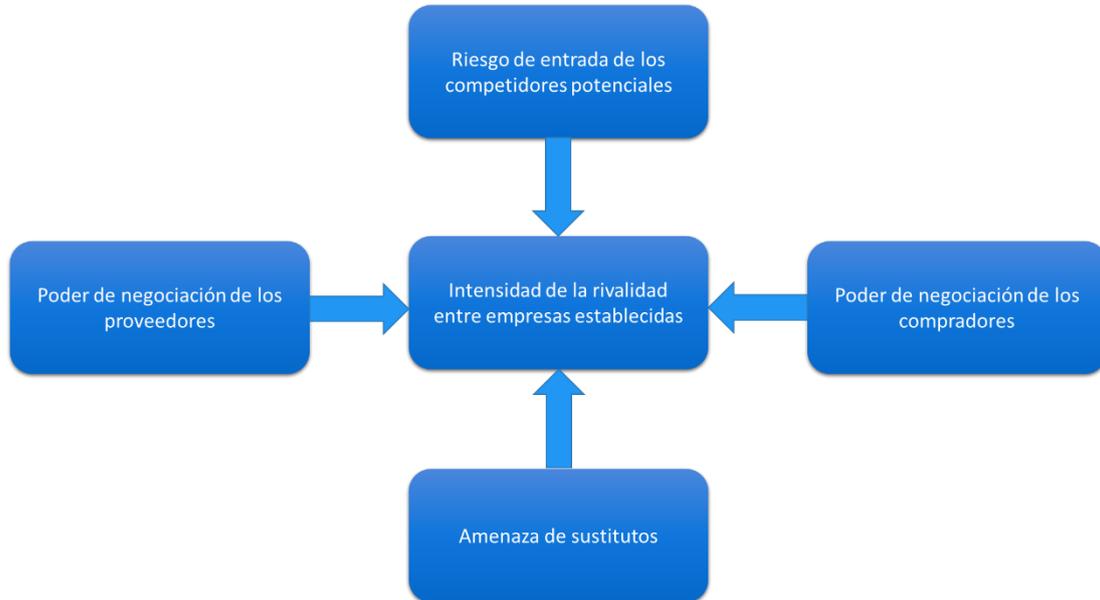
De acuerdo con este modelo, la industria tiene tres componentes principales. El ascendente (upstream) que está relacionado con los activos espaciales, el descendente (downstream) que tiene el contacto con el usuario final, y un tercer componente integrado por los interesados que no hacen parte de la industria en ninguno de los otros componentes. El componente ascendente constituye la base industrial del sector espacial, está conformado por los segmentos de fabricantes de satélites, en donde se incluye tanto a quienes tienen la capacidad de fabricar en su totalidad vehículos espaciales y subsistemas mayores, hasta quienes producen partes que luego serán integradas en subsistemas; y también se encuentran los fabricantes de los sistemas de lanzamiento, así como los encargados de comercializar esos servicios. El componente descendente está integrado por quienes se encargan de operar la infraestructura en tierra de los satélites, los proveedores de servicios satelitales para los segmentos comerciales, civiles y militares que tienen contacto directo con el usuario final, y los equipos de consumo requeridos por estos, tales como receptores de GPS, televisión, radio y banda ancha satelital. Este segmento también abarca los servicios de valor agregado provenientes de la explotación de los satélites de telecomunicaciones, observación de la tierra, ciencia y seguridad nacional. El tercer segmento está integrado por los inversionistas públicos y privados, las compañías aseguradoras, las entidades reguladoras nacionales e internacionales y las agencias espaciales. Estas últimas son actores importantes de esta cadena de valor, por cuanto proveen fondos para la I+D, los programas espaciales y procuran el uso dual de la tecnología a nivel nacional.

**Análisis PEST:** El análisis de los factores políticos, económicos, sociales y tecnológicos permite identificar los factores externos que inciden en el comportamiento de una empresa. Estos factores

externos por lo general están fuera del control de la empresa, y su importancia a la hora de tomar decisiones estratégicas obliga a que deban ser considerados, pues de no hacerlo puede poner en riesgo su supervivencia y su capacidad de adaptación al entorno. Este análisis tiene otras variantes, como el PESTLE, en el que se consideran además los factores legales y ambientales, el STEEPLE, que tiene en cuenta la responsabilidad social que se deriva de la dimensión ética, y el STEEPLED que adiciona los factores demográficos. El análisis PEST forma parte de la etapa de evaluación del proceso de gerencia estratégica. (Cooper, 2014; Friend & Zehle, 2004)

**Análisis de las cinco fuerzas de Porter:** El modelo de las cinco fuerzas recibe su nombre de su creador, el profesor Michael E. Porter, quien lo introdujo en 1979 para analizar las fuerzas que dan forma a un industria, y facilitar, a partir de su construcción, la identificación de oportunidades y amenazas (Hill & Jones, 2009; Porter, 2007). La Figura 2 muestra las cinco fuerzas que propone Porter: el poder de los compradores, el poder de los proveedores, la amenaza de nuevos entrantes, la amenaza de productos sustitutos y la rivalidad entre competidores. Este orden es debido a las fuerzas interdependientes entre los factores según lo indican Gruning & Kuhn (2008a).

**Figura 2 Modelo de las cinco fuerzas de Porter (Hill & Jones (2009))**



Fuente: Hill & Jones (2009, p. 45)

- El poder de negociación de los compradores: Los compradores, dependiendo de la industria, pueden ser los usuarios finales de un producto o servicio, o también otras empresas que se encargan de realizar el trabajo de distribuirlos a los clientes. Este poder hace referencia a la capacidad que tienen los compradores de afectar el precios de los

productos de acuerdo con la demanda de una mayor calidad y mejores servicios por parte de los fabricantes (Hill & Jones, 2009; Porter, 2007). Algunos factores que se deben tener en cuenta al analizar esta fuerza son por ejemplo, el grado de concentración de los compradores, el grado de estandarización, la transparencia del mercado, etc (Grunig & Kuhn, 2008a).

- El poder de negociación de los proveedores: Los proveedores pueden ejercer su poder mediante la variación de sus precios, y por tanto, trasladando estos costos cadena abajo, es decir, al usuario final, o también afectando la calidad de los bienes y servicios que proveen (Porter, 2007). El poder de los proveedores variará en intensidad dependiendo del nivel de concentración en que se encuentren según la industria a la cual le venden, la oferta de productos diferenciados con respecto de su competencia, la existencia de productos o servicios sustitutos, y del costo que le puede representar al fabricante realizar un cambio de proveedor.
- El riesgo de entrada de los competidores potenciales: La amenaza de entrada de nuevos competidores en el mercado es función de las barreras de entrada de la industria. Si las barreras no son lo suficientemente grandes, los nuevos competidores tomarán participación en el mercado, y como consecuencia de ello, las utilidades serán menores para todos (Porter, 2007). Las barreras de entrada pueden ser la facilidad de acceso a los canales de distribución, la lealtad de los clientes, el costo que enfrentan los clientes al cambiar de proveedor, el capital requerido, las restricciones legales y el avance tecnológico (Grunig & Kuhn, 2008b).
- La amenaza de productos sustitutos: La existencia de sustitutos cercanos limita el precio que las empresas pueden cobrar por sus productos (Hill & Jones, 2009). Dependiendo de cual es el rendimiento de esos productos sustitutos frente al de una empresa, y el costo de realizar el cambio de producto por parte de los clientes, dependerá el tamaño de la amenaza y por consiguiente el nivel de utilidad que se puede alcanzar (Grunig & Kuhn, 2008b).
- Intensidad de la rivalidad entre empresas establecidas: Esta fuerza está relacionada con la lucha que sostienen las empresas por mantener o aumentar su participación en un mercado. Las empresas pueden acudir a la innovación, reducción de precios, mayor mercadeo y esfuerzo de ventas. En una industria con una alta rivalidad entre empresas, la rentabilidad se puede ver afectada, pues las estrategias descritas anteriormente conllevan inversiones que en últimas afectan la utilidad que puede obtener la empresa por sus productos o servicios (Hill & Jones, 2009).

**Análisis SWOT:** El análisis SWOT, o DOFA en español, se encarga de consolidar los análisis internos y externos de una compañía por medio de la evaluación de sus fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas (ver Figura 3). El objetivo del SWOT es emplear el conocimiento de la organización para posteriormente poder formular las estrategias correspondientes a la visión establecida. Las fortalezas y debilidades son consideradas aspectos internos de la organización y permiten encontrar su ventaja competitiva, es decir, aquello que hace la hace única para generar valor frente a sus competidores. Las oportunidades y amenazas ayudan a reconocer las implicaciones de los desarrollos futuros, que están por fuera del control de la organización, pero que deben estar dentro del análisis para la formulación de la estrategia en un ambiente de características variables (Sammut-Bonnici & Galea, 2015).

**Figura 3 Principales componentes del análisis SWOT (Sammut-Bonnici & Galea (2015))**



Fuente: Sammut-Bonnici & Galea(2015, p. 2)

**Análisis TOWS:** La matriz TOWS (por sus siglas en inglés) es una herramienta empleada en la gestión estratégica para la identificación de estrategias, tácticas y acciones más específicas mediante el análisis de los aspectos externos (oportunidades y amenazas) e internos (debilidades y fortalezas). Las estrategias están divididas en cuatro sectores: (1) la estrategia mini-mini, que está enfocada en minimizar tanto las debilidades como las amenazas; (2) la estrategia mini-maxi que minimiza las debilidades pero maximiza las oportunidades; (3) la estrategia maxi-mini, que maximiza las fortalezas y minimiza las amenazas, y finalmente la estrategia (4) maxi-maxi, que maximiza tanto las fortalezas como las oportunidades (Wehrich, 1982).

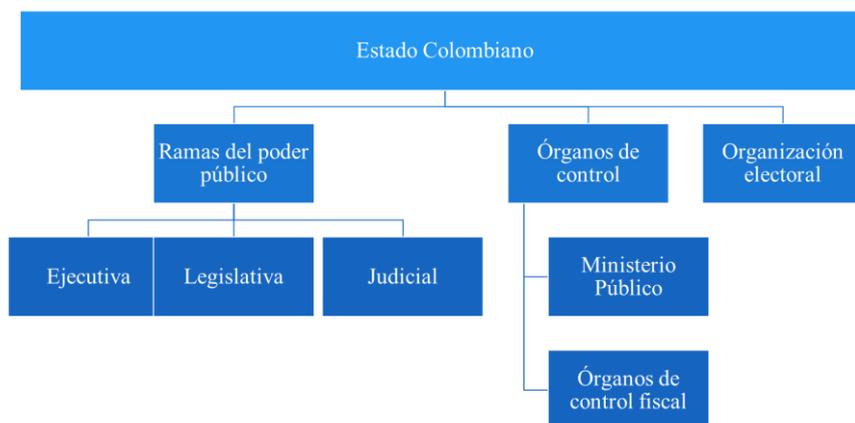
**Dinámica de sistemas:** La dinámica de sistemas es una metodología de simulación creada por Jay W. Forrester del M.I.T. en la década de 1950 para estudiar sistemas complejos no lineales (Barlas, 2011). El planteamiento de Forrester consistió en aplicar los fundamentos de la teoría de control y retroalimentación en áreas como la gestión, la política, la economía, la medicina y

el comportamiento social, entre otros, para entender como las cosas funcionan y/o varían a lo largo del tiempo (Forrester, 1991).

**CONPES:** “El Consejo Nacional de Política Económica y Social — CONPES — fue creado por la Ley 19 de 1958. Es la máxima autoridad nacional de planeación y se desempeña como organismo asesor del Gobierno en todos los aspectos relacionados con el desarrollo económico y social del país. Para lograrlo, coordina y orienta a los organismos encargados de la dirección económica y social en el Gobierno, a través del estudio y aprobación de documentos sobre el desarrollo de políticas generales que son presentados en sesión.”(Departamento Nacional de Planeación - República de Colombia, n.d.).

**Organización del Estado colombiano:** El Estado colombiano está organizado en tres ramas del poder público, la ejecutiva que ejerce las funciones de gobierno y administración, la legislativa que le corresponde hacer las leyes y ejercer el control político sobre el gobierno y la administración pública, y la judicial encargada de administrar justicia de forma autónoma a los demás poderes (ver Figura 4). Existen además otros órganos autónomos, como son los organismos de control y la organización electoral (Departamento Nacional de Planeación, 2011). A continuación, se realizará una descripción de la rama ejecutiva por ser la de interés dentro del desarrollo de este trabajo.

**Figura 4 Organización del Estado colombiano (Elaboración propia)**

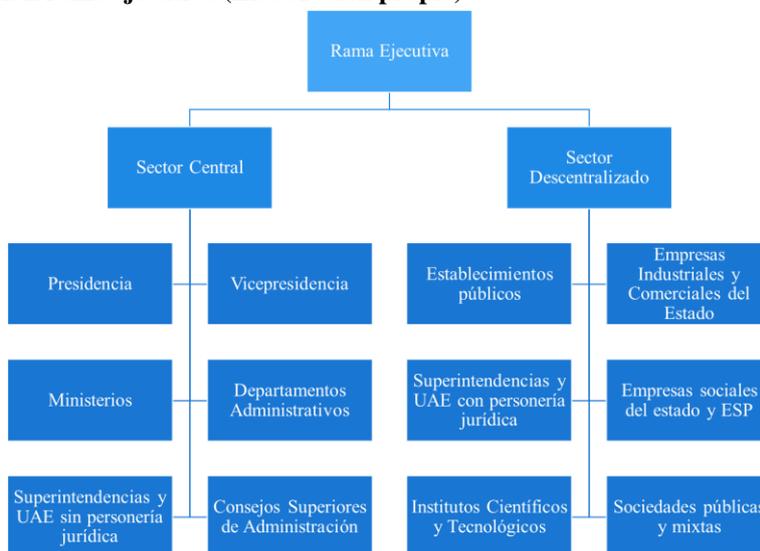


Fuente: Elaboración propia

Debido a que la rama ejecutiva está regida por la constitución política, sus funciones están determinadas por ellas y son las de definir objetivos globales de desarrollo económico y social, así como definir, coordinar y ejecutar planes y políticas públicas. La rama ejecutiva está organizada en dos sectores: el central, que es la forma nacional del gobierno y el descentralizado,

compuesto por las entidades territoriales, es decir los departamentos, distritos y municipios (Departamento Nacional de Planeación, 2011). La ley 489 (República de Colombia, 1998) establece las normas para el funcionamiento y organización de las entidades del orden nacional, la cuales se pueden ver resumidas en la Figura 5.

**Figura 5 Organización rama ejecutiva (Elaboración propia)**



Fuente: Elaboración propia

El artículo 43 de la citada ley, determina que el Gobierno podrá organizar sistemas administrativos para coordinar las actividades estatales y de los particulares, es decir, que debe determinar los órganos y entidades que deben ejercer la gobernanza por medio de la dirección, programación, ejecución y evaluación. A continuación, se enuncian las funciones que tienen algunos de los órganos y entidades que son de interés dentro del presente trabajo.

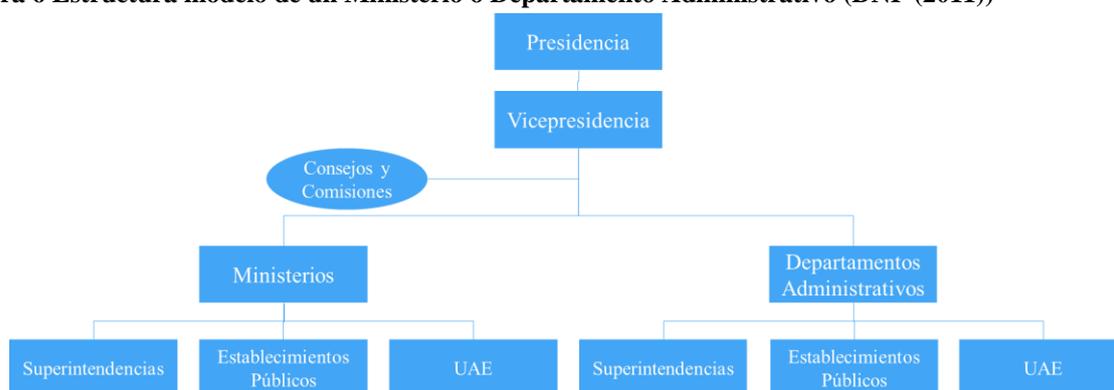
- **Ministerios:** Tienen a cargo la orientación y coordinación del sector que se les ha asignado por medio de la ley. Los ministerios son organismos del sector central que le siguen en importancia a la presidencia y tienen la responsabilidad de formular las políticas públicas (Departamento Nacional de Planeación, 2011)
- **Departamentos Administrativos:** Comparten con los ministerios la orientación y coordinación del sector asignado, sin embargo, se diferencian de estos en que no tienen iniciativa legislativa y cumplen funciones de carácter técnico que le permitan al Gobierno tomar decisiones (Departamento Nacional de Planeación, 2011)
- **Superintendencias:** Están adscritas a un Ministerio o Departamento administrativo, y el artículo 66 de la ley 489 las define como “organismos creados por la ley, con la

autonomía administrativa y financiera que aquella les señale, sin personería jurídica, que cumplen funciones de inspección y vigilancia atribuidas por la ley o mediante delegación que haga el presidente de la República previa autorización legal”.

- **Unidades Administrativas Especiales:** Están adscritas a un Ministerio o Departamento administrativo y creadas por la ley, con la autonomía administrativa y financiera que aquella les señale, con o sin personería jurídica dependiendo del sector al que pertenezcan, y cumplen funciones administrativas para desarrollar o ejecutar programas propios de un ministerio o departamento administrativo (República de Colombia, 1998).
- **Consejos Superiores de la Administración:** De acuerdo con el artículo 38 de la ley 489, son “organismos consultivos o coordinadores, para toda la administración o parte de ella, funcionarán con carácter permanente o temporal y con representación de varias entidades estatales y, si fuere el caso, del sector privado, los que la Ley determine”.
- **Comisiones intersectoriales:** De acuerdo con el artículo 45 de la ley 489, su función es la “coordinación y orientación superior de la ejecución de ciertas funciones y servicios públicos, cuando por mandato legal o en razón de sus características, estén a cargo de dos o más ministerios, departamentos administrativos o entidades descentralizadas, sin perjuicio de las competencias específicas de cada uno de ellos”.

La Figura 6 muestra un resumen de la organización de un Ministerio o un Departamento Administrativo.

**Figura 6 Estructura modelo de un Ministerio o Departamento Administrativo (DNP (2011))**



Fuente: DNP (2011)

Además de identificar las funciones que cada una de estas organizaciones debe realizar dentro del Estado colombiano, es pertinente aclarar a que hacen referencia los siguientes términos:

- **Personería jurídica:** que se encuentra sujeto a derechos y obligaciones
- **Autonomía administrativa:** De acuerdo con el concepto 420 de 1998, el Subdirector de la Oficina Jurídica Financiera de la Dirección Distrital de Tesorería de la Alcaldía Mayor Bogotá conceptuó que este término hace referencia a la facultad para manejarse a sí misma, en el marco de la Constitución y la ley, con lo cual se busca una mayor agilidad y tecnificación en el servicio que presta, para tal fin cuenta con una Junta Directiva, la cual dicta sus estatutos
- **Autonomía financiera:** De acuerdo con el concepto 420 de 1998, el Subdirector de la Oficina Jurídica Financiera de la Dirección Distrital de Tesorería de la Alcaldía Mayor Bogotá conceptuó que hace referencia a que decide autónomamente la forma de afectar los recursos de su propiedad a los fines propios de la entidad
- **Patrimonio independiente:** Según el artículo 70 literal d) de la ley 489 está “constituido con bienes o fondos públicos comunes, el producto de impuestos, rentas contractuales, ingresos propios, tasas o contribuciones de destinación especial, en los casos autorizados por la Constitución y en las disposiciones legales pertinentes.”

## **5.2 ESTADO DEL ARTE**

El estado del arte está dividido en cuatro partes. La primera parte es una pequeña reseña histórica de los esfuerzos realizados en Colombia para desarrollar el sector espacial. La segunda parte revisa la literatura existente en el contexto nacional relacionado con la política espacial. La tercera parte recopila la literatura internacional relacionada con el tema de investigación de este trabajo. Finalmente, la última sección analiza los casos en que la dinámica de sistemas ha sido empleada para evaluar el impacto de las políticas públicas relacionadas con la ciencia y la tecnología.

### **5.2.1 La política espacial en Colombia**

El interés de Colombia por el sector espacial tiene sus comienzos en la década de 1970. Luego de firmar en 1967 el “Tratado sobre los principios que deben regir las actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos

celestes”, más conocido como Tratado del Espacio o Tratado de 1967, elaborado por la Comisión para el uso pacífico del espacio ultraterrestre COPUOS, Colombia inició una cruzada internacional para reclamar su soberanía sobre la porción de órbita geostacionaria que se encuentra sobre su territorio. Entre el 26 de noviembre y el 3 de diciembre de 1976, se reunieron en Bogotá representantes de Gabón, Zaire, Uganda, Kenia, Somalia; Indonesia; Ecuador, Colombia y Brasil (en calidad de observador), quienes a través de lo que se denominó la Declaración de Bogotá, buscaban reclamar ante las Naciones Unidas su soberanía sobre la órbita de los satélites geostacionarios, por considerar que se trata de un recurso natural escaso, y sobre el cual, debía existir un régimen especial para su explotación (Peña, 2014). Los países allí reunidos propusieron que cualquier estado que tuviese intención de colocar un satélite en la órbita geostacionaria, debería contar con autorización expresa del Estado ecuatorial afectado y acogerse a la legislación que cada país tenga en vigencia.

Colombia presentó, en representación de los países firmantes esta posición en la asamblea general de la Organización de Naciones Unidas del 14 de octubre de 1975 (Osmańczyk, 2003), la cual fue rechazada por estar en desacuerdo con el principio de no apropiación establecido en el tratado de 1967 (Cortes & Kure, 2013). A la reunión en Bogotá le siguió la declaración de Quito en 1982, la cual tampoco tuvo el efecto deseado y paulatinamente, todos los países firmantes de la declaración de Bogotá abandonaron sus pretensiones, siendo Colombia, Indonesia y Kenia los últimos en abandonarla (Gómez, 2013), modificando su posición y demandando un acceso equitativo para los países en desarrollo como una forma de obtener apoyo de un mayor número de países (Cortes & Kure, 2013). A pesar de los esfuerzos diplomáticos realizados durante las décadas de 1980 y 1990, el avance más relevante se obtuvo durante la Conferencia Internacional de Telecomunicaciones de Nairobi en 1982, donde se incluyó el establecimiento de un uso racional del espectro de frecuencias radioeléctricas de la órbita de los satélites geostacionarios y el reconocimiento de que para ello, se deben considerar las necesidades de los países en desarrollo (Cortes & Kure, 2013), pero nunca se lograron avances sobre el acceso equitativo a la órbita geostacionaria.

En un esfuerzo por legitimar esta posición, miembros de la asamblea nacional constituyente incluyeron en la constitución política de 1991 el artículo 101, inciso 4 que establece:

“También son parte de Colombia, el subsuelo, el mar territorial, la zona contigua, la plataforma continental, la zona económica exclusiva, el espacio aéreo, el segmento de la órbita

geoestacionaria, el espectro electromagnético y el espacio donde actúa, de conformidad con el Derecho Internacional o con las leyes colombianas a falta de normas internacionales.” (subrayado fuera de texto original).

Internamente, la interpretación sobre la definición del territorio colombiano de acuerdo con el derecho internacional, ha dado lugar para diferentes posturas sobre la soberanía de Colombia en la porción de órbita geoestacionaria que se encuentra sobre su territorio. No obstante, la Corte Constitucional mediante cuatro sentencias distintas, relacionadas con la constitucionalidad de la aprobación de convenios internacionales sobre el uso de satélites, favorece tácitamente la tesis de que la órbita geoestacionaria es un recurso de la humanidad que debe ser administrado por todos los países (Cortes & Kure, 2013), pero aun así, el país sigue sin ratificar el mencionado Tratado.

Paralelo al esfuerzo diplomático durante este periodo, Colombia también mostró interés en la adquisición de un satélite de comunicaciones. El presidente Alfonso López Michelsen (1974-1978) fue el primero en plantear la iniciativa de adquirir un satélite con el fin de consolidar la soberanía del país sobre la órbita geoestacionaria, sin embargo, esta idea fue abandonada rápidamente debido al elevado costo del proyecto (Ramírez & Cárdenas, 2006). Posteriormente, en 1977 surgió en el marco de una reunión de ministros de transporte, comunicaciones y obras públicas del Pacto Andino, el proyecto “Cóndor” (Ramírez & Cárdenas, 2006), como alternativa para que los países de la subregión solucionaran sus necesidades en materia de comunicaciones, repartiéndose los altos costos de adquisición de un satélite, iniciativa que se vio truncada debido a la difícil situación económica de la siguiente década, lo que provocó que el proyecto no pasara de la fase de estudios de factibilidad (Harding, 2013).

En 1994 el Comité Andino de Autoridades de Telecomunicaciones (CAATEL), junto con la Asociación de Empresas de Telecomunicaciones del Grupo Andino (ASETA) reactivaron el proyecto de un satélite de comunicaciones para la sub región, esta vez denominado Simón Bolívar. La principal diferencia con el proyecto “Cóndor” estaba en que los gobiernos neoliberales de la época veían con buenos ojos que la empresa privada fuese quien financiara la realización del proyecto, y para ello, en 1996, mediante la decisión 395 del CAATEL, se estableció un marco regulatorio para la utilización comercial del recurso orbita-espectro por parte de empresas de la región Andina. A esta decisión le siguió la 429 de 1998, en la cual se otorgaron los derechos de establecimiento, operación y explotación del sistema a la empresa Andesat S.A. en las posiciones orbitales 67,0° W, Banda C y Ku; 61° W, Banda C y Ku derivado

del cambio de la posición inicial 78,5° W);106° W, Banda C y 109° W, Banda C, otorgando para ello un plazo de tres años contados a partir del 3 de marzo de 1998.

Los retrasos de Andesat S.A. para cumplir con la entrega prevista, la cual había sido extendida para marzo de 2003 mediante decisión 480 de 2000, conllevaron a que CAATEL, mediante decisión 559 de 2003, finalmente declarara la caducidad de los derechos otorgados, dando libertad a los países miembros para realizar gestiones directamente ante cualquier autoridad pública, incluyendo administraciones de telecomunicaciones, o empresas que pudieran tener interés en las posiciones orbitales como una medida para lograr salvar el proyecto. Aun cuando esto pudo suponer la muerte del proyecto, la CAN intentó mantenerlo a flote, y en los años subsiguientes el proyecto se mantuvo vigente gracias a que Andesat S.A. se asoció con Star One (Batista, 2005), sin embargo, mediante decisión 604 de 2005, CAATEL determinó que Andesat S.A. no tenía la capacidad técnica ni financiera para concretar el proyecto y por tanto se le revocaban definitivamente los derechos otorgados. Esta decisión también incluyó la autorización para que Venezuela colocase en la posición orbital 67,0° W un satélite temporal (Gap Filler) como medida para que la CAN no perdiese la posición otorgada por la UIT. Ese mismo año, Venezuela cumplió su compromiso de ocupar la posición a nombre de la CAN, contratando la reubicación del satélite Anik-E2 (que se encontraba fuera de servicio) (Convergencia Latina, 2005), al tiempo que anunciaba su intención de adquirir un satélite propio de telecomunicaciones a la compañía China Great Wall, al cual denominó Venesat-1 y que pondría en órbita en 2008 (Harding, 2013). En 2010 la CAN mediante decisión 725 autorizó a la empresa holandesa New Skies a explotar comercialmente por 30 años la posición orbital 67,0° W.

Durante el periodo 2002-2005 Colombia ejerció la Secretaría Pro Tempore del foro regional y multilateral denominado “Conferencia Espacial de las Américas” (CEA). La CEA fue creada en 1990 con apoyo de las Naciones Unidas, con el objetivo de promocionar y desarrollar las actividades espaciales de los países de América Latina y el Caribe (Agencia Espacial Mexicana, 2016). En cumplimiento del Plan de Acción derivado de la IV CEA celebrada en Cartagena entre el 14 y el 17 de mayo de 2002, Colombia organizó durante la segunda Feria Aeronáutica Internacional "Colombia F-Air 2004" en Rionegro, Antioquia (Colombia), un seminario sobre la experiencia aeroespacial de Latinoamérica, durante el cual, expertos de las Naciones Unidas y representantes de organismos espaciales de la región, presentaron una propuesta temática para definir un programa de actividades espaciales para Colombia, destacando la urgencia de contar con una instancia representativa que sirva de punto de

coordinación entre los diversos sectores interesados de la administración pública (Conferencia Espacial de las Américas, 2005).

Acogiendo esta recomendación, el Gobierno del presidente Álvaro Uribe, mediante decreto 2442 de 2006, creó la Comisión Colombiana del Espacio (CCE), designándola como el órgano de coordinación central para las actividades espaciales, la política, la investigación y la cooperación internacional, dirigida por el Vicepresidencia de la República y compuesta por los Ministerios de Relaciones Exteriores, Defensa Nacional, Agricultura y Desarrollo Rural, Educación Nacional, Comunicaciones, Interior y de Justicia, Minas y Energía, Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, y de Transporte; el Comandante de la Fuerza Área Colombiana y; los Directores del Departamento Nacional de Planeación, la Aeronáutica Civil, el IDEAM, el IGAC, Colciencias, Acción Social, Ingeominas, la Agencia Nacional de Hidrocarburos, Universidad Sergio Arboleda, DIMAR, UPME y el CIF. Esta comisión de carácter intersectorial tiene como funciones principales coordinar la política espacial y la creación de estímulos para la integración industria-estado-academia, entre otras.

El impulso generado por la Conferencia Espacial de las Américas, no solo contagió al Gobierno, sino también a la academia, quien también comenzó a involucrarse activamente en la generación de conocimiento. En 2005, la Universidad Sergio Arboleda inició la construcción del CubeSat “Libertad 1” (“Colombia colocaría en órbita su primer satélite espacial antes de fin de año; [Source: Portafolio],” 2005), el cual fue lanzado en 2007 en órbita LEO y se convirtió en el primer satélite colombiano, con una misión que duró 34 días (Harding, 2013).

Ese mismo año, el Ministerio de Comunicaciones anunciaba que se estaban analizando varias alternativas económicas, para la adquisición de un satélite propio de comunicaciones que facilitase el acceso a las comunicaciones en los sitios remotos de la geografía nacional, donde ante la ausencia de redes de interconexión terrestres, las comunicaciones satelitales son la única alternativa (“Colombia analiza contar con su propio satélite de telecomunicaciones; [Source: Portafolio],” 2007). Como resultado de una consultoría contratada a CAATEL, el Departamento Nacional de Planeación expidió los documentos CONPES 3579 y 3613 de 2009, con lineamientos para la implementación de un proyecto satelital de comunicaciones denominado “SATCOL”, con el fin de contar con el satélite en operación en 2012 (Elespectador.com, 2009).

En dos ocasiones se abrió el proceso licitatorio sin que fuese posible su contratación. La primera ocasión fue declarado desierto debido a que el único proponente que se presentó, no pudo cumplir los rigurosos requerimientos en materia de seguros. En la segunda ocasión, el

proceso fue suspendido por suspicacias de una relación entre uno de los proveedores y el gobierno de Venezuela (Guerra, 2016). La llegada en 2010 del nuevo Ministro de Tecnologías de Información y Comunicaciones, Diego Molano, supuso el fin del proyecto. El nuevo Ministro consideró que sería más eficiente destinar los recursos del proyecto (alrededor de 250 millones de dólares) para realizar una interconexión de fibra óptica a cerca de 500 municipios del país (Redacción Vivir, 2013).

En 2009, la CCE se proponía como objetivo lograr la normalización de Colombia ante los organismos internacionales. Esto significaría revivir el debate sobre la soberanía del país en la órbita geoestacionaria, con el fin de tramitar una ley ante el congreso de la república para la adhesión de Colombia al Tratado sobre los Principios del Espacio Ultraterrestre (Comisión Colombiana del Espacio, 2009). Sin embargo, teniendo en cuenta razones de orden técnico y prácticas, la CCE tomó la decisión de priorizar la adhesión de Colombia a los acuerdos de salvamento y de registro de objetos lanzados al espacio ultraterrestre (Comisión Colombiana del Espacio, 2011), los cuales fueron ratificados por el Congreso mediante las leyes 1569 y 1591 del 2012.

La CCE también participó en la elaboración del CONPES 3683 de 2010 “Lineamientos para la formulación del Programa Nacional de Observación de la Tierra que incluya el diseño de un programa satelital colombiano”, con el objetivo de reducir la deficiencia en el acceso a la información de observación de la Tierra para fortalecer la toma de decisiones de los sectores público y privado.

En 2011 con el aval del Vicepresidente de la República, la CCE comenzó la elaboración de una propuesta para la creación de la Agencia Espacial Colombiana (Comisión Colombiana del Espacio, 2011), la cual estaba justificada por la debilidad de la CCE para implementar políticas y desarrollar un programa espacial. Por ese entonces, el presidente contaba con facultades extraordinarias para reasignar funciones y competencias entre las entidades y los organismos de la administración, según la ley 1444 de 2011, esto no fue suficiente para que el proyecto de decreto fuese sancionado (Durán & Laverde, 2011), sin que se conocieran los motivos que lo llevaron a tomar esa decisión.

Todo esto ocurrió mientras el Instituto Geográfico Agustín Codazzi ejercía la secretaría ejecutiva de la CCE. A partir del año 2013, la Fuerza Aérea Colombiana asume la secretaría ejecutiva teniendo como presidente de esta, al entonces Vicepresidente de la República Angelino Garzón (2010-2014). Para entonces, la voluntad política buscaba materializar tres proyectos, la

creación de agencia espacial, la adquisición de un satélite de observación de la tierra y el fortalecimiento de la triada estado-academia-empresa (Comisión Colombiana del Espacio, 2013). Para ello, mediante decreto 2516 de 2013 se creó el “Programa Presidencial para el Desarrollo Espacial Colombiano”, con funciones que se traslapaban con las de la CCE, pero que, a diferencia de esta, contaría con personal de carácter permanente y presupuesto para desarrollar su trabajo. Durante el 2014, el PPDEC adelantó los estudios de mercado para la adquisición del satélite de observación de la tierra SOTCOL, sin contar para esta tarea con la participación de la CCE (Comité Técnico de la Comisión Colombiana del Espacio, 2014). Este esfuerzo fue muy corto y logró dar frutos, debido a que mediante decreto 1649 de 2014, se daba por terminado el PPDEC, y sus funciones eran asignadas a una nueva área dentro de la estructura de la presidencia.

Este cambio de rumbo político se debió al cambio de vicepresidente en el segundo periodo de gobierno de Juan Manuel Santos. En 2014 asumió la Presidencia de la CCE el Vicepresidente Germán Vargas Lleras, quien decidió no continuar con el proyecto de adquisición de un satélite sin realizar ningún pronunciamiento formal al respecto (Comisión Colombiana del Espacio, 2014) y desde entonces, la CCE no ha tenido reuniones plenarias de sus miembros. A partir de ese momento, la CCE ha estado a la deriva, buscando un responsable político que asuma el reto de desarrollar el sector espacial colombiano, pasando por la Dirección de Proyectos Especiales (Presidencia de la República, 2014), el Departamento Administrativo de la Presidencia (Presidencia de la República, 2015), la Alta Consejería para el Posconflicto (Presidencia de la República, 2016) y actualmente en el Consejero de Seguridad de la Presidencia (Presidencia de la República, 2017).

### **5.2.2 Trabajos de investigación en el contexto nacional**

En relación con el contexto de la temática de estudio, en Colombia se han desarrollado principalmente trabajos de grado en donde se aborda el componente jurídico internacional de una política pública. La Facultad de Derecho de la Universidad de los Andes, imparte una cátedra de Derecho del Espacio Ultraterrestre, a cargo del Dr. Alfredo Rey Córdoba, quien ha tenido una larga trayectoria en la materia, desempeñándose como director del proyecto del primer satélite colombiano (Tellez, 2014) y destacándose por sus esfuerzos por brindar una solución a la discusión sobre la posición histórica de Colombia de reclamar soberanía sobre la porción de órbita geostacionaria que se encuentra sobre su territorio (Cortes & Kure, 2013). Rey ha inspirado muchos de sus alumnos a continuar elaborando propuestas alrededor de su tesis, según la cual Colombia no puede reclamar soberanía sobre la citada órbita, pues aunque nunca se ha

ratificado del tratado de 1967, al firmar la Declaración de los principios jurídicos que deben regir las actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre de 1963, el principio de no apropiación allí expresado es aplicado como norma consuetudinaria de derecho internacional, lo cual si es reconocido por Colombia al ratificar la Convención de Viena de 1969. Entre algunos de los temas que Rey ha dirigido, se encuentran la definición y delimitación del espacio ultraterrestre, el régimen jurídico de los objetos espaciales, la saturación de la órbita geostacionaria y el registro y puesta órbita de satélites en órbita geostacionaria.

En cuanto a publicaciones, la política espacial tampoco ha sido objeto de estudio extenso, sin embargo, es importante resaltar que los artículos publicados coinciden en destacar los innumerables fracasos de Colombia por activar este sector exitosamente. En su artículo Colombia: Razones para crear una agencia espacial, Arenales-Vergara (2004), advierte de los beneficios que representaría para el país desarrollar el sector espacial, y propone para ello, la creación de una agencia espacial que lidere la formulación de una política pública, que dirija los beneficios del uso de esa tecnología hacia la solución de problemas sociales.

### **5.2.3 Trabajos de investigación en el contexto internacional**

El desarrollo espacial a nivel internacional ha sido ampliamente discutido, tanto para el caso de las potencias espaciales, como sus implicaciones para los países en desarrollo. Gibbs (2012), Marta (2013) y Adriaensen, Giannopapa, Sagath, & Papastefanou (2015) son solo algunos de los autores que han llevado a cabo estudios sobre las motivaciones políticas, económicas y hasta éticas, que han moldeado el desarrollo espacial de los Estados Unidos y la Unión Europea, así como su estrategia futura para mantener su liderazgo ante el surgimiento de nuevos actores. En el caso de los países en desarrollo, los países africanos han sido objeto de varios estudios. Wood (2008) realizó un extenso análisis de la forma en que los países africanos emplean la tecnología satelital para superar las brechas socioeconómicas, mientras que Aganaba-Jeanty (2013), analizó la posibilidad de crear una agencia espacial que integre los países africanos, llegando a la conclusión que pese a que esta ayudaría al desarrollo socioeconómico de los países del continente, la falta de interés en estos y las diferencias políticas y culturales entre los países del norte de África y el resto del continente, hacen de su creación un esfuerzo poco probable. Indudablemente en el continente africano, Sudáfrica se destaca por tener el mayor desarrollo espacial, y los trabajos de Martínez (2008), Gottschalk (2010) y Munsami (2011, 2014; 2017) profundizan en la estrategia y la hoja de ruta que se ha propuesto este país, que se ha apalancado en la infraestructura heredada de los ingleses. En el caso de los países

latinoamericanos, Delgado-López (2012) describió como inteligente la cooperación que países como Brasil, y Venezuela, han tenido con China para su desarrollo espacial, sin embargo, resaltó que esta situación puede no funcionar de la misma manera para todos los países de la región, y cada país debe evaluar sus intereses y restricciones a la hora de determinar con quien, o con quienes va a emprender su desarrollo espacial.

#### **5.2.4 Dinámica de sistemas**

La dinámica de sistemas es la herramienta utilizada en este trabajo para identificar el tipo de estructura organizacional, que se debe implementar teniendo en cuenta la labor que debe realizar una agencia espacial. La aplicabilidad de la metodología de la dinámica de sistemas para este tipo de problemas fue resaltada por Forrester, Mass & Ryan (1976), debido a que incorpora variables sociales y psicológicas, las cuales tienen una incidencia en la toma de decisiones, lo que a la postre deriva en el comportamiento del sistema. Esta simulación está construida sobre un “pequeño” modelo de dinámica de sistemas, para explicar el impacto que puede tener la implementación de una agencia espacial sobre el sector espacial de Colombia. La utilización del concepto de un modelo pequeño de dinámica de sistemas fue destacada por Forrester (2007), quien señalaba que dichos modelos pueden ser empleados para comunicar al público los razonamientos más cruciales de un esfuerzo de modelamiento. Ghaffarzadegan, Lyneis, & Richardson (2015) por su parte, revelan que los pequeños modelos de dinámica de sistemas son aplicables para transmitir a los hacedores de la política las relaciones de realimentación más importantes de sistema, a la vez que logran capturar razonamientos importantes y algunas veces ilógicos de este.

El desarrollo del modelo presenta el reto de utilizar variables no cuantificables, también denominadas soft para representar el comportamiento del sistema. Akkermans, Coyle, Hayward, Jeffs, Howells, Evans, McLucas, Sterman & Forrester (1995; 1999; 2014; 2003; 2002) han discutido ampliamente sobre esta problemática, y para ello han propuesto una metodología que permite su identificación, medición, construcción y posterior validación para obtener resultados coherentes, confiables y repetibles. El principal aporte de estos trabajos está en las técnicas necesarias para elaborar escalas de medición para la relación causal entre las variables no cuantificables. En particular, McLucas (2003) hace referencia a los métodos expuestos por Ford y Sterman (1997), entre los que se encuentra la realización de encuestas y el consenso entre los expertos en el sistema bajo estudio. El proceso de cuantificación para el modelo desarrollado se sustenta con base en lo expuesto por Akkermans (1995), quien expresa que modelos causales

con variables denominadas “blandas” pueden ser simulados aún ante la inexistencia de datos suficientes para la calibración del modelo. Su planteamiento de que los clientes, por lo general, no esperan modelos cuantificados a problemas denominados blandos, está también relacionado con lo que expone Sterman (2000) y que es señalado por Subroto (2012), en el sentido de que no se deben omitir variables importantes de modelo por la carencia de datos para sustentar su comportamiento, y que en su criterio, es más científico utilizar nuestro mejor juicio para estimar sus valores.

### **5.3 MARCO NORMATIVO**

El marco normativo en Colombia respecto a las actividades espaciales está supeditado a los tratados y resoluciones que se aprueban en los organismos multilaterales a los que pertenece el país, como la Comisión para el uso pacífico del espacio ultraterrestre y la Unión Internacional de Telecomunicaciones, los cuales fueron tratados en el estado del arte de este documento. No se ha generado normatividad propia con respecto al sector espacial.

## 6 METODOLOGÍA

Teniendo en cuenta los objetivos del trabajo de grado, la metodología empleada para su desarrollo, se puede resumir en la revisión de bibliográfica, las entrevistas a expertos del sector público y privado, el análisis de esta información por medio de diferentes herramientas según el caso, la propuesta de una hoja de ruta para el desarrollo del sector espacial en Colombia y finalmente, la construcción de un modelo que represente el sector espacial y la influencia de una entidad dentro del aparato estatal, que pueda conducir la ejecución de la política sectorial.

En lo que respecta a la revisión bibliográfica, esta ha consistido en libros, trabajos y artículos especializados, tanto en el empleo de la tecnología espacial, como en las estrategias que los países han adoptado durante los más de sesenta años de desarrollo espacial, según sus condiciones particulares. Los criterios de búsqueda empleados abarcan la política espacial, las aplicaciones de la tecnología espacial, la economía espacial y la relación de la dinámica de sistemas con la difusión de innovación y los tipos de estructura organizacional. En cuanto a las herramientas utilizadas, estas han sido determinadas por cada objetivo planteado en este trabajo. En el caso de los dos primeros objetivos, realizar un diagnóstico del sector espacial de Colombia y definir el marco y hoja de ruta de la política para el desarrollo espacial de Colombia, la gerencia estratégica es el campo que aporta las herramientas a utilizar, que inician con un análisis interno y externo del sector, para posteriormente desarrollar y planificar la estrategia requerida para potencializar la ventaja competitiva del país.

Finalmente, el modelado y análisis de la estructura organizacional ha sido realizado siguiendo la metodología de la dinámica de sistemas. Esta metodología fue seleccionada teniendo en cuenta la variabilidad de las fuerzas que intervienen en el sistema político, mediante el cual se da forma a las iniciativas de gobierno. Para el desarrollo de este objetivo, se empleó el software de simulación Vensim® de Ventana Systems Inc., con el cual se construyeron el modelo causal y el diagrama de Forrester que permitieron realizar los análisis de la situación actual y las diferentes opciones identificadas en este trabajo.

Objetivo específico	Etapa	Tarea	Actividades	Metodología
<b>Objetivo específico 1</b> Diagnosticar el sector espacial en Colombia	Análisis del contexto estratégico	Análisis Externo	Consulta de fuentes de información secundaria	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Búsqueda de información en bases de datos bibliográficas</li> <li>2. Entrevistas a expertos del sector público y privado.</li> <li>3. Método de análisis-síntesis.</li> <li>4. Análisis PEST.</li> <li>5. Análisis de las cinco fuerzas de Porter.</li> </ol>
		Análisis Interno	Consulta de fuentes de información secundaria	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Búsqueda de información en bases de datos bibliográficas</li> <li>2. Entrevistas a expertos del sector público y privado.</li> <li>3. Método de análisis-síntesis.</li> <li>4. Análisis de recursos y capacidades.</li> </ol>
		Análisis de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas	Evaluar los resultados del diagnóstico externo e interno para determinar la realidad del sector espacial colombiano	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Método de análisis-síntesis.</li> <li>2. Análisis FODA</li> </ol>
<b>Objetivo específico 2</b> Definir los cursos de acción que debe contener una estrategia estatal para el desarrollo espacial de Colombia	Hoja de ruta para el futuro del sector espacial	Visión para el sector espacial colombiano.	Proponer un derrotero de largo plazo para el programa espacial colombiano	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Análisis-Síntesis</li> </ol>
		Identificar los principios y objetivos de la política espacial.	Establecer lineamientos generales de política pública	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Análisis-Síntesis</li> <li>2. Árbol del problema</li> </ol>
		Formulación y selección de la estrategia	Identificación de factores claves para el sector espacial colombiano	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Análisis TOWS</li> <li>2. Análisis-Síntesis</li> </ol>
		Hoja de ruta propuesta	Evaluación de las actividades propuestas en las dimensiones de impacto estratégico, económico y complejidad	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Matriz de priorización</li> <li>2. Análisis-Síntesis</li> </ol>

Objetivo específico	Etapa	Tarea	Actividades	Metodología
	Marco de gobernanza del sector espacial	Determinar roles y responsabilidades para la ejecución de la política espacial	Identificar los actores más relevantes para el desarrollo de la política espacial. Definir el papel de cada actor estatal.	1. Benchmarking 2. Análisis de interesados 3. Análisis-síntesis
<b>Objetivo específico 3</b> Definir la estructura organizacional para conducir la política espacial de Colombia	Identificación del problema y análisis del comportamiento	Reseñar el funcionamiento del sistema que se pretende modelar	Captura de conocimiento experto División funcional del modelo Límites de modelo e identificación de variables claves	1. Búsqueda de información en bases de datos bibliográficas
	Representación del sistema	Modelo Causal	Entrevista con personal relacionado con el sector espacial Establecer relaciones de causalidad	1. Diagrama causal 2. Validación con expertos
		Modelo Forrester	Elaboración de un modelo matemático y de simulación Determinar parámetros y unidades de las variables	1. Vensim®
		Validación del sistema	Comprobar que el modelo propuesto, representa adecuadamente el comportamiento del sistema para un escenario base	1. Vensim® 2. Validación con expertos 3. Datos históricos
	Experimentación y resultados	Análisis de escenarios	Determinar escenarios y sus características. Realizar simulación Discusión de resultados	1. Análisis-Síntesis 2. Vensim®

## 7 DESARROLLO

### 7.1 DIAGNÓSTICO DEL SECTOR ESPACIAL EN COLOMBIA.

El presente capítulo presenta el análisis interno y externo del sector espacial con el fin de dar respuesta a la pregunta de investigación ¿Cuál es el estado actual del sector espacial en Colombia?

#### 7.1.1 Análisis del contexto estratégico del sector

Para realizar el análisis del contexto estratégico del sector se consideró necesario revisar el entorno externo (internacional) e interno (doméstico) con respecto a Colombia.

##### 7.1.1.1 *Análisis externo*

Hitt, Irland & Hoskisson (2008) manifiestan que comprender el entorno externo es fundamental para la supervivencia y éxito de las empresas; y que este se encuentra comprendido por el entorno general y el entorno de la industria. De acuerdo con estos autores el entorno general está dividido en seis segmentos: demográfico, económico, político/legal, sociocultural, tecnológico y global. La herramienta de análisis seleccionada para evaluar el entorno general es el PESTEL. El entorno de la industria es el que comprende los factores que directamente influyen a una empresa, sus acciones y respuestas competitivas. Estos factores son: la amenaza de nuevas empresas entrantes, el poder de los proveedores, el poder de los compradores, la amenaza de sustitutos del producto y la intensidad de la rivalidad de los competidores (Hitt et al., 2008). Esta descripción del entorno de la industria es la correspondiente al análisis de las cinco fuerzas de Porter, la cual será utilizada para tal fin.

#### **Análisis PEST**

##### **Aspectos Políticos/Legales**

El marco político-legal del sector espacial está forjado por las visiones internacionales y nacionales, mediante las cuales se determina el proceder de los actores del sector. El primero está constituido por los esfuerzos que realiza la comunidad internacional, representada por la Oficina para el uso pacífico espacio ultraterrestre (UNOOSA) y la Comisión del uso pacífico del espacio ultraterrestre (COPUOS), ambas pertenecientes a las Naciones Unidas, para promover la cooperación internacional, asegurar la seguridad y sostenibilidad de las actividades en el espacio. El segundo corresponde a las motivaciones que invoca un país para justificar sus actividades espaciales y que materializa por medio su propia política y de regulaciones internas.

Los intereses de las potencias espaciales han definido el marco legal que se encuentra en rigor a nivel internacional. Durante la guerra fría, la motivación principal de EE.UU. y la Unión Soviética era demostrar quien poseía el mayor poder militar. No obstante, el poder militar por sí solo no es suficiente, y requiere estar acompañado de acciones políticas que permitan su proyección más allá de las armas (Klein, 2006). Es por esto que el marco de lo que se conoce como el derecho espacial, fue desarrollado durante aquella época, abordando sus principales preocupaciones, tales como la no apropiación del espacio ultraterrestre, la luna y otros cuerpos celeste, el uso pacífico de las actividades espaciales, la cooperación internacional y el beneficio de toda la humanidad.

En 2015, la agenda de UNOOSA estuvo principalmente enfocada en asuntos como la gobernanza, el desarrollo de capacidades, la resiliencia, la interoperabilidad y el uso del espacio para un desarrollo sostenible. Como programa especial para celebrar los 50 años de creación de la comisión, esta se propuso desarrollar entre 2016 y 2018, foros para promover las actividades espaciales como motor del desarrollo socioeconómico, buscando con ello crear conciencia en la comunidad internacional, sobre los impactos multisectoriales que conlleva el desarrollo de este sector (*UNOOSA 2015 Annual Report*, 2016).

En los comités técnicos y de asuntos legales realizados anualmente en el marco de la COPUOS, siguen vigentes los aspectos no aclarados en los cinco tratados, y algunos de ellos han cobrado mayor relevancia debido al avance tecnológico, el cual hace que lo que antes parecía un sueño lejano, ahora deba ser discutido antes que la ausencia de consenso, conlleve a problemas entre las naciones. La delimitación del espacio ultra terrestre, el uso racional y equitativo de la órbita geoestacionaria, el turismo espacial y la explotación de recursos naturales en la Luna y otros cuerpos celestes, así como la reducción de desechos espaciales, son algunos de los temas que siguen sin resolver desde la promulgación de los tratados y que están incluidos en la agenda 2017 de la UNOOSA (Subcomisión de Asuntos Jurídicos, 2017). Akabi, El, Baranes, Hulsroj & Lahcen (2016) también hacen referencia a que estos aspectos, debido al avance tecnológico actual, deben ser abordados urgentemente por la comunidad internacional, pues en el caso de la explotación de recursos naturales, la privatización y comercialización del espacio ultraterrestre, los EE.UU. dieron el primer paso al expedir el Space Act (Rep. McCarthy, 2015), mediante el cual se autoriza a compañías privadas para realizar viajes interplanetarios, encontrar, adueñarse, explotar y comercializar recursos minerales de otros cuerpos celestes.

La universalidad de los tratados también es una cuestión de máxima importancia para la comunidad internacional. Al conmemorarse cincuenta años de la expedición del tratado de los principios del espacio, la UNOOSA está promoviendo actividades de sensibilización para que sus miembros acojan los cinco tratados existentes, pues muchos de ellos se encuentran sin ratificar dichos acuerdos. Esta situación pone en riesgo el desarrollo de las actividades espaciales en un entorno seguro, y la eficacia de la UNOOSA como la máxima entidad normativa internacional (Legal Subcommittee, 2017). La situación actual de los cinco tratados que componen el derecho espacial se puede apreciar en la Tabla 1.

**Tabla 1 Situación de los tratados internacionales del derecho espacial. (Elaboración propia, basado en COPUOS (Legal Subcommittee, 2017))**

Tratado	Número de Estados miembros	Número de Estados firmantes
Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre	105	25
Acuerdo sobre Salvamento	95	24
Convenio sobre la Responsabilidad	94	20
Convenio sobre el Registro	63	4
Acuerdo sobre la Luna	17	4

Fuente: Elaboración propia, basado en COPUOS (Legal Subcommittee, 2017)

La Tabla 2 muestra la situación actual de Colombia con respecto a los tratados que conforman el marco del derecho espacial:

**Tabla 2. Situación actual del derecho espacial internacional en Colombia. (Elaboración propia)**

Tratado	Estado
Tratado de los principios del espacio de 1967	No se encuentra actualmente en vigor para la República de Colombia
Acuerdo sobre salvamento y devolución de astronautas y restitución de objetos lanzados al espacio ultraterrestre. 1968	No se encuentra actualmente en vigor para la República de Colombia
Convenio sobre la responsabilidad internacional por daños causados por objetos espaciales. 1972.	Aprobado por el Congreso de la República mediante Ley 1591 del 20 de noviembre de 2012, declarado exequible por la Corte Constitucional mediante Sentencia C- 829 del 13 de noviembre de 2013, y vigente para la República de Colombia desde el 2 de julio de 2014.
Convenio sobre Registro de objetos lanzados al espacio ultraterrestre. 1976	Aprobado por el Congreso de la República mediante Ley 1569 del 2 de agosto de 2012, declarado exequible por la Corte Constitucional en Sentencia C-220 del 17 de abril de 2013, y vigente para la República de Colombia desde el 10 de enero de 2014.
Acuerdo que debe regir las actividades de los Estados en la Luna y otros cuerpos celestes.1979	No se encuentra actualmente en vigor para la República de Colombia

Fuente: Elaboración propia

Las políticas espaciales de las denominadas potencias, así como las de los países emergentes, comparten un razonamiento alineado con los preceptos del derecho espacial de las Naciones Unidas, fundamentado principalmente en la realización de actividades con fines

pacíficos, el beneficio para la humanidad y el desarrollo socioeconómico (Akabi, El et al., 2016). Sin embargo, países como EE.UU. y Japón, abiertamente consideran que las actividades con fines pacíficos incluyen tomar medidas necesarias para que sus activos espaciales sirvan a los fines de seguridad nacional (Anan, 2013; United States, 2010).

Dependiendo del nivel de avance tecnológico y económico, las políticas espaciales de los países pueden tener fines más ambiciosos. Por ejemplo, en las potencias espaciales como EE.UU., Rusia y la Unión Europea, la política espacial está muy enfocada en el desarrollo del sector económico privado, la exploración y explotación espacial. Por supuesto, estos países ya superaron un periodo en el que el estado era quien debía realizar la mayor cantidad de inversiones en I+D, y a su vez se constituía en el principal cliente; ahora, su industria se encuentra en un punto de madurez tal, que puede trasladar mayor responsabilidad al sector privado (Harrison, 2012; OECD, 2016; Paikowsky et al., 2016). Los países en desarrollo en cambio, buscan que el resultado de su actividad espacial contribuya al desarrollo económico, a la disminución de brechas sociales y una mejor prestación de servicios públicos (Harding, 2013; Munsami, 2014; Özalp, 2009).

Los países que cuentan con un algún nivel de desarrollo en el sector espacial, han perfeccionado normativas que permiten atraer la inversión extranjera, responder a necesidades de su industria local, y en general, establecer un marco de competitividad para todos los actores, incluyendo el mismo estado. Dempsey (2014) señala que al menos el 14% de los países miembros de las Naciones Unidas tienen algún mecanismo para regular sus actividades espaciales. La Tabla 3 muestra los diferentes marcos de gobernanza que los países adoptan según sus necesidades y nivel de desarrollo tecnológico.

**Tabla 3 Modelos de gobernanza del sector espacial. (Elaboración propia, basado en Grimard (2012))**

Modelos de Marco de Gobernanza	Ejemplos
<p>Institucional Clásico: Fuerte rol del gobierno, adelanta principalmente programas con fines no comerciales como la exploración humana y aplicaciones en Defensa</p>	<p>Agencia Espacial actúa como coordinador central de las actividades espaciales. Su rol pueden incluir la administración del programa espacial, la I+D, la regulación del sector.</p>
<p>Gobierno propietario y compañía operadora: Fuerte rol del gobierno, pero se contratan firmas privadas</p>	<p>El gobierno cede la operación de los activos satelitales que tiene posibilidad de explotación comercial a un privado. Francia: Operaciones de Arianespace para lanzamientos, y Spot Image para manejar imágenes.</p>
<p>Concesión: Utilización de Asociaciones Público-Privadas (APP) con Iniciativa de Financiación privada. El operador privado invierte para el desarrollo de la infraestructura y obtiene retorno de la inversión y beneficios a través de la venta de servicios al actor público</p>	<p>El Ministerio de Defensa del Reino Unido adquiere servicios de la empresa Paradigm Secure Communications, quien construyó mediante una APP los satélites del sistema Skynet 5.</p>

Co-propiedad: Modelo de APP con inversión conjunta del sector público y privado.	Este modelo es posible cuando los servicios de aplicación están dirigidos tanto al sector público como al comercial.
Modelo Maduro de Privados: La participación del gobierno es escasa porque se cuenta con un mercado muy desarrollado	Mercado de telecomunicaciones por satélite.
Modelo de servicios de valor agregado: Utilización de la información proveniente de satélites para generar nuevos servicios en tierra	El desarrollo de aplicaciones que emplean imágenes y posicionamiento satelital

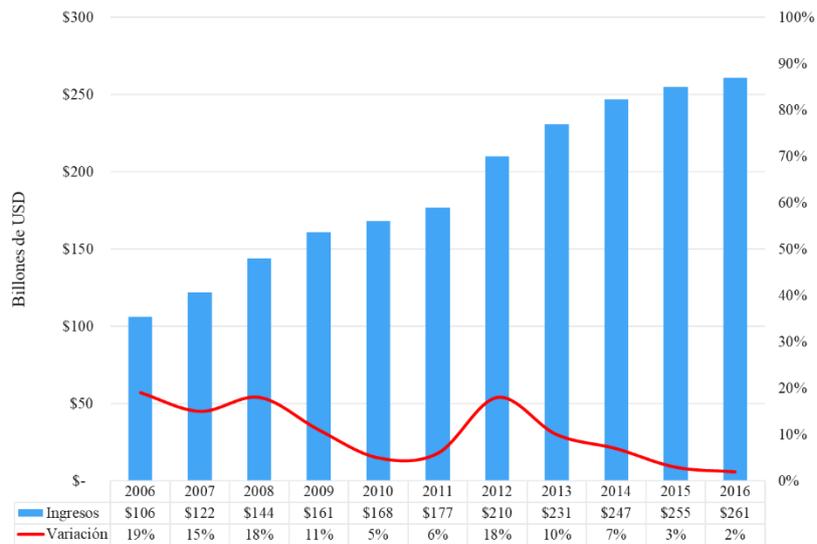
Fuente: Elaboración propia, basado en Grimard (2012)

Un denominador común en los marcos de gobernanza propuestos por Grimard (2012), es la existencia de una entidad encargada de regular el sector. Aunque no es una camisa de fuerza, la mayoría de países cuenta con una agencia espacial encargada de adelantar funciones de política pública sectorial, adelantar proyectos de investigación y desarrollo y promoción de la industria nacional (Balogh, 2009; Johnson, 2017; OECD, 2012). Adicionalmente, estos marcos de gobernanza también incluyen restricciones para la exportación de tecnología que puede tener un uso dual, es decir, civil y militar, y que un determinado país considera que puede afectar sus intereses nacionales, en caso de ser transferida a un país con una orientación política diferente (Johnson, 2017). El caso más relevante es el de EE.UU., que en 1998 reclasificó los satélites comerciales como armamento, y por tanto, quedaron sujetos a restricciones de exportación contenidas en ITAR (International Traffic in Arms Regulation). Esta medida fue controversial porque ocasionó una reducción de la participación de EE.UU. en el mercado de satélites, que en 1995 era del 75% y llegó a ser del 41% en 2005, y abrió la puerta para que fabricantes de Europa, y más recientemente de otros países, ofrecieran sus productos sin esta restricción, y por tanto han obtenido una ventaja competitiva (Harrison, 2012).

### **Aspectos Económicos**

La industria satelital ha presentado un crecimiento sostenido durante los últimos diez años (BRYCE Space and Technology, 2017). Como se observa en la Figura 7, los ingresos mundiales se han elevado aproximadamente un 200% en ese periodo y de acuerdo con la OECD (2014c), el sector espacial es el único que no se ha visto afectado por la crisis mundial que inició en 2007, presentando un crecimiento por encima del PIB mundial.

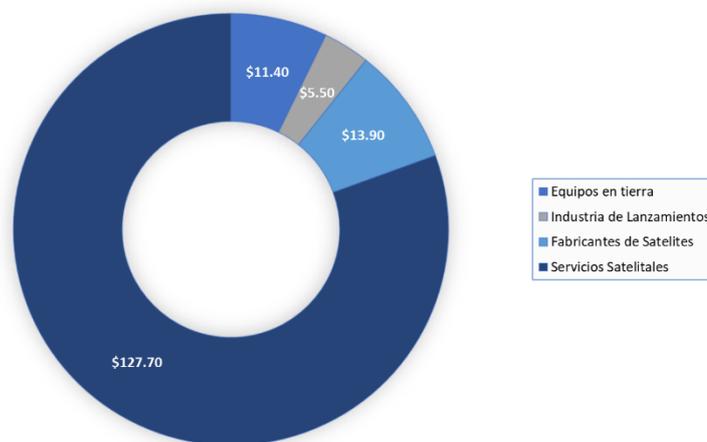
**Figura 7 Ingresos mundiales de la industria satelital. (SIA (2017))**



Fuente: SIA (2017)

La Satellite Industry Association (SIA), Euroconsult y la OECD (2017; 2016; 2014c), coinciden en que el segmento de la industria que más participación tiene es el de los servicios satelitales con el 49%, seguido por los equipos en tierra con un 44% (ver Figura 8). Tres de los cuatro segmentos presentaron crecimiento en el periodo 2015-2016. El segmento de equipos en tierra creció 7%, el segmento de lanzamiento creció un 2%, el segmento de servicios creció un 0.2%, mientras que el segmento de fabricación tuvo un descenso de 13%. Esto significa que los segmentos que tienen un contacto más directo con el usuario final son lo que obtienen los mayores ingresos, sin embargo, es necesario indicar que también son los segmentos de mayor competencia debido al gran número de empresas.

**Figura 8 Ingresos de la industria satelital según la cadena de valor. (SIA (2017))**



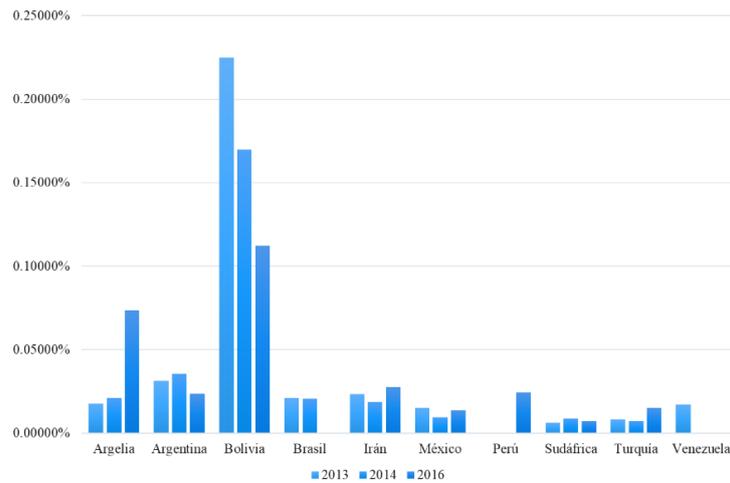
Fuente: SIA (2017)

Una mirada más profunda al segmento de servicios satelitales, muestra que los servicios de consumo obtienen el 82% de los ingresos, seguido por los servicios de comunicaciones fijos y móviles con 13.6% y 2.8% respectivamente. En último lugar se encuentran los servicios de observación de la tierra con el 1.6%. Estados Unidos es el líder mundial tanto en ingresos del sector, como en el presupuesto gubernamental destinado al programa espacial, seguido en su orden por China, Rusia y Japón (Akabi, El et al., 2016).

Por lo general, las actividades espaciales son financiadas en un alto porcentaje con recursos públicos, tanto para actores públicos como para privados (Johnson, 2017). Esto se debe a que la incertidumbre asociada con las altas inversiones y los largos tiempos de retorno, causan que exista un alto riesgo que solo puede ser mitigado con el apoyo estatal, por ejemplo, el Reino Unido estima que los retornos a la inversión de proyectos aeroespaciales se dan después de 12 años, por esta razón, el desarrollo del sector en este país se ha dado mediante una fuerte intervención estatal para incentivar la participación del sector privado (AGP, 2013; OECD, 2016). Los instrumentos de financiación empleados por los países de la OECD varían entre subsidios, préstamos, contratos y exenciones tributarias (OECD, 2016). Esta actitud se ve reflejada en que, durante la última década, el cliente principal del mercado sea el gobierno, tanto en aplicaciones civiles como militares (Euroconsult, 2016). Otro motivo más que justifica la inversión estatal en el sector, son las cifras de retorno que la OECD ha encontrado en sus países miembros. EE.UU. presenta el mayor retorno entre los miembros de la OECD, con 8 dólares por cada dólar invertido, la Unión Europea recibe 2 euros por cada euro invertido, mientras que el Reino Unido recibe 1.9 libras por cada libra invertida (OECD, 2014c).

El mismo informe de economía espacial de la OECD, presenta los datos de inversión gubernamental en los programas espaciales civiles como porcentaje del PIB, los cuales pueden dividirse en tres grupos. En primer lugar, están las potencias espaciales Rusia y EE.UU., con inversiones del 0.25% y el 0.24% respectivamente. Seguidamente se encuentra un grupo de países conformado por Francia, Japón, China e Italia, con inversiones que varían entre el 0.1% y el 0.05%. Por último, un grupo con la mayoría de países, cuyas inversiones están entre el 0.05% y 0.005%. La Figura 9 muestra una mirada más selectiva de la inversión de algunos países Latinoamericanos y de otros, cuyo PIB es similar al de Colombia. Los informes de Euroconsult (Bochinger, 2016; Euroconsult, 2015; Larrea, 2017) permiten analizar, que importancia dan estos países al sector espacial para los años 2013, 2014 y 2016.

**Figura 9 Presupuesto espacial como porcentaje del PIB para países seleccionados. Elaboración propia, basado en Euroconsult (Bochinger, 2016; Euroconsult, 2015; Larrea, 2017)**

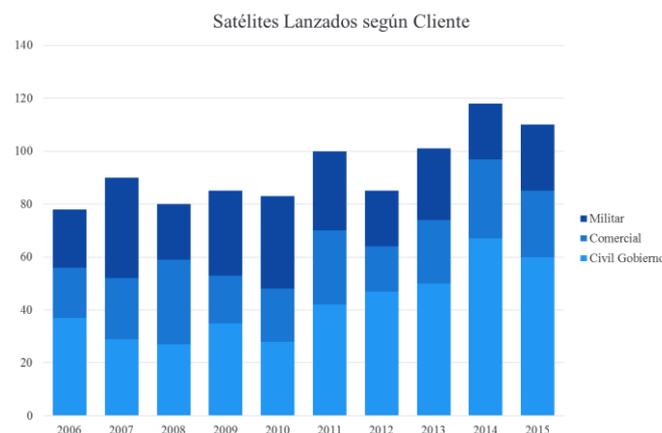


Fuente: Elaboración propia, basado en Euroconsult (Bochinger, 2016; Euroconsult, 2015; Larrea, 2017)

Estos países invirtieron en promedio, en 2016, el 0.034% de su PIB en el programa espacial civil. Sorprende la inversión de Bolivia, un país que en 2016 tuvo un PIB de 33.8 billones de dólares, pero con una convicción política de que la inversión en su programa espacial se traducirá en beneficios socioeconómicos para toda la sociedad (Zambrana, 2017). El país con el PIB más similar a Colombia es Sudáfrica, y sus inversiones ha promediado un 0.00742% de su producto interno bruto, lo que se traduce en aproximadamente 25 millones dólares anuales.

Finalmente, la tendencia en la industria ha sido la de una mayor participación del sector civil de gobierno y comercial en la adquisición de satélites como se observa en la Figura 10. A excepción de 2007, el número de lanzamientos de satélites militares ha permanecido prácticamente invariable en los últimos diez años, mientras que el lanzamiento de satélites de uso civil se incrementó su participación del 47% en 2006 al 54% en 2015.

**Figura 10 Satélites lanzados según cliente (Euroconsult (2016))**



Fuente: Euroconsult (2016)

## **Entorno Social**

Poco después de iniciada la carrera espacial entre los EE.UU. y la Unión Soviética, los países desarrollados lograron entender que la realización de actividades espaciales, además de ser una muestra del nivel de desarrollo tecnológico empleado con fines de seguridad, también podía ofrecer muchos beneficios sociales. Actualmente las capacidades espaciales proveen información vital para el medio ambiente, la salud pública, la educación, la defensa, la seguridad alimenticia, la atención de desastres, etc. (World Economic Forum, 2014).

Estos beneficios sociales pueden ser directos o indirectos. Se consideran directos cuando la tecnología es aplicada dentro de la misma cadena de valor del sector. Por ejemplo, los satélites de comunicaciones favorecen enormemente la reducción de la brecha digital en complemento de las redes terrestres. El acceso a la banda ancha es considerado fundamental para el crecimiento económico y la inclusión social, y este no es solo un problema de los países en desarrollo. Según la OECD (2014c), en EE.UU. el 39% de la población rural no tiene acceso a banda ancha, y por esta razón muchas compañías privadas se encuentran desarrollando soluciones para el servicio fijo y móvil por satélite. Por otro lado, los beneficios indirectos son los obtenidos por la aplicación de tecnología desarrollada dentro de las actividades espaciales en otros campos, tomando los nombres de transferencia tecnológica y *spin-off* comercial. La tecnología desarrollada con motivo de los programas espaciales ha trascendido el sector, encontrando aplicación en sectores como la medicina, energético, alimenticio, textil y agrícola (World Economic Forum, 2014).

## **Entorno Tecnológico**

Leloglu y Kocaoglan (2008) proponen la pirámide de desarrollo tecnológico (ver

Figura 11) para facilitar la comprensión de la evolución de los países en el dominio de la tecnología espacial. La pirámide en muchas maneras se aproxima a la cadena de valor presentada en la Figura 1, pero está organizada de una forma tal que muestra los niveles lógicos que regulan la evolución de la industria, esto quiere decir que, aunque tecnológicamente un escalón no sea condición necesaria para alcanzar el siguiente, en la práctica los países siguen este camino lógico debido a que provee mayores beneficios socioeconómicos.

**Figura 11 Pirámide del desarrollo tecnológico (Leloglu y Kocaoglan (2008))**



Fuente: Leloglu y Kocaoglan (2008)

En la base de la pirámide están los países usuarios. En esta categoría están la mayoría de países del mundo, pues de una u otra manera la tecnología espacial está inmersa en nuestras actividades diarias, como por ejemplo, el uso de aplicaciones de navegación para facilitar la conducción de vehículos en tierra, está soportada por una constelación de satélites en órbita baja que proveen ubicación precisa en tiempo real y su aprovechamiento no requiere poseer infraestructura espacial. Seguidamente encontramos los países operadores, conformado por todos aquellos que tienen al menos un satélite en órbita, sin importar si fue fabricado localmente o adquirido a un tercero, como por ejemplo en la región están Venezuela, Perú, Chile y Bolivia. Subiendo en la pirámide están los países que tienen la capacidad de fabricar satélites; en este nivel el número de países se reduce debido a la necesidad de contar con capacidades propias para la fabricación y/o ensamblaje e integración de los componentes necesarios. Tal es el caso de Argentina, Brasil, Corea del Sur, España, Alemania, Italia y otros. Un escalón más arriba se encuentran los países con capacidad de lanzamiento. Este grupo de países está limitado a EE.UU., Brasil, Francia, Unión Europea, India, Rusia, China y Japón. Cada uno de ellos ha desarrollado o impulsado el desarrollo de esta tecnología como una forma de proteger su acceso al espacio sin depender de un tercero. Finalmente están los países con capacidad de realizar misiones tripuladas. En las casi siete décadas de desarrollo espacial, solamente tres países han demostrado capacidad para realizar este tipo de misiones, ellos son EE.UU., Rusia y China. Es

claro que para alcanzar la cima de la pirámide, estos países han desarrollado tecnología en cada uno de los escalones inferiores y son las comúnmente se denominan potencias espaciales.

El sector espacial se encuentra experimentando una revolución que ha sido denominada la democratización del espacio. Esto significa que el espacio ya no es territorio exclusivo de las potencias económicas y/o tecnológicas, sino que cualquier estado o persona, puede beneficiarse de las actividades espaciales. Esta disrupción es palpable en dos aspectos de la industria; los procesos industriales y el desarrollo tecnológico.

Los fabricantes de satélites, vehículos espaciales y vehículos de lanzamiento están implementando procedimientos industriales de la industria automotriz y aeronáutica, en donde la producción en masa permite reducir los costos de producción (OECD, 2014c). Un procedimiento importante que está siendo objeto de evaluación es la cualificación de materiales y equipos, que en el modelo tradicional conlleva un tiempo prolongado de pruebas con altos costos para demostrar que estos están diseñados para cumplir con todos los requerimientos aplicables (Fortescue et al., 2011). En el segmento de lanzamientos, por ejemplo, estos avances están motivados principalmente por la actividad comercial, que busca desarrollar cohetes reutilizables de un menor costo (Harrison, 2012), y que 2015 tenía a Europa como líder con un 49% de participación, seguido por EE.UU. con 45%, Rusia y Japón con 3% según la SIA (2016).

En el caso de la innovación tecnológica hay varios aspectos que resaltar. En primer lugar está el desarrollo de sistemas de propulsión eléctrica para los satélites, lo cual permite una reducción en su peso, un incremento de la carga útil del mismo y por supuesto un menor costo de lanzamiento (Euroconsult, 2015). Los sistemas de propulsión son empleados para realizar la transferencia del satélite a su órbita final, y para posteriormente mantenerse en ella mediante correcciones de actitud. Aunque los sistemas de propulsión eléctrica han sido objeto de discusión durante treinta años, el avance tecnológico actual ha permitido alcanzar un nivel de madurez tecnológico suficiente para su utilización industrial. En segundo lugar se desataca el empleo de componentes comerciales y electrónica de consumo, en el desarrollo de satélites pequeños denominados microsátélites y nanosatélites. Estos satélites, que inicialmente fueron desarrollados para incentivar la investigación en las Universidades, representan más del 50% del total de satélites lanzados en 2015 (Satellite Industry Association, 2016), puesto que ofrecen costos muy bajos de construcción y ciclos de desarrollo más rápidos. Claramente existe un compromiso entre un tamaño reducido y la capacidad de los sensores abordo, así como en la vida útil del satélite debido a la limitación en combustible, pero los bajos costos son un factor

importante a considerar y muchos países que deciden incursionar en la compra de activos espaciales, lo hacen con este tipo de satélites (OECD, 2014c). Con una inversión considerablemente menor en comparación con los satélites tradicionales, esta tecnología ha permitido la aparición de nuevos fabricantes que no provienen de las potencias espaciales, en países como por ejemplo, Australia, España, Dinamarca, Hungría, Italia, Polonia, Suecia y Turquía, entre otros (Nanosatellite Database, 2017). Debido a que estos operan generalmente en órbita baja, los satélites pequeños son empleados en constelaciones, generando a su vez preocupación por la congestión de las órbitas, especialmente la heliosincrónica, y sobre la seguridad espacial, debido a un mayor número de basura espacial generada. Finalmente, con un incremento del 47% en el número de satélites en órbita durante los últimos cinco años (BRYCE Space and Technology, 2017), la información disponible para procesar en tierra, con aplicación en el quehacer diario de las personas, es infinitamente mayor. Las tecnologías de Big Data están transformando el escalón de los proveedores de servicios satelitales de los segmentos de observación de la tierra y la navegación y posicionamiento. El uso de herramientas como *machine learning*, para obtener información clave a partir de grandes cantidades de datos, ha encontrado su lugar con aplicaciones como: monitoreo de la biodiversidad, la lucha contra la deforestación, el monitoreo de océanos, la agricultura de precisión, el uso del suelo, el comportamiento del tráfico aéreo y marítimo, entre otros (Foust, 2016; Meyer, 2016; van Rijmenam, 2016) .

## **Análisis de las cinco fuerzas de Porter**

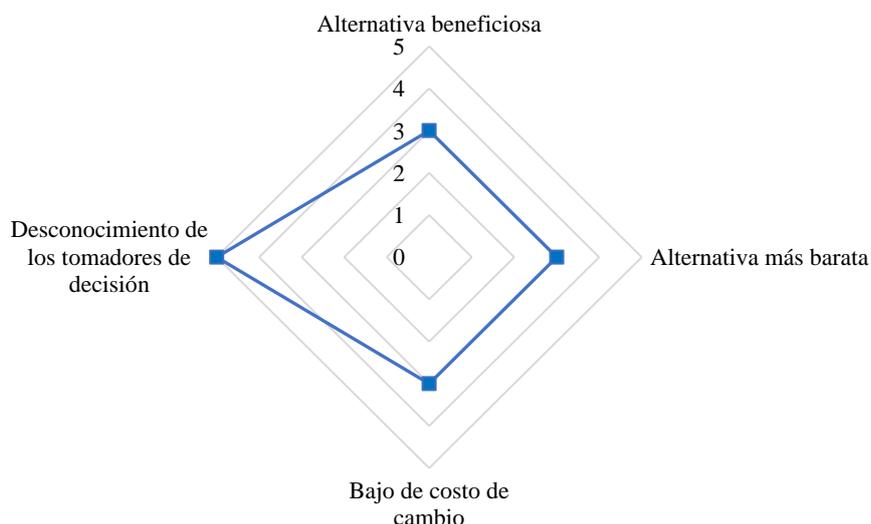
### **La amenaza de productos sustitutos**

En el campo de las comunicaciones las principales tecnologías utilizadas son la fibra óptica, las redes de radio terrestre y los sistemas satelitales. Wagner, Brazil, Antonio & Zaballos (2016) manifiestan que factores como la distancia y el tiempo requerido para iniciar la prestación del servicio, deben ser considerados a la hora de decidir entre las tecnologías terrestres y las satelitales, pues estos tienen una incidencia directa sobre los costos de implementación.

En general la amenaza de productos sustitutos se estima fuerte, no por el hecho en sí de la existencia de tecnologías sustitutas a la espacial, sino por el hecho que el desconocimiento de las mismas por parte de los tomadores de decisión, permite que se confundan con tecnologías complementarias (ver Figura 12). Este caso fue evidente cuando en 2011, el Ministerio de las TIC decidió finalizar el proyecto SATCOL para dar prioridad al proyecto nacional de fibra óptica que tenía como meta conectar el 96% del país. El 4% no cubierto por este proyecto, representa

el 62% del territorio nacional, que son las regiones de la Orinoquía, la Amazonía y el Pacífico, que de acuerdo con Ramírez y Aguas (2015) son las de menor competitividad en Colombia.

**Figura 12 Amenaza de productos sustitutos (Elaboración propia)**



Fuente: Elaboración propia

### El poder de los compradores

La

Tabla 4 muestra la relación entre el número de empresas del sector presentes en la cadena de valor y la cantidad de ingresos generada. Esta tabla fue creada combinando los datos presentados por los reportes de Euroconsult (2016) y de la Satellite Industry Association (2017).

**Tabla 4 Empresas e Ingresos según la cadena de valor (Elaboración propia, basado en Euroconsult (2016) y SIA (2017))**

Segmento	Número de empresas	Ingresos Globales (Billones de dólares)	Poder de los compradores
Fabricantes de satélites	~30	\$13.9	Moderado-Alto
Servicios de lanzamiento	~10	\$5.5	Moderado
Operadores y servicios en tierra	~5000	\$241.1	Moderado

Fuente: Elaboración propia, basado en Euroconsult (2016) y SIA (2017)

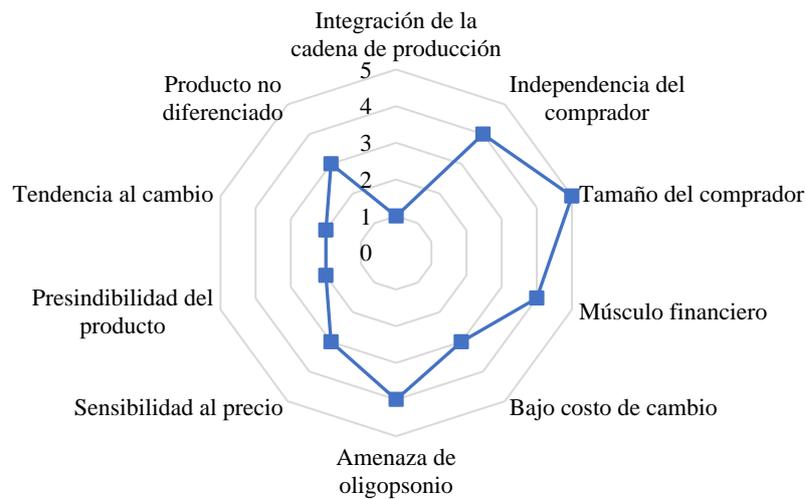
De acuerdo con los reportes de Euroconsult, para los años 2014 a 2016, el número de empresas participantes en cada segmento de la cadena de valor se ha mantenido estable, lo que indica que la variación en los ingresos puede reflejar no solo la mayor o menor demanda de

bienes y servicios, sino que también puede ser un indicador del poder de negociación de los compradores. Para comprender mejor esta situación, a continuación, se realiza un análisis de cada segmento con base en el reporte de la Satellite Industry Association (2016). En el caso de los fabricantes de satélites, los ingresos disminuyeron 13% entre 2015 y 2016, motivado según el reporte por retrasos en el lanzamiento de satélites pequeños, pero no por una menor demanda. Debido a que entre los años anteriores, el número de satélites lanzados se mantuvo estable, se puede decir que el poder de negociación de los compradores es moderado-alto, puesto que el ingreso de nuevos actores en el segmento de satélites pequeños ha permitido que los clientes tengan un mayor abanico de opciones. Como se explicó anteriormente, los servicios de lanzamiento tuvieron un aumento de 2% en los ingresos al comparar los datos de 2015 y 2016, sin embargo, entre los años 2014 y 2015 los ingresos habían disminuido 9%. Esta ligera recuperación en el segmento, está representada en un lanzamiento más efectuado en 2016 comparado con 2015. La participación de países como Rusia, China e India, con un menor precio por lanzamiento, ha contribuido a una reducción de los ingresos globales de la industria y por tanto ha concedido un mayor poder de negociación a los compradores. Finalmente, los operadores y servicios en tierra, constituyen el segmento con mayor participación de ingresos de toda la industria, presentado un incremento anual de sus ingresos del 7%. En general, el sector de *downstream* es el que genera los mayores ingresos y cuenta con un mayor número de proveedores, mientras que el de *upstream* está dominado por pocas compañías.

Los principales compradores del sector son entidades gubernamentales o compañías multinacionales, los cuales cuentan con un músculo financiero considerable (Grimard, 2012). Es quiere decir que los compradores son muy específicos, lo que hace que estos tengan cierto poder para regular el precio de los productos, pues las empresas deben ofertar a los mismos clientes en todo el mundo. La diferenciación de productos en la cadena de *downstream* es mayor que en el *upstream* (OECD, 2014c), lo cual es debido al gran número de competidores de la primera. El alto costo de los bienes en la cadena de *upstream* conlleva a que el cambio de los productos también tenga un alto costo, y que además, estos sean diseñados para tener una mayor vida útil, lo que repercute en la frecuencia en que los compradores realizan actualizaciones a la tecnología.

La Figura 13 muestra una valoración de cada factor considerado en el poder de los compradores en la industria. En general el poder de los compradores se considera moderado.

**Figura 13 Poder de los compradores (Elaboración propia)**

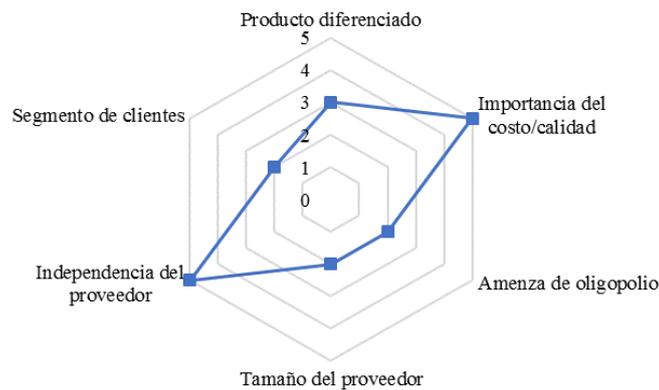


Fuente: Elaboración propia

### **Poder de negociación de los proveedores**

Como se explicó en el poder de negociación de los clientes, el segmento de clientes del sector espacial está conformado principalmente por clientes gubernamentales y grandes corporaciones en el *upstream*, mientras que en el *downstream*, los clientes incluyen el usuario final. Aunque en ambos segmentos el número de clientes es muy diferente, la relación entre el número de proveedores y los clientes mantiene un equilibrio de poder moderado. Esto explica porque más del 70% de las compañías del sector deben recurrir actividades de I+D (OECD, 2014c) con el fin de alcanzar una diferenciación de sus productos con el objetivo de capturar una mayor participación en el mercado y a su vez ofrecer una buena relación costo-calidad. Por otro lado, el pequeño número de proveedores en el segmento de *upstream* no representa una amenaza para el sector, pues muchas de las compañías cuentan con protección de sus gobiernos debido a la importancia estratégica que resulta tener una capacidad local para construir y lanzar vehículos al espacio. En general el poder de los proveedores es moderado, tal y como se muestra en la Figura 14.

**Figura 14 Poder de negociación de los proveedores (Elaboración propia)**



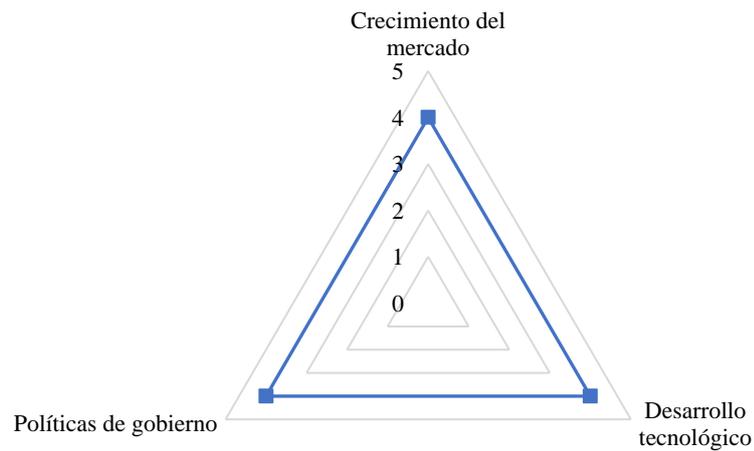
Fuente: Elaboración propia

### **La amenaza de nuevos competidores**

EE.UU. es el mayor mercado del sector espacial, tanto en *upstream* como en *downstream* (Euroconsult, 2016). Esto significa que los cambios en su política con respecto a la industria tienen una repercusión global. En la última década, EE.UU. ha promovido la participación de pequeñas compañías privadas en las actividades espaciales con el fin de motivar la innovación, la reducción de costos y promover la participación comercial en las actividades de construcción y de servicios (Harrison, 2012). Esto ha significado un cambio de paradigma en la industria, cuyo modelo de negocio estaba basado en desarrollos generalmente motivados en las necesidades del gobierno, a uno en el que las necesidades comerciales, demandan cambios a mayor velocidad y menores costos.

Estos cambios políticos ya han dado los primeros resultados. La aparición de SpaceX en el segmento de los lanzamientos (Grimard, 2012), ha significado la utilización de prácticas de producción existentes en la industria de vehículos y la aviación, con el fin de lograr la masificación en la construcción de vehículos lanzadores (OECD, 2014c) y de esta manera buscar la reducción de los costos asociados con los lanzamientos. Los nanosatélites son la segunda evidencia de la efectividad de los cambios en la política de EE.UU. El primero de este tipo de satélites fue lanzado en 2002, y en 2014 el número de lanzamientos estaba alrededor de 200 (OECD, 2014c). Toda la evidencia analizada permite estimar que la amenaza de nuevos competidores sea alta (ver Figura 15).

**Figura 15 Amenaza de nuevos competidores (Elaboración propia)**

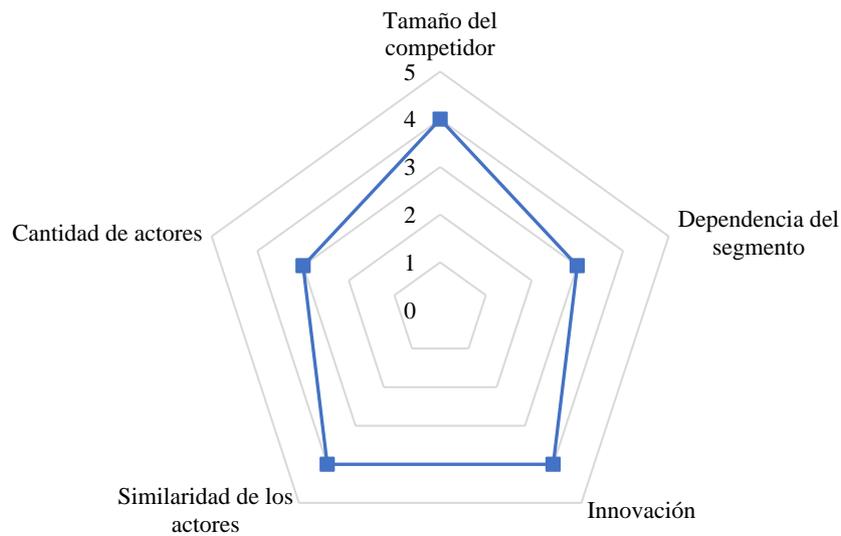


Fuente: Elaboración propia

### **La rivalidad ente los competidores**

La rivalidad entre los competidores del sector espacial está motivada por varios factores (ver Figura 16). El primero de ellos es la innovación. Como se explicó anteriormente, la poca diferenciación en algunos productos y servicios da como resultado que las compañías recurran la innovación para competir con sus rivales. Además, las políticas del mayor mercado de la economía espacial están fomentando la innovación para conseguir menores costos. El segundo factor es el tamaño de los competidores. Entre mayor sea el músculo financiero de los actores en competencia mayores recursos podrán destinar para la investigación y desarrollo. El tercer factor es la dependencia del segmento que tiene cada actor. Será más difícil para una compañía, afrontar la competencia cuando depende fuertemente de un solo segmento de la cadena de valor. La mayoría de las grandes compañías del segmento de fabricación comercial, también compiten en otros sectores (Harrison, 2012). En general la rivalidad entre competidores se considera fuerte.

**Figura 16 Rivalidad de los competidores (Elaboración propia)**



Fuente: Elaboración propia

### **7.1.1.2 Análisis interno**

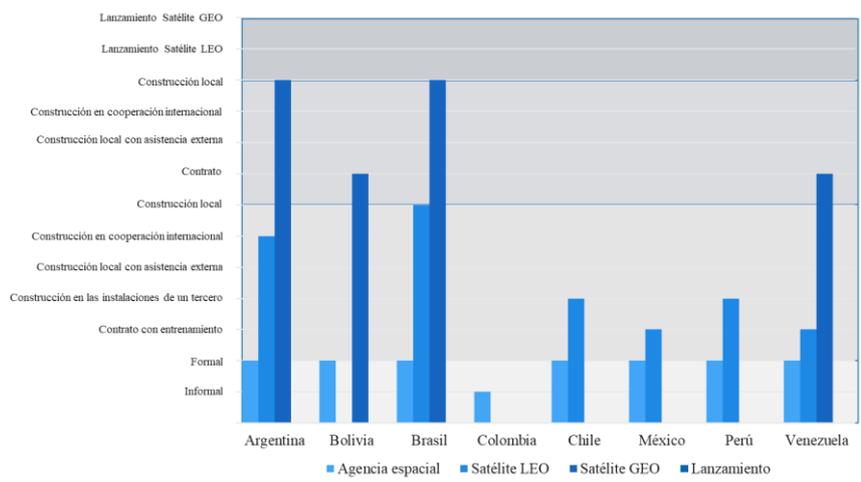
Con el fin de desarrollar una estrategia, es necesario identificar cual es la ventaja competitiva de Colombia en el sector espacial. La ventaja competitiva está basada en los recursos y las capacidades, las cuales a su vez crean las competencias centrales o distintivas (Hill & Jones, 2009; Hitt et al., 2008). Para desarrollar esta sección, además de la consulta bibliográfica, se realizaron entrevistas a representantes de los sectores académicos, gobierno y la industria con el fin de explorar los puntos de vista de cada uno de ellos. En el caso de los representantes del gobierno, se tuvo en cuenta la visión civil y militar del sector. Las preguntas de la entrevista están enfocadas en conocer las razones por las que el sector espacial en Colombia no ha sido prioridad para los gobiernos, cuál sería la estructura de gobierno adecuada desarrollar el sector, y cómo afrontar un escenario en el que la adquisición de un satélite no es la base para explotar las tecnologías espaciales.

### **Recursos**

Los recursos son los activos de la empresa y pueden ser tangibles e intangibles (Hill & Jones, 2009). Los tangibles son los que se pueden ver y cuantificar, mientras que los intangibles son bienes no físicos, como el conocimiento, las capacidades científicas, las capacidad para la innovación (Hitt et al., 2008). En el caso de los recursos tangibles del sector espacial, la escalera del desarrollo espacial propuesta por Wood & Weigel (2012b) permite identificar y comparar en qué punto se encuentra un país con respecto a las prácticas internacionales. Wood & Weigel

proponen cuatro grandes escalones o categorías que definen los logros tecnológicos. El primero es el establecimiento de una agencia espacial o de una oficina encargada de las actividades espaciales; Colombia cuenta desde el año 2006 con la Comisión Colombiana del Espacio que puede considerarse en la categoría de agencia espacial no formal. La segunda categoría corresponde a la tenencia y operación de un satélite en órbita baja. La actividad del país en esta categoría solo tiene un caso de éxito hasta el momento. El cubesat con fines académicos llamado Libertad-1, fue construido por la universidad Sergio Arboleda y puesto en órbita en 2007, una misión que tuvo una duración de 34 días (Harding, 2013). Debido a corta vida, y a que este proyecto no tuvo aplicabilidad práctica, no se considera como aporte en la escalera del desarrollo espacial. En la actualidad, se resalta el esfuerzo que está realizando la Fuerza Aérea Colombiana, quien desde 2011 viene apropiando parte de su presupuesto para lograr la puesta en órbita de un nanosatélite de observación de la tierra al que se ha designado como FACSAT-1 y cuyo lanzamiento está previsto para el año 2018. En las categorías subsecuentes, se puede afirmar que Colombia no tiene ningún desarrollo. La tercera categoría es la tenencia y operación de un satélite en la órbita geostacionaria, y la cuarta categoría, corresponde a la capacidad independiente para realizar lanzamientos de satélite. La Figura 17 muestra la comparación de Colombia con el resto de países de la región en cuanto a desarrollo espacial.

**Figura 17 Escalera de desarrollo espacial en Latinoamérica (Elaboración propia)**



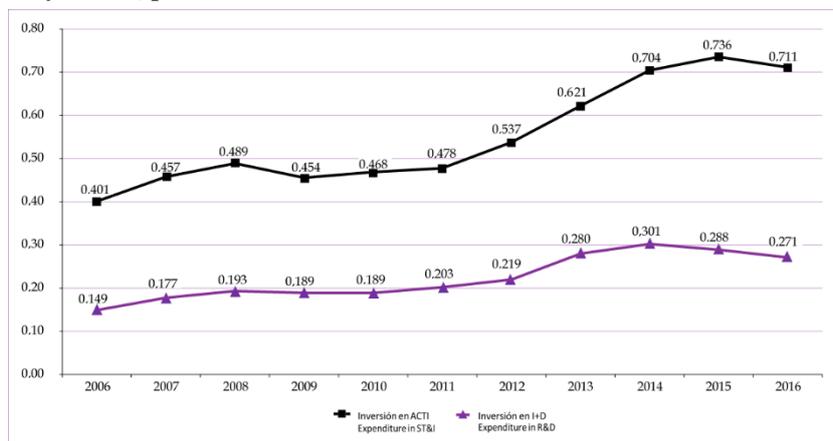
Fuente: Elaboración propia

Con respecto a la existencia de una agencia espacial no formal, esta enfrenta serios problemas para desarrollar los objetivos para los cuales fue creada en 2006 (Comisión Colombiana del Espacio, 2011). A pesar de los esfuerzos que la CCE ha realizado desde su creación, existe una debilidad de esta como recurso organizacional, tanto por su estructura misma, como por el interés mismo del tema en el país. En primer lugar, como lo manifiesta el

Teniente Coronel Quiroga, debido a su carácter de comisión intersectorial, su trabajo se ha desarrollado con la dedicación parcial de las instituciones que la conforman, pues salvo la Fuerza Aérea Colombiana, éstas no cuentan con personas dedicadas completamente a las labores de la Comisión, y a esto se suma el hecho que para desarrollar cualquier iniciativa, cada entidad, además de disponer del capital humano, debe asignar dentro de su presupuesto los recursos económicos para su desarrollo (R. Quiroga, comunicación personal, 20 de marzo de 2017). En segundo lugar, la Secretaría Ejecutiva de la Comisión tiene un periodo de renovación cada dos años, lo cual dificulta la continuidad de los proyectos, y que estos tiendan a satisfacer las necesidades o intereses de quien se encuentra temporalmente liderando esta labor. Tercero, la organización interna de la CCE en siete grupos (Comisión Colombiana del Espacio, 2006), no facilita el desarrollo de objetivos estructurales puesto que cada uno está enfocado en un área específica de la actividad espacial. Y cuarto, derivado de la organización, no existen metas definidas y, por consiguiente, tampoco un esquema de seguimiento y evaluación de los proyectos planteados por la Comisión. De esta forma, la falta de institucionalidad no sólo afecta el desarrollo del tema espacial en el país, sino que pone en riesgo el desempeño de las actividades desarrolladas por la Comisión y atrasa el desarrollo tecnológico y la formación de capital humano. El gobierno ha mostrado intención de crear una agencia espacial, incluyéndola en el Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 (Ley 1753, 2015), sin embargo, esta iniciativa no ha estado cerca de materializarse por falta de apoyo político.

En cuanto a recursos financieros, el sector ha visto como estos han sido dependientes del interés político del momento. Como se mencionó anteriormente, en al menos dos oportunidades existió la voluntad política y se asignaron los recursos para financiar proyectos de adquisición de un satélite de comunicaciones y otro de observación de la tierra, pero estos nunca se materializaron. Aunque la inversión en actividades de ciencia, tecnología e innovación (ACTI) se ha incrementado en los últimos diez años (ver Figura 18), como lo muestran los datos del Observatorio de ciencia y tecnología (2016), el panorama no es alentador cuando se comparan las inversiones en I+D por cada objetivo socioeconómico.

**Figura 18 Evolución de la inversión en actividades de ciencia, tecnología e innovación –ACTI como porcentaje del PIB, 2006 – 2016. (OCyT (2016, p. 20))**



Fuente: OCyT (2016, p. 20)

Las estadísticas de la financiación gubernamental para investigación y desarrollo por objetivos socioeconómicos, muestran que durante el periodo 2011-2016, la inversión para la exploración y explotación del espacio fue en promedio 0.32%, es decir USD \$1.410.769,51. Si a estos datos le incluimos las inversiones realizadas por la Fuerza Aérea Colombiana para su proyecto de nanosatélite FACSAT-1, el promedio de inversión del periodo queda en USD \$1.752.183,84 (ver Tabla 5).

**Tabla 5 Inversión en I+D para el periodo 2011-2016. (Elaboración propia, basado en OCyT (2016) y FAC (2017))**

	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Total USD</b>	\$1,458,095.12	\$5,596,343.35	\$107,761.90	\$1,338,624.73	\$816,278.54	\$1,195,999.39

Fuente: Elaboración propia, basado en OCyT (2016) y FAC (2017)

Para entender mejor la situación de Colombia vale la pena comparar cómo se encuentra su inversión en ACTI con relación a otros países de la región. La

Tabla 6 muestra que Colombia ha ido incrementando recientemente el presupuesto de ACTI con relación a su PIB, sin embargo, si se tiene en cuenta que países como Brasil, México y Argentina tienen mayor PIB que Colombia (Central Intelligence Agency, 2016), y que estos a su vez cuentan con un mayor nivel de desarrollo tecnológico en el sector espacial, es evidente que Colombia está dando pasos en la dirección correcta hacia la construcción de una economía basada en conocimientos.

**Tabla 6 Inversión en ACTI como porcentaje del PIB según países seleccionados 2010-2014. (OCyT (2016))**

País	Año				
	2010	2011	2012	2013	2014
Argentina	0,61	0,61	0,68	0,66	0,64
Brasil	1,60	1,56	1,62	1,61	n.d.
Canadá	1,84	1,80	1,79	1,68	1,60
Chile	0,33	0,35	0,36	0,39	0,38
Colombia	0,47	0,48	0,54	0,62	0,70
Costa Rica	1,86	1,77	1,98	2,01	n.d.
Cuba	1,01	0,45	0,59	0,79	0,71
Ecuador	0,47	0,40	n.d.	n.d.	n.d.
España	1,35	1,33	1,29	1,27	1,24
Estados Unidos	2,74	2,77	2,71	2,74	2,76
México	0,75	0,74	0,73	0,75	0,87
Panamá	0,41	0,51	0,31	0,35	n.d.
Portugal	1,53	1,46	1,38	1,33	1,29
Trinidad y Tobago	0,12	0,11	0,12	0,13	0,20
Uruguay	0,69	0,60	0,55	0,51	0,54
Venezuela	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

Fuente: OCyT (2016)

Aunque Colombia aún se encuentra por debajo de los niveles de los países de la región que presentan mayor desarrollo espacial, la inversión en innovación ha aumentado, lo cual es producto de una iniciativa de gobierno incluida en el PND 2014-2018, que busca promover la diversificación del aparato productivo hacia bienes y servicios más sofisticados. Es por esto que en 2016, el Gobierno emitió la Política de Desarrollo Productivo, a través de la cual se busca generar crecimiento económico de largo plazo, mediante la implementación de un conjunto de instrumentos sectoriales y transversales, que buscan para resolver las tres causas del bajo crecimiento de la productividad del país (fallas de mercado, de gobierno y de articulación) (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2016a). Esta política, que está basada en las recomendaciones del Consejo Privado de Competitividad, reconoce que es necesario realizar revisión del Sistema Nacional de Competitividad e Innovación, y señala seis estrategias para llevarlo adelante, con un enfoque regional: Ciencia, Tecnología e Innovación (CTeI), capital humano, adopción de buenas prácticas y tecnología, emprendimiento, promoción de exportaciones e inversión extranjera directa y financiamiento (Redacción Portafolio, 2014).

Otro recurso importante para las actividades espaciales con el que cuenta Colombia, es su posición geográfica. La cercanía al Ecuador permite que Colombia tenga un potencial enorme

para la instalación de un puerto espacial. Tal y como la base de lanzamiento de Alcântara en Brasil, una instalación de este tipo en Colombia tendría muchos beneficios en términos de eficiencia de combustible y capacidad de carga, alcanzando aproximadamente 25% más energía en el lanzamiento que los demás sitios ubicados en otras latitudes del mundo (Harding, 2013). Arévalo-Yepes (C, Arévalo-Yepes, comunicación personal, 17 de febrero de 2017), considera que esta ventaja, al ser exclusiva de los países cercanos al Ecuador, debería ser prioridad del gobierno para su explotación.

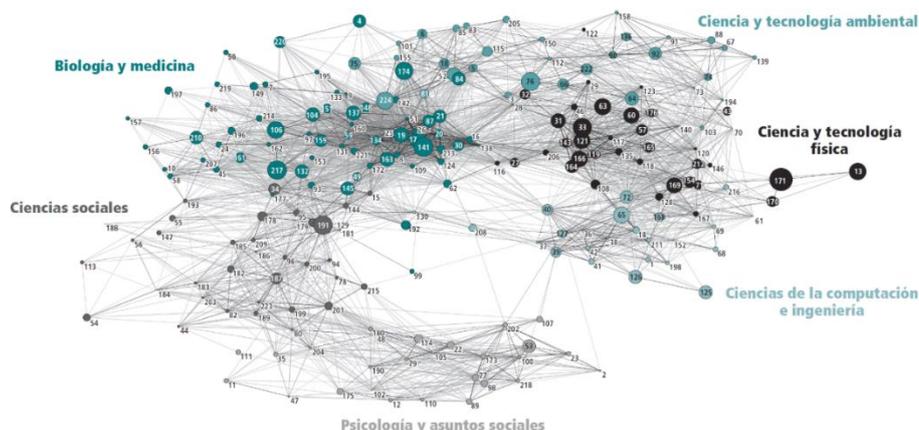
En cuanto a los recursos intangibles, Hitt, Ireland y Hoskisson (2008) señalan que estos pueden ser los recursos humanos, los recursos de innovación y los recursos de reputación. Colombia presenta un déficit en el capital humano evidenciado en la cantidad de programas de pregrado y posgrado existentes con enfoque aeronáutico o aeroespacial, tal y como se muestra en la Tabla 7. En consecuencia, la cantidad de artículos publicados en revistas indexadas en la disciplina de la ingeniería aeroespacial es muy pequeño en comparación con otras disciplinas, y esto en últimas es una muestra de la capacidad científica del país y su capacidad para innovar. La Figura 19 contiene el mapa de la producción disciplinaria según el OCyT (2015), en el que el número 61 representa la ingeniería aeroespacial dentro de la disciplina de ciencias de la computación e ingeniería. Cada nodo es una disciplina y su tamaño depende de la cantidad de documentos de autores afiliados a instituciones colombianas en esa categoría, su color y posición depende de las similitudes entre las citas de las categorías. En este caso se usa una agrupación disciplinar en 6 factores.

**Tabla 7 Cantidad de programas profesionales del sector aeronáutico y aeroespacial. (Elaboración propia)**

<b>Programa</b>	<b>Número de instituciones</b>
Especialidad en medicina aeroespacial	1
Ingeniería aeroespacial	1
Ingeniería aeronáutica	5

Fuente: Elaboración propia

**Figura 19 Mapa disciplinario de la producción bibliográfica de autores vinculados con instituciones colombianas en revistas indexadas en el core collection de Web of Science, 2014**



Fuente: Web of Science core collection (SCI Expanded, SSCI, A&H CI)  
Cálculos: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología

Otro aspecto en el que se puede apreciar los pocos recursos intangibles de Colombia es el del número de patentes otorgadas en el país. El OCyT (2016) demuestra en su más reciente informe, que Colombia en comparación de los otros países de la región se encuentra muy por debajo, especialmente de los líderes México y Brasil, los cuales, como se demostró anteriormente cuentan con un mayor nivel de desarrollo en el sector (ver Tabla 8).

**Tabla 8 Patentes concedidas en oficinas nacionales de patentes, según países seleccionados, 2006–2014 (Adaptada del OCyT (2016))**

País	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Argentina	2,922.00	2,769.00	1,214.00	1,354.00	1,366.00	1,291.00	932.00	1,297.00	136.00
Brasil	2,748.00	1,838.00	2,778.00	3,138.00	3,617.00	3,251.00	2,830.00	3,321.00	2,749.00
Chile	736.00	583.00	1,398.00	n.d.	1,020.00	1,013.00	770.00	898.00	1,168.00
Colombia	236.00	226.00	415.00	482.00	640.00	652.00	1,692.00	2,175.00	1,383.00
Costa Rica	4.00	13.00	49.00	32.00	45.00	38.00	65.00	204.00	114.00
Cuba	119.00	81.00	59.00	140.00	139.00	154.00	84.00	114.00	94.00
Ecuador	40.00	37.00	65.00	64.00	28.00	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.
Guatemala	125.00	108.00	96.00	168.00	168.00	39.00	86.00	65.00	105.00
México	9,632.00	9,957.00	1,044.00	9,629.00	9,399.00	11,485.00	12,358.00	10,343.00	9,819.00
Panamá	311.00	258.00	310.00	392.00	378.00	321.00	325.00	266.00	166.00
Perú	309.00	327.00	358.00	384.00	365.00	385.00	431.00	287.00	332.00
El Salvador	121.00	45.00	60.00	47.00	64.00	87.00	nd	72.00	122.00
Uruguay	23.00	64.00	72.00	17.00	29.00	13.00	22.00	19.00	31.00
Venezuela	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	nd	n.d.	n.d.	n.d.
<b>Total</b>	<b>17,326.00</b>	<b>16,306.00</b>	<b>17,314.00</b>	<b>15,847.00</b>	<b>17,258.00</b>	<b>18,729.00</b>	<b>19,595.00</b>	<b>19,061.00</b>	<b>17,443.00</b>

Fuente: Adaptada del OCyT (2016)

La cooperación internacional ha sido uno de los pilares del desarrollo espacial en todo el mundo. Sin importar el nivel económico de un país, estos pueden aprovecharse de los adelantos de otros para reducir las curvas de aprendizaje y ser más eficientes. En este sentido, los acuerdos de cooperación internacional en el sector espacial se consideran recursos intangibles que podrían

proporcionar a Colombia acceso rápido a la tecnología. Todos los entrevistados en desarrollo de este trabajo consideran que este aspecto es prioritario para el país, sin embargo, hasta el momento, el único acuerdo existente está relacionado con el programa de las Naciones Unidas UN-SPIDER, firmado en 2011, y cuyo objeto es el de proveer información espacial para la gestión de desastres (UNOOSA, n.d.). Colombia no tiene acuerdos de cooperación firmados con otras agencias espaciales.

## **Capacidades**

En cuanto a las capacidades, Hill & Jones (2009), así como Hitt, Ireland & Hoskisson (2008), coinciden en que estas existen cuando los recursos son utilizados con fines productivos y señalan además, que su utilización también depende de la habilidad propia de la empresa. Es decir, la generación de retornos económicos a partir de la utilización de los recursos. Stekler (1965) define el término industria aeroespacial como aquella que “desarrolla y fabrica vehículos, subsistemas y partes esenciales tanto para vuelos atmosféricos como espaciales, tripulados o no tripulados, o aquellas necesarias para la operación en vuelo y en el espacio”. Por esta razón, de manera resumida se realizará un análisis de las capacidades de Colombia en la industria aeroespacial.

En el sector privado, la única empresa del país dedicada a la producción de bienes para el sector espacial es Sequoia Space. Esta empresa fue creada en 2008 como un spin-off del proyecto Libertad-1 de la universidad Sergio Arboleda, y es considerada la única en Latinoamérica en ofrecer misiones espaciales completas, es decir, desde el diseño del satélite mismo, hasta su lanzamiento y puesta en operación (iNNpulsa Colombia, 2017). Según Iván Luna<sup>2</sup>, su portafolio y modelo de negocio se ha ampliado para incluir la adquisición y procesamiento de imágenes por medio de aeronaves y drones, debido a que, aunque el mercado potencial para los satélites pequeños en Latinoamérica es muy grande, los incentivos del gobierno para este tipo de empresas son limitados o nulos (I, Luna, comunicación personal, 3 de marzo de 2017). El Teniente Iván Calixto, quien se desempeña como Jefe de Imágenes de la Subdirección de Operaciones de Inteligencia de la Fuerza Aérea Colombiana, reconoce la existencia de al menos veinte empresas en el sector privado dedicadas al procesamiento de imágenes, quienes adquieren las imágenes de alta y media resolución de operadores satelitales, o las obtienen a partir de sensores instalados en aeronaves y drones, les realizan un tratamiento

---

<sup>2</sup> Cofundador de Sequoia Space, Ingeniero eléctrico especializado en sistemas dinámicos. Experto en la planificación y la implementación de proyectos aeroespaciales y el desarrollo de sistemas embebidos.

según las necesidades del cliente, para luego ser entregadas para el uso de este último. Es importante aclarar, que debido a las condiciones climáticas predominantes en Colombia, las imágenes satelitales no siempre son la mejor opción, especialmente las obtenidas con sensores ópticos. La nubosidad cubre gran parte de territorio colombiano, impide obtener imágenes satelitales con una mayor frecuencia o con las mismas condiciones de luminosidad que requieren aplicaciones como la cartografía (I, Calixto, comunicación personal, 13 de octubre de 2017)

Colombia viene desarrollando en las últimas dos décadas capacidades enfocadas al sector aeronáutico. El sector defensa y seguridad ha sido el mayor impulsor de estos desarrollos, los cuales han sido obtenidos mediante la explotación de los convenios de cooperación social e industrial (Offset) provenientes de las compras del sector. Entre estos convenios, se pueden resaltar la creación de un centro para la certificación de piezas, partes y componentes, que ha permitido que empresas como la estatal, Corporación para la Industria Aeronáutica Colombiana (CIAC), y otras empresas privadas, produzcan estos elementos principalmente para consumo interno, reduciendo la dependencia extranjera y reduciendo costos (Gaviria, 2017). También mediante estos convenios, la CIAC, recibió la transferencia de tecnología para llevar a cabo la fabricación de los nuevos aviones de entrenamiento de la FAC, denominados T-90 Calima (CIAC, n.d.). Finalmente, se destaca mediante este mecanismo, la fabricación del primer radar táctico colombiano (TADER) por parte de la Corporación de Alta Tecnología para la Defensa (CODALTEC, 2017).

Las empresas privadas han creado agremiaciones en busca de promover su desarrollo. El Clúster Aeroespacial Colombiano (CAESCOL) con 16 empresas asociadas, Centro de Desarrollo Tecnológico para la Cadena Metalmeccánica Colombiana (CRTM Pacífico) en donde se encuentran aliadas 13 empresas, la Asociación Colombiana de Productores Aeroespaciales (ACOPAER) que cuenta con 21 empresas y la Cámara de Comercio de Dos Quebradas, que tiene alianza con 11 empresas. El común denominador de las empresas agremiadas, es que sus capacidades están enfocadas en el mantenimiento, reparación y la fabricación de piezas metalmeccánicas del sector aeronáutico, esta última actividad es la de menor grado de sofisticación tecnológica.

Colombia también cuenta con la capacidad para realizar de descargar imágenes satelitales directamente de un satélite. En 2007, la Fuerza Aérea Colombiana adquirió una estación de recepción directa del satélite Radarsat-2, lo que le permite programar directamente el satélite de acuerdo con sus necesidades, y posteriormente realizar su procesamiento en tierra para entregar

productos que requieran las diferentes entidades estatales (Consejo Nacional de Política Económica y Social, 2010).

Otras capacidades podrían estar representadas en el marco normativo que permita el desarrollo y aplicación coordinada de los recursos. Debido a la debilidad del marco de gobernanza existente, son muy pocos los logros que se pueden resaltar en el desarrollo espacial de Colombia. Como menciona Becerra (2014), alrededor del 50% de las instituciones que forman parte de la CCE, tienen programas estructurados, y la mayoría de estos no involucra la coordinación interinstitucional. Sin embargo, es importante destacar la existencia de un marco para la realización de convenios de cooperación social e industrial, que como se mencionó anteriormente, han sido de gran importancia para el Ministerio de Defensa Nacional como mecanismo de transferencia de tecnología. Otro instrumento con gran potencial de aplicación en el sector espacial, es el de las Asociaciones Público-Privadas. Este instrumento, que permite la vinculación de capital privado, para la provisión de bienes públicos y de sus servicios relacionados (Congreso de Colombia, 2012), ha sido utilizado ampliamente en el sector de la infraestructura terrestre y fluvial en los últimos periodos de gobierno, pero aún no se ha explorado su aplicabilidad para el desarrollo de infraestructura espacial.

Arévalo-Yepes<sup>3</sup> afirma que la falta de capacidad propia en muchos sectores productivos de Colombia, se debe a la facilidad, en términos económicos, de adquirir tecnología desarrollada por otros, en lugar de asumir los riesgos que conlleva invertir en desarrollar capacidades locales, como suele ser el caso de los países asiáticos, quienes en las últimas tres décadas asumieron políticas de gobiernos que nos han llevado a ser líderes tecnológicos especialmente en los que se refiere a las TIC (C, Arévalo-Yepes, comunicación personal, 17 de febrero de 2017).

#### **7.1.1.3 Identificación de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas**

De acuerdo con Kaplan y Norton (2008), una vez se desarrollan los análisis interno y externo, se debe llevar a cabo una análisis FODA, en el cual se resumen los aspectos más relevantes que se deben considerar a la hora de formular la estrategia. El análisis FODA presentado en la Tabla 9 se realiza con respecto a las cuatro perspectivas del Balanced Score Card (BSC) teniendo en cuenta el análisis interno y externo realizado anteriormente.

---

<sup>3</sup> Presidente de la Federación Astronáutica Internacional, ex presidente de la Comisión del uso pacífico del espacio ultraterrestre, ex embajador de Colombia en la misión permanente en Viena.

**Tabla 9 Matriz FODA del sector espacial colombiano (Elaboración propia)**

	<b>Fortalezas</b>	<b>Debilidades</b>	<b>Oportunidades</b>	<b>Amenazas</b>
<b>Financiera</b>	F1. Esquema existente de APP	D1. Baja inversión en I+D D2. Baja financiación que ayude a resolver fallas de mercado asociadas a altas inversiones y retornos	O1. Mejoramiento de la competitividad en el sector productivo O2. Segmento de aplicaciones representa el de mayores ingresos O3. Desarrollo de nuevos modelos de negocios O4. Altos retornos de inversión del sector	A1. Largo periodo para el retorno de la inversión A2. Entornos de desarrollo más atractivos en otros países de la región
<b>Del Cliente</b>	F2 Demanda estatal de productos y servicios derivados del espacio	D3. Dificultad para establecer el uso dual de la tecnología	O5. Mejores servicios públicos estratégicos O6. Sector productivo transversal	A3. Desconocimiento de la tecnología en el entorno político
<b>De los procesos</b>	F3. Bases del PND 2014-2018 para el aprovechamiento de la tecnología y la creación de una Agencia Espacial F4. Política de desarrollo productivo	D4. Industria aeroespacial desarticulada D5. Débil interacción entre entidades estatales	O7. Desarrollos en procesos industriales e innovación tecnológica permiten el ingreso de nuevos actores O8. Regulación internacional demanda una revisión	A4. Priorización de recursos para otras iniciativas públicas
<b>Del crecimiento</b>	F5. Ubicación geográfica F6. Conocimiento en el procesamiento de imágenes satelitales F7. Iniciativas académicas	D6. Déficit de capital humano en ciencias aeroespaciales	O9. Cooperación Internacional	A5. Congestión espacial en aumento y capacidad restringida de acceso al espacio

Fuente: Elaboración propia

## **7.2 DEFINICIÓN DE LA POLÍTICA PARA EL DESARROLLO ESPACIAL DE COLOMBIA**

### **7.2.1 Visión para el sector espacial colombiano**

Teniendo en cuenta el análisis interno y externo realizado, se propone la siguiente visión para el sector espacial colombiano:

“Las actividades y capacidades espaciales de Colombia deben conducirse en procura de fomentar y contribuir al desarrollo sostenible del país, generando crecimiento económico y social de manera incluyente, perdurable y responsable con el medio ambiente para que también sea de beneficio a las generaciones futuras”.

### **7.2.2 Identificar los principios y objetivos de la política espacial**

#### **Principios**

Los principios son los lineamientos fundamentales que sirven de guía para la selección y la materialización de los objetivos y por esta razón se deben establecer previamente. Los principios enunciados para la política pública del sector espacial explican el porqué de las actividades espaciales de Colombia. Los principios propuestos por este trabajo provienen de dos fuentes principales, la primera son los considerandos que dieron vida a la Comisión Colombiana del Espacio en el Decreto 2442 (Ministerio de relaciones Exteriores, 2006), y la segunda los intereses comunes manifestados por la comunidad internacional en cuanto a la explotación pacífica y armoniosa del espacio.

- P1. La utilización del espacio será con fines pacíficos tal y como lo estipulan los principios del espacio. Este principio incluye su utilización para las actividades de defensa y seguridad que requiere Colombia para garantizar sus intereses nacionales, mediante la recolección de información, la vigilancia y los sistemas de comunicaciones entre otros.
- P2. La sostenibilidad y seguridad de las actividades espaciales, así como el acceso y uso del espacio son temas de interés nacional. Las órbitas de los satélites constituyen recursos limitados y competidos por todos los países, por lo tanto, Colombia debe garantizar su acceso a estos recursos que le permitirán incrementar y proyectar su poder nacional.
- P3. Mejoramiento del bienestar de los colombianos. El gobierno ofrece una gran cantidad de servicios públicos de carácter estratégico a sus ciudadanos, los cuales pueden verse

altamente beneficiados por la aplicación de tecnologías espaciales, y consecuentemente mejorando la prestación de servicios como el turismo, transporte, defensa y seguridad, salud, educación, la agricultura, entre otros.

P4. Desarrollo de la industria espacial de Colombia. El mercado mundial del sector espacial es uno de los de mayor crecimiento y que además no se ha visto afectado por las crisis económicas (OECD, 2014c). Crear un sector económico alrededor de la tecnología espacial contribuirá a fomentar las actividades de ciencia, tecnología e innovación que Colombia requiere para mejorar su competitividad.

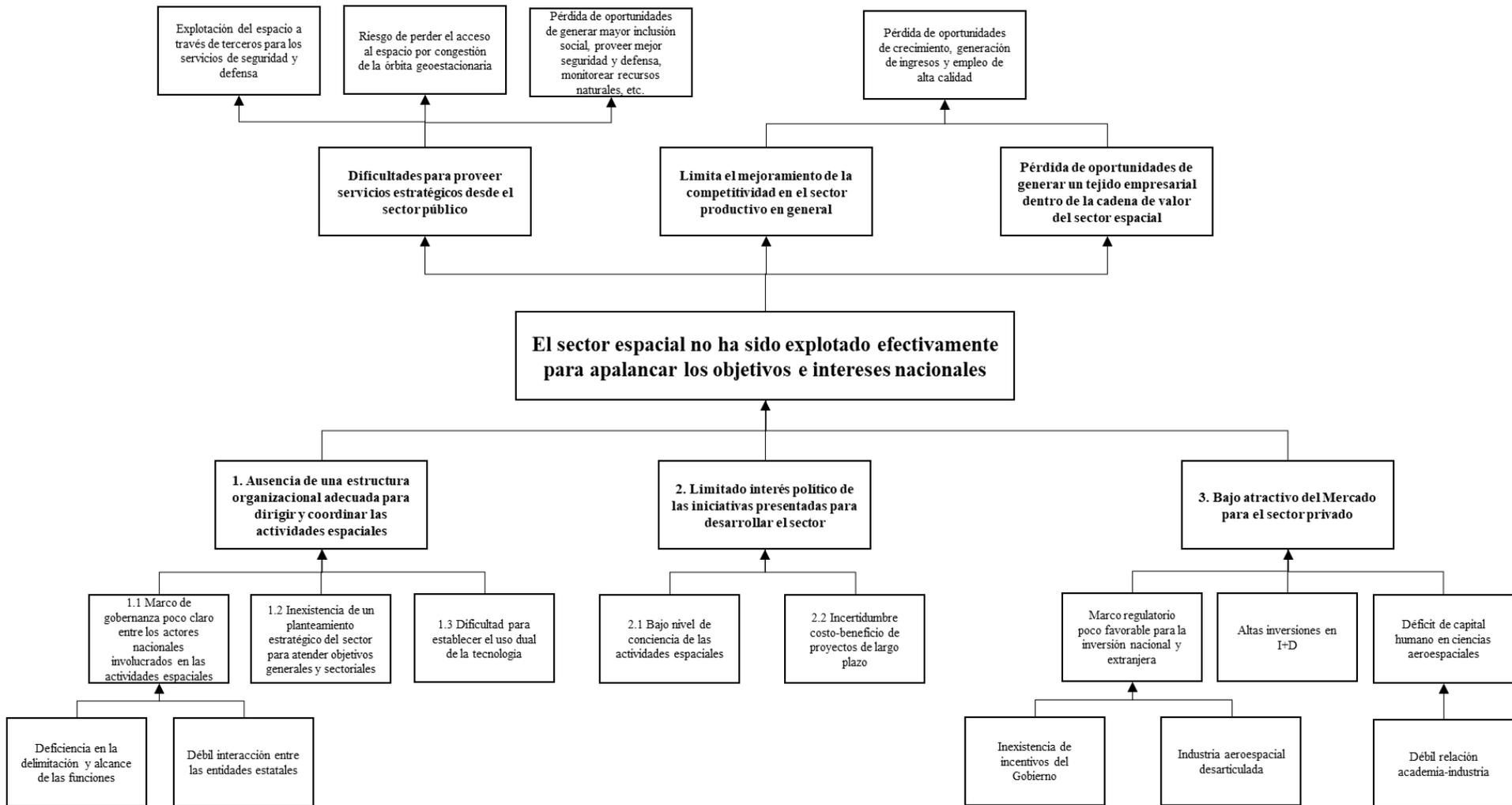
P5. Promoción de la cooperación internacional. El desarrollo y utilización del espacio requiere una gran cantidad de recursos tanto intelectuales, tecnológicos como económicos. No es realista que Colombia emprenda este camino desconociendo los avances logrados por otros países y por tanto la cooperación internacional se considera un mecanismo necesario para alcanzar los objetivos de la política y tener un uso efectivo del espacio.

P6. Protección de los recursos naturales. Colombia reconoce que la sostenibilidad ambiental está directamente relacionada con la competitividad, y que garantizarla constituye un pilar fundamental para la propuesta de desarrollo del país (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).

## **Objetivos**

Para la definición de objetivos se utilizaron las herramientas del árbol de problemas y objetivos que recomienda la Metodología General Ajustada (MGA) del Departamento de Planeación Nacional. Esta metodología, que está basada en la Matriz de Marco Lógico, propone que los objetivos son deducidos a partir de la identificación del problema en cuestión, por tanto, la identificación del problema central, sus causas y efectos se constituyen en un elemento crucial dentro de la metodología.

**Figura 20** Árbol del problema del sector espacial en Colombia (Elaboración propia)



Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta el análisis del contexto estratégico realizado en el primer objetivo, el análisis FODA es el punto de partida para construir el árbol del problema de la Figura 20. El problema central está identificado como “el sector espacial no ha sido explotado efectivamente para apalancar los objetivos e intereses nacionales”. Se considera que este es el problema central teniendo en cuenta que el diagnóstico realizado demuestra que el país viene realizando esfuerzos al respecto desde la década del 1970, sin que alguno de ellos haya podido materializarse o contribuir al mejoramiento de las condiciones sociales y económicas del país.

Las tres causas principales ha sido identificadas como: ausencia de una estructura organizacional adecuada para dirigir y coordinar las actividades espaciales, limitado interés político de las iniciativas para desarrollar el sector y bajo atractivo del mercado para el sector privado. La ausencia de una estructura organizacional adecuada está demostrada por la ineficacia de la Comisión Colombiana del Espacio para elaborar una visión de largo plazo para el sector y en el marco de gobernanza prácticamente inexistente, en el cual sus miembros y otros involucrados, no conocen el alcance de sus funciones ni su rol dentro de la implementación de las iniciativas, pues algunos de ellos, que son exclusivamente usuarios de la tecnología, están asumiendo roles de reguladores, lo que causa desconcierto especialmente entre los interesados no pertenecientes al sector público. Asimismo, un adecuado liderazgo puede resolver la dificultad para establecer el uso dual de la tecnología, pues los intereses de las entidades de carácter militar y civil, suelen tener requerimientos diferentes y requieren ser armonizados para que los productos que reciban satisfagan la mayoría de sus necesidades, sin tener que recurrir a soluciones que sean excluyentes que lo único que generan es malestar y atentan contra el buen funcionamiento de la acción del Estado. La segunda causa identificada es un interés político limitado con respecto a las iniciativas que en el pasado han pretendido impulsar el desarrollo del sector espacial. Esta situación se explica debido a, por un lado, al bajo nivel de conciencia en todos los niveles de las actividades espaciales y, por otro lado, a la incertidumbre costo-beneficio de los proyectos de largo plazo. Una muestra de este bajo nivel de conciencia es que, en Colombia existe la creencia generalizada de que la órbita geoestacionaria es parte del territorio colombiano y que se deben implementar mecanismos para obtener retribuciones económicas por la explotación de ese recurso por parte de quienes tienen satélites en órbita. Con respecto a la incertidumbre costo-beneficio, es evidente que el razonamiento político en Colombia está enfocado a la consecución de metas en el corto plazo, por tanto, el sector espacial resulta una apuesta arriesgada, que requiere un esfuerzo político y económico que involucra más de un periodo de gobierno presidencial según lo ha determinado el Reino Unido (AGP, 2013). En

tercer lugar, el bajo atractivo para el sector privado también ha limitado que las tecnologías espaciales se desarrollen desde esa óptica y contribuyan a los objetivos de gobierno. Esto se debe principalmente a que es un sector dominado por la tecnología, que demanda grandes inversiones en CTel, así como una masa crítica de personas con las competencias necesarias para liderarlo y finalmente a que en Colombia no existe un marco regulatorio que promueva la inversión privada en este sector.

Las causas definidas en el árbol de problema de este trabajo confirman lo que según Ortegón (2008, p. 91) constituyen las fallas en la gestión de las políticas públicas: fallas de gobierno, fallas de mercado y fallas de coordinación. Los esfuerzos pasados de Colombia por obtener beneficios de las actividades espaciales no han dado una solución apropiada a las fallas de gobierno, debido a que no se ha determinado una figura que actúe como regulador del sector con capacidad para tomar decisiones. Las fallas de mercado en Colombia se producen por la falta de estímulos del Estado para la generación de conocimientos (inventos y patentes), el riesgo de rentabilidad de la inversión y la ausencia de la masa crítica de involucrados (científicos, investigadores, empresarios). Las fallas de coordinación existen debido a la falta de comunicación entre el nivel técnico y político, lo que dificulta que el discurso sobre los beneficios tecnológicos se traduzca adecuadamente a quienes tienen la responsabilidad de impulsar la política pública, la falta de institucionalidad del sector que tiene como consecuencia una fragmentación de las relaciones en los actores políticos y los de los sistemas productivos y de innovación.

Una vez se construido el árbol de problemas, los objetivos propuestos deben estar orientados a la solución de dichos problemas. En consecuencia, los objetivos de la política pública para el desarrollo espacial son los siguientes:

- O1. Mejorar la coordinación en todo el sector espacial colombiano para maximizar los beneficios de las actividades espaciales, evitar la duplicidad de esfuerzos y organizar los programas e iniciativas que surjan de la implementación de la política espacial
- O2. Promover el desarrollo de capacidades en ciencias y tecnología espacial, con el fin crear un sector económico competitivo que satisfaga las necesidades internas
- O3. Crear un marco regulatorio adecuado para facilitar la participación industrial en el sector espacial, con el fin de apoyar el desarrollo interno y la proyección de la política exterior

O4. Emplear la tecnología espacial para suministrar servicios públicos estratégicos con una mejor relación costo-beneficio.

O5. Promover la conciencia espacial en todos los niveles de la sociedad colombiana, con el fin de generar aprecio y aceptación de las acciones derivadas de la política pública.

La Tabla 10 muestra la relación entre los objetivos propuestos y las causas identificadas en el árbol de problemas para el sector espacial colombiano.

**Tabla 10 Objetivos de la política pública para el desarrollo del sector espacial. (Elaboración propia)**

	Ausencia de una estructura organizacional adecuada para dirigir y coordinar las actividades espaciales	Limitado interés político de las iniciativas para desarrollar el sector	Bajo atractivo del mercado para el sector privado
O1	•	•	
O2		•	•
O3	•	•	•
O4		•	•
O5	•	•	•

Fuente: Elaboración propia

### 7.2.3 Formulación y selección de la estrategia

En política pública no se busca una solución a un problema, sino que se pretende formular un plan de intervención, que esté enmarcado dentro de los fines del Estado, para proveer alivio a las causas y síntomas que genera el problema en cuestión, en tanto fortalece la autoridad del Gobierno (Torres-Melo & Santander, 2013). Por medio del análisis TOWS de la Tabla 11 se realiza la formulación de la estrategia para el sector espacial colombiano.

**Tabla 11 Análisis TOWS. (Elaboración propia)**

	<p><b>Fortalezas</b></p> <p>F1. Esquema existente de APP  F2. Demanda estatal de productos y servicios derivados del espacio  F3. Bases del PND 2014-2018 para el aprovechamiento de la tecnología y la creación de una Agencia Espacial  F4. Política de desarrollo productivo  F5. Ubicación geográfica  F6. Conocimiento en el procesamiento de imágenes satelitales  F7. Iniciativas académicas</p>	<p><b>Debilidades</b></p> <p>D1. Baja inversión en I+D  D2. Baja financiación que ayude a resolver fallas de mercado asociadas a altas inversiones y retornos  D3. Dificultad para establecer el uso dual de la tecnología  D4. Industria aeroespacial desarticulada  D5. Débil interacción entre entidades estatales  D6. Déficit de capital humano en ciencias aeroespaciales</p>
<p><b>Oportunidades</b></p> <p>O1. Mejoramiento de la competitividad en el sector productivo  O2. Segmento de aplicaciones representa el de mayores ingresos  O3. Desarrollo de nuevos modelos de negocios  O4. Altos retornos de inversión del sector  O5. Mejores servicios públicos estratégicos  O6. Sector productivo transversal  O7. Desarrollos en procesos industriales e innovación tecnológica permiten el ingreso de nuevos actores  O8. Regulación internacional demanda una revisión  O9. Cooperación Internacional</p>	<p><b>FO</b></p> <p>E1. Crear un entorno regulatorio que favorezca el desarrollo del sector</p>	<p><b>DO</b></p> <p>E2. Mejorar la coordinación intra estatal  E3. Remover las barreras tecnológicas para el crecimiento del sector</p>
<p><b>Amenazas</b></p> <p>A1. Largo periodo para el retorno de la inversión  A2. Entornos de desarrollo más atractivos en otros países de la región  A3. Desconocimiento de la tecnología en el entorno político  A4. Priorización de recursos para otras iniciativas públicas  A5. Congestión espacial en aumento y capacidad restringida de acceso al espacio</p>	<p><b>FA</b></p> <p>E5. Desarrollar conciencia en la sociedad sobre el impacto del uso de la tecnología espacial en la vida diaria</p>	<p><b>DA</b></p> <p>E4. Remover las barreras económicas para el crecimiento del sector (A1, A2, A3, D2, D5)</p>

Fuente: Elaboración propia.

## **E1 Crear un entorno regulatorio que favorezca el desarrollo del sector**

Como cualquier otro sector económico, la definición de un marco regulatorio es necesaria para generar condiciones adecuadas para su desarrollo en Colombia. Este marco regulatorio hace referencia tanto al entorno nacional como el internacional. Para ello se proponen las siguientes acciones:

### **A1. Participación permanente en la UNCOPUOS**

La UNCOPUOS es el escenario internacional más importante que tiene el sector espacial, pues en ella se toman decisiones sobre la interacción de los países a nivel legal y tecnológico para garantizar la sostenibilidad de las actividades espaciales. La participación en este tipo de escenarios de forma permanente permite que la opinión de Colombia con respecto a temas sensibles como la asignación del recurso órbita espectro sea tenida en cuenta y que las decisiones allí tomadas no afecten los intereses del país.

El acceso al espacio debe ser un tema de máxima prioridad para el país, especialmente en lo concerniente a la órbita geoestacionaria. La regulación actual para la asignación del recurso órbita espectro, se basa en el principio de primero llegado primero servido, lo que no favorece a países como Colombia que se encuentran tan rezagados en la materia. Colombia en el pasado fue muy activa internacionalmente, impulsando dentro de la COPUOS la modificación de este sistema por uno mucho más favorable, quedando consignada su propuesta en el documento A/AC.105/C.2/L.200, presentado en el Comité de Asuntos Legales de la Comisión en el año 2000, sin embargo, debido a que se trata de un asunto que regula la UIT, la Comisión no pudo tomar una acción y se dieron instrucciones para poner en conocimiento de la UIT la decisión consensuada (Legal Subcommittee, 2000). Desde entonces, este tema no ha sido considerado en las Comisiones Mundiales de Radio, que es el marco de la UIT donde se discuten las modificaciones al Reglamento de Radio, precisamente por falta de impulso de nuestra delegación.

### **A2 Proteger las bandas de frecuencias asignadas a los servicios satelitales para garantizar que el cumplimiento de los objetivos e intereses nacionales**

Por otro lado, existe presión de la industria de telecomunicaciones móviles internacionales (IMT), para que la UIT asigne espectro de la banda C para su operación, lo que afectaría muchos servicios satelitales que actualmente hacen uso de esta, especialmente en países

tropicales como Colombia, pues esta banda ofrece una mayor resistencia a las condiciones meteorológicas de la región.

### **A3. Regulación de las actividades espaciales**

Colombia requiere definir, bajo qué condiciones se pueden llevar a cabo actividades espaciales en su territorio, tanto por el mismo Estado como por parte de las empresas privadas. La regulación de las actividades espaciales tiene como fin, estimular el desarrollo de las mismas, bien sea por inversión local o mediante la atracción de la inversión extranjera, y en ella se deben incluir aspectos como la responsabilidad que adquieren quienes las conducen, los requerimientos técnicos, medioambientales y de seguridad que deben cumplir quienes las realizan, y la competencia de las entidades Estatales involucradas.

## **E2 Mejorar la coordinación intra estatal**

### **A3. Creación de la Agencia Espacial de Colombia**

Creación de la agencia espacial colombiana como ente encargado de la implementación de la política espacial mediante el desarrollo de un programa espacial con enfoque dual, la elaboración de un marco regulatorio adecuado y la participación internacional. La creación de una agencia maximizaría las oportunidades de capitalizar la estrategia propuesta

### **A4. Integración con el Sistema Nacional de Competitividad, Ciencia, Tecnología e Innovación**

El sector espacial debe estar al mismo nivel de otros temas transversales, prioritarios y estratégicos para el país. Principalmente porque como se ha expuesto anteriormente, se trata de una tecnología habilitante de la competitividad y que contribuye con el crecimiento económico de los países. Por esta razón, la Agencia Espacial Colombiana debe formar parte del comité ejecutivo del Sistema Nacional de Competitividad, Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCCTI), y además se deberá crear dentro de este un comité encargado del desarrollo espacial. De esta manera se garantiza la inserción de la temática en los asuntos de mayor trascendencia del país, de tal suerte que se minimice el riesgo de que por desconocimiento, no se adopten las tecnologías más adecuadas que requieren la solución de los problemas de política pública. E3 Remover las barreras tecnológicas para el crecimiento del sector

## **E4 Remover las barreras tecnológicas para el crecimiento del sector**

El éxito para la materialización del potencial de Colombia en el desarrollo de tecnologías y aplicaciones espaciales, se fundamenta en la coordinación de esfuerzos entre la academia, la industria y el Estado. El sector espacial actual está marcado por una rápida evolución tecnológica, la cual está fundamentada principalmente en la investigación y desarrollo, y en países como Colombia, el principal promotor de estas actividades es el Estado (OECD, 2016). Como se describió anteriormente, el nivel de producción de Colombia en publicaciones y patentes es bajo en comparación con países similares en la región, lo que significa que las inversiones en ACTI aún tienen que ser mejoradas con el fin de superar el denominado valle de la muerte, que aparece cuando una tecnología en desarrollo, requiere de sumas mayores para incrementar su nivel de madurez mediante procesos de cualificación y desarrollo de producto. Para esta estrategia se proponen las siguientes actividades:

### **A5. Identificar un proyecto detonador del desarrollo espacial**

Colombia, al igual que lo han hecho otros países en el pasado, debe acometer un proyecto que inicie el ecosistema espacial. Este proyecto tiene características especiales, puesto que no se trata solamente de la adquisición de un bien, sino del desarrollo de capacidades locales, y la creación de un modelo de negocio que permita hacer la Agencia Espacial autosostenible, de tal manera que su desarrollo no dependa más de lo necesario del apoyo político del gobierno de turno.

### **A6. Desarrollar una base tecnológica y científica enfocada al sector espacial**

El Estado debe identificar las necesidades educativas de los próximos diez años, con el fin de planear la creación de programas educativos requeridos en el sector espacial, así como la implementación de un programa de becas relacionadas con el sector, de tal suerte que estas personas se conviertan en desarrolladores de la industria y también participen en la academia en la formación de más personal.

### **A7. Financiación de actividades de ciencia, tecnología e innovación relacionadas con el sector espacial**

Colombia debe proveer una financiación permanente a las iniciativas pública y privadas para realizar trabajos de investigación de tecnología y aplicaciones espaciales. Las áreas en la

que se debe centrar este programa serían la (1) observación de la tierra, (2) los satélites de comunicación, (3) navegación y posicionamiento y (4) ciencias espaciales.

En particular es necesario identificar y desarrollar proyectos de tecnología y servicios espaciales que mejoren los servicios públicos en términos de costo, calidad y disponibilidad. Esta actividad no excluye la adquisición de tecnología extranjera, siempre y cuando se garanticen los mecanismos para la transferencia tecnología al estado o a empresas privadas.

#### **A8. Identificar oportunidades de asociación pública-privada**

Mediante este instrumento es posible financiar, con un riesgo compartido, el desarrollo de capacidades espaciales, y al mismo tiempo contribuir con el fortalecimiento de la relación entre los sectores público y privado.

#### **A9. Desarrollar las vocaciones productivas de los clústeres aeroespaciales en el país**

El país cuenta con una base instalada en la industria aeronáutica, que puede ser aprovechada para la producción de bienes con mayor grado de sofisticación tecnológica, en una industria que tiene una fuerte vinculación con otros sectores productivos. Es necesario identificar y desarrollar las vocaciones productivas de las agremiaciones aeroespaciales existentes, buscando la generación de empleos con mayores retribuciones salariales.

#### **A10. Estrechar lazos de cooperación internacional como la comunidad espacial**

Los convenios de cooperación son instrumento que ha sido aprovechado por números países sin importar su nivel de desarrollo tecnológico. En el caso de Colombia, la cooperación permitiría avanzar a una mayor velocidad en la transferencia de conocimiento mediante experiencias prácticas en programas espaciales de gran envergadura. Por supuesto, para tener verdadera cooperación, significa que Colombia también debe aportar algo que sea de interés de sus potenciales socios. La participación debe estar orientada a resolver necesidades locales que tengan un impacto social con el fin de ganar aprobación de la sociedad en general. En el nivel actual de Colombia, esta participación estaría limitada al aporte de recursos económicos, con el fin de obtener a cambio la posibilidad de enviar científicos e ingenieros a programas de pasantía en otras agencias, en donde puedan aprender por medio de la práctica otros aspectos que implica el desarrollo de actividades espaciales. En un futuro, el fortalecimiento de estos lazos permitirá que las empresas públicas y privadas tengan mayor facilidad de interactuar con potenciales clientes en otros países y comercializar sus productos.

## **E4 Remover las barreras económicas para el crecimiento del sector**

El Estado debe proveer las garantías económicas suficientes para el impulso de la industria local. Se deben implementar mecanismos para que la industria local incremente su competitividad, favoreciéndola sobre la industria privada, pero sin llegar a convertirse en un sector protegido. Esta estrategia busca generar la confianza necesaria que requiere la inversión privada, puesto que los ciclos de desarrollo de infraestructura y servicios varían entre cinco y quince años y para ellos los inversionistas deben poder ver más allá de los horizontes financieros gracias a un fuerte apoyo estatal. Para esto se proponen las siguientes actividades.

### **A11. Implementar instrumentos que incentiven el desarrollo económico del sector**

Modelo de cofinanciación de iniciativas de desarrollo espacial a través de incentivos tributarios a empresas nacionales e internacionales que cofinancien proyectos espaciales en I+D, permitiendo así que recursos destinados al pago tributos sean destinados a impulsar la productividad del sector.

Priorizar el sector espacial en el modelo de cofinanciación por medio de bonos de innovación: El Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, en conjunto con el DNP, incluirá el sector espacial como prioridad dentro del mecanismo de cofinanciación a través de bonos de innovación planteados en el CONPES 3866, los cuales pueden permitir el acceso a recursos del Fondo de CTI del Sistema General de Regalías. Este modelo debe implementarse en el 2018.

Implementar instrumentos (como convocatorias, convenios, entre otros) que promuevan la creación de fondos de capital privado y de riesgo, así como otros instrumentos de financiación en Start-Up: Se debe fomentar y apalancar la creación de capitales semilla con el fin de generar confianza a inversionistas y promover la inversión de capital de riesgo en su etapa temprana de entidades del sector público.

Establecer mecanismos que favorezcan la participación de empresas nacionales en procesos contractuales con el Estado. Es necesario revisar y realizar los ajustes necesarios para dar prioridad a la industria nacional o de internacionales asociados con locales, para la participación dentro de procesos contractuales de componentes espaciales siempre y cuando cumplan con los requisitos técnicos requeridos, buscando la creación de capacidades locales.

## **E5 Desarrollar conciencia en la sociedad sobre el impacto del uso de la tecnología espacial en la vida diaria**

### **A12. Promover la cultura espacial**

Sensibilizar a la sociedad sobre la importancia y los beneficios de las actividades espaciales para el desarrollo del país. Un mayor nivel de conciencia sobre el impacto de estas tecnologías en nuestra vida diaria es crucial para garantizar la sostenibilidad de la política y para maximizar los beneficios socioeconómicos del sector espacial. Entre mayor sea el nivel de sensibilización de la sociedad será más fácil justificar las acciones emprendidas por la política espacial, las inversiones realizadas y porqué es necesaria la cooperación internacional para alcanzar el estado deseado.

En este aspecto, entidades como el Ministerio de Educación y Colciencias tienen una gran responsabilidad. Actividades de educación STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) son necesarias para desarrollar el pensamiento crítico y la capacidad de innovación en las generaciones más jóvenes, asegurando mayores oportunidades para grupos que tradicionalmente han sido menos tenidos en cuenta como las minorías o las mujeres. Por lo tanto, se deben desarrollar cátedras alrededor de estos contenidos especialmente en los colegios públicos para fomentar el interés en los temas espaciales.

#### **7.2.4 Hoja de ruta propuesta**

Una vez se han determinado las actividades que componen cada una de las estrategias, es necesario considerar cuál es su impacto estratégico, económico y complejidad asociada, con el fin de establecer en qué orden estas deben ser implementadas por el gobierno. La herramienta empleada para realizar esta tarea se denomina matriz de priorización, y está compuesta por nueve criterios, a cada uno de los cuales se le asignó un peso que permite evaluar cada una de las actividades. Los criterios se describen a continuación en la Tabla 12.

**Tabla 12 Criterios de la matriz de priorización. (Elaboración propia)**

<b>Impacto Estratégico</b>	
Beneficio a la sociedad	La iniciativa satisface las necesidades de la sociedad colombiana en aspectos como el tamaño, la frecuencia con que se presenta y la urgencia de ser atendida por el Estado
Oportunidad	La oportunidad se mide en el tamaño de la población que se beneficia con la iniciativa propuesta.
Posición Competitiva	La iniciativa apalanca el desarrollo de capacidades tecnológicas, principalmente en los aspectos que generan innovación como son

	la investigación científica, la transferencia de conocimientos y el desarrollo tecnológico.
<b>Impacto económico</b>	
Potencial de Ingresos	Impacto en los ingresos económicos provenientes de la implementación de esta iniciativa
Costo/Beneficio	Eficiencia de la iniciativa
Costo de la iniciativa	Se cuenta con recursos financieros para realizar esta iniciativa y cuál es su costo
<b>Complejidad</b>	
Formulación	Que tan complejo es proponer la realización de esta iniciativa
Implementación	Que tan compleja es la implementación de la iniciativa
Evaluación	Que tan compleja es la evaluación de la iniciativa

Fuente: Elaboración propia.

Con los criterios plenamente identificados, a continuación se realizó la puntuación de cada una de las actividades, la cual se muestra en la Tabla 13. Este puntaje se utiliza junto con el peso asignado a cada criterio para elaborar una clasificación por eje, es decir, un puntaje por el impacto estratégico, económico y la complejidad de la actividad.

**Tabla 13 Puntuación de las actividades. (Elaboración propia)**

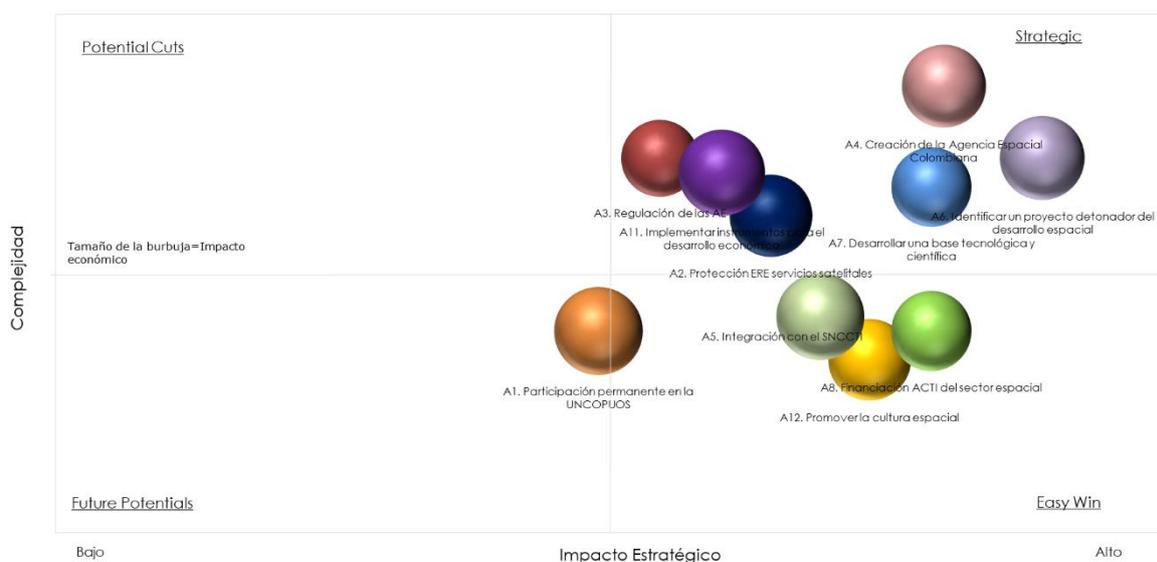
Iniciativas	Impacto Estratégico			Impacto Económico			Complejidad		
	Beneficio a la sociedad	Oportunidad	Posición Competitiva	Potencial de Ingresos	Costo/Beneficio	Bajo costo de la iniciativa	Formulación	Implementación	Evaluación
<b>Peso</b>	15%	15%	10%	10%	15%	15%	5%	10%	5%
A1. Participación permanente en la UNCOPIUOS	5	5	7	2	8	10	2	5	2
A2. Protección ERE servicios satelitales	8	6	8	7	9	2	7	7	1
A3. Regulación de las AE	8	3	8	6	7	3	4	8	6
A4. Creación de la Agencia Espacial Colombiana	10	8	9	8	8	4	7	9	6
A5. Integración con el SNCCTI	8	8	7	6	8	2	7	3	2
A6. Identificar un proyecto detonador del desarrollo espacial	10	10	10	7	8	5	7	7	8
A7. Desarrollar una base tecnológica y científica	9	8	10	7	6	5	4	8	4
A8. Financiación ACTI del sector espacial	9	8	10	9	8	2	3	4	3
A9. Identificar oportunidades de APP	7	8	6	4	10	4	5	5	6
A10. Estrechar lazos de cooperación	3	4	6	5	7	5	2	5	2
A11. Implementar instrumentos para el desarrollo económico	8	6	6	7	7	7	5	7	6
A12. Promover la cultura espacial	10	10	3	4	9	5	3	3	3

Fuente: Elaboración propia

La Figura 21 muestra de forma gráfica esta clasificación, es decir, la hoja de ruta para el desarrollo del sector espacial colombiano. En el eje de las X se ubica el puntaje del impacto estratégico, mientras que en el eje Y la complejidad de la actividad. El tamaño de la esfera de cada actividad es la puntuación de su impacto económico, a mayor tamaño se entiende que la actividad tiene un mayor impacto. La figura está dividida en cuadrantes con lo cual se facilita la identificación de prioridad que tiene cada tarea. El cuadrante superior derecho contiene las actividades que conllevan una mayor complejidad y a su vez tienen un mayor impacto estratégico, como son la creación de la agencia espacial colombiana, la identificación de un proyecto detonador del desarrollo espacial, el desarrollo de una base tecnológica y científica, la

regulación de las actividades espaciales, la implementación de instrumentos para el desarrollo económico y la protección del espectro radioeléctrico. El cuadrante inferior derecho se ha denominado “easy win” porque las actividades tienen un alto impacto estratégico con una mínima complejidad. Estas actividades son la integración con el SNCCTI, la financiación de actividades de ciencia, tecnología e innovación, la promoción de la cultura espacial. La participación permanente en los comités de la COPUOS, está ubicada entre los dos cuadrantes inferiores. El cuadrante inferior izquierdo denominado “future potentials” contiene actividades con baja complejidad y bajo impacto estratégico. El resultado de la evaluación para la priorización de actividades, indica que es posible que esta actividad no se lleva a cabo en el corto plazo, lo cual es consistente con la visión planteada de enfocarse en el desarrollo sostenible del país. El cuadrante superior izquierdo se denomina “potential cuts” debido a que las actividades son de alta complejidad para su realización y su impacto estratégico es bajo. En este cuadrante no se han ubicado ninguna de las actividades propuestas.

**Figura 21 Matriz de priorización. (Elaboración propia)**



Fuente: Elaboración propia

### 7.2.5 Determinar roles y responsabilidades para la ejecución de la política espacial

La OECD (2014a) resalta que entre sus países miembros, una buena práctica es la definición de un margo de gobernanza claro que permita la interacción entre las distintas entidades involucradas en el desarrollo de las políticas públicas. Como lo indican Torres-Melo & Santander (2013), una política pública es el Estado en acción, y en tal sentido esta debe promover la interacción de todos los actores que participan en su ciclo.

El desarrollo de actividades espaciales requiere de la acción coordinada de un gran número de entidades gubernamentales con el fin de lograr los objetivos propuestos. Las experiencias anteriores de Colombia para capitalizar el uso de la tecnología espacial, han carecido de una definición de actores y su respectivo rol dentro de la ejecución de la política. Como lo señala Secure World Foundation (2017), las decisiones que no involucran todos los actores posibles son más sensibles a ser evaluadas como deficientes. El punto de partida para la identificación de los actores que intervienen en el sector espacial es el listado de miembros que integran actualmente la Comisión Colombiana del Espacio (ver Tabla 14).

**Tabla 14 Miembros de la CCE. (Elaboración propia)**

POR DECRETO 2442 DE 2006	POR ACUERDO 10 DE 2008
Vicepresidencia de la República (Quién la preside)	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
Ministerio de Relaciones Exteriores	Ministerio de Minas y Energía
Ministerio de Defensa Nacional	Agencia Nacional de Hidrocarburos – ANH
Ministerio de Educación Nacional	Dirección Nacional Marítima – DIMAR
Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones	Universidad Sergio Arboleda
Ministerio del Interior	Centro Internacional de Física - CIF
Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural	Instituto Colombiano de Geología y Minería (INGEOMINAS)
Ministerio de Transporte	Unidad de Planeación Minero Energética – UPME
Departamento Nacional de Planeación- DNP	
Fuerza Aérea Colombiana FAC	
Aeronáutica Civil	
Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC	
Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM	
Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación – COLCIENCIAS	
Agencia Presidencial de Cooperación Internacional de Colombia – APC	

Fuente: Elaboración propia.

Siguiendo la metodología propuesta por Schmeer (2000), con base en las entrevistas realizadas y las recomendaciones de Secure World Foundation (2017), Adriensen, Gionnopapa, Sagath & Papastefanou (2015) y Jason (2010), sobre quienes participan en la elaboración, desarrollo y evaluación de una política espacial, se priorizó la citada lista de actores del sector, agregando una entidad que hasta el momento no ha tenido protagonismo, como es el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (MinCIT) (ver Tabla 15). Este ministerio tiene una importancia mayúscula en el nuevo escenario, debido a su misión de contempla apoyar la actividad empresarial, productora de bienes, servicios y tecnología, con el fin de mejorar su competitividad, su sostenibilidad e incentivar la generación de mayor valor agregado. La CCE como institución, no se considera dentro del análisis de actores, debido a que como se ha documentado en este trabajo, no posee la capacidad necesaria para promover el desarrollo de actividades espaciales en Colombia. En su lugar, la actividad No. 4, ha propuesto la creación de una Agencia Espacial Colombiana.

**Tabla 15 Lista priorizada de actores. (Elaboración propia)**

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo
Ministerio de Defensa Nacional
Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación
Instituto Geográfico Agustín Codazzi
Departamento Nacional de Planeación
Agencia Espacial Colombiana

Fuente: Elaboración propia.

Durante una sesión de trabajo en el Departamento Nacional de Planeación, que contó con participación de miembros de la Subdirección de Telecomunicaciones, la Dirección de Desarrollo Empresarial y la Subdirección de Seguridad y Defensa de esta entidad, y la Alta Consejería Presidencial para la Seguridad, se discutieron los posibles roles que estas entidades deben desarrollar dentro del sector espacial colombiano.

Ministerio de Comercio, Industria y Turismo: Será el responsable de definir las estrategias de desarrollo productivo para el sector espacial teniendo en cuenta la política de desarrollo productivo.

Ministerio de Defensa Nacional: Será el responsable de elaborar la estrategia espacial para los asuntos de defensa y seguridad, para lo cual contará con el apoyo de la Fuerza Aérea Colombiana como institución técnica en la materia y responsable de los asuntos espaciales en el sector defensa. El Ministerio deberá tener una permanente articulación con la Agencia Espacial Colombiana y el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación (Colciencias), en los aspectos de tecnologías espaciales que tengan relación con el uso civil o dual.

Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones: Será el responsable de regular y supervisar los servicios de telecomunicaciones y gestión del espectro radioeléctrico, así como de coordinar las solicitudes de recursos orbita espectro con la Unión Internacional de Telecomunicaciones.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible: Será el responsable de coordinar las necesidades en materia de observación de la tierra con una permanente articulación y coordinación con entidades estatales que hagan parte de esta área científica.

El Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación: será el responsable de elaborar junto con la Agencia Espacial Colombiana, la estrategia de desarrollo de capacidades en ciencia, tecnología e innovación en temáticas espaciales para todos los tipos de usos con base en la Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación. Deberá tener una permanente articulación y coordinación con Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, Ministerio de Defensa Nacional.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi: Será el responsable de la Infraestructura Colombiana de Datos Espaciales (ICDE), para la consolidación, la producción y masificación del uso de información geográfica fundamental para el desarrollo del país.

Departamento Nacional de Planeación: Será el responsable de definir forma más eficiente de formular y hacer seguimiento a proyectos de inversión que permitan el desarrollo del sector espacial. El DNP deberá contar con una permanente articulación y coordinación con todos los ministerios y entidades, y principalmente con las antes mencionadas.

Agencia Espacial Colombiana: que tendrá como función la implementación de la política, la regulación y actuar como el punto central de coordinación para todas las actividades espaciales de carácter civil en Colombia. También actúa como miembro del comité ejecutivo y representa al país entre los organismos internacionales relacionados con la materia.

Los demás ministerios y entidades de acuerdo con sus competencias ejercerán un papel de relevancia en el desarrollo de las actividades para el desarrollo espacial y tendrán una permanente planeación, articulación y coordinación con los líderes del Sistema Aeroespacial Colombiano.

### **7.3 DEFINICIÓN DE LA ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL PARA CONDUCIR LA POLÍTICA ESPACIAL DE COLOMBIA MEDIANTE LA DINÁMICA DE SISTEMAS**

#### **7.3.1 Identificación del problema y análisis del comportamiento**

En el año 2006 el Gobierno creó la Comisión Colombiana del Espacio (CCE) como el órgano intersectorial de consulta, coordinación, orientación y planificación, para la ejecución de la política nacional para el desarrollo y aplicación de las tecnologías espaciales y coordinar la elaboración de planes, programas y proyectos del sector (Ministerio de relaciones Exteriores, 2006). Pese a este esfuerzo inicial, las entrevistas conducidas y el análisis interno del sector,

indican que la CCE no es el modelo más apropiado para conducir la estrategia del país en la materia, limitando su capacidad para apalancar soluciones estructurales a una serie de problemáticas del orden nacional de cara a la reducción de brechas socioeconómicas, a la construcción de un país social, económica y ambientalmente sostenible y, evidentemente, para generar las condiciones que garanticen una paz estable y duradera.

La creación de la CCE generó gran expectativa en la comunidad académica, así como en las diferentes entidades estatales cuyo funcionamiento se beneficia directa o indirectamente de las actividades espaciales. Sin embargo, esta expectativa no ha logrado transformarse en avances científicos o beneficios tangibles para la sociedad colombiana. La naturaleza jurídica de la CCE se erige como un obstáculo para el desarrollo de su labor, pues esta no cuenta con un soporte presupuestal y personal designado para trabajar en ella en forma dedicada. El camino recorrido por otros países siempre ha iniciado con el apalancamiento del gobierno para promover el desarrollo de una economía alrededor del sector espacial (Gaubert, 2002; Johnson, 2017; OECD, 2012, 2014b, 2016; Wood, 2008). Esto se debe principalmente, a la incertidumbre que genera en los inversionistas privados, recorrer el camino necesario para desarrollar nuevos productos y servicios, sin contar con la demanda garantizada suficiente, que de viabilidad a su plan de negocio, y también porque para la existencia de un mercado, es necesario que el gobierno intervenga con todos sus instrumentos, como son la política pública, la regulación y los mecanismos financieros para promover la actividad empresarial y la I+D (OECD, 2016).

Las entidades estatales de alto nivel necesitan apoyo político para realizar su función; siendo este un factor que subyace en el quehacer de cualquier entidad. El destino de sus programas y de ellas mismas, se define en la arena política, en donde este apoyo es considerado un pre requisito para el éxito. El apoyo político en un sistema burocrático permite obtener dos recursos necesarios: la autoridad para ejecutar programas y el dinero para pagar por ellos. Las fuentes para el apoyo político son diversas siendo algunas de ellas: el presidente, el congreso, otras agencias burocráticas, los grupos de interés y el público en general (Byrnes, 1994).

Sadeh (2013) describe como es el proceso en el que una iniciativa pública en el sector espacial obtiene apoyo político. A partir de la identificación de una necesidad, los grupos de interés tanto del sector público como del privado, crean coaliciones que se soportan en la búsqueda de satisfacer sus intereses individuales. Esta forma de colaboración genera presión en el nivel político que a su vez advierte en esa iniciativa un beneficio para los territorios que representan y una coincidencia ideológica y política con los beneficios que aporta la iniciativa.

La cantidad de apoyo político dependerá entonces de la viabilidad de la propuesta y de la alineación de esta con los intereses nacionales y del liderazgo existente dentro del mismo gobierno para promover esos intereses.

Al respecto, Selin (2013) desarrolló una investigación en la que identificó que una fuente importante en la variación de este apoyo político, es la estructura de la agencia gubernamental. La independencia burocrática es un activo importante de cualquier estructura organizacional del más alto nivel, por ello es muy importante, identificar según la misión asignada, que tan relevante es este factor a la hora de definir aspectos como la delegación, su diseño interno, el control político de que es sujeta y su capacidad de elaborar políticas. La estructura organizacional afecta las decisiones tomadas al interior de la misma, con lo cual, las características internas de una agencia, definen su capacidad de responder a las demandas del nivel político. Colombia no es ajena a esta realidad y una prueba de esto, es que el documento Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 (Departamento Nacional de Planeación - República de Colombia, 2010), citando a Adam Przeworski, relaciona el diseño institucional con el objetivo del “Buen Gobierno”, entendido este último como la capacidad de que en la ejecución de su rol, las organizaciones públicas logren efectos de acuerdo a su misión: asignaciones eficientes, mitigación de las fallas de mercado y generación de equidad.

Una agencia espacial es el tipo de entidad establecida por la mayoría de los países con serias intenciones de explotar las actividades espaciales (Adriaensen et al., 2015). Wood & Weigel (2012a) identificaron que existen principalmente dos tipos de estructuras empleadas por los Estados para coordinar su acción en el sector espacial. Estos son, la agencia espacial formal y la agencia espacial no formal. Las agencias espaciales en cada país pueden tener diferentes niveles de poder, sin embargo, es común entre ellas la implementación de la política espacial nacional y la administración de recursos para el desarrollo del programa espacial (OECD, 2012). En el caso de la agencia espacial no formal, esta se asemeja a un mecanismo de coordinación entre las entidades públicas y privadas. Esta coordinación se realiza mediante una clara definición de roles y responsabilidades de cada entidad. La interacción intra-gubernamental no es algo que suceda de forma natural, y considerando que en este tipo de estructura, el presupuesto es administrado independientemente por cada actor, es posible que se presenten disputas por el poder y el papel preponderante que unas entidades pueden ejercer sobre otras (Johnson, 2017).

En el caso particular de Colombia, la CCE se constituye en el tipo de agencia no formal. Su carácter de órgano de consulta intersectorial se ajusta perfectamente a este tipo de estructura,

en la que el nivel de coordinación y compromiso de los diferentes actores estatales es prácticamente el factor determinante a la hora de evaluar el éxito. Para la implementación de un modelo de agencia formal, de acuerdo con la Ley 489 (República de Colombia, 1998) se pueden identificar las siguientes alternativas:

- Departamento administrativo
- Unidad administrativa especial

Las diferencias entre estas varían en su grado de independencia respecto de los organismos del nivel central de la administración estatal y la administración de recursos. La Tabla 16 muestra una comparación entre estos tipos de estructura en la administración pública de Colombia.

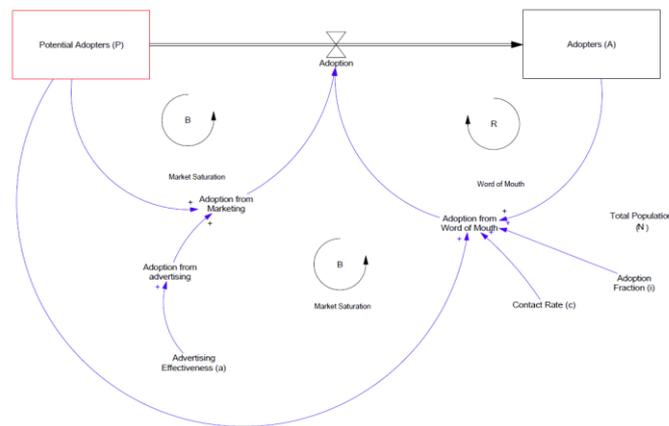
**Tabla 16 Comparación estructuras del sector central del poder ejecutivo. (Elaboración propia)**

<b>Tipo de Estructura</b>	<b>Personería Jurídica</b>	<b>Autonomía Administrativa</b>	<b>Autonomía Patrimonial</b>	<b>Autonomía Financiera</b>	<b>Autonomía Técnica</b>
Departamento Administrativos	Si	Si	Si	Si	Si
Unidad Administrativa Especial	Posible	Si	Si	Si	No
Comisión Intersectorial	No	No	No	No	No

Fuente: Elaboración propia

Mediante el uso de la dinámica de sistemas, se pretende simular el efecto que tiene un cambio de estructura organizacional en la activación de un ecosistema espacial, en el cual, los efectos cuantificables de los proyectos espaciales, contribuyen al incremento del producto interno bruto del país y los no cuantificables a mantener el compromiso de la clase política en la continuidad de las iniciativas que se propongan desde la nueva agencia. La aplicación de la dinámica de sistemas en la ciencia política y social ha sido ampliamente documentada (Andersen, Rich, & MacDonald, 2011; Barlas, 2011; Forrester, 1991; Marquette, 1981; Sandberg, 2011; Snabe, 2007; J. Sterman, 2000). En este trabajo, se propone el empleo de un modelo de difusión tecnológica o modelo Bass (M. Bass, 2004) para analizar la influencia que tiene el tipo de estructura organizacional de la entidad espacial de Colombia, en el desarrollo del sector. El modelo Bass originalmente fue desarrollado para explicar la adopción de nuevos productos o procesos de innovación en los mercados, por medio de fuerzas como el mercadeo y el voz a voz, tal y como ocurre de forma analógica en el sistema político con la estructura organizacional y la percepción de éxito de las iniciativas espaciales (ver Figura 22).

**Figura 22 Modelo Bass general. (Stermán (2000, p. 333))**



Fuente: Stermán (2000, p. 333)

El modelo Bass original, presentado en 1969 en la revista *Management Science*, identifica dos tipos de adoptadores cuando un producto entra al mercado. En primer lugar, están los innovadores, que son aquellos que adoptan la innovación sin importar la decisión que tomen otros a su alrededor, y conforman el lazo de balance denominado *Market Saturation*, afectado principalmente por el mercadeo y otras influencias externas. En segundo lugar, están los imitadores, para los cuales su decisión de adoptar un producto está determinada principalmente por la presión social ejercida por los comportamientos de adopción a su alrededor, o adopción por efecto del voz a voz. La suma de estas dos fuentes que el modelo asume como independientes es lo que se denomina *Adoption Rate (AR)* y se representa así:

$$AR = \text{Adoption from Advertising} + \text{Adoption from word of mouth} \quad (1)$$

$$\text{Adoption from advertising} = aP \quad (2)$$

$$\text{Adoption from word of mouth} = ciPA/N \quad (3)$$

La adopción por publicidad o tasa de innovación, constituye la presión externa asociada con el mercadeo y los medios de comunicación. La adopción por medio del boca a boca es mayor a través del tiempo, a medida que una mayor fracción de la población ha adoptado la innovación, y el contacto entre ellos, conduce a comportamientos sociales de imitación o de manada, en los que las personas tienden a ser influenciadas por su entorno, pues asumen que su vecinos han

tomado sus decisiones con base en información que ellos no tienen (Cvii & Banerjee, 1992; Mahajan, Muller, & Bass, 1991).

La representación formal del modelo Bass en una ecuación diferencial de primer orden es:

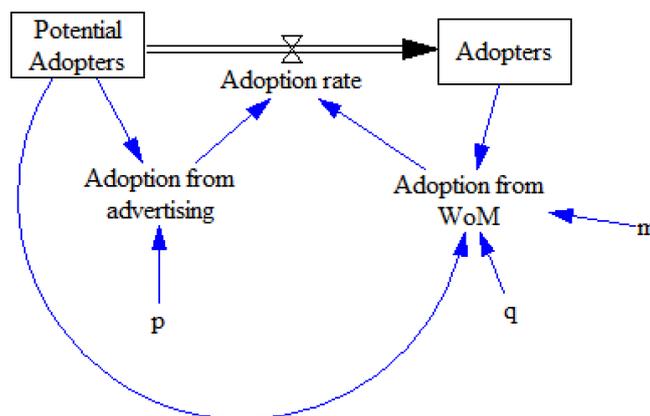
$$z'(t) = (p + q \frac{z}{m})(m - z) \quad (4)$$

O

$$z'(t) = p(m - z) + q \frac{z}{m}(m - z) \quad (5)$$

Esta ecuación nos indica que la variación en el tiempo de las adopciones instantáneas,  $z'(t)$  es proporcional al mercado residual ( $m - z$ ), donde  $m$  es el potencial de mercado y  $z(t)$  representa el número acumulado de adopciones en el tiempo  $t$ . El mercado potencial  $m$  representa el número máximo de adopciones realizables dentro del ciclo de vida y su valor se asume constante a lo largo de todo el proceso de difusión. El modelo tiene entonces tres parámetros desconocidos: el tamaño del mercado  $m$ , el coeficiente de innovación  $p$ , y el coeficiente de innovación  $q$  (ver Figura 23).

**Figura 23 Modelo Bass con variables  $p$ ,  $q$  y  $m$ . (Elaboración propia, basado en Sterman (2000))**

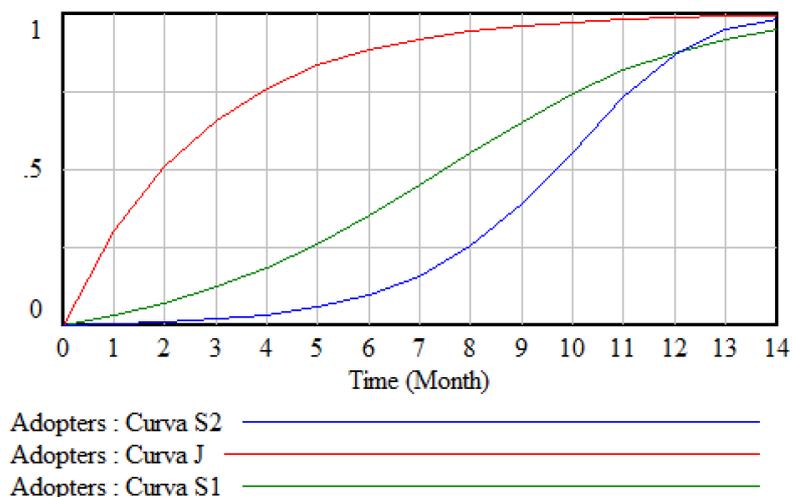


Fuente: Elaboración propia, basado en Sterman (2000)

El coeficiente de innovación  $p$ , es considerado el factor de influencia externa de los agentes de cambio, que generalmente se asocia a los medios de comunicación, pero también pueden ser una agencia gubernamental, la fuerza ventas de una empresa y cualquier otra influencia que no considere adoptadores previos (Kumar, Baisya, Shankar, & Momaya, 2007).

El coeficiente de imitación  $q$ , se considera un factor de influencia interna, y puede tener diferentes connotaciones diferentes al voz a voz, dentro de las cuales pueden estar externalidades de red, que contribuyen a la adopción de un producto, una tecnología o una ideología, por parte de otros individuos a medida que uso se incrementa en la sociedad (Boyle, 2010); un ejemplo de esto puede ser la adopción de la internet, su uso se incrementó a medida que la adopción del PC fue mayor en la población. La Figura 24 muestra el análisis de comportamiento del modelo según Van den Bulte (2002) de la siguiente manera: Cuando  $q$  es mayor que  $p$ , el número acumulativo de los adoptadores  $z(t)$  sigue el tipo de curva S, frecuentemente observado para las categorías de productos realmente nuevos. Cuando  $q$  es menor que  $p$ , el número acumulativo de los adoptantes sigue una curva J inversa que se observa a menudo para las innovaciones menos riesgosas, tales como artículos de comestibles nuevos, películas, y CD's de música. Un parámetro alto de  $p$  indica que la difusión se lleva a cabo rápidamente, pero también significa que se extingue apresuradamente. Por otro lado, un alto valor de  $q$  indica que la difusión se realiza lenta al principio, pero acelera luego de un tiempo.

**Figura 24 Comportamiento de la difusión según  $p$  y  $q$ . (Elaboración propia, basado en Van del Bulte (2002))**



Fuente: Elaboración propia, basado en Van del Bulte (2002)

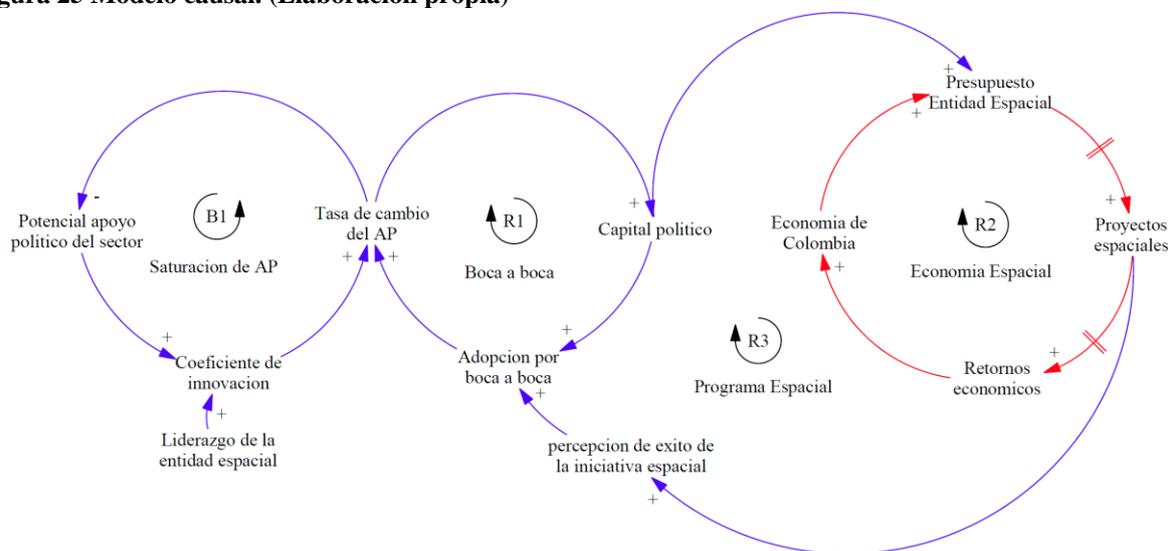
## 7.3.2 Representación del sistema

### 7.3.2.1 Modelo Causal

El modelo propuesto en este trabajo contiene dos elementos principales (ver Figura 25). El primero, constituido por un modelo de difusión de innovación, aplicado a la movilización de apoyo político causado por una entidad espacial, y el segundo, es la economía espacial de

Colombia, que es afectada directamente por los proyectos que esa entidad espacial puede acometer.

**Figura 25 Modelo causal. (Elaboración propia)**



Fuente: Elaboración propia

Partiendo de un potencial de apoyo político, representado por todas las fuerzas políticas del país, tanto de la coalición de gobierno como de oposición, el trabajo de la entidad espacial promoverá la conversión de estos en capital político, es decir, personas e instituciones que contribuyen y apoyan de forma activa los planes, programas y políticas de la organización, constituyendo el lazo de balance de los innovadores B1 denominado Saturación de AP. Este capital político, en la práctica representa la sostenibilidad de las iniciativas, mediante el acceso a los recursos económicos necesarios para acometer proyectos estratégicos de largo plazo. Este capital político capturado, contribuirá por medio del lazo de refuerzo de los imitadores R1 denominado Boca a Boca, a atraer más capital en la medida en que interactúan con otros que aún no adoptan la visión propuesta por la entidad espacial y al aumento en la percepción de éxito de los proyectos ejecutados. Es decir, la percepción de las circunstancias del momento, sumada a la interacción entre el potencial de apoyo y los agentes movilizados, ocasionarán que haya una mayor predisposición a apoyar la causa de la entidad espacial. La inversión que el gobierno destina para el desarrollo de proyectos espaciales, en forma de recursos para la I+D y el presupuesto de la entidad espacial, tiene como efecto primario, la multiplicación de los retornos económicos provenientes de la ejecución de proyectos espaciales, que a su vez regresan a contribuir en el PIB de Colombia formando el lazo R2 denominado economía espacial. Un segundo efecto de la ejecución de proyectos espaciales es la percepción de éxito de la iniciativa espacial. La ejecución de proyectos cada vez más ambiciosos y de impacto estratégico, aumenta

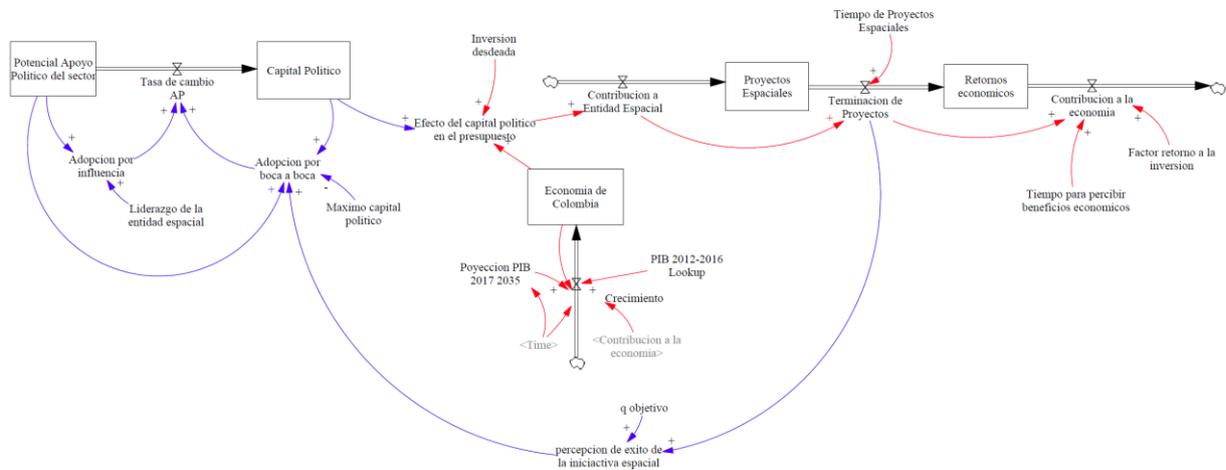
el coeficiente de imitación y por tanto, la disposición para que el potencial apoyo político se transforme en capital político por medio de agentes movilizadores que llevan el voz a voz. Este comportamiento está representador en el lado de refuerzo R3, llamado Programa Espacial.

### 7.3.2.2 Modelo Forrester

Las ecuaciones matemáticas del modelo se obtienen a partir de un Diagrama de Forrester, en el cual se recoge lo expuesto en la hipótesis dinámica para formular un modelo cuantitativo. Para elaborar el diagrama y realizar las distintas simulaciones de este trabajo, se ha utilizado el entorno de simulación dinámica Vensim® de Ventana Systems Inc., que permite además del diseño de diagramas de lazo causal, el desarrollo de diagramas de Forrester y la generación de las ecuaciones a partir de este último.

La Figura 26 muestra el diagrama de Forrester propuesto. La parte izquierda (en color azul), es la correspondiente al modelo Bass, que representa la difusión de apoyo político al sector espacial, mientras que la parte derecha del modelo (en color rojo), corresponde a la economía espacial expuesta en el modelo causal.

**Figura 26 Diagrama de Forrester. (Elaboración propia)**



Fuente: Elaboración propia

Se determinan los siguientes supuestos para el modelo Forrester:

1. El modelo está enfocado en la influencia de la entidad espacial con base en sus iniciativas y liderazgo. No se presta atención a otras interacciones probables, como pueden ser flujos de dinero, la rendición de cuentas, la transparencia, ni las interacciones con actores internacionales.

2. El modelo asume que la institución pública es eficiente.
3. La población es homogénea.
4. La población no varía en el tiempo del estudio.
5. Todos los proyectos son exitosos y generan retornos de inversión cuantificables.
6. El horizonte de simulación comprende desde el año 2011 hasta el 2035.

La Tabla 17 muestra las variables que determinan los límites del modelo. Estas variables fueron establecidas a través de la analogía con el modelo Bass propuesto por Sterman, las consideraciones de expertos, y los marcos teóricos estudiados sobre el funcionamiento de la economía espacial.

**Tabla 17 Listado de variables del sistema. (Elaboración propia)**

<b>Parámetro</b>	<b>Descripción</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidad</b>
Potencial apoyo político del sector	Nivel de apoyo político existente en el país y que puede apoyar el desarrollo del sector espacial	Nivel	Adimensional (escala 0-1)
Capital político	Sector político que apoya las iniciativas del sector espacial	Nivel	Adimensional (escala 0-1)
Economía de Colombia	Producto interno bruto de Colombia	Nivel	Billones de dólares
Proyectos Espaciales	Presupuesto invertido para la realización de proyectos espaciales en Colombia	Nivel	Billones de dólares
Retornos económicos	Proyectos del sector espacial que han sido ejecutados	Nivel	Billones de dólares
Tasa de cambio de AP	Variación del apoyo político por unidad de tiempo	Tasa	1/año
Crecimiento	Variación del PIB de Colombia por unidad de tiempo	Tasa	Billones de dólares/año
Contribución a entidad espacial	Presupuesto asignado a la entidad espacial por unidad de tiempo	Tasa	Billones de dólares/año
Terminación de proyectos	Presupuesto de los proyectos que han sido terminado por unidad de tiempo	Tasa	Billones de dólares/año
Contribución a la economía	Retornos generados por los proyectos realizados por unidad de tiempo	Tasa	Billones de dólares/año
Liderazgo de la entidad espacial	Influencia de una organización en el apoyo político según el tipo de estructura	Constante	1/año
Máximo capital político	Límite esperado del apoyo político a obtener por el sector espacial	Constante	Adimensional
Tiempo de proyectos espaciales	Tiempo requerido para la terminación de un proyecto espacial	Constante	Año
Tiempo para percibir beneficios económicos	Tiempo estimado en que la inversión en el sector espacial genera retornos económicos	Constante	Año
Factor de retorno a la inversión	Número de veces que se incrementa la inversión realizada en proyectos del sector espacial	Constante	Adimensional
Adopción por influencia	Adopción como resultado de la influencia de la entidad espacial	Auxiliar	1/año

Adopción por boca a boca	Adopción como resultado de la interacción entre el potencial apoyo político y quienes ya se han convertido en capital político del sector espacial	Auxiliar	1/año
Efecto del capital político en el presupuesto	Presupuesto que se destina a la entidad espacial como resultado de la adopción del sector espacial	Auxiliar	Billones de dólares/año
PIB 2012-2016 Lookup	Valor histórico de crecimiento del PIB de Colombia entre 2012 y 2016	Auxiliar	1/año
Proyección PIB 2017-2035	Crecimiento esperado del PIB de Colombia entre el 2017 y 2035	Auxiliar	1/año

Fuente: Elaboración propia

En este modelo, las variables *Influencia de la entidad espacial*, *percepción de éxito de la iniciativa espacial* y *máximo capital político* son equivalentes a los coeficientes de innovación (p), de imitación (q) y al tamaño de mercado (m) respectivamente, los cuales se identifican en el modelo Bass. La determinación de estas variables es fundamental para establecer el comportamiento del apoyo político en el tiempo. Bass (2004) era consciente de que para llevar a cabo esta tarea, se requiere de grandes cantidades de datos históricos, pero para los casos en que esto no es posible, él propone su valoración por analogía con otros productos o tecnologías.

La tarea ahora es determinar cómo se comparan los coeficientes p y q entre las tres estructuras. Según el trabajo de Selin (2013), una entidad como la CCE, tendría el coeficiente de innovación más bajo de las tres estructuras, debido a que en su análisis, las entidades que requieren trabajar en conjunto con muchas otras agencias, tiene bajos estimados en cuanto su independencia de decisiones políticas e independencias de los tomadores de decisión. Con respecto al nivel de influencia que pueden ejercer comparativamente una unidad administrativa especial y un departamento administrativo, podemos encontrar en la historia reciente de Colombia un caso que permite realizar este análisis. La ley 1286 de 2009, que modifica la Ley 29 de 1990, transformó a Colciencias, de ser el Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología (unidad administrativa especial), que se encontraba adscrito al Departamento Nacional de Planeación, en el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación. Este cambio le ha permitido a Colciencias tener línea directa al presidente de la república, e influir con mayor fuerza en las decisiones políticas del gobierno, con lo cual ha logrado que su presupuesto se haya incrementado sustancialmente a partir del año 2010, cuando comienza la primera vigencia con la nueva estructura organizacional como se observa en la Tabla 18. Es decir, se estima que un departamento administrativo tiene mayor influencia en el sistema político que una unidad administrativa.

**Tabla 18 Inversión en ACTI e I+D como porcentaje del PIB. (Elaboración propia, basado en OCyT (2016))**

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<b>ACTI</b>	0.445%	0.401%	0.457%	0.490%	0.454%	0.468%	0.478%	0.537%	0.621%	0.704%	0.736%	0.711%
<b>I+D</b>	0.153%	0.149%	0.177%	0.193%	0.190%	0.189%	0.203%	0.219%	0.280%	0.301%	0.288%	0.271%

Fuente: Elaboración propia, basado en OCyT (2016)

Ahora bien, una vez que se tiene una noción del orden de precedencia que tienen estas estructuras de acuerdo con su nivel de influencia en el sector espacial, es necesario determinar los coeficientes  $p$  y  $q$  para cada uno de los tipos de estructura a simular; para lo cual se utilizará como referencia el estudio realizado por Fligh & Palmer (2013), quienes estimaron estos factores al interior de cuarenta organizaciones del gobierno de los EE.UU. teniendo en cuenta aspectos como la centralización del poder, la complejidad de la organización, la formalidad de la estructura y el grado en el cual la organización está conectada socialmente. Sus conclusiones indican que mayores niveles de concentración de liderazgo en una organización, conllevan a mayores coeficientes de innovación y a una mayor rapidez en la adopción de la innovación.

Si entendemos el sector público espacial colombiano como una organización dentro de la cual se realizan procesos de difusión de información (influencia política), podemos afirmar como proponen Fligh y Palmer (2013), que este proceso ocurre en dos pasos. Un primero en el que los líderes de la organización toman la decisión de adoptar una innovación, actuando con la fuente de influencia externa, y que luego comunican al resto de la organización, que conforma el mercado potencial (potencial apoyo político) para dicha innovación. El segundo paso es que una vez se inicia el proceso interno de adopción de la innovación, este tiene continuidad en el tiempo debido a la interacción entre los miembros de la organización. La similitud de este proceso con el propósito de este trabajo es innegable. El liderazgo dentro de la organización está representado por la entidad espacial encargada de promover la adopción de una estrategia espacial en el mercado potencial, compuesto por los diferentes organismos estatales, dentro de los que se cuentan la presidencia, el congreso, los ministerios, partidos políticos; así como el sector privado y la población en general.

La influencia de los tres tipos de estructura para la entidad espacial está entonces directamente relacionada con el nivel de concentración del liderazgo (ver Tabla 19). Las comisiones intersectoriales, como la CCE, carecen de poder real dentro del estado, puesto que su capacidad de actuar depende fundamentalmente los niveles de coordinación entre los diferentes entes gubernamentales que la integran, no poseen independencia política y de toma de decisiones, tienen estructuras complejas y mucha informalidad si se tiene en cuenta que sus

miembros no tienen subordinación unos a otros, todo esto supone que su coeficiente de innovación o capacidad de liderazgo será el más bajo de los tres tipos de organización. El coeficiente de imitación de estas organizaciones se estima intermedio porque el hecho de que se encuentre integrada por diversidad entidades puede facilitar las comunicaciones interpersonales y contribuir al difundir los beneficios de los proyectos implementados. Se considera medio porque no obstante está integradas por muchas entidades, su conformación por personas de nivel medio-bajo de estas, limita que el mensaje llegue a los niveles más altos en donde puede tener mayor impacto. Las unidades administrativas poseen estructuras formales, con un nivel de concentración de poder notablemente mayor que una comisión intersectorial, pero su campo de acción y nivel de independencia aún es limitado, pues están subordinadas a un ministerio o a un departamento administrativo. Su capacidad de influir por medio de las comunicaciones entre los miembros del gobierno es medio-alto porque su formalidad y especialización contribuye a tener asiento en reuniones con altos funcionarios del gobierno a lo que pueden transmitir su mensaje. Finalmente, los departamentos administrativos son estructuras que se encuentran al más alto nivel de la estructura del Estado, con una mayor capacidad de influir en otras entidades y con independencia de decisiones, y por tanto se asume que tiene el mayor coeficiente de innovación de las tres estructuras. De la misma forma, su coeficiente de imitación será alto debido a su posición dentro de la estructura del estado, lo que permita difundir con enfoque arriba-abajo los beneficios de su gestión.

**Tabla 19 Tipos de estructura y su influencia en la organización del sector espacial. (Elaboración propia)**

Tipo de Entidad	Factores que afectan la innovación en la organización			
	Concentración del poder	Complejidad de la organización	Formalidad de la Estructura	Conexión social
Comisión intersectorial	Baja	Alta	Baja	Media
Unidad Administrativa Especial	Media-Alta	Media-Baja	Alta	Alta
Departamento Administrativo	Alta	Media-Baja	Alta	Alta

Fuente: Elaboración propia

Fligh & Palmer emplearon datos de un periodo de 12 años para estimar los coeficientes p y q de las estructuras bajo estudio. Los datos disponibles en Colombia con relación a la inversión en exploración y explotación del espacio, solo aparecen desde 2011, es decir hay solamente 7 años de información. Se estima que los datos existentes no son suficientes para establecer unos coeficientes para el caso colombiano, razón por la cual se propone entonces, la

utilización de los datos encontrados por Flight & Palmer, realizando una segmentación de estos según el tiempo de adopción de la innovación de la organización, que como se mencionó, está directamente relacionado con la concentración del liderazgo y se asocia con el tipo de estructura existente en Colombia para la entidad espacial (ver Tabla 20).

**Tabla 20 Coeficientes p y q según el tiempo de adopción. (Elaboración propia)**

Tiempo de Adopción (años)	p	q	Tipo de Entidad
1-4	0.0759	0.3761	Departamento Administrativo
4-7	0.0510	0.2832	Unidad Administrativa
>7	0.0126	0.1314	Comisión intersectorial

Fuente: Elaboración propia

Ahora bien, si la entidad espacial es la misma durante todo el horizonte de simulación, entonces el coeficiente de innovación (p), denominado liderazgo de la entidad espacial, también permanecerá constante. Por otro lado, el coeficiente de imitación (q) está directamente relacionado con la percepción de éxito de las iniciativas espaciales, siendo el valor de la Tabla 20 el mayor valor posible que puede tomar. A continuación, se muestran las ecuaciones que representan estos dos coeficientes en el modelo:

$$\begin{aligned}
 & \text{Adopcion por influencia} \\
 & = \text{Liderazgo de la entidad espacial} \\
 & * \text{Potencial Apoyo Politico del sector} \quad (6)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{percepcion de exito de la entidad espacial} \\
 & = \text{IF THEN ELSE}(\text{Terminacion de Proyectos} \\
 & > 0.01, q \text{ objetivo}, q \text{ objetivo} \quad (7) \\
 & * \text{Terminacion de Proyectos}/0.01)
 \end{aligned}$$

De acuerdo con la ecuación (7), la variable **percepción de éxito de la entidad espacial** (adimensional) tomará valores del coeficiente de imitación objetivo, según el tipo de estructura de la entidad espacial. Se asume que el valor mínimo que deben tener los proyectos terminados debe ser del orden de 10 millones de dólares para que la percepción tome el valor objetivo de q. Cualquier valor de proyectos por debajo de este monto, tendrá un valor de q que será proporcional con esa inversión. La razón por la cual se asume ese valor mínimo para la terminación de proyectos, proviene de los estudios anuales realizados por Euroconsult, denominados Programas Espaciales Gubernamentales. En estos reportes Euroconsult solamente considera a los países cuyos programas tengan una inversión igual o superior a 10 millones de dólares, lo cual es lógico si se tiene en cuenta que cualquier proyecto que se pretenda realizar en el sector requiere de altas inversiones. Entonces, para que Colombia tenga una inversión

significativa en el sector como para ser considerada en este tipo de reportes, se debe alcanzar ese valor mínimo en la inversión gubernamental hacia el sector espacial.

El nivel **Potencial Apoyo Político del sector**, con unidades adimensionales, variará entre 0 y 1, considerando 1 como el máximo apoyo político que puede existir para el sector espacial. El valor inicial en el escenario actual de la comisión colombiana del espacio se ha estimado en 0.9 unidades de acuerdo con las consultas a expertos del sector. Esto significa que la mayor parte de los hacedores de política y los tomadores de decisión del país aún no han sido convertidos en seguidores de los proyectos espaciales que desde el año 2006 ha buscado la CCE, siendo esto confirmado por el hecho de que, aunque se han intentado realizar compras de satélites de comunicaciones y de observación de la tierra en la última década, en la práctica la inversión que ha tenido el sector no ha superado los 2.5 millones de dólares en un año.

$$\text{Potencial apoyo politico del sector} = \text{INTEG}(-\text{Tasa de cambio AP}, 0.9) \quad (8)$$

La variable de flujo **Tasa de cambio AP** (1/año), se regula con la suma de las variables **Adopción por influencia** (1/año) y **Adopción por voz a voz** (1/año).

$$\text{Tasa de cambio} = \text{Adopción por influencia} + \text{Adopción por boca a boca} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \text{Adopción por boca a boca} \\ = \text{Capital Politico} * \text{Potencial Apoyo Politico del sector} \\ * \text{percepcion de exito de la iniciativa espacial} \\ / \text{Maximo capital politico} \end{aligned} \quad (10)$$

La última parte del modelo Bass la compone el nivel **Capital Político** (adimensional). Este nivel toma valores entre 0 y 1, siendo 1 la totalidad del apoyo político convertido en capital político por acción del liderazgo de la entidad espacial y del voz a voz que se genera por la percepción de éxito de los proyectos realizados por esta organización. Teniendo en cuenta que al potencial apoyo político del sector se le asignó un valor inicial de 0.9 unidades, quiere decir esto que el capital político inicial es de 0.1 unidades.

$$\text{Capital politico} = \text{INTEG}(\text{Tasa de cambio AP}, 0.1) \quad (11)$$

El submodelo de la economía espacial de Colombia está conformado por tres niveles, **Economía de Colombia** (Billones de dólares), **Proyectos Espaciales** (Billones de dólares) y

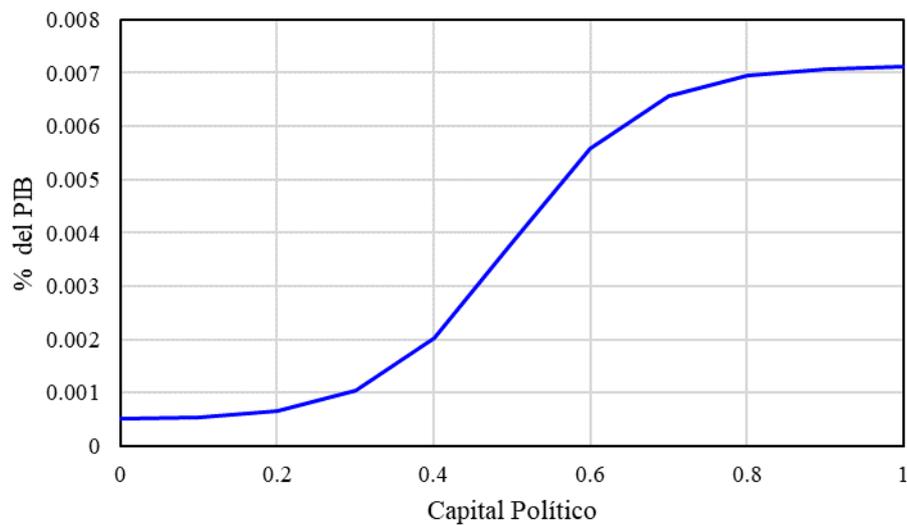
**Retornos Economicos** (Billones de dólares). La economía de Colombia corresponde al producto interno bruto en precios corrientes, es decir, al valor que tuvo durante cada año sin tener en cuenta ajustes anuales por efecto de la inflación, y está controlada por la variable de flujo **Crecimiento** (Billones de dólares/año). El crecimiento de la economía de Colombia está determinado por las variables **PIB 2012-2016** (1/año), que es una variable del tipo lookup que contiene la variación porcentual del PIB colombiano, **Proyeccion PIB 2017-2035** (1/año) que contiene la estimación de variación futura del PIB colombiano en términos porcentuales, y **Contribucion a la economía** (Billones de dólares/año) que es el aporte que el sector espacial hace a la economía del país por cada proyecto que se finaliza de forma exitosa.

$$\begin{aligned}
 \text{Crecimiento} = & \text{IF THEN ELSE}(\text{Time} \\
 & < 2017, \text{"PIB 2012 – 2016 Lookup"}(\text{Time}) \\
 & * \text{Economia de Colombia} \\
 & + \text{Contribucion a la economia, Poyeccion PIB 2017 2035} \\
 & * \text{Economia de Colombia} + \text{Contribucion a la economia})
 \end{aligned}
 \tag{12}$$

$$\text{Economia de Colombia} = \text{INTEG}(\text{Crecimiento}, 335.415)
 \tag{13}$$

Los proyectos espaciales son una consecuencia del presupuesto que se le asigna al programa espacial, representado por la variable de flujo **Contribucion a entidad espacial** (Billones de dólares/año). Como se ha mencionado anteriormente, el capital político es el que determina el presupuesto que se destina para este sector, así que la variable **Efecto del capital politico en el presupuesto** (Billones de dólares/año) es la que representa como varía la contribución del gobierno a los proyectos espaciales a medida que el capital político aumenta. El comportamiento de esta variable sigue el de una función logística, en donde el capital político debe alcanzar un valor representativo para que tenga un efecto importante en el presupuesto asignado, hasta alcanzar un valor máximo asintótico (ver Figura 27). El efecto en el presupuesto está expresado en un porcentaje del PIB anual.

**Figura 27 Efecto del apoyo político en el presupuesto. (Elaboración propia)**



Fuente: Elaboración propia

$$\begin{aligned}
 & \text{Efecto del capital político en el presupuesto} \\
 & = (8e - 006 + Inversion\ deseada / (1 + EXP(-12 \\
 & * (Capital\ Político - 0.5)))) * Economía\ de\ Colombia \quad (14)
 \end{aligned}$$

El valor inicial de la curva es el correspondiente a la inversión del gobierno en el sector para el año 2011, es decir, el presupuesto de I+D como porcentaje del PIB en el objetivo socioeconómico llamado exploración y explotación del espacio equivalente a 0.0008%. La variable **Inversion deseada** (1/año) está expresada en términos porcentuales anuales del PIB colombiano. Su valor se ha definido en 0.00713%, tomando como referencia a Sudáfrica, un país con un PIB similar al de Colombia en los últimos cinco años, y que a pesar de la crisis económica mundial ha mantenido su inversión en el sector espacial.

La variable de nivel **Proyectos Espaciales** (Billones de dólares) recibe el flujo proveniente de la **Contribucion a Entidad Espacial** (Billones de dólares/año), pero sufre un retardo establecido por la constante **Tiempo de Proyectos Espaciales** (año) que se ha definido en 3 años, que según expertos, es un periodo considerado normal para la ejecución de un proyecto del sector.

$$\begin{aligned}
 & \text{Contribucion a Entidad Espacial} \\
 & = \text{Efecto del capital político en el presupuesto} \quad (15)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \textit{Proyectos Espaciales} \\
& = \textit{INTEG}(\textit{Contribucion a Entidad Espacial} \\
& \quad - \textit{Terminacion de Proyectos}, 0)
\end{aligned}
\tag{16}$$

$$\begin{aligned}
& \textit{Terminacion de Proyectos} \\
& = \textit{DELAY FIXED}(\textit{Contribucion a Entidad Espacial}, \textit{Tiempo de Proyectos} \\
& \quad \textit{Espaciales}, \textit{Contribucion a Entidad Espacial})
\end{aligned}
\tag{17}$$

Finalmente, los proyectos terminados generan retornos económicos al país, situación que está representada por el conjunto del nivel **Retornos económicos** (Billones de dólares) y la variable de flujo **Contribucion a la economía** (Billones de dólares/año), en la cual se ha adicionado un retardo de 4 años que representa el comportamiento económico de estos proyectos. El factor multiplicador de los proyectos del sector espacial es de 1.4, un valor conservador si se tiene en cuenta que en promedio, los principales actores del sector perciben un factor de 3.6 (OECD, 2014c, 2016).

$$\begin{aligned}
& \textit{Retornos economicos} = \textit{INTEG}(\textit{Terminacion de Proyectos} - \\
& \quad \textit{Contribucion a la economia})
\end{aligned}
\tag{18}$$

$$\begin{aligned}
& \textit{Contribucion a la economia} \\
& = \textit{DELAY FIXED}(\textit{Terminacion de Proyectos} \\
& \quad * \textit{Factor retorno a la inversion}, \textit{Tiempo para percibir beneficios economicos} \\
& \quad , \textit{Terminacion de Proyectos} * \textit{Factor retorno a la inversion})
\end{aligned}
\tag{19}$$

### 7.3.2.3 Validación del modelo

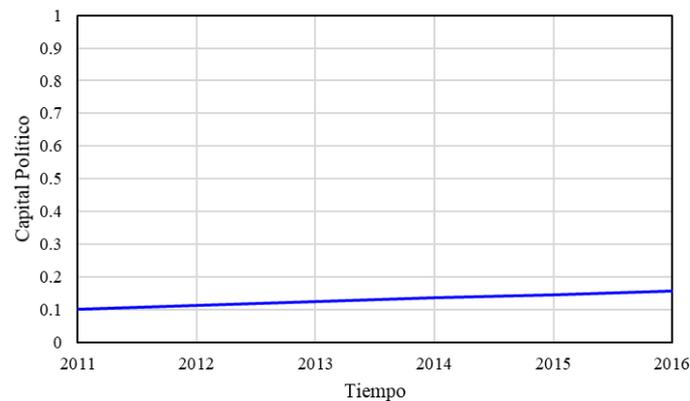
Para validar el modelo propuesto, se establece como método la reproducción del comportamiento previsto tomando como base de la entidad espacial, la Comisión Colombiana del Espacio; verificando el comportamiento del capital político y el presupuesto de la entidad espacial para el período 2011-2016, debido a que solo a partir de 2011 se comenzó a medir en Colombia el presupuesto de I+D para el objetivo socioeconómico (OSE) de exploración y explotación del espacio. Para tal fin, se establecen los siguientes parámetros:

$$\textit{Liderazgo de la entidad espacial} = 0.0126 \tag{20}$$

$$q \textit{ objetivo} = 0.1314 \tag{21}$$

Para el año 2011, el capital político con que cuenta el sector espacial es de 0.1 unidades, como es establecido en la correspondiente variable de nivel. Como se esperaba, el bajo poder de liderazgo de la CCE lentamente moviliza agentes del potencial apoyo político hacia el capital político, alcanzando este último un valor máximo de 0.15 unidades en el año 2016, es decir, un cambio mínimo. Esto se puede observar en la Figura 28.

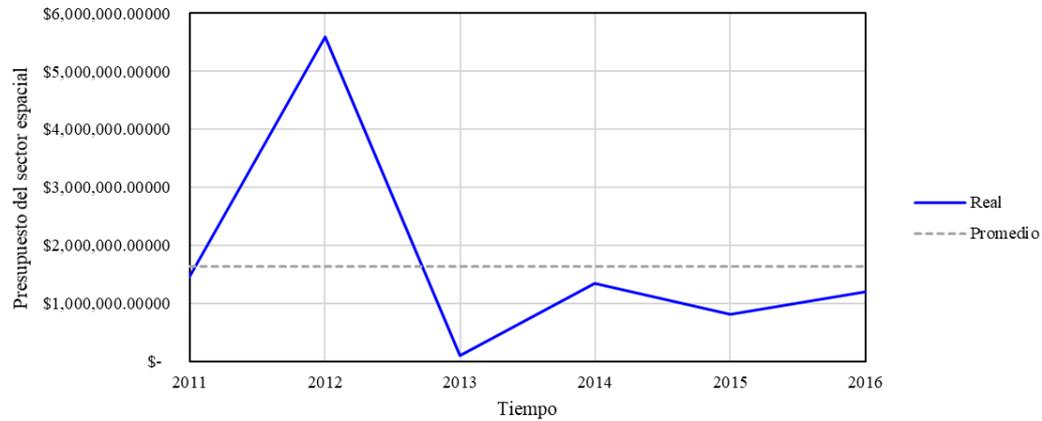
**Figura 28 Comportamiento del Capital Político en el período 2011-2016 en las condiciones que verifican el modelo de referencia. (Elaboración propia)**



Fuente: Elaboración propia.

El presupuesto asignado al sector durante este periodo fue en promedio de USD\$1.983.345,26. La Figura 29 muestra la variación de este presupuesto para los años establecidos en el periodo de validación. Considerando que en el país no se han llevado a cabo proyectos relacionados con un programa espacial, el presupuesto del sector se limita a la I+D del OSE mencionado anteriormente, los cuales están en el informe de 2016 del Observatorio de Ciencia y Tecnología, sin embargo, este informe no incluye los datos del presupuesto que la FAC ha invertido por ese concepto, por lo cual se han adicionado al presupuesto de los años 2012, 2014 y 2016. Debido a que los datos disponibles no son suficientes para establecer una tendencia con un intervalo de confianza adecuado, se espera que el comportamiento del modelo se asemeje al promedio del presupuesto de ese periodo.

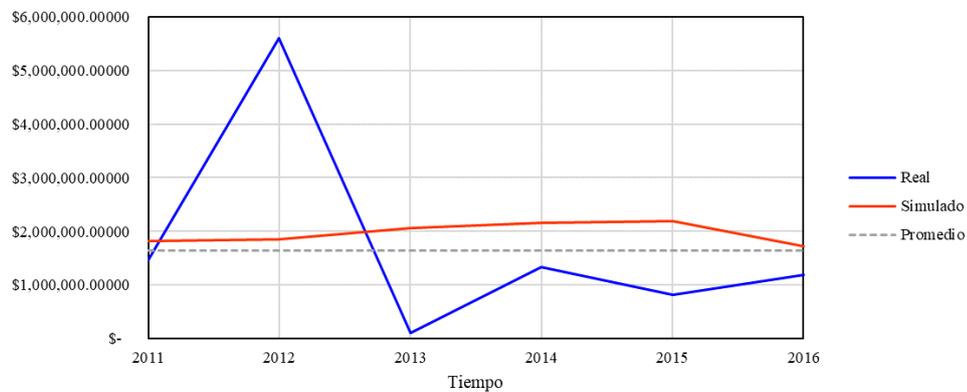
**Figura 29 Presupuesto I+D para el OSE “Exploración y Explotación del Espacio” en el periodo 2011-2016. (Elaboración propia, basada en OCyT (2016) y FAC (2017))**



Fuente: Elaboración propia, basada en OCyT (2016) y FAC (2017)

El comportamiento entre los años 2011 a 2016, de la variable **Efecto del capital político en el presupuesto** se muestra en la Figura 30. Esta variable es controlada por el capital político, y dado que la variación de este es baja, el comportamiento del presupuesto para la entidad espacial se espera se mantenga correspondiente con el valor promedio de la inversión del sector.

**Figura 30 Efecto del capital político en el presupuesto en las condiciones que verifican el modelo de referencia. (Elaboración propia)**

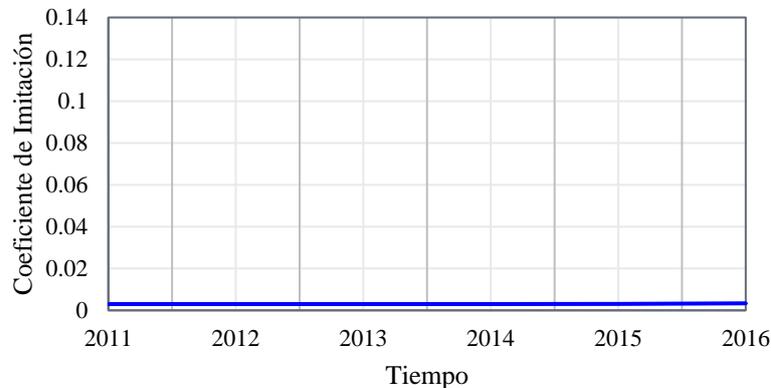


Fuente: Elaboración propia

El modelo relaciona, además, el presupuesto de la entidad espacial y sus proyectos terminados con la percepción de éxito de las iniciativas espaciales. Para el periodo 2011-2016, debido a que el presupuesto no sufrió cambios significativos, se espera entonces que el valor de la percepción de éxito, es decir, del coeficiente de imitación del modelo Bass, permanezca no solamente constante, sino también en un valor muy inferior al del  $q$  objetivo correspondiente a la CCE, el cual se estimó en 0.1314 unidades. La Figura 31 muestra este comportamiento,

confirmado que la movilización de apoyo político en el modelo Bass no está siendo influenciada por el boca a boca que pueden generar los proyectos.

**Figura 31 Percepción de éxito de la iniciativa espacial en el período 2011-2016 en las condiciones que verifican el modelo de referencia. (Elaboración propia)**



Fuente: Elaboración propia

Los anteriores resultados fueron validados por el Doctor César Ocampo<sup>4</sup>, con lo que comprobamos el comportamiento del modelo de referencia; que nos indica que el liderazgo de la CCE y la percepción de éxito de sus iniciativas durante los años 2011 y 2016 no han sido suficientes para en primer lugar, movilizar apoyo político hacia capital político y, en segundo lugar, como consecuencia de lo anterior, conseguir la asignación de presupuesto suficiente que cubra otros proyectos además de actividades de I+D, que son importantes, pero que para un país como Colombia con pocas capacidades desarrolladas en el sector espacial, requiere como detonador la ejecución de un proyecto de mayor envergadura que incluya la transferencia de tecnología.

### 7.3.3 Experimentación y resultados

Una vez se ha validado el modelo en las condiciones de referencia, se continúa con el estudio de las tres estructuras organizacionales para el horizonte de simulación definido hasta el año 2035. Se han entonces igual número de escenarios, en los cuales se interviene el modelo en los parámetros: **Liderazgo de la entidad espacial** y **q objetivo**. Los tres escenarios son:

1. CCE. Es el modelo ajustado a los parámetros de la entidad espacial existente en Colombia. Aunque estos parámetros fueron los que se usaron para validar el modelo, en esta ocasión el horizonte de simulación comprende hasta el año 2035,

---

<sup>4</sup> Ingeniero aeroespacial, PhD en astrodinámica. Trabajo durante más de veinte años en la NASA y actualmente es el Director de Colciencias,

con lo cual se pretende identificar sus límites y poder realizar la comparación con las dos alternativas propuestas. Los valores de los parámetros de intervención son:

**Liderazgo de la entidad espacial**= 0.0126

**q objetivo**= 0.1314

2. UAE. Es el modelo ajustado a los parámetros de una estructura organizacional del tipo Unidad Administrativa Especial. Teniendo en cuenta que quiere comparar como afectaría la implementación de una entidad diferente para dirigir la política espacial de Colombia, se adiciona una función IF THEN ELSE a la variable **Liderazgo de la entidad espacial**, de tal suerte que se pueda observar a partir del año 2017 como cambia el modelo.

**Liderazgo de la entidad espacial**= IF THEN ELSE(Time>2016, 0.051, 0.0126)

**q objetivo**= 0.2832

3. DA. Finalmente, este escenario considera que la entidad espacial de Colombia sea del tipo Departamento Administrativo. Al igual que en el escenario UAE, se evalúa el modelo con estos parámetros a partir del año 2017.

**Liderazgo de la entidad espacial**= IF THEN ELSE(Time>2016, 0.0759, 0.0126)

**q objetivo**= 0.3761

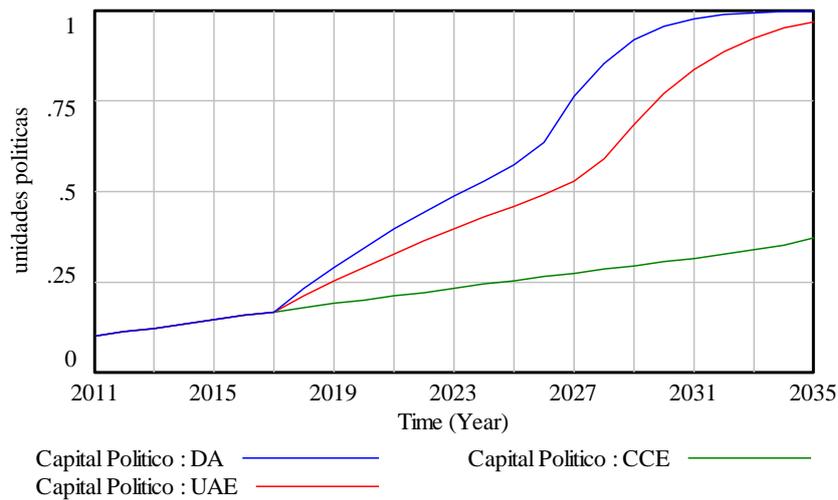
### **7.3.3.1 Comportamiento comparado de los escenarios**

Los indicadores de comportamiento incluyen los mismos que se utilizaron para validar el modelo, es decir, la variable de nivel **Capital Político** y las variables: **Efecto del capital político en el presupuesto** y **percepción de éxito de la iniciativa espacial**. Además, se incluyen las variables de flujo **Tasa de cambio AP** y **Contribucion a la economía**, que nos ayudarán a entender tanto la difusión de la innovación que aporta cada tipo de entidad, como la contribución económica de este sector.

Como se esperaba, a partir de 2017 con el cambio de la estructura organizacional, el capital político tanto para el escenario UAE, como para DA, tiene un crecimiento más rápido que el proyectado para el escenario CCE (ver Figura 32). Al comparar el comportamiento de los

escenarios UAE y DA, se observa que este último alcanza las 0.5 unidades políticas tres años después de creada la estructura, mientras que para el escenario UAE, alcanzar ese mismo valor le toma aproximadamente 4.5 años. El capital político alcanzar un valor máximo de 0.37 unidades políticas en el escenario CCE, mientras que para UAE es de 0.97 unidades políticas y para DA es de 0.99 unidades políticas.

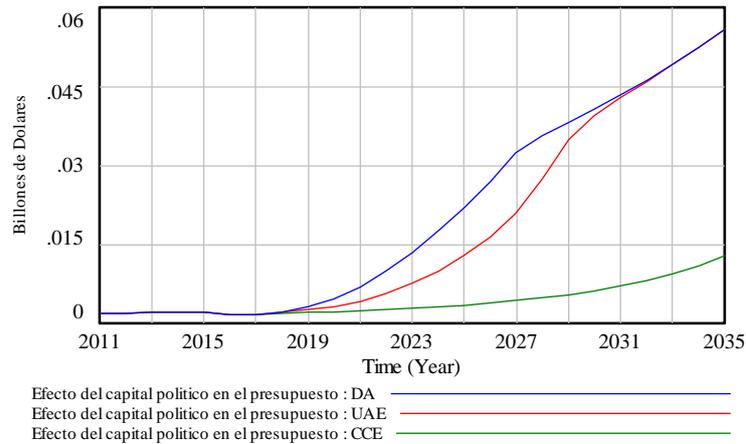
**Figura 32 Comportamiento de la variable Capital Político para los tres escenarios. (Elaboración propia)**



Fuente: Elaboración propia

El efecto del capital político también responde según lo esperado en los tres escenarios. En la Figura 33 se evidencia que a mayores niveles de apoyo político, corresponden mayores niveles de presupuesto que se destinarán a desarrollar proyectos de la entidad espacial. A partir del año 2017, cuando se propone la creación de una nueva estructura organizacional para la entidad espacial, el presupuesto comienza a crecer lentamente, y para el año 2021, el presupuesto del escenario UAE un 78% superior al del escenario CCE, y a su vez, el del escenario DA es 60% mayor que el del escenario UAE. Para el año 2030, la diferencia entre el presupuesto que obtiene la UAE y el DA es casi imperceptible. En ese año los valores de apoyo político que se obtienen en cada escenario son de 0.76 y 0.95 unidades políticas, lo que se puede interpretar en un apoyo político de 0.75 unidades políticas tiene un efecto marginal en el presupuesto de la entidad espacial.

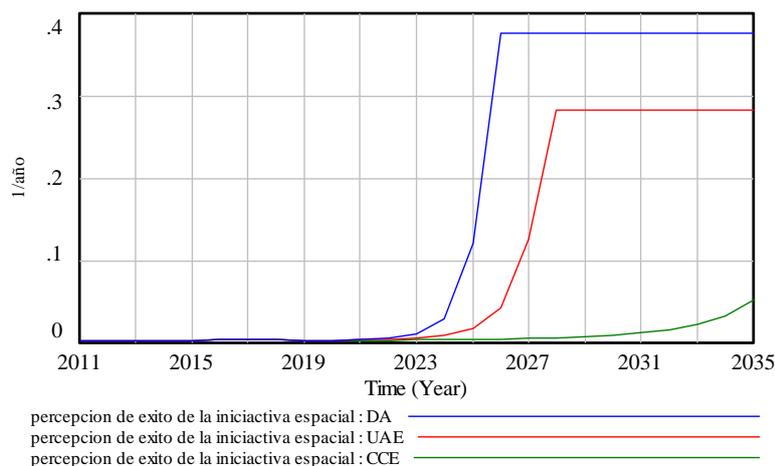
**Figura 33 Comportamiento de la variable Efecto del capital político en el presupuesto para los tres escenarios. (Elaboración propia)**



Fuente: Elaboración propia

Un factor que incide de manera importante en la respuesta que tienen los tres escenarios propuestos es la percepción de éxito de la iniciativa espacial, que corresponde con el coeficiente de imitación asociado con el tipo de estructura organizacional propuesta. La percepción de éxito en cada escenario alcanza su valor máximo cuando el presupuesto de los proyectos terminados es mayor a diez millones de dólares (ver Figura 34). La diferencia en el liderazgo de la entidad espacial en cada escenario contribuye, como se explicó anteriormente, a un mayor presupuesto para el sector espacial, y a su vez, se perciben con mayor rapidez los beneficios de estos proyectos.

**Figura 34 Comportamiento de la percepción de éxito de la iniciativa espacial. (Elaboración propia)**

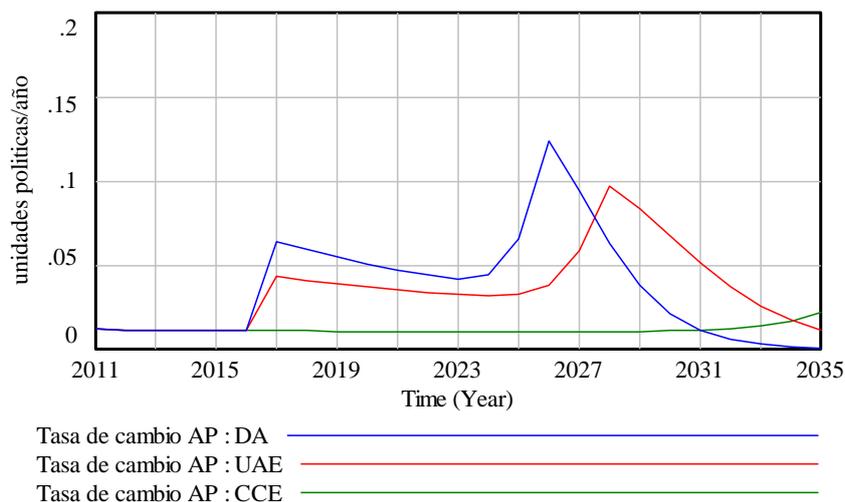


Fuente: Elaboración propia

La Figura 35 permite entender lo explicado anteriormente. En el año 2017, el liderazgo de la entidad espacial sufre un incremento en cada escenario según la estructura organizacional.

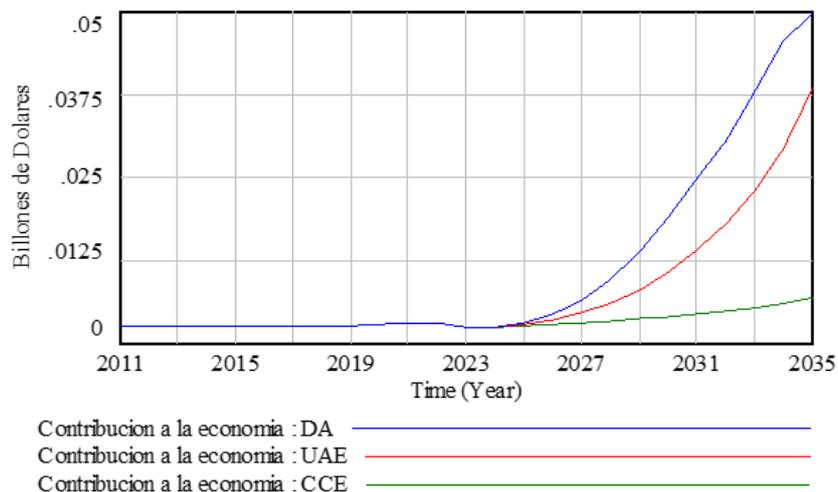
Según los hallazgos de Fligth & Palmer, las organizaciones con una mayor centralización de su liderazgo, tienen mayor coeficientes de innovación, y como resultado poseen una mayor rapidez en su difusión. La transferencia entre el potencial apoyo político y el capital político se realiza con mayor rapidez en el escenario DA, inclusive, alcanzando su pico dos años antes que el escenario UAE, sino que también su valor máximo es un 50% mayor.

**Figura 35 Comportamiento de la variable Tasa de cambio AP. (Elaboración propia)**



Fuente: Elaboración propia

**Figura 36 Comportamiento de la variable Contribución a la economía. (Elaboración propia)**



Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la variable contribución a la economía también se comporta de acuerdo con lo esperado según se observa en la Figura 36. Los proyectos terminados en cada escenario tienen un retardo de cuatro años para comenzar a generar beneficios económicos, razón por la cual, la diferencia en esta variable se comienza a observar a partir del año 2025. Es decir, los proyectos

terminado en el año 2021, comienzan a generar retornos que se revierten a la economía colombiana cuatro años después.

El modelo demuestra que efectivamente una comisión intersectorial no es el tipo de estructura requerida para conducir la política espacial de Colombia. Esta estructura carece de los atributos necesarios para obtener el apoyo político que se necesita para liderar el sector, implementar los instrumentos financieros y de gobierno que estimulen adecuadamente las actividades espaciales.

El Departamento administrativo resulta la opción más adecuada para asumir la responsabilidad de dirigir la política espacial. La Unidad Administrativa Especial y el Departamento Administrativo tienen formas muy similares, sin embargo, la independencia sectorial del segundo es lo que permite que actúe sin presión de los intereses de algún ministerio en particular, de manera que se garantiza que su actuar sea dirigido por los intereses y objetivos nacionales.

## 8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 8.1 CONCLUSIONES

El sector espacial mundial está experimentando una segunda carrera espacial. Los desarrollos tecnológicos y la implementación de nuevos procesos industriales, están teniendo un efecto importante en la economía del sector a todo nivel, reduciendo costos y permitiendo la aparición de nuevos actores. En el *upstream*, los sectores de fabricación y lanzamiento de satélites, han evidenciado una mayor volatilidad en sus ingresos durante los últimos cuatro años. La oportunidad creada por la disrupción generada a partir del desarrollo de satélites pequeños, ha modificado el panorama de actores en esa sección de la cadena de valor, permitiendo el ingreso de nuevos fabricantes, principalmente en países que tradicionalmente no han sido considerados potencias espaciales. Las decisiones políticas del año 2011 en el principal mercado del mundo, EE.UU., han tenido consecuencias en los lanzadores, conllevando a una mayor participación de países como Rusia, China e India, y recientemente con la revolución creada por SpaceX y sus cohetes reutilizables, no solamente se ha reducido el costo por kilogramo en el espacio, sino también la frecuencia de los lanzamientos. En el *downstream*, el cual tiene la mayor participación de ingresos de la economía espacial, el número de empresas de servicios de valor agregado continúa en aumento. Las nuevas formas de emplear los datos obtenidos por los activos espaciales, especialmente en el área de observación de la tierra y la navegación y posicionamiento, permiten considerar que los satélites están siendo tratados como *commodities*, es decir, la materia prima a partir de la cual se crea valor para los consumidores.

A nivel nacional, los recursos y capacidades actuales, no son capaces de crear una ventaja competitiva en el sector espacial. Más allá de ubicación geoestratégica de Colombia, la cual representa el mayor activo a explotar, el país no ha logrado una integración de los esfuerzos que cada entidad ha venido desarrollando de forma independiente. La ausencia de voluntad política, como consecuencia de un muy débil marco de gobernanza del sector, no ha permitido establecer un derrotero de largo plazo, en el que se facilite el desarrollo de una industria local, la inversión extranjera directa, la transferencia de tecnología y la financiación de proyectos. El sector aeronáutico, que se puede considerar el punto de partida para una base industrial local, se encuentra en un estado incipiente, principalmente orientado a la fabricación de piezas metalmecánicas, en el cual el principal consumidor es el sector de seguridad y defensa del gobierno. En cuanto al segmento de servicios derivados de activos espaciales, las empresas existentes están enfocadas en el procesamiento de imágenes, pero no existe evidencia de que en

el país se estén desarrollando nuevos algoritmos que permitan un mayor aprovechamiento de los datos y generación de otros servicios de valor agregado.

La tecnología espacial es un habilitador del desarrollo económico de los países. Colombia no es ajena a esta realidad, sin embargo, no ha sabido explotar efectivamente el sector espacial para apalancar los objetivos e intereses nacionales. Este trabajo, mediante el desarrollo de un árbol de problemas, ha identificado tres causas principales que han contribuido al rezago del país: la ausencia de una estructura organizacional adecuada para conducir y coordinar las actividades espaciales, el limitado interés político en las iniciativas presentadas para desarrollar el sector y el bajo atractivo del mercado para el sector privado. La formulación de una política de Estado se convierte en protagonista del futuro del país, cuyos objetivos deben apuntar a la solución de los problemas identificados, y a su vez, contribuir a alcanzar una visión, que se propone, fomentar y contribuir al desarrollo sostenible del país, buscando mejorar las condiciones de vida de los colombianos, con un crecimiento económico y social incluyente, mediante soluciones que tengan una mayor relación de costo-beneficio. Mediante un análisis SWOT, se identificaron cinco estrategias y doce actividades a desarrollar. Usando una matriz de priorización, las actividades fueron ordenadas de acuerdo con su impacto estratégico, complejidad en su implementación y finalmente, su impacto económico. La creación de una agencia espacial formal, y la identificación de un proyecto detonador del desarrollo espacial, son las actividades que obtuvieron los mayores puntajes. Estas actividades pueden contribuir en distintos aspectos que demanda el sector, como la creación de un marco legal apropiado que permita la inserción de la industria local en la cadena de valor internacional, la integración y participación de actores de la triple hélice (estado, empresa, academia) para mejorar la coordinación y la gobernanza, fomentar la cultura de la innovación y el aprovechamiento de la cooperación internacional para permitir el acceso a tecnología reciente y acortar las curvas de aprendizaje.

Finalmente, mediante la dinámica de sistemas, se simuló el efecto que tendría el tipo de estructura organizacional escogida para la agencia espacial de Colombia. La similitud entre el modelo de difusión tecnológica propuesto por Frank Bass, y el trabajo realizado por Flight y Palmer sobre la influencia del liderazgo organizacional en la difusión de la innovación al interior de las organizaciones, permitió desarrollar un modelo propio, que mediante la validación con expertos, representa el comportamiento histórico del sector con la Comisión Colombiana del Espacio. La experimentación se realizó con tres escenarios y un horizonte de simulación hasta el año 2035. El primer escenario se denominó CCE, que tiene las condiciones actuales

proyectadas hasta el horizonte de simulación, con el fin de evaluar el futuro del sector de no producirse un cambio. El segundo escenario, denominado UAE, utiliza una estructura organizacional del tipo unidad administrativa especial, que en la estructura del sector central de la rama ejecutiva pueden estar en cabeza de un ministerio o de un departamento administrativo. El tercer y último escenario es el DA, en donde la estructura simulada es del tipo departamento administrativo. El análisis de los tres escenarios, permite concluir que el departamento administrativo, ofrece una mejor coordinación del esfuerzo dedicado al sector espacial. El liderazgo centralizado que este tipo de estructura puede ejercer, contribuye a una adopción más rápida de capital político necesario para mantener la inversión en un programa espacial y a que los beneficios sean percibidos por toda la sociedad. Mantener el esquema de gobernanza actual, es equivalente a procrastinar las ambiciones de tener una sociedad con brechas tecnológicas, económicas y educativas más reducidas.

En general, este trabajo contribuye desde el punto de vista de la administración pública, a identificar un plan de acción para un proceso complejo, que por su naturaleza no solo se desarrolla al interior del gobierno, sino que requiere de una acción coordinada con actores por fuera de este y con diferentes perspectivas sobre el problema. Desde la perspectiva de la gerencia de ingeniería, en Colombia no existen antecedentes de la utilización de la dinámica de sistemas para representar comportamientos y analizar el impacto de decisiones de política pública; la incorporación variables sociales y psicológicas tienen incidencia directa en la toma de decisiones, las cuales no pueden ser consideradas con otro tipo de simulación, como los modelos econométricos que son los que tradicionalmente se emplean en el país.

## **8.2 RECOMENDACIONES**

El modelo propuesto para la influencia de una estructura organizacional en un entorno político, es una herramienta prometedora para simular y predecir la necesidad de la utilizar otros tipos de estructura para administrar diversos asuntos de importancia para el gobierno. El modelo es lo suficiente flexible para permitir la simulación de otros tipos de estructura dentro del estado. Se puede evaluar, de acuerdo con el nivel de independencia política, administrativa, técnica y financiera, que se le quiera dar a otra agencia estatal, que tan necesaria es su creación, como por ejemplo, cuál ha sido impacto de la creación de la Agencia Nacional para la Superación de la Pobreza Extrema, dependiente de la presidencia, con respecto al trabajo que antes venía desempeñado en esta área el Ministerio del Interior. El modelo tiene el potencial de incluir otros

factores como la pérdida de interés del capital político. Esto ayudaría a simular otros factores relacionados con el momento político específico, como por ejemplo los periodos electorales que en la práctica mueven los intereses políticos de quienes toman las decisiones en el nivel ejecutivo, o la incidencia de otros problemas de política pública, que contribuyen a que ciertos temas dejen de ser prioritarios en la agenda pública del gobierno.

La dificultad más grande encontrada al momento de calibrar el modelo fue la falta de datos históricos previos al año 2011. No obstante, el principal objetivo del modelo de dinámica de sistemas era el demostrar el beneficio que puede tener un pequeño modelo en la administración pública, capturando el comportamiento de una variable cualitativa como el apoyo político, para facilitar la comprensión del problema actual que enfrenta el sector espacial del país. Debido a esto, se asumió que los valores de los coeficientes de innovación e imitación en Colombia, tienen su correspondencia con estructuras similares en la organización estatal de EE.UU. El principal problema con este supuesto, es el desconocimiento que tiene la incidencia de factores sociales, culturales y demográficos en el desempeño de las organizaciones. Un futuro trabajo puede considerar este tipo de factores para obtener valores de  $p$  y  $q$  ajustados a organizaciones colombianas.

## 9 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adriaensen, M., Giannopapa, C., Sagath, D., & Papastefanou, A. (2015). Priorities in national space strategies and governance of the member states of the European Space Agency. *Acta Astronautica*, 117, 356–367. <http://doi.org/10.1016/j.actaastro.2015.07.033>
- Aganaba-Jeanty, T. (2013). Precursor to an African Space Agency: Commentary on Dr Peter Martinez “Is there a need for an African Space Agency?” *Space Policy*, 29(3), 168–174. <http://doi.org/10.1016/j.spacepol.2013.06.009>
- Agencia Espacial Mexicana. (2016). Conferencia Espacial de las Américas CEA | Agencia Espacial Mexicana | Gobierno | gob.mx. Retrieved January 29, 2017, from <http://www.gob.mx/aem/acciones-y-programas/conferencia-espacial-de-las-americas-cea>
- AGP. (2013). Lifting Off – Implementing the Strategic Vision for UK Aerospace, 66. Retrieved from [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/142625/Lifting\\_off\\_implementing\\_the\\_strategic\\_vision\\_for\\_UK\\_aerospace.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/142625/Lifting_off_implementing_the_strategic_vision_for_UK_aerospace.pdf)
- Akabi, El, C., Baranes, B., Hulsroj, P., & Lahcen, A. (Eds.). (2016). *Yearbook on Space Policy 2015: Access to Space and Evolution of Space Activities*. Viena: Springer-Verlag GmbH. <http://doi.org/10.1007/978-3-7091-4860-0>
- Akkermans, H. A. (1995). Quantifying the Soft Issues: A Case Study in the Banking Industry. In *Proceedings of the 1995 International Conference of the System Dynamics Society* (Vol. 2, pp. 313–322). Retrieved from <https://www.systemdynamics.org/conferences/1995/proceed/papersvol2/akker313.pdf>
- Anan, K. (2013). Administrative reform of Japanese Space Policy Structures in 2012. *Space Policy*, 29(3). <http://doi.org/10.1016/j.spacepol.2013.06.001>
- Andersen, D. F., Rich, E., & MacDonald, R. (2011). Public Policy, System Dynamics Applications to. In R. A. Meyers (Ed.), *Complex Systems in Finance and Econometrics* (pp. 655–670). New York, NY: Springer New York. [http://doi.org/10.1007/978-1-4419-7701-4\\_36](http://doi.org/10.1007/978-1-4419-7701-4_36)
- Arenales-Vergara, O. A. (2004). Colombia: Reasons to create a national space agency. *Advances in Space Research*, 34(10 SPEC. ISS.), 2209–2214. <http://doi.org/10.1016/j.asr.2003.10.046>
- Balogh, W. R. (2009). Space activities in the United Nations system-Status and perspectives of inter-agency coordination of outer space activities. *Acta Astronautica*, 65(1–2), 18–26. <http://doi.org/10.1016/j.actaastro.2009.01.039>
- Barlas, Y. (2011). System Dynamics: Sytemic Feedback Modeling for Policy Analysis, 21(May), 1131–1175. Retrieved from <http://web.boun.edu.tr/ali.saysel/ESc59M/BarlasEOLSS.pdf>
- Batista, U. (2005). *Informe andino: desarrollos del período 2002-2004* (Informe (Inter-American Development Bank (Buenos Aires))). Banco Interamericano de Desarrollo, Departamento de Integración y Programas Regionales, Instituto para la Integración de América Latina y el Caribe. Retrieved from <https://books.google.com.co/books?id=4zgeaPHJTS8C>
- Becerra, J. (2014). Colombias space policy: An analysis of six years of progress and challenges. *Acta Astronautica*, 100(1), 94–100. <http://doi.org/10.1016/j.actaastro.2014.03.018>
- Bochinger, S. (2016). SPACE EXPLORATION IN THE SPACE ECONOMY. In *SYMPOSIUM TO STRENGTHEN THE PARTNERSHIP WITH INDUSTRY THE ROLE OF INDUSTRY IN SPACE EXPLORATION* (pp. 1–15). Vienna. Retrieved from <http://www.unoosa.org/documents/pdf/copuos/stsc/2016/symp-01E.pdf>
- Boyle, A. (2010). Some forecasts of the diffusion of e-assessment using a model. *Innovation Journal*, 15(1), 1–30. Retrieved from <https://www.innovation.cc/scholarly->

- style/boyle\_forecasts\_diffusion3final1.pdf
- Brüner, C., Soucek, A., & (Eds.). (2011). *Outer Space in Society, Politics and Law*. (Christian Brunner & Alexander Soucek, Eds.). Springer-Verlag/Wien. Retrieved from <http://download.springer.com.ez.unisabana.edu.co/static/pdf/424/bok%253A978-3-7091-0664-8.pdf?originUrl=http%253A%252F%252Flink.springer.com%252Fbook%252F10.1007%252F978-3-7091-0664-8&token2=exp=1490839100~acl=%252Fstatic%252Fpdf%252F424%252Fbok%2525253A9>
- BRYCE Space and Technology. (2017). 2017 State of the Satellite Industry Report. Retrieved October 22, 2017, from <http://www.sia.org/wp-content/uploads/2017/07/SIA-SSIR-2017.pdf>
- Byrnes, M. E. (1994). *Politics and Space: Image Making by NASA*. Praeger. Retrieved from <https://books.google.com.co/books?id=5g3KcPGBPiEC>
- Central Intelligence Agency. (2016). The World Factbook — Central Intelligence Agency. Retrieved October 20, 2016, from <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/in.html>
- CIAC. (n.d.). Productos y Servicios - Aeronaves Tripuladas. Retrieved October 26, 2017, from <https://www.ciac.gov.co/productos-y-servicios/aeronaves-tripuladas/>
- CODALTEC. (2017). Radar táctico de defensa aérea - TADER. Retrieved October 26, 2017, from <http://www.codaltec.com/es/productos/137/radar-tactico-de-defensa-aerea---tader>
- Colombia analiza contar con su propio satélite de telecomunicaciones; [Source: Portafolio]. (2007, October 8). *NoticiasFinancieras*, p. 1. Miami. Retrieved from <https://search.proquest.com/docview/467162685?accountid=45375>
- Colombia colocaría en órbita su primer satélite espacial antes de fin de año; [Source: Portafolio]. (2005, June 2). *NoticiasFinancieras*, p. 1. Miami. Retrieved from <https://search.proquest.com/docview/466012202?accountid=45375>
- Comisión Colombiana del Espacio. (2013). *Acta No. 15 Décima Quinta Reunión Plenaria*. Bogotá. Retrieved from [https://www.cce.gov.co/sites/default/files/adjutnos\\_basic\\_page/Acta Plenaria XV 27-11-13.pdf](https://www.cce.gov.co/sites/default/files/adjutnos_basic_page/Acta Plenaria XV 27-11-13.pdf)
- Comisión Colombiana del Espacio. (2006). Acta Comité II Técnico. In *Segunda Reunión del Comité Técnico de la Comisión Colombiana del Espacio* (p. 6). Bogotá. Retrieved from [https://www.cce.gov.co/sites/default/files/adjutnos\\_basic\\_page/Acta Comité II Técnico 21-09-2006.pdf](https://www.cce.gov.co/sites/default/files/adjutnos_basic_page/Acta Comité II Técnico 21-09-2006.pdf)
- Comisión Colombiana del Espacio. (2009). *XV Comité Técnico*. Bogotá. Retrieved from [https://www.cce.gov.co/sites/default/files/adjutnos\\_basic\\_page/Material de Soporte XV Técnico.pdf](https://www.cce.gov.co/sites/default/files/adjutnos_basic_page/Material de Soporte XV Técnico.pdf)
- Comisión Colombiana del Espacio. (2011). *XI PLENARIA*. Bogotá. Retrieved from [https://www.cce.gov.co/sites/default/files/adjutnos\\_basic\\_page/Informe XI Plenaria.pdf](https://www.cce.gov.co/sites/default/files/adjutnos_basic_page/Informe XI Plenaria.pdf)
- Comisión Colombiana del Espacio. (2014). *Acta No. XLII/2014 Séptima Reunión 2014 Comité Técnico de la CCE*. Bogotá. Retrieved from [https://www.cce.gov.co/sites/default/files/adjutnos\\_basic\\_page/Acta Comité XLIII Técnico 24-11-2014.pdf](https://www.cce.gov.co/sites/default/files/adjutnos_basic_page/Acta Comité XLIII Técnico 24-11-2014.pdf)
- Comité Técnico de la Comisión Colombiana del Espacio. (2014). *Tercera Reunión 2014*. Bogotá. Retrieved from [https://www.cce.gov.co/sites/default/files/adjutnos\\_basic\\_page/Acta Comité XXXIX Técnico 11-04-14.pdf](https://www.cce.gov.co/sites/default/files/adjutnos_basic_page/Acta Comité XXXIX Técnico 11-04-14.pdf)
- Conferencia Espacial de las Américas. (2005). *Informe de la secretaría Pro Tempore de la Cuarta Conferencia Espacial de las Américas* (Vol. A/AC.105/L). Viena. Retrieved from

- [http://www.unoosa.org/pdf/limited/1/AC105\\_L261S.pdf](http://www.unoosa.org/pdf/limited/1/AC105_L261S.pdf)
- Congreso de Colombia. Ley 1508 de 2012 (2012). Bogotá. Retrieved from <http://wsp.presidencia.gov.co/Normativa/Leyes/Documents/Ley150810012012.pdf>
- Consejo Nacional de Política Económica y Social. LINEAMIENTOS PARA LA FORMULACIÓN DEL PROGRAMA NACIONAL DE OBSERVACIÓN DE LA TIERRA QUE INCLUYA EL DISEÑO DE UN PROGRAMA SATELITAL COLOMBIANO, Pub. L. No. 3683 (2010). Departamento Nacional de Planeación. Retrieved from [https://www.cce.gov.co/sites/default/files/adjuntos\\_basic\\_page/Documento Conpes 3683 CCE.pdf](https://www.cce.gov.co/sites/default/files/adjuntos_basic_page/Documento Conpes 3683 CCE.pdf)
- Consejo Nacional de Política Económica y Social. POLÍTICA NACIONAL DE DESARROLLO PRODUCTIVO, Pub. L. No. CONPES 3866 (2016). Departamento Nacional de Planeación. Retrieved from <http://www.colombiacompetitiva.gov.co/sneci/Documents/Conpes-3866-de-2016-Politica-desarrollo-productivo.pdf>
- Consejo Nacional de Política Económica y Social. Política Para La Adopción E Implementación De Un Catastro Multipropósito Rural-Urbano, Pub. L. No. 3859 (2016). Colombia: Departamento Nacional de Planeación. Retrieved from [https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/3859\\_CatastroMultip.pdf](https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/3859_CatastroMultip.pdf)
- Convergencia Latina. (2005). Venezuela reservó la posición orbital de la CAN con el Anik E2 de Telesat - Convergencia Latina. Retrieved January 29, 2017, from [http://www.convergencialatina.com/Nota-Desarrollo/68445-3-51-Venezuela\\_reservo\\_la\\_posicion\\_orbital\\_de\\_la\\_CAN\\_con\\_el\\_Anik\\_E2\\_de\\_Telesat](http://www.convergencialatina.com/Nota-Desarrollo/68445-3-51-Venezuela_reservo_la_posicion_orbital_de_la_CAN_con_el_Anik_E2_de_Telesat)
- Cooper, C. L. (2014). Wiley Encyclopedia of Management (Third). Wiley. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1002/9781118785317>
- Cortes, C., & Kure, M. (2013). *ANÁLISIS JURÍDICO DEL PROBLEMA DE LA DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL ESPACIO ULTRATERRESTRE*. Universidad de los Andes. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Coyle, G. (1999). Qualitative Modelling in System Dynamics or What are the wise limits of quantification? Retrieved from <https://www.systemdynamics.org/conferences/1999/PAPERS/KEYNOTE1.PDF>
- Cvii, V., & Banerjee, A. V. (1992). The Quarterly Journal of Economics a Simple Model of Herd Behavior\*. *The Quarterly Journal of Economics*, 107(2), 797–817. <http://doi.org/10.2307/2118364>
- Delgado-López, L. M. (2012). Sino-Latin American space cooperation: A smart move. *Space Policy*, 28(1), 7–14. <http://doi.org/10.1016/j.spacepol.2011.12.009>
- Dempsey, P. S. (2014). National Legislation Governing Commercial Space Activities. *Journal of Space Safety Engineering*, 1(2), 44. [http://doi.org/10.1016/S2468-8967\(16\)30082-9](http://doi.org/10.1016/S2468-8967(16)30082-9)
- Departamento Nacional de Planeación. (2011). *Guías para la gestión pública territorial. Elementos básicos del Estado colombiano*. Bogotá, Colombia: Agencias para el Desarrollo Internacional. Retrieved from [http://portalterritorial.gov.co/apc-aa-files/7515a587f637c2c66d45f01f9c4f315c/1\\_Guia Elementos web.pdf](http://portalterritorial.gov.co/apc-aa-files/7515a587f637c2c66d45f01f9c4f315c/1_Guia Elementos web.pdf)
- Departamento Nacional de Planeación - República de Colombia. (n.d.). El Consejo Nacional de Política Económica y Social, CONPES. Retrieved October 31, 2016, from <https://www.dnp.gov.co/CONPES/Paginas/conpes.aspx>
- Durán, D., & Laverde, J. (2011, October 15). Colombia entra en la era espacial | ELESPECTADOR.COM. *Elespectador.com*. Bogotá. Retrieved from <http://www.elespectador.com/noticias/nacional/colombia-entra-era-espacial-articulo-305727>
- Elespectador.com. (2009, April 3). Colombia tendrá satélite en 2012 |

- ELESPECTADOR.COM. *Elespectador.com*. Retrieved from <http://www.elespectador.com/tecnologia/colombia-tendra-satelite-2012-articulo-399845>
- Euroconsult. (2015). *COMPREHENSIVE SOCIO-ECONOMIC IMPACT ASSESSMENT OF THE CANADIAN SPACE SECTOR BY EUROCONSULT FOR THE CANADIAN SPACE AGENCY TABLE OF CONTENT*. Montreal. Retrieved from <http://www.asc-csa.gc.ca/pdf/eng/publications/2015-assessment-canadian-space-sector-v2.pdf>
- Euroconsult. (2016). *THE SATELLITE VALUE CHAIN SATELLITE VALUE CHAIN: SNAPSHOT 2015 KEY TRENDS AND INDICATORS ON SUPPLY & DEMAND OF THE WORLD COMMERCIAL SATELLITE INDUSTRY – AN EXTRACT*. Retrieved from <http://www.euroconsult-ec.com/research/satellite-value-chain-2016-extract.pdf>
- Flight, R. L., & Palmer, R. J. (2013). Organizational Structure and Intra-Firm Innovation Diffusion. *The Marketing Management Journal*, 23(2), 35–57. Retrieved from <http://www.mmaglobal.org/publications/MMJ/MMJ-Issues/2013-Fall/MMJ-2013-Fall-Vol23-Issue2-Flight-Palmer-pp35-57.pdf>
- Ford, D. N., & Sterman, J. D. (1997). Expert Knowledge Elicitation to Improve Mental and Formal Models. Retrieved from <https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/2654/SWP-3953-37617974.pdf?sequence=1>
- Forrester, J. W. (1991). System Dynamics and the Lessons of 35 Years. In *A Systems-Based Approach to Policymaking* (pp. 199–240). New York, NY, USA: Springer Science+Business Media. [http://doi.org/https://doi-org.ez.unisabana.edu.co/10.1007/978-1-4615-3226-2\\_7](http://doi.org/https://doi-org.ez.unisabana.edu.co/10.1007/978-1-4615-3226-2_7)
- Forrester, J. W. (2007). System dynamics—the next fifty years. *System Dynamics Review*, 23(2–3), 359–370. <http://doi.org/10.1002/sdr.381>
- Forrester, J. W., Mass, N. J., & Ryan, C. J. (1976). The system dynamics national model: Understanding socio-economic behavior and policy alternatives. *Technological Forecasting and Social Change*, 9(1–2), 51–68. [http://doi.org/10.1016/0040-1625\(76\)90044-5](http://doi.org/10.1016/0040-1625(76)90044-5)
- Fortescue, P., Swinerd, G., & Stark, J. (2011). *Spacecraft Systems Engineering*. Wiley. Retrieved from [https://books.google.com.co/books?id=cCYP0rVR\\_IEC](https://books.google.com.co/books?id=cCYP0rVR_IEC)
- Foust, J. (2016). Big data a big market for small satellites - SpaceNews.com. Retrieved November 4, 2017, from <http://spacenews.com/big-data-a-big-market-for-small-satellites/>
- Friend, G., & Zehle, S. (2004). *Guide to Business Planning. Chemistry & ...*. London: The Economist Newspaper Ltd. <http://doi.org/10.5860/CHOICE.46-6899>
- Gaubert, A. (2002). Public funding of space activities: a case of semantics and misdirection. *Space Policy*, 18(4), 287–292. [http://doi.org/10.1016/S0265-9646\(02\)00046-2](http://doi.org/10.1016/S0265-9646(02)00046-2)
- GAVILANES, R. V. (2009). Hacia una nueva definición del concepto “política pública.” (Spanish). *Proposing a new “Public Policy” definition. (English)*, 20, 149–187. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=zbh&AN=45151677&lang=es&site=ehost-live&scope=site>
- Gaviria, S. (2017). *Desarrollo Productivo del Sector Aeronáutico*. Bogotá. Retrieved from [https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/\\_layouts/15/WopiFrame.aspx?sourcedoc=/CDT/Justicia Seguridad y Gobierno/Desarrollo del Sector Aeronáutico- Final DNP \(002\).pdf&action=default](https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/_layouts/15/WopiFrame.aspx?sourcedoc=/CDT/Justicia Seguridad y Gobierno/Desarrollo del Sector Aeronáutico- Final DNP (002).pdf&action=default)
- Ghaffarzadegan, N., Lyneis, J., & Richardson, G. P. (2015). Policy Informatics with Small System Dynamics Models: How Small Models Can Help the Public Policy Process. *Governance in the Information Era: Theory and Practice of Policy Informatics*, 144–160.
- Gibbs, G. (2012). An Analysis of the Space Policies of the Major Space Faring Nations and Selected Emerging Space Faring Nations. *Annals of Air and Space Law*, XXXVII(August

- 2010), 279–332. Retrieved from [http://www.spacepolicyonline.com/pages/images/stories/Graham Gibbs Analysis of National Space Policies.pdf](http://www.spacepolicyonline.com/pages/images/stories/Graham%20Gibbs%20Analysis%20of%20National%20Space%20Policies.pdf)
- Gómez, S. (2013). *LOS SATÉLITES Y SUS ÓRBITAS: Régimen Jurídico del Registro y puesta en Órbita de los Satélites Geostacionarios*. Universidad de los Andes. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Gottschalk, K. (2010). South Africa's Space Program. *Astropolitics*, 8(1), 35–48. <http://doi.org/10.1080/14777622.2010.496528>
- Grimard, M. (2012). Economical Sustainability of the Space Value Chain : Role of Government, Industry and Private Investors. In *IISL/IAA Space Law and Policy Symposium* (pp. 1–6). Retrieved from [https://iislweb.org/docs/2012\\_Grimard.pdf](https://iislweb.org/docs/2012_Grimard.pdf)
- Grunig, R., & Kuhn, R. (2008a). *Process-based Strategic Planning* (5th ed.). Heidelberg, Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Grunig, R., & Kuhn, R. (2008b). *Strategy planning* (5th ed.). Heidelberg, Germany: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Guerra, M. del R. (2016, February 13). Ironías de la tecnología en Colombia. *Dinero.com*. Retrieved from <http://www.dinero.com/actualidad/articulo/analisis-sobre-la-tecnologia-satelital-en-colombia/219250>
- Harding, R. C. (2013). *Space Policy in Developing Countries: The Search for Security and Development on the Final Frontier*. New York: Routledge.
- Harrison, G. J. (2012). THE COMMERCIAL SPACE INDUSTRY AND LAUNCH MARKET. *Journal of Magnetohydrodynamics and Plasma Research*, 17(3), 183–206. Retrieved from <https://search.proquest.com/docview/1732935218?accountid=45375>
- Hayward, J., Jeffs, R. A., Howells, L., & Evans, K. S. (2014). Model Building with Soft Variables : A Case Study on Riots. In *System Dynamic Conference* (p. 30). Delft, Netherlands. Retrieved from <http://churchmodel.org.uk/MBSVfinal.pdf>
- Hill, C. W. L., & Jones, G. R. (2009). *Administración Estratégica: Un Enfoque Integrado* (8th ed.). México D.F.: McGraw-Hill.
- Hitt, M. A., Ireland, R. D., & Hoskisson, R. E. (2008). *Administración Estratégica: Competitividad Y Globalización. Conceptos Y Casos* (7a ed.). ITP. Retrieved from <https://books.google.com.co/books?id=FZTSngEACAAJ>
- iNnpulsa Colombia. (2017). Las mejores startups Colombianas para invertir. Bogotá D.C. Retrieved from [https://www.innpulsacolombia.com/sites/default/files/sequoia\\_space.pdf](https://www.innpulsacolombia.com/sites/default/files/sequoia_space.pdf)
- Jason, S., da Silva Curiel, A., Liddle, D., Chizea, F., Leloglu, U. M., Helvaci, M., ... Sweeting, M. (2010). Capacity building in emerging space nations: Experiences, challenges and benefits. *Advances in Space Research*, 46(5), 571–581. <http://doi.org/10.1016/j.asr.2010.03.003>
- Johnson, C. (2017). *Handbook for New Actors in Space*. Secure World Foundation. Retrieved from <https://books.google.com.co/books?id=FdzYnAAACAAJ>
- Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (2008). *The Execution Premium*. *GetAbstract*. Grupo Planeta. <http://doi.org/10.2308/accr.2010.85.4.1475>
- Klein, J. (2006). *Space Warfare: Strategy, Principles and Policy*. New York, NY, USA: Routledge.
- Kumar, A., Baisya, R. K., Shankar, R., & Momaya, K. (2007). Diffusion of mobile communications: Application of bass diffusion model to BRIC countries. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 66(4), 312–316. Retrieved from [http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/1243/1/JSIR 66\(4\) \(2007\) 312-316.pdf](http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/1243/1/JSIR_66(4)_2007_312-316.pdf)
- Larrea, N. (2017). Government Space Programs. In *LATSAT* (pp. 1–8). Ciudad de México. Legal Subcommittee. (2000). *A/AC.105/738 Report of the Legal Subcommittee on its thirty-ninth session, held in Vienna from 27 March to 6 April 2000*. Viena. Retrieved from

- <http://www.unoosa.org/pdf/reports/ac105/LGLR00E.pdf>
- Legal Subcommittee. (2017). *A/AC.105/1122 - Report of the Legal Subcommittee on its fifty-sixth session*. Vienna. Retrieved from [http://www.unoosa.org/oosa/en/oosadoc/data/documents/2017/aac.105/aac.1051122\\_0.html](http://www.unoosa.org/oosa/en/oosadoc/data/documents/2017/aac.105/aac.1051122_0.html)
- Leloglu, U. M., & Kocaoglan, E. (2008). Establishing space industry in developing countries: Opportunities and difficulties. *Advances in Space Research*, 42(11), 1879–1886. <http://doi.org/10.1016/j.asr.2008.03.010>
- Ley 1753. Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018, Plan nacional de Desarrollo 2014-2018 1–82 (2015). Colombia. Retrieved from <http://www.achc.org.co/documentos/prensa/LEY-1753-15 Plan Nacional de Desarrollo 2014 - 2018.pdf>
- Lucio, J., Lucio-Arias, D., Rivera, S., Tique, J., Villarreal, N., Lozano, M., ... Cruz, D. A. (2016). *Indicadores de Ciencia y Tecnología*. Bogotá: Observatorio Colombiano de Ciencia y Tecnología. Retrieved from <http://ocyt.org.co/Portals/0/Indicadores 2016 OCyT.pdf>
- Lucio, J., Rivera, S., Tique, J., Lucio-Arias, D., Mora, H., Pardo, C., ... Castro, N. (2015). *Indicadores de Ciencia y Tecnología*. Bogotá. Retrieved from [http://ocyt.org.co/Portals/0/LibrosPDF/indicadores 2015\\_web.pdf](http://ocyt.org.co/Portals/0/LibrosPDF/indicadores 2015_web.pdf)
- M. Bass, F. (2004). *A New Product Growth for Model Consumer Durables*. *Management Science* (Vol. 50). <http://doi.org/10.1287/mnsc.1040.0264>
- Mahajan, V., Muller, E., & Bass, F. M. (1991). New Product Diffusion Models in Marketing: A Review and Directions for Research BT - Diffusion of Technologies and Social Behavior. In N. Nakićenović & A. Grübler (Eds.), *Diffusion of Technologies and Social Behavior* (pp. 125–177). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. [http://doi.org/10.1007/978-3-662-02700-4\\_6](http://doi.org/10.1007/978-3-662-02700-4_6)
- Maini, A. K., & Agrawal, V. (2007). *Satellite technology: principles and applications*. *Scitech Book News* (Vol. 31). Portland: Ringgold Inc. Retrieved from <http://search.proquest.com/docview/200108954?accountid=45375>
- Marquette, J. F. (1981). A Logistic Diffusion Model of Political Mobilization. *Political Behavior*, 3(1), 7–30. <http://doi.org/https://doi.org/10.1007/BF00989953>
- Marta, L. (2013). National visions of European space governance: Elements for a new institutional architecture. *Space Policy*, 29(1). <http://doi.org/10.1016/j.spacepol.2012.12.004>
- Martinez, P. (2008). Space Science and Technology in South Africa: An Overview. *African Skies*, (12), 46–49.
- McLUCAS, A. (2003). Incorporating soft variables into system dynamics models: a suggested method and basis for ongoing research. *2003 System Dynamics Conference Papers*. Retrieved from <http://www.systemdynamics.org/conferences/2003/proceed/PAPERS/214.pdf>
- Meyer, A. (2016). ICAO Big Data Project ADS-B Data as a source for analytical solutions for traffic behaviour in airspace. In *ICAO/IATA/CANSO PBN/2*. San José: ICAO. Retrieved from <https://www.icao.int/NACC/Documents/Meetings/2016/PBNCAR/ICAOIATACANSOPBNMTG-P08.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). *V Informe Nacional de Biodiversidad de Colombia ante el Convenio de Diversidad Biológica*. Bogotá D.C. Retrieved from <http://www.undp.org/content/dam/colombia/docs/MedioAmbiente/undp-co-informebiodiversidad-2014.pdf>
- Ministerio de relaciones Exteriores. Decreto 2442 de 2006, 21/07/2006 3 (2006). Bogotá, Colombia: Presidencia de Colombia. Retrieved from

- [https://www.cancilleria.gov.co/sites/default/files/Normograma/docs/pdf/decreto\\_2442\\_2006.pdf](https://www.cancilleria.gov.co/sites/default/files/Normograma/docs/pdf/decreto_2442_2006.pdf)
- Ministerio de Tecnologías de Información y Comunicaciones. (n.d.). Conectividad de Alta Velocidad para el Amazonas, Orinoco y Chocó. Retrieved January 26, 2018, from <http://www.mintic.gov.co/portal/vivedigital/612/w3-propertyvalue-7240.html>
- Munsami, V. (2011). ZA Space Policy / strategy instruments, (April), 1–14. Retrieved from <http://www.sansa.org.za/overview/strategies>
- Munsami, V. (2014). South Africa's national space policy: The dawn of a new space era. *Space Policy*, 30(3), 115–120. <http://doi.org/10.1016/j.spacepol.2014.05.003>
- Munsami, V., & Nicolaidis, A. (2017). Investigation of a governance framework for an African space programme. *Space Policy*. <http://doi.org/10.1016/j.spacepol.2016.08.003>
- Nanosatellite Database. (2017, July 30). Nanosatellite Companies. Retrieved November 4, 2017, from <http://www.nanosats.eu/index.html#companies>
- OECD. (2012). *OECD Handbook on Measuring the Space Economy*. Paris: OECD Publishing. <http://doi.org/10.1787/9789264169166-en>
- OECD. (2014a). *OECD Reviews of Innovation Policy: Colombia 2014*. OECD Publishing. <http://doi.org/10.1787/9789264167742-6-en>
- OECD. (2014b). *The Space Economy at a Glance*. Paris: OECD Publishing. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1787/9789264217294-en>
- OECD. (2014c). *The Space Economy at a Glance 2014*. OECD Publishing. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1787/9789264217294-en>
- OECD. (2016). *Space and Innovation*. Paris: OECD Publishing. <http://doi.org/10.1787/9789264264014-en>
- Ortegón, E. (2008). *Guía sobre diseño y Gestión de la política pública*. (I. de E. L. Organización del Convenio Andrés Bello, Colciencias, Ed.). Bogotá. Retrieved from [http://ielat.com/inicio/repositorio/guia\\_gestion\\_politicas\\_publicas\\_ortegon.pdf](http://ielat.com/inicio/repositorio/guia_gestion_politicas_publicas_ortegon.pdf)
- Osmańczyk, E. J. (2003). *Encyclopedia of the United Nations and International Agreements: G to M*. (A. Mango, Ed.). Taylor & Francis. Retrieved from <https://books.google.com.co/books?id=fSIMXHMDfkkC>
- Özalp, T. (2009). Space as a strategic vision for Turkey and its people. *Space Policy*, 25(4), 224–235. <http://doi.org/10.1016/j.spacepol.2009.09.005>
- Paikowsky, D. (2009). The space club- space policies and politics. In *22nd SYMPOSIUM ON SPACE POLICY, REGULATIONS AND ECONOMICS*. Daejeon, South Korea: International Astronautical Congress.
- Paikowsky, D., Reichard, A., Baram, G., Israel, I. Ben, Paikowsky, D., Reichard, A., ... Israel, I. Ben. (2016). SPACE 2015 : A YEAR IN REVIEW, (March).
- Peña, S. (2014). Acceso a la Órbita de los Satélites Geoestacionarios : Propuesta para un Régimen Jurídico Especial. *Revista de Derecho Comunicaciones Y Nuevas Tecnologías*, 11, 1–36. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.15425/redecom.11.2014.07>
- Porter, M. E. (2007). Understanding industry structure. *Harvard Business Review*, (79208), 16.
- Presidencia de la República. Decreto 1649 de 2014 (2014). Bogotá: Presidencia de la República. Retrieved from <http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/Decreto-1649-2014.pdf>
- Presidencia de la República. Decreto 470 de 2015 (2015). Bogotá: Presidencia de la República. Retrieved from <http://wp.presidencia.gov.co/sitios/normativa/decretos/2015/Decretos2015/DECRETO 470 DEL 17 DE MARZO DE 2015.pdf>
- Presidencia de la República. Decreto 724 de 2016 (2016). Bogotá: Presidencia de la República. Retrieved from <http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO 724 DEL 02 DE MAYO DE 2016.pdf>

- Presidencia de la República. Decreto 672 de 2017 (2017). Bogotá D.C.: Presidencia de la República. Retrieved from [http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO\\_672\\_DEL\\_26\\_DE\\_ABRIL\\_DE\\_2017.pdf](http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO_672_DEL_26_DE_ABRIL_DE_2017.pdf)
- Ramírez, S., & Cárdenas, J. M. (2006). *Colombia-Venezuela: retos de la convivencia*. Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Estudios Políticos y Relaciones Internacionales. Retrieved from <https://books.google.com.co/books?id=k4jGZHZTeIC>
- Redacción Portafolio. (2014). Nueva política de desarrollo productivo. Retrieved June 10, 2017, from <http://www.portafolio.co/opinion/redaccion-portafolio/analisis-nueva-politica-desarrollo-productivo-59784>
- Redacción Vivir. (2013, April 13). Colombia, sin un lugar en el espacio | ELESPECTADOR.COM. *Elespectador.com*. Retrieved from <http://www.elespectador.com/noticias/actualidad/vivir/colombia-sin-un-lugar-el-espacio-articulo-416346>
- Rep. McCarthy, K. H.R.2262: Spurring Private Aerospace Competitiveness and Entrepreneurship Act of 2015 or the SPACE Act of 2015 (2015). Washington D.C: House of Representatives. Retrieved from <https://www.congress.gov/bill/114th-congress/house-bill/2262>
- República de Colombia. Ley 489 de 1998, en Diario Oficial, núm. 43.464, 30 de diciembre de 1998 1–47 (1998). Bogota: Congreso de la República. <http://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Rogers, L. (2008a). *It's ONLY Rocket Science*. (Springer Science+Business Media, Ed.). New York. <http://doi.org/10.1007/978-0-387-75378-2>
- Rogers, L. (2008b). *It's ONLY Rocket Science [electronic resource] : An Introduction in Plain English*. Springer. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1007/978-0-387-75378-2>
- Sadeh, E. (2013). *Space Strategy in the 21st Century: Theory and Policy*. (E. Sadeh, Ed.). New York, NY, USA: Routledge. Retrieved from <https://books.google.com.co/books?id=pKQoZKkHOycC>
- Sammut-Bonnici, T., & Galea, D. (2015). SWOT Analysis. *Wiley Encyclopedia of Management*, 1–8. <http://doi.org/10.1002/9781118785317.weom120103>
- Sandberg, M. (2011). Soft Power, World System Dynamics and Democratisation: A Bass Model of Democracy. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation*, 14(1). <http://doi.org/10.18564/jasss.1732>
- Santacoloma, V. (2013). *Tratamiento Jurídico de los Satélites Geoestacionarios*. Universidad de los Andes. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Satellite Industry Association. (2016). *State of the Satellite Industry Report*. Retrieved from <http://www.sia.org/wp-content/uploads/2017/03/SSIR-2016-update.pdf>
- Schmeer, K. (2000). Stakeholder Analysis Guidelines. In *Policy Toolkit for Strengthening Health Sector Reform* (pp. 2-1-43). Latin America and Caribbean Regional Health Sector Reform. Retrieved from <http://www.who.int/workforcealliance/knowledge/toolkit/33.pdf>
- Selin, J. L. (2013). *What Makes an Agency Independent? Executive Politics and Regulatory Policymaking*. Nashville, TN, USA. <http://doi.org/10.1111/ajps.12161>
- Semana. (2012). Colombia: ¿líder regional? Retrieved September 20, 2016, from <http://www.semana.com/nacion/articulo/colombia-lider-regional/255990-3>
- Snabe, B. (2007). *The usage of system dynamics in organizational interventions: A participative modeling approach supporting change management efforts. The Usage of System Dynamics in Organizational Interventions: A Participative Modeling Approach Supporting Change Management Efforts* (1st ed.). Deutscher Universitätsverlag. <http://doi.org/10.1007/978-3-8350-9543-4>
- Stekler, H. O. (1965). *The Structure and Performance of the Aerospace Industry*. London, England: University of California Press. Retrieved from

- <https://books.google.com.co/books?id=nwHQJtZ95CcC>
- Sterman, J. (2000). *Business Dynamics* (1st ed.). New York, NY, USA: McGraw-Hill, Inc.
- Sterman, J. D., & Forrester, J. W. (2002). All models are wrong: reflections on becoming a systems scientist. *Syst. Dyn. Rev*, 18, 501–531. <http://doi.org/10.1002/sdr.261>
- Subcomisión de Asuntos Jurídicos. (2017). *Anexo 1: Informe de la Presidencia del Grupo de Trabajo sobre la Situación y Aplicación de los Cinco Tratados de las Naciones Unidas relativos al Espacio Ultraterrestre* (No. 56° período de sesiones). Viena. Retrieved from [http://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2017/aac\\_105c\\_2tre/aac\\_105c\\_22017trel\\_1\\_0\\_html/AC105\\_C2\\_2017\\_TRE\\_L01S.pdf](http://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2017/aac_105c_2tre/aac_105c_22017trel_1_0_html/AC105_C2_2017_TRE_L01S.pdf)
- Subroto, A. (2012). Understanding Complexities in Public Policy Making Process Through Policy Cycle Model: A System Dynamics Approach. *Proceedings of the 30th International Conference of the System Dynamics Society*, 30. <http://doi.org/10.2139/ssrn.1992756>
- Tellez, L. (2014). *Satélites de Telecomunicaciones en Colombia*. Universidad de los Andes. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Torres-Melo, J., & Santander, J. (2013). *Introducción a las políticas públicas: Conceptos y herramientas desde la relación entre Estado y ciudadanía*. Bogotá: IEMP Ediciones. Retrieved from [http://www.funcionpublica.gov.co/eva/admon/files/empresas/ZW1wcmVzYV83Ng==/improductos/1450056996\\_ce38e6d218235ac89d6c8a14907a5a9c.pdf](http://www.funcionpublica.gov.co/eva/admon/files/empresas/ZW1wcmVzYV83Ng==/improductos/1450056996_ce38e6d218235ac89d6c8a14907a5a9c.pdf)
- Tronchetti, F. (2013). *Fundamentals of Space Law and Policy*. New York, NY, USA: Springer New York. <http://doi.org/10.1007/978-1-4614-7870-6>
- United States. (2010). National Space Policy of the United States of America. *Executive Office of the President*, 18.
- UNOOSA. (n.d.). UN-SPIDER. Retrieved June 3, 2017, from <http://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/un-spider/index.html>
- UNOOSA 2015 Annual Report. (2016).
- Van Den Bulte, C. (2002). Want to know how diffusion speed varies across countries and products? Try using a Bass model. *PDMA Visions*, XXVI(4), 5. Retrieved from [https://www3.nd.edu/~busiforc/handouts/Other Articles/Bass model.pdf](https://www3.nd.edu/~busiforc/handouts/Other%20Articles/Bass%20model.pdf)
- van Rijmenam, M. (2016). Three Use Cases How Big Data Helps Save The Earth. Retrieved November 4, 2017, from <https://datafloq.com/read/three-use-cases-how-big-data-helps-save-the-earth/527>
- Wagner, W., Brazil, R., Antonio, D., & Zaballos, G. (2016). *The Provision of Satellite Broadband Services in Latin America and the Caribbean*. Washington D.C. Retrieved from <https://publications.iadb.org/bitstream/handle/11319/7843/The-Provision-of-Satellite-Broadband-Services-in-Latin-America-and-the-Caribbean.pdf>
- Wehrich, H. (1982). The TOWS matrix—A tool for situational analysis. *Long Range Planning*, 15(2), 54–66. [http://doi.org/10.1016/0024-6301\(82\)90120-0](http://doi.org/10.1016/0024-6301(82)90120-0)
- Wood, D. (2008). *The Use of Satellite-Based Technology in Developing Countries*. Massachusetts Institute of Technology.
- Wood, D., & Weigel, A. (2012a). A framework for evaluating national space activity. *Acta Astronautica*, 73, 221–236. <http://doi.org/10.1016/j.actaastro.2011.11.013>
- Wood, D., & Weigel, A. (2012b). Charting the evolution of satellite programs in developing countries - The Space Technology Ladder. *Space Policy*, 28(1), 15–24. <http://doi.org/10.1016/j.spacepol.2011.11.001>
- World Economic Forum. (2014). Bringing Space Down to Earth. In *World Economic Forum* (pp. 1–18). Retrieved from [http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Bringing\\_Space\\_Down\\_to\\_Earth.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_Bringing_Space_Down_to_Earth.pdf)
- Wright, D., Grego, L., & Gronlund, L. (2005). *The physics of space security: a reference*

*manual*. American Academy of Arts and Sciences. Retrieved from <https://books.google.com.co/books?id=rrZTAAAAMAAJ>  
Zambrana, I. (2017). La visión espacial de Bolivia. In *TAIEX Multi-Country Workshop on Space Applications* (pp. 2–12). La Paz, Bolivia: European Commission. Retrieved from <http://www.copernicus.eu/library/detail/207>

## 10 ANEXOS

### 10.1 CUESTIONARIO

Las siguientes preguntas fueron utilizadas como guía en las entrevistas realizadas en desarrollo de este trabajo:

1. ¿Por qué Colombia no ha podido desarrollar el sector espacial a pesar de los múltiples esfuerzos que se han documentado desde la década de 1970?
2. ¿Cómo es la relación entre el gobierno, la industria privada y la academia con respecto al sector espacial?
3. ¿En términos de desarrollo del sector cuáles serían los beneficios de que Colombia cuente con una política espacial?
4. ¿Es posible tener una política espacial sin que esté fundamentada en la adquisición de un satélite?
5. ¿Quiénes son los actores principales y secundarios del sector? ¿Cómo es su relación?
6. ¿La comisión colombiana del espacio es el organismo del gobierno adecuado para conducir el sector espacial de Colombia?
7. ¿Cuál considera que es la prioridad de los proyectos en qué debería invertir Colombia?

## 10.2 ENTREVISTA CIRO ARÉVALO-YÉPES

Ciro Arévalo-Yépes, es Presidente de la Federación Astronáutica Internacional, ex presidente de la Comisión del uso pacífico del espacio ultraterrestre, ex embajador de Colombia en la misión permanente en Viena. Entrevista realizada el 17 de febrero de 2017.

1. ¿Por qué Colombia no ha podido desarrollar el sector espacial a pesar de los múltiples esfuerzos que se han documentado desde la década de 1970?

Existen varios factores a los que se pueden atribuir el poco desarrollo del sector espacial en Colombia. El primero es una autocrítica a quienes hemos tenido a cargo el tema. La narrativa del tema no ha sido traducida a nuestro contexto y por lo tanto no hemos logrado vender el producto como se debe. No ha sido fácil hablar en el congreso de temas como por ejemplo los desechos espaciales, que es un tema muy importante, pero que no ha logrado llamar la atención del sector político. Se deben ligar los desafíos geopolíticos y de seguridad de la región a las capacidades que ofrecen las tecnologías espaciales y por otro lado entender lo que son las tecnologías complementarias y sustitutas para no cometer errores como el que sucedió cuando se decidió no comprar un satélite para desplegar una red de fibra óptica. El segundo factor, que está ligado al primero, es que no se ha tenido la iniciativa de tener capacidad instalada propia, no solo en el espacio, sino en muchos sectores de la economía. Para quienes están en posición de decisión es mucho más fácil comprar la tecnología hecha. Este no es el caso de otros países como la India, Malasia, China. Tenemos que asumir el desafío de crear capacidades propias. Colombia es un utilizador de tecnologías espaciales muy grande, en agricultura de precisión.

2. ¿Cómo es la relación entre el gobierno, la industria privada y la academia con respecto al sector espacial?

3. ¿En términos de desarrollo del sector cuáles serían los beneficios de que Colombia cuente con una política espacial?

La percepción del país hacia afuera y su propia percepción interna. Es un intangible que trasciende los números, las cifras. Es muy valioso porque permite posicionar el país a nivel internacional de otra forma. Ningún país que se respete no cuenta con una política espacial. En Colombia se ha asociado el tema espacial con la astronomía, los viajes a Marte, es decir, a los planteamientos de países que ya están muy adelantados en su desarrollo.

4. ¿Es posible tener una política espacial sin que esté fundamentada en la adquisición de un satélite?

Por supuesto que es absolutamente posible. Una política espacial seria no se basa en la compra de un satélite es rebajar el tema a un componente estrictamente instrumental. Lo que se debe entender es que se requiere una visión estratégica para este sector, sobre todo para un país que se ha convertido en líder regional. Los políticos no han observado con buenos ojos los planteamientos que se basan en la validez tecnológica. Nuestro pensamiento es muy europeo en ese sentido, muy fijado en los procesos macroeconómicos. La tecnología bien aplicada no es neutra, se convierte en un planteamiento político.

5. ¿Quiénes son los actores principales y secundarios del sector? ¿Cómo es su relación?

El ente de convocatoria tiene que ser neutro. La política tiene que incluir la creación de la Agencia Espacial para que sea quien se encargue de ejecutarla. El presupuesto también es importante para la sostenibilidad del esfuerzo. Es posible conseguir los recursos de financiación en la cooperación internacional, pero el gobierno debe al menos aportar la mitad de los recursos para que sea una muestra de su compromiso con el tema.

6. ¿La comisión colombiana del espacio es el organismo del gobierno adecuado para conducir el sector espacial de Colombia?

7. ¿Cuál considera que es la prioridad de los proyectos en qué debería invertir Colombia?

Colombia debe aprovechar su posición geográfica cercana al Ecuador para desarrollar un puerto espacial.

### **10.3 ENTREVISTA TENIENTE CORONEL ROBERT QUIROGA CRUZ**

El Teniente Coronel Robert Quiroga se desempeña como jefe de la Sección Desarrollo Capacidades Espaciales del Departamento de Asuntos Espaciales. Tiene una maestría en administración de negocios aeroespaciales de la Toulouse Business School. La entrevista se realizó el 20 de marzo de 2017.

1. ¿Por qué Colombia no ha podido desarrollar el sector espacial a pesar de los múltiples esfuerzos que se han documentado desde la década de 1970?

Existen diferentes factores a considerar para dar respuesta a este interrogante, agrupándolos en factores políticos, económicos, de cooperación institucional (estrategias independientes y sin cooperación interinstitucional), y académicos (ausencia de conocimiento y de cultura en temática espacial).

Factor político:

Los esfuerzos colombianos por desarrollar el espacio exterior no se han encadenado a una estrategia ni de gobierno ni de estado. El desarrollo del espacio ha estado ausente en todos los planes de gobierno propuestos desde la década de los 70. Sumado a lo anterior, Colombia posee una característica natural en el ambiente político, esta es la total y completa ausencia de políticas de estado que orienten el desarrollo del país de cara al futuro, independiente de las tendencias de ideología política del gobierno de turno. Esto ha generado la inexistencia de intereses nacionales, no siendo el desarrollo espacial la excepción.

Factor económico:

Al estar el tema espacial ausente de los planes de gobierno, genera como consecuencia directa el presentar una ausencia constante de presupuesto. Iniciativas como la del satélite de comunicaciones en el 2009, la creación de la agencia espacial en el 2011 y el satélite de observación de la tierra en el 2012 han sido apoyadas por el gobierno nacional a través de conpes (los dos Satélites), más no alcanzaron buen término debido a las diferencias de intereses de los participantes o beneficiarios de los proyectos, y a la falta de interés y desconocimiento gubernamental de los beneficios que brindan los proyectos satelitales.

Factor de cooperación institucional (Estrategias independientes y sin cooperación interinstitucional):

Las iniciativas de desarrollo espacial colombianas se han reducido a estrategias de instituciones independientes, en las cuales su actividad misional no está directamente relacionada con el desarrollo del espacio, por lo cual los recursos técnicos, humanos y de presupuesto asignados a las iniciativas espaciales de la institución que los propone son reducidos y muy escasos.

Sumado a esto, aún cuando existe la posibilidad de encadenar esfuerzos interinstitucionales bajo una misma iniciativa o proyecto espacial, los celos institucionales y el afán de protagonismo limita esta opción, impidiendo la suma de capacidades en beneficio del

desarrollo espacial, que, sumado a los limitados recursos existentes, impiden el avance país en cuanto al espacio se refiere.

La iniciativa bajo la cual se creó la CCE en el 2006 buscó desvanecer estas barreras institucionales, logrando conseguir este objetivo de manera parcial, ya que aún cuando se realizaron iniciativas y proyectos espaciales de interés común, al ser los recursos asignados por una entidad independiente y no por la CCE como un ente autónomo encargado del desarrollo espacial, el resultado fue el mismo, la cooperación continuo limitada y con intereses diferentes al desarrollo espacial país, centrándose estos proyectos en solucionar necesidades específicas de la institución que asignaba los recursos a un proyecto.

Factor académico (Ausencia de conocimiento y de cultura en temática espacial):

La falta de apoyo y visión gubernamental que impiden proyectar el desarrollo espacial del país, radica en la ausencia de conocimiento y de cultura en temática espacial a todo nivel, tanto en el sector público como privado. Esta falta de educación acerca de como las ciencias y tecnologías espaciales benefician a un país generan un desconocimiento generalizado que impide de raíz proyectar un plan de desarrollo para tal fin. Como ejemplo, la ausencia de conocimiento de la importancia de la temática espacial género que la Presidencia de la CCE dejará de estar liderada por la Vicepresidencia de la Republica.

2. ¿Cómo es la relación entre el gobierno, la industria privada y la academia con respecto al sector espacial?

La relación entre estos tres pilares del desarrollo respecto al sector espacial, es precaria en Colombia. Instituciones gubernamentales como Colciencias, IGAC, IDEAM, Aerocivil y la Fuerza Aérea Colombiana han realizado esfuerzos aislados por integrar bajo su representación gubernamental a la empresa privada y la academia. Mas se tiene como debilidad sustancial el no contar con una política de alto gobierno que apoye esta integración con recursos económicos, humanos y técnicos. Una iniciativa parcial se tuvo con la CCE, más esta comisión estaba fundamentada bajo el concepto de suma de capacidades y no se creó como una entidad con personaría jurídica y autonomía administrativa, y menos con presupuesto asignado.

Esta situación hace que tan solo se cuente en el país con una empresa privada que desarrolla el tema espacial y tímidos esfuerzos académicos por desarrollar conocimiento en ciencia y tecnología espacial. Razón por la cual es precaria la interacción entre estos tres actores de desarrollo.

3. ¿En términos de desarrollo del sector cuáles serían los beneficios de que Colombia cuente con una política espacial?

Una política espacial de gobierno fungiría como el interés nacional en la materia. El estar plasmada como una política de gobierno, haría similitud a una política de estado, como se asume con las demás políticas de gobierno expresadas en el plan de desarrollo de cada nuevo gobierno.

Una política espacial de gobierno que este plasmada en el plan de desarrollo es altamente positiva para el país, dado que, al ser incluida en este documento, garantiza la asignación de recursos para cumplirla. Lo cual difiere de una política espacial de gobierno que no se refleje en un plan de desarrollo, la cual queda contemplada como idea a desarrollar, pero sin plazos y recursos.

En resumen, se considera como altamente beneficiosa una política espacial de gobierno, si esta se incorpora al plan de desarrollo del gobierno de turno, avalado por el Congreso Nacional, de lo contrario podría limitarse a los mismos resultados alcanzados con la iniciativa de la CCE.

Considerando la anterior premisa, los beneficios considerados serían:

- Concientización a todo nivel de los beneficios espaciales para la sociedad.
- Cultura espacial de largo plazo.
- Creación de un plan de desarrollo espacial de Colombia (incluye la creación de una agencia espacial).
- Garantiza recursos económicos, humanos y técnicos, de uso exclusivo para el desarrollo del sector espacial.
- Enfoque en educación para profesionales nacionales.
- Desarrollo de soluciones basadas en ciencia y tecnología espacial para las necesidades del país en todos los sectores.
- Oportunidad de negocio y generación de empleo para empresas nacionales que incursionen en el desarrollo de tecnologías espaciales.
- Apertura para un nuevo segmento de conocimiento y desarrollo educativo.

- Visualización y reconocimiento internacional.

4. ¿Es posible tener una política espacial sin que esté fundamentada en la adquisición de un satélite?

Completamente posible, una política espacial determina un curso de acción de interés de largo plazo, no está limitada ni restringida a un solo proyecto. La adquisición de un satélite se constituye como una iniciativa o proyecto de un plan de desarrollo espacial que se deriva de una política espacial.

5. ¿Quiénes son los actores principales y secundarios del sector? ¿Cómo es su relación?

La respuesta a esta pregunta se limita a la condición actual del sector espacial en Colombia.

Actores principales:

El Gobierno Nacional y todas sus instituciones que podrían incentivar el sector espacial en Colombia. Lo anterior en ausencia de una entidad dedicada al desarrollo espacial colombiano.

Actores secundarios:

Todas las entidades privadas que tengan interés en desarrollar capacidades de tecnología espacial, en este caso tan solo podría mencionar a Sequoia Space, y por otra parte las instituciones académicas que podrían educar profesionales en ciencias y tecnologías espaciales.

Como se expresó en la respuesta 2, la relación es precaria.

6. ¿La comisión colombiana del espacio es el organismo del gobierno adecuado para conducir el sector espacial de Colombia?

Por lo expresado en la pregunta 1, 2 y 3, considero que la CCE como está concebida, no es el organismo idóneo para conducir el sector espacial, principalmente por tres razones.

La primera razón, no es una entidad autónoma, es la suma de capacidades e intereses y esto hace que las decisiones no se enfoquen en el desarrollo espacial del país, sino en proponer y dar soluciones a necesidades particulares que le interesan a alguna o algunas de las entidades que la componen, para cumplir con su actividad funcional particular.

La segunda razón, no tiene personería jurídica bajo la cual tenga autonomía en recursos para cumplir una misión específica como es el desarrollo del sector espacial nacional.

La tercera razón, como ha funcionado y está funcionando, no ha sido la prioridad del gobierno nacional, por no estar ligada al plan nacional de desarrollo a través de un objetivo de gobierno (a falta de existir un interés nacional).

7. ¿Cuál considera que es la prioridad de los proyectos en qué debería invertir Colombia?

Enumeradas en términos de prioridad:

1. Formulación de la política espacial incluida en el Plan Nacional del Desarrollo.
2. Creación de una entidad encargada del desarrollo de espacial nacional que cumpla la política y lo establecido en el Plan Nacional de Desarrollo. (Oportunidad para la FAC).
3. Educación de postgrado para nacionales en ciencias y tecnologías espaciales, en entidades educativas de primer orden a nivel mundial.
4. Emisión de leyes tributarias que incentiven la actividad comercial en tecnología y ciencias espaciales.
5. Inclusión en organizaciones de primer orden mundial relacionadas con el sector espacial.
6. Proyectos espaciales:
  - 6.1. Apoyar proyectos de satélites pequeños (FACSAT 2-3-4)
  - 6.2. Adquisición de satélite óptico de observación de la tierra.
  - 6.3. Creación del puerto espacial nacional y desarrollo de capacidad de lanzamiento en órbita baja.
  - 6.4. Adquisición de satélite radar de observación de la tierra.
  - 6.5. Adquisición segundo satélite óptico de observación de la tierra
  - 6.6. Adquisición satélite de telecomunicaciones

## 10.4 ENTREVISTA OMAR SALAS

Omar Salas se desempeña como director de Justicia, Seguridad y Gobierno del Departamento Nacional de Planeación. Es politólogo de la Pontificia Universidad Javeriana, con una maestría en Estudios Internacionales de la Universidad Sorbona de París. La entrevista se realizó el 29 de marzo de 2017.

1. ¿Por qué Colombia no ha podido desarrollar el sector espacial a pesar de los múltiples esfuerzos que se han documentado desde la década de 1970?

R/ Porque los esfuerzos que se han realizado no han respondido a una directriz estratégica de primer orden enlazada con la aspiración y el interés nacional; y mucho menos con las necesidades en seguridad y defensa. Solo hasta ahora, y por razones de un mainstream internacional tecnológico, nos hemos visto en la necesidad de mitigar el rezago en la materia.

Al respecto es necesario tener en cuenta que actualmente no existe un consenso sobre la orientación estratégica que persigue este nuevo impulso en el país. ¿Estará circunscrito a la seguridad? ¿al comercio? ¿a las comunicaciones y la interconectividad? ¿a la gestión del riesgo? ¿A todo? Y si es así, ¿existen los recursos y las capacidades para adelantar algo de tan amplio alcance?

2. ¿Cómo es la relación entre el gobierno, la industria privada y la academia con respecto al sector espacial?

Embrionaria. Por un lado, las capacidades instaladas de la industria para el desarrollo de asuntos espaciales son aún incipientes. Por otro lado, la academia aún no termina de articularse a estos esfuerzos; y son ellos los que a través de la investigación aplicada pueden generar tendencia y mover las fronteras del conocimiento al respecto. Por último y como ya se dijo, el Estado tiene problemas estructurales de concepción estratégica del tema que han impedido el desarrollo continuo de una política clara e integral. Todo ello ocasiona una ruptura en los vasos comunicantes entre sectores que dificulta los esfuerzos que se desean adelantar

3. ¿En términos de desarrollo del sector cuáles serían los beneficios de que Colombia cuente con una política espacial?

La política puede fortalecer las iniciativas de seguridad y defensa, orientadas a suplir necesidades vitales del interés nacional y estratégico del Estado. Más específicamente:

a. Se podría fortalecer la capacidad de ciberdefensa permitiendo soportar cualquier línea de comunicación de un activo estratégico o de infraestructura crítica que haya sido vulnerado y que requiera dicho respaldo

b. Se facilita el fortalecimiento del mando y control de nuestras fuerzas de defensa ante agresiones inesperadas.

c. También facilita la labor de la inteligencia en la medida en que permite dar una idea más clara de los cambios en el orden de batalla de potenciales adversarios; lo que permite una mejor conciencia situacional para la toma de decisiones.

d. Igualmente facilitaría todo lo relacionado con la vigilancia y control de actividades ilícitas asociadas al crimen organizado a través mejores herramientas de monitoreo y control

e. Lo anterior además sirve como herramienta de anticipación a posibles desastres naturales, lo que redundaría en mejores capacidades de gestión del riesgo.

4. ¿Es posible tener una política espacial sin que esté fundamentada en la adquisición de un satélite?

Es posible, pero eso entraña mayores niveles de dependencia con el proveedor del servicio satelital, lo cual no es conveniente para el sector defensa; toda vez que, ante un posible escenario de crisis y conflicto, la incertidumbre sobre la posición del proveedor es más alta y el país podría quedar desprovisto del servicio; lo que afectaría todos los puntos mencionados en la pregunta 3.

5. ¿Quiénes son los actores principales y secundarios del sector? ¿Cómo es su relación?

Actores Primarios: Presidencia como eje rector, DNP como orientador de la política pública, Comando General como articulador sectorial, FAC como técnico orientador, Inteligencias como actores de apoyo y usuarios.

Actores secundarios: Mintic, IGAC y demás entidades que puedan ser usuarias del servicio

6. ¿La comisión colombiana del espacio es el organismo del gobierno adecuado para conducir el sector espacial de Colombia?

Es adecuada en la medida en que responda y apoye la misionalidad estratégica de la política (lo que implica tener ex ante una política clara y bien fundamentada). Debería entenderse como una mesa de validación y articulación interinstitucional. Si la dinámica y la orientación que han tenido hasta ahora no se compadece con ello, lo mejor sería reestructurarla.

7. ¿Cuál considera que es la prioridad de los proyectos en qué debería invertir Colombia?

La política espacial debe estar dirigida a atender tres proyectos de igual importancia:

- a.) Fortalecimiento de la seguridad y la defensa a través del componente espacial
- b.) Desarrollo social y económico derivado de las posibilidades de explotación del sector
- c.) Interconectividad y comunicación satelital para la nación

## **10.5 ENTREVISTA PILAR ZAMORA**

Pilar Zamora es abogada con maestría en derecho. Se desempeña como directora legal de Visión de Valores, empresa que representa a EUTELSAT en Colombia. La entrevista se realizó el 20 de abril de 2017.

1. ¿Por qué Colombia no ha podido desarrollar el sector espacial a pesar de los múltiples esfuerzos que se han documentado desde la década de 1970?

Colombia ha carecido de compromiso en generar una industria satelital conformada por la organización entre oferta y demanda como de la creación de conocimiento especializado en materia espacial. Como muestra de ello no conoce cuáles son las ventajas de generar un desarrollo espacial.

2. ¿Cómo es la relación entre el gobierno, la industria privada y la academia con respecto al sector espacial?

Entre gobierno y academia se ha circunscrito a los distintos grupos que representan las reuniones en el tema espacial. La participación del sector privado o agentes del mercado ha sido nula. Ya que el país no conoce la importancia del sector espacial en el desarrollo del país y en su seguridad.

3. ¿En términos de desarrollo del sector cuáles serían los beneficios de que Colombia cuente con una política espacial?

- a) Compromiso de inversión del Gobierno en materia espacial.
- b) Articulación con el sector privado.
- c) Canalización de utilidades del sector en investigación y desarrollo.
- d) Masificación de la importancia del sector espacial en las instituciones públicas.
- e) Colaboración con las agencias del mundo para compartir nuestras ventajas y las de otros Estados del mundo en pro del sector.

4. ¿Es posible tener una política espacial sin que esté fundamentada en la adquisición de un satélite?

Claro. La comunidad satelital en el mundo es colaborativa y de hecho teniendo el compromiso de compartir proyectos, actividades e información, la política espacial puede desarrollarse con la colaboración de Agencias del mundo, asesores, sector privado nacional e internacional.

5. ¿Quiénes son los actores principales y secundarios del sector? ¿Cómo es su relación?

Los actores principales del sector se dividen entre el sector público y el sector privado. En el sector público están los directamente competentes para el tema satelital como sería DNP, Presidencia de la República, MINTIC y el Ministerio de Defensa Nacional y Agencia espacial si la hubiera. Dentro del los principales del Sector Privado estarían las industrias operadoras satelitales y la academia.

Dentro del sector secundario está en lo público todos los Ministerios y entidades centralizadas y descentralizadas usuarias del espacio. Y dentro del sector privado estarían los intermediarios del sistema.

6. ¿La comisión colombiana del espacio es el organismo del gobierno adecuado para conducir el sector espacial de Colombia?

No. Pues no tiene ni capacidad jurídica, ni la articulación del sistema, no tiene una política pública que ejecutar, no tiene competencia ni el carácter decisorio.

7. ¿Cuál considera que es la prioridad de los proyectos en qué debería invertir Colombia?

En aquellos que le genere un impacto económico y social que permita la creación de una nueva industria espacial en Colombia, que no solo incluya los temas satelitales sino que además integre la creación y transformación de conocimiento en un esquema de colaboración mundial.