



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

FACULTAD DE DERECHO

**COLONIZACIÓN DEL COSMOS, LA
NUEVA FRONTERA DEL DERECHO
ESPACIAL**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

LICENCIADO EN DERECHO

P R E S E N T A

BRIAN ISRAEL MUÑOZ CRUZ

TUTOR

MTRA. LOUDES MARLECK RÍOS NAVA



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2022



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE DERECHO
SEMINARIO DE DERECHO INTERNACIONAL

LIC. IVONNE RAMIREZ WENCE
DIRECTORA GENERAL DE LA
ADMINISTRACIÓN ESCOLAR
DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO
P R E S E N T E

El alumno **BRIAN ISRAEL MUÑOZ CRUZ** con número de cuenta **314280680**, inscrita en el Seminario de Derecho Internacional bajo mi encargo, elaboró su tesis profesional titulada **“COLONIZACIÓN DEL COSMOS, LA NUEVA FRONTERA DEL DERECHO ESPACIAL”** dirigida por la **MTRA. LOURDES MARLECK RÍOS NAVA**. Investigación que, una vez revisada por quien suscribe, se aprobó por cumplir con los requisitos reglamentarios, en la inteligencia de que el contenido y las ideas expuestas en la investigación, así como su defensa en el examen oral, son de la absoluta responsabilidad de su autor, esto con fundamento en el artículo 21 del Reglamento General de Exámenes y la fracción II del artículo 2º de la Ley Orgánica de la Universidad Nacional Autónoma de México.

De acuerdo con lo anterior y con fundamento en los artículos 18, 19, 20 y 28 del vigente Reglamento General de Exámenes Profesionales, solicito de usted ordene la realización de los trámites tendientes a la celebración del examen profesional del alumno mencionado.

El interesado deberá iniciar el trámite para su titulación dentro de los seis meses siguientes, contados de día a día, a partir de aquél en que le sea entregado el presente oficio, con la aclaración de que, transcurrido dicho plazo sin haber llevado a efecto el examen, caducará la autorización que ahora se le concede para someter su tesis a examen profesional, misma autorización que sólo podrá otorgarse nuevamente, si el trabajo recepcional conserve su actualidad y en caso contrario hasta que haya sido actualizado, todo lo cual será calificado por la Secretaría General de la Facultad.

A T E N T A M E N T E
“POR MI RAZA HABLARA EL ESPÍRITU”
Cd. Universitaria a 18 MAYO del 2022

MTRA. LOURDES MARLECK RÍOS NAVA
ENCARGADA DEL SEMINARIO DE DERECHO INTERNACIONAL



FACULTAD DE DERECHO
SEMINARIO
DE
DERECHO INTERNACIONAL

Este oficio deberá incluirse en la impresión de su tesis

Índice	Pág.
Introducción.....	1
Capítulo 1. Marco histórico y conceptual.....	7
1.1 Historia del Derecho Espacial	7
1.1.1 Antecedentes	7
1.1.2 La Carrera Espacial	11
1.1.3 La Nueva Carrera Espacial.....	16
1.2 Historia de la ingeniería planetaria	18
1.2.1 Antecedentes y desarrollo	18
1.2.2 El surgimiento de la terraformación.....	20
1.2.2.1 Terraformación en la ciencia ficción.....	21
1.2.2.2 Ciencia y terraformación	25
1.2.3 La geoingeniería, experimentar en casa	31
1.2.3.1 Geoingeniería en la Unión Soviética.....	33
1.2.3.2 Geoingeniería en los Estados Unidos.....	34
1.3 Conceptos Fundamentales.....	36
1.3.1 Colonia espacial	36
1.3.2 Política espacial.....	38
1.3.3 Planeta y su diferencia con otros cuerpos celestes.....	39
1.3.4 Protección planetaria	41
1.3.5 Terraformación.....	43
Capítulo 2. Marco normativo en torno a la colonización espacial.....	44
2.1 Normativa internacional.....	44
2.1.1 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.....	44
2.1.2 Acuerdo que debe regir las actividades de los Estados en la Luna y otros cuerpos celestes.....	52
2.1.3 Convención sobre la prohibición de utilizar técnicas de modificación ambiental con fines militares u otros fines hostiles (ENMOD)	57
2.1.4 Convenio sobre registro de objetos lanzados al espacio ultraterrestre	58
2.1.5 Carta de las Naciones Unidas.....	59
2.1.6 <i>United Nations Conferences on the Exploration and Peaceful Uses of Outer Space (UNISPACE)</i>	62

2.1.7 Declaración sobre la cooperación internacional en la exploración y uso del espacio ultraterrestre para el beneficio e intereses de todos los estados, teniendo en cuenta particularmente las necesidades de los países en vías de desarrollo.....	63
2.1.8 Acuerdos Artemisa	64
2.1.9 Principios Pertinentes a la Utilización de Fuentes de Energía Nuclear en el Espacio Ultraterrestre	68
2.2 Políticas de protección planetaria.....	70
2.2.1 Políticas de Protección Planetaria de la Comisión de Investigaciones Espaciales (Committee On Space Research)	71
2.2.2 Principios y Guías para las Misiones Humanas a Marte	78
2.2.3 Directiva Interna de la NASA 8715.128 (NID 8715.128).....	80
2.2.4 Directiva Interna de la NASA 8715.129 (NID 8715.129).....	81
2.2.5 Directiva Política de la NASA 8020.7G (NPD 8020.7G)	82
2.2.6 Libro técnico de la NASA 5340.1B (NHB. 5340.1B/NASA-HDBK-6022).....	84
2.3 Futuras misiones a Marte.....	85
2.3.1 Programa Artemisa	85
2.3.2 Mars Direct	86
2.3.3 Mars One	87
2.3.4 SpaceX.....	88
2.3.5 Nüwa.....	89
Capítulo 3. Los procesos de colonización y terraformación	90
3.1 ¿Qué hace a un planeta habitable?	90
3.1.1 Ubicación dentro de un sistema solar	91
3.1.2 Clasificación estelar	92
3.1.3 Clases de cuerpos celestes habitables	94
3.1.4 Requisitos indispensables para la vida.....	96
3.2 Establecimiento de colonias espaciales	97
3.2.1 Colonizar un planeta ¿Por qué?	97
3.2.2 ¿Por qué colonizar Marte?.....	99
3.2.3 La llegada a un nuevo planeta	100
3.2.4 La construcción de los primeros asentamientos humanos.....	101
3.2.5 De “latas” a domos	102
3.2.6 Las primeras ciudades.....	104

3.3 Del desierto al Edén, el proceso de terraformación.....	104
3.3.1 El cambio de condiciones atmosféricas.....	106
3.3.2 Reactivación de la hidrosfera	107
3.3.3 Oxigenación.....	108
3.3.4 La Tierra, ejemplo vivo de terraformación	109
3.4 Nuevos desafíos en un nuevo entorno	111
3.4.1 Alimentación.....	111
3.4.2 Vivienda y entorno.....	114
3.4.3 Energía.....	117
3.4.4 Tiempo	119
Capítulo 4. Impacto en el mundo jurídico	126
4.1 Modificación de un nuevo entorno ¿Es en beneficio de la humanidad? 126	
4.1.1 Beneficios económicos.....	129
4.1.1.1 Leyes sobre minería espacial.....	129
4.1.2 Beneficios tecnológicos	133
4.1.2.1 Propiedad intelectual	134
4.1.3 Beneficios ecológicos	136
4.1.4 Beneficios políticos y sociales.....	137
4.1.4.1 Colonizar otro mundo ¿La clave para la paz internacional?	138
4.1.4.2 Repartición de beneficios.....	141
4.1.4.3 Responsabilidad por daños	144
4.1.4.4 Financiamiento de la misión	146
4.1.4.5 Energía nuclear en los cuerpos celestes.....	148
4.1.4.6 La cláusula de tiempo.....	151
4.2 Zonas naturales protegidas en cuerpos celestes.....	153
4.2.1 Convención sobre la prohibición de utilizar técnicas de modificación ambiental con fines militares u otros fines hostiles ¿El alto definitivo a la terraformación?.....	155
4.2.2 Acuerdo que debe regir las actividades de los Estados en la Luna y otros cuerpos celestes.....	158
4.2.3 En busca del balance	160
4.2.3.1 Zonas APEX.....	160
4.2.3.2 La exogeoconservación.....	162
4.2.3.3 Parques planetarios	167

4.3 La libertad extraterrestre y las colonias en otros planetas	169
4.3.1 Los límites de los Tratados Internacionales.....	170
4.3.1.1 El problema de los astronautas.....	171
4.3.1.2 Colonos en el espacio, ¿retienen la calidad de astronautas? ..	174
4.3.2 La influencia de las condiciones extraterrestres en la sociedad	175
4.3.3 La Libertad Extraterrestre	176
4.3.4 El riesgo de independencia	180
4.3.4.1 Nuevos retos jurídicos	182
4.4 Hermandades siderales: ¿Los Tratados protegen la vida no terrestre?	186
4.4.1 Sospechas de vida en el Universo	187
4.4.1.1 Meteoritos de Marte	188
4.4.1.2 Gases en Venus	188
4.4.1.3 Vida en otro sistema estelar	189
4.4.2 Disposiciones en los tratados internacionales.....	190
4.4.3 Principios y protocolos SETI.....	192
4.4.4 El papel de la Organización de Naciones Unidas ante la vida extraterrestre	196
4.4.4.1 El caso de los Objetos Próximos a la Tierra	200
4.4.5 Del Derecho al Meta-Derecho.....	202
4.5 Aportaciones y propuestas en materia de colonización y terraformación	204
4.5.1 Reforma a la Carta de San Francisco.....	204
4.5.2 Tratado sobre Minería Espacial	207
4.5.3 Tratado sobre Colonización y Terraformación	209
4.5.3.1 Definiciones	209
4.5.3.2 De los procesos de colonización y terraformación	211
4.5.3.3 Catalogo de terraformación	212
4.5.3.4 De los colonos.....	213
4.5.3.5 De las invenciones	216
4.5.3.6 De la Responsabilidad Compartida	218
4.5.3.7 Del Financiamiento.....	219
4.5.3.8 De los Combustibles Nucleares	220
4.5.3.9 De la exogeoconservación.....	221
4.5.3.10 De la Protección Planetaria	223

4.5.3.11 De las formas de vida no terrestres	224
4.5.3.12 De la Resolución de Controversias	225
4.5.3.13 Cláusula temporal	226
4.5.4 Acuerdo sobre Marte	227
4.5.4.1 De las colonias.....	227
4.5.4.2 De la Independencia	229
4.5.4.3 Del Estado Marciano.....	230
4.5.4.4 De los Parques Planetarios	231
4.5.4.5 De la resolución de controversias y el planeta de origen	232
4.5.5 Acuerdo Internacional sobre el Contacto con Vida Extraterrestre ..	233
4.5.5.1 Sobre la detección.....	233
4.5.5.2 Sobre la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos	235
4.5.5.3 Sobre la Organización de las Naciones Unidas	236
Conclusiones	239
Bibliografía	242

Introducción

El espacio, considerado por muchos como la última frontera que la humanidad debe de conquistar, ha representado un objeto de fascinación por milenios, además de un reto para el mundo jurídico desde la década de 1950.

Ha sido innegable que uno de los más grandes sueños de la humanidad ha sido, es y será, no solo poder poner pie en ellos, sino explorarlos, e incluso, asentarse en ellos y convertirlos, no en una colonia, sino en un segundo hogar, una nueva Tierra.

Sin embargo, más allá de todos los desafíos técnicos que esto supone, hay un enorme campo que ha sido muy poco explorado, el cual refiere a las consecuencias jurídicas de que esta enorme ambición de la humanidad se haga realidad.

Por ello, la presente tesis mostrará un panorama sobre los avances técnicos y, especialmente, legales, en la materia, esto a fin de resolver la incógnita respecto si es necesaria o no la creación de instrumentos internacionales que regulen la legalidad de colonizar y terraformar algún cuerpo celeste.

La presente tesis se dividirá en cuatro capítulos, en los cuales se analizarán los diversos aspectos, tanto técnicos como legales, en torno a la realización de tan ambiciosos procesos.

En el primer capítulo se realizará un breve recorrido histórico sobre el Derecho Espacial y la Ingeniería Planetaria; en este sentido se hará un especial énfasis en el análisis de esta última, ya que en ella se comprenden

los procesos de colonización y terraformación, a fin de generar una mejor comprensión sobre la misma disciplina.

Como se ha observado en años recientes, la posibilidad de modificar el clima con la geoingeniería, es decir la aplicación de técnicas de modificación ambiental con un alcance global, ha abierto la puerta a una nueva era dónde cambiar drásticamente a un planeta se encuentra más cercano a la realidad.

Es importante señalar que estos procesos se han realizado desde mediados de la década de 1960, sin embargo, su relevancia se ha incrementado debido al calentamiento global y se presentan como una solución al mismo.

Por otra parte, también se explicará en el capítulo inicial de la tesis qué se entiende por colonización planetaria y terraformación, dos conceptos que trascendieron del mundo de la ciencia ficción a ser posibilidades muy reales que se discuten en foros de actualidad entre las diversas agencias espaciales y especialistas en temas planetarios.

En el segundo capítulo, se analizará el *Corpus Iuris Spatialis*, a fin de determinar los alcances del mismo, así como un estudio acerca de si contemplaba la posibilidad de colonizar y terraformar un cuerpo celeste.

Se analizará de forma particular 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”, instrumento que ha sido considerado por varios autores como “la constitución del Derecho Espacial”.

Asimismo, se estudiará el “Acuerdo que Gobierna las Actividades de los Estados en la Luna y otros Cuerpos Celestes”, documento el cual regula con detalle varias de las actividades que se podrán realizar en la Luna y otros planetas, sin embargo, también se demostrará que existen algunas lagunas importantes en lo que respecta a estos dos procesos.

Concatenado a la terraformación, se analizarán las disposiciones de la “Convención sobre la Prohibición del Uso de Técnicas de Modificación del Medio Ambiente con Fines Militares o con cualquier otro Fin Hostil”, las cuales sirven de innegable fundamento para la realización de este proceso.

Por otra parte, se estudiarán las políticas de protección planetaria elaboradas por la Comisión de Investigaciones Espaciales, un conjunto de parámetros técnicos que se aplican para cualquier misión que tenga por destino un cuerpo celeste donde se presuma haya vida o un ecosistema que no se desee alterar, así como para evitar la contaminación de regreso y salvaguardar la Tierra de elementos extraterrestres. Dichas políticas juegan un papel determinante en la posibilidad de realizar tan ambiciosos procesos, ya que suponen potenciales altos para los mismos.

Estos criterios técnicos han visto un incremento en su utilidad, especialmente con las misiones a Marte por parte de la NASA, quien con el rover *Curiosity* plantea la posibilidad de traer a la Tierra las primeras muestras de suelo marciano.

Cabe destacar que esta decisión, si bien ha sido recibida con expectación por muchos, otros se oponen al retorno de estas misiones, toda

vez que la posibilidad de contener una forma de vida que afectaría a todo el ecosistema terrestre permanece muy latente.

Previo al estudio de fondo de la problemática, en el capítulo tercero, se analizarán brevemente los avances técnicos en materia de colonización y terraformación, esto a fin de demostrar la genuina viabilidad de los mismos, así como los criterios técnicos que hay detrás de la realización de estos.

Cabe recordar que las agencias espaciales, tales como la NASA y SpaceX, han demostrado en meses recientes su intención de establecer los primeros asentamientos humanos permanentes en los cuerpos celestes.

La NASA plantea con su programa Artemisa el retorno del humano a la Luna, a fin de establecer las primeras colonias de investigación y observatorios científicos; mientras que la agencia espacial de Elon Musk se ha propuesto la meta de llevar en 2030 los primeros humanos a Marte, esto a fin de establecer las primeras colonias que se dedicarán a la investigación, explotación, y posteriormente, lanzamiento de misiones tripuladas a Júpiter.

Tales acontecimientos son una clara evidencia de que los avances de la ciencia y la tecnología superan con creces los alcances previstos originalmente en la legislación vigente, lo que resalta la necesidad de establecer nuevos instrumentos internacionales que expandan estos.

Por otra parte, en este mismo capítulo se estudiará particularmente al Planeta Marte, el cuerpo celeste que se presenta como el mejor y más seguro candidato para la realización de estos dos procesos de la Ingeniería Planetaria dentro de las próximas décadas.

Finalmente, en capítulo cuarto, se analizarán las consecuencias jurídicas que tendría la realización de estos dos procesos bajo la legislación espacial vigente, a fin de resaltar las varias lagunas que existen en el mismo.

En este sentido, se demostrará que tales procesos no *violentan prima facie* los principios estatuidos en los diferentes instrumentos internacionales, sino que, en todo caso, encuentran amparo dentro de ellos, tales como el uso pacífico y realización de actividades en beneficio de toda la humanidad.

Por otro lado, también se demostrará la necesidad de expandir la normativa actual, pues ignora varios aspectos subyacentes en estos procesos, como lo es la posibilidad de daños irreparables en un cuerpo celeste, el apoyo internacional requerido para el mantenimiento prolongado de una colonia, así como la protección de zonas naturales dentro de los mismos.

Por otra parte, se analizarán dos supuestos relativos a estos procesos que han sido discutidos muy seriamente por especialistas en la materia y que se han visto completamente ignorados dentro de los tratados vigentes, así como en la Agenda Espacial 2030.

Estos dos casos hacen referencia al Riesgo de Independencia de una colonia establecida en otro cuerpo celeste, así como la posibilidad de detectar vida en Marte u otros cuerpos celestes.

Dichas posturas son conceptos novedosos dentro de la academia, sin embargo, presentan escenarios dignos de ser analizados y ser tomados con seriedad dada la alta posibilidad de que se cumplan en las próximas décadas.

El Riesgo de Independencia hace referencia a la posibilidad de que una colonia espacial con un grado de autosuficiencia alto y una identidad definida, decida cortar lazos con sus benefactores en la Tierra para establecer su propio gobierno, lejos de la influencia de esta.

Por otra parte, la posibilidad de encontrar vida en otro planeta, si bien pareciera propia de la ciencia ficción, ha sido analizada con seriedad por varios astrobiólogos, especialmente después de los hallazgos de posibles microfósiles bacterianos en Marte, gases propios de los seres vivos en Venus, e incluso, evidencia que apunta a la existencia de una megaestructura en otro sistema estelar.

¿Qué leyes se deberán aplicar a las colonias espaciales? ¿Cómo se pueden proteger los cuerpos celestes y las formas de vida que hay en ellos? ¿Qué procede si una colonia se independiza de la Tierra? ¿Quién hablará en nombre de la humanidad ante otro planeta o forma de vida con inteligencia equiparable a la humana?

Ambos supuestos serán estudiados, y se propondrán regulaciones específicas en torno a los mismos, pues la ignorancia de estos ha llevado a la creación de lagunas importantes.

Finalmente, se propondrá la reforma y creación de instrumentos internacionales que contemplen todos los aspectos involucrados en la realización de la colonización planetaria y terraformación, a fin de contar con un marco legal actualizado y robusto que permita hacer frente a los futuros retos jurídicos que indudablemente aparecerán dentro de las próximas décadas.

Capítulo 1. Marco histórico y conceptual

Dentro del presente capítulo se realizará un recuento histórico sobre el nacimiento del Derecho Espacial y la idea sobre la terraformación, uno de los procesos más ambiciosos de la ingeniería planetaria. Para finalizar se analizarán conceptos que serán fundamentales para el correcto entendimiento de la problemática que se desarrollará en capítulos posteriores, tales como las colonias espaciales, qué es un planeta, y las políticas de protección planetaria.

1.1 Historia del Derecho Espacial

Como toda rama del derecho, la regulación del espacio exterior comenzó como una simple curiosidad jurídica, un tiro hecho en la oscuridad, una especulación salvaje que podría carecer de fundamento. A pesar de que en la década de 1960 tuvo un auge en lo relativo a su regulación, esta fue insuficiente, tal y como lo evidenciaron las legislaciones de la última década.

1.1.1 Antecedentes

El Derecho Espacial, pese a ser una rama de reciente creación, encuentra antecedentes de varias décadas previas a su aparición dentro del universo jurídico.

La idea del hombre en el espacio nunca ha sido una novedad y ha estado presente en la mente de literatos desde hace siglos, por ejemplo, en

su obra *“De la Terre à la Lune”*, Julio Verne describe la forma en que el ser humano llegaría a la Luna.¹

Formalmente la especulación sobre cómo deberían de regularse las actividades del hombre en los espacios aéreos comenzó con uno de los acontecimientos más importantes de la historia, el cual fue la inolvidable invención de los hermanos Wright, el aeroplano.

Tal suceso desató discusiones entre la comunidad internacional respecto a su soberanía sobre el espacio aéreo y como habría de emplearse sin afectar los intereses de los estados, todo esto llevó a que en el año de 1919 se creó la “Convención para la Reglamentación de la Navegación aérea Internacional” en París, con la cual se establecen parámetros para el ejercicio de dichas actividades.

No obstante, a la par que todo esto ocurría, un pequeño sector de juristas decidió mirar más arriba del cielo y cuestionarse qué pasaría con la reglamentación de las estrellas ahora que el hombre comenzaba a acercarse cada vez más hacia ellas.

De entre este selecto grupo de juristas, se encontraba el belga Emile Laude, quien en 1910 planteó en un artículo la necesidad de crear un sistema legal especial que regulará las nuevas relaciones jurídicas que se darían si alguna vez la ciencia permitía al ser humano llegar más allá de las capas de

¹ *Cfr.* DIERDERIKS-VERSCHOOR Y V. KOPAL, *An Introduction to Space Law*, 1ª ed., Kluwer Law International, Países Bajos, 2008.

gas y éter,² además, exploraba las problemáticas que suponían las ondas Hertz.³

En 1926, V.A. Zarzar, Ministro Aéreo Soviético, elaboró un escrito en el que reconoció al Derecho Espacial como una rama separada del Derecho Aéreo, y sostiene la necesidad de un régimen especial para la capa superior de la atmósfera, en donde los vuelos de altitud y comunicaciones interplanetarias estarían libres de la soberanía de cualquier Estado.⁴

Durante el año de 1928, el ingeniero eslavo Herman Potočnik publicó un escrito titulado “El Problema de los Vuelos Espaciales”, dentro del cual estudia la posibilidad de construir bases geoestacionarias y, si bien su enfoque es principalmente científico, dedicó un apartado para justificar el uso civil y militar del espacio ultraterrestre.⁵

Por su parte en 1929, Walther Schoenborn de la Universidad de Kiel, defendió la idea de que después de la atmósfera, ningún Estado debería conservar su soberanía.⁶

Posteriormente, en el año de 1932, el abogado Vladimir Mandl de Pilsen publicó su monografía “*Das Weltraum recht: Ein Problem der Raumfahrt*”, documento que constituye uno de los primeros estudios sobre derecho espacial.⁷

² Cfr. BOGAERT, E.R.C, *Aspects of Space Law*; Kluwer Law and Taxation Publishers, Países bajos, 1981.

³ Cfr. GOUYON Matignon, Louise de, *The lawfulness of space mining activities*, Disponible en: <https://www.spacelegalissues.com/wp-content/uploads/2019/09/The-Lawfulness-of-Space-Mining-Activities.pdf> [Consultado el 20 de agosto de 2021], 2019 pp. 22.

⁴ *Ibidem* pp. 23.

⁵ Cfr. NOORDUNG, H. Potočnik, *Das Problem der Befahrung de Weltraum*, Schimdt & Co., 1928.

⁶ Cfr. GOUYON Matignon, Louise de, *The lawfulness of space mining activities*, *Op Cit.* pp.23.

⁷ Cfr. BOGAERT, E.R.C, *Aspects of Space Law*, *Op. Cit.* pp. 43.

Dentro de este, expone que los lanzamientos al espacio exterior deberían de estar regulados de una forma diferente al Derecho Marítimo y Aéreo, aunque tenían principios análogos; además, señala que todo vehículo espacial tendría que contar con una nacionalidad, y se gobernaría por el Estado que ostentara su lanzamiento.⁸

Mandl, en el capítulo titulado “El Futuro”, explora con detalle el problema de la soberanía, y llega a la conclusión de que ésta debe extenderse verticalmente y disiparse eventualmente cuando se rebasa la atmósfera.⁹

Más tarde, en 1934, el jurista soviético, Alexandrovich Korovin publicó sus teorías al respecto en su ensayo “La Conquista de la Estratosfera y el Derecho Internacional”; según sus escritos, el progreso tecnológico de la navegación eventualmente permitiría a los aviones alcanzar la estratosfera; y cuando esto pasara, la ley debía expandir su alcance más allá de la atmósfera.

Cabe destacar que, a diferencia de las determinaciones que se tomaron en las décadas posteriores, Korovin abogaba por que todos los estados conservarían sus derechos de soberanía y defensa en el espacio exterior.¹⁰

Finalmente, a comienzos de la década de 1950, el jurista alemán Wolf Heinrich presentó su tesis doctoral “*Luftrecht und Weltraum*”, en donde analizó el régimen jurídico aplicable a las aeronaves, y exploró su aplicación en el caso de aquellas que lograsen salir de la atmósfera terrestre.¹¹

⁸ Cfr. GOUYON Matignon, Louise de, *The lawfulness of space mining activities*, *Op Cit.* pp. 23.

⁹ *Ídem.*

¹⁰ Cfr. BOGAERT, E.R.C, *Aspects of Space Law*, *Op. Cit.* pp. 45.

¹¹ Cfr. DIERDERIKS-VERSCHOOR Y V. KOPAL, *An Introduction to Space Law*, *Op. Cit.* pp. 1.

Sin embargo, todas estas discusiones y propuestas fueron descartadas por mucho tiempo como meras especulaciones sobre lo que podría deparar el futuro, por lo que se les restó importancia en su época y quedaron solamente como una curiosidad jurídica más.

1.1.2 La Carrera Espacial

Tras décadas de letargo, la idea de regular el espacio y las actividades que habrían de realizarse en él, recobraron importancia durante la década de 1950, ya que las dos superpotencias de ese entonces, Estados Unidos y la Unión Soviética, se encontraban en una férrea lucha por demostrar su supremacía política.

Entre el marco de la llamada Guerra Fría, tuvo lugar un evento que sacudió a todo el mundo jurídico, la llamada Carrera Espacial.

Previo al disparo de salida, ya se comenzaban a dilucidar discusiones muy serias sobre el uso del espacio exterior, entre ellas, se encuentra el Año Internacional de la Geofísica, que tuvo verificativo en 1957.

Durante este evento, todas las conferencias tenían la finalidad de crear conciencia sobre las tecnologías obtenidas de conflictos bélicos pasados y sobre cómo emplearlas en beneficio de la humanidad.¹²

Ese mismo año, la Unión Soviética dio el banderazo de salida con la puesta en órbita del *Sputnik 1*, con lo que comenzó la lucha por el control estratégico del espacio exterior y demostrar que país tenía la mejor ideología y capacidad de ingeniería.

¹² Cfr. DIERDERIKS-VERSCHOOR Y V. KOPAL, *An Introduction to Space Law*, Op. Cit. pp. 1.

Pocos meses después, los soviéticos lograron poner al primer ser vivo en órbita, con la perra Laika a bordo del *Sputnik 2*.

En 1958, los Estados Unidos de América mandaron su respuesta a los avances soviéticos al colocar en órbita al *Vanguard 1*, el primer satélite solar con un desempeño muy superior a los *Sputnik* rusos, los cuales se calcinaban durante su reingreso a la Tierra.¹³

Asimismo, la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio, NASA por sus siglas en inglés, logró colocar en órbita ese mismo año la sonda espacial *Signal Communication by Orbiting Relay Equipment*, mejor conocida como *SCOPE*, el primer equipo satelital dedicado a telecomunicaciones.¹⁴

Ante estas rápidas olas de progreso, la Organización de Naciones Unidas determinó adoptar la Resolución 1348, con la cual se creó una comisión *ad hoc* para lidiar con todas las posibles problemáticas jurídicas que pudieran llegar a surgir con respecto a las actividades espaciales, la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, COPUOS por siglas en inglés.¹⁵

El 12 de diciembre de 1959 fue cuando quedó formalmente establecido como un órgano permanente de la Organización de las Naciones Unidas y posteriormente comenzó a debatir para determinar el régimen jurídico del espacio ultraterrestre.

¹³ Cfr. DIERDERIKS-VERSCHOOR Y V. KOPAL, *An Introduction to Space Law*, Op. Cit. pp. 1.

¹⁴ *Ibidem* pp. 3.

¹⁵ *Ibidem* pp. 2.

Una de las discusiones doctrinarias más importantes que tuvo lugar durante esta época, fue aquella relativa a las reglas que debían aplicarse en el espacio exterior, respecto a ello surgieron dos posturas:¹⁶

- ***Cujus est solum ejus est usque ad coelum et ad inferos***: Este aforismo jurídico se traduce al español como “El que es dueño del suelo, lo es por arriba hasta el cielo y por abajo hasta el infierno”, surge del Derecho Romano y fue empleado por el Derecho Aéreo en la “Convención de Chicago sobre Aviación Civil” para resolver los problemas de soberanía. Un sector de doctrinarios proponía que este se hiciera extensivo a todo tipo de aeronave, fuera terrestre o espacial.
- ***Res communis***: Este principio igualmente proviene del Derecho Romano y es rescatado de las Instituciones de Justiniano, en las cuales declaró que “Por la ley de la naturaleza, todas estas cosas son comunes a la humanidad – el aire, las corrientes de agua, los mares y consecuentemente sus costas”. Bajo este precepto fue que se lograron resolver varias problemáticas en el Derecho marítimo y se pretendía aplicarlo al espacio exterior.

Ambas posturas contaban con fortalezas y debilidades en su argumentación, por un lado, el principio *ad coelum* había demostrado ser efectivo en resolver la problemática del espacio aéreo entre naciones, sin embargo, al hablar del espacio exterior este criterio mostraba una utilidad muy limitada dada la dificultad de determinar la posición de una persona cuando esta se encuentra a cientos de kilómetros de la superficie de un Estado.

¹⁶ Cfr. BOGAERT, E.R.C, *Aspects of Space Law*, Op. Cit. pp. 46.

En lo que respecta al principio *res communi*, este fue de enorme utilidad para determinar el uso de los recursos de alta mar, no obstante, el espacio exterior presenta una naturaleza intrínsecamente diferente a los océanos, y la forma en que este se emplearía, como lo planteó el profesor Chaumant, se encontraba al arbitrio de las Potencias Espaciales.¹⁷

Mientras estas discusiones tenían lugar, la Unión Soviética mandó los satélites *Luna 2* y *3*, el primero logró impactar en la superficie de la Luna, mientras que el segundo fotografió la cara oculta. Por su parte, Estados Unidos de América puso el primer homínido en órbita, con el lanzamiento del chimpancé Ham al espacio.

Más tarde, ese mismo año, los soviéticos lanzaron el *Vostok 1*, aeronave que iba tripulada por el cosmonauta Yuri Alekséyevich Gagarin, quien se convertiría en el primer humano en el espacio.

En 1962, la Organización de las Naciones Unidas determinó crear un subcomité jurídico para reglamentar las responsabilidades que llegaran a surgir por los accidentes causados por artefactos celestes, para la cooperación internacional y devolución de vehículos cósmicos.¹⁸

Posteriormente, en el año de 1963, se aprobó en la Asamblea General de las Naciones Unidas la “Declaración de los Principios Jurídicos que deben regir las Actividades de los Estados en la Exploración y Utilización del Espacio Ultraterrestre”¹⁹, bajo la cual se determinó que este no sería susceptible de

¹⁷ Cfr. BOGAERT, E.R.C, *Aspects of Space Law*, Op. Cit. pp. 46.

¹⁸ Cfr. ÁLVAREZ HERNANDEZ, José Luis, *Derecho espacial*, UNAM, México, 1997, pp. 59.

¹⁹ ASAMBLEA GENERAL DE LAS NACIONES UNIDAS, *Declaración de los principios jurídicos que deben regir las actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre*, 1963, disponible en:

apropiación por parte de ningún país, además de que toda actividad tendría como fin último el beneficio de la humanidad, con lo que se adoptó completamente la postura del *res communis*.

En ese mismo año, la Unión Soviética lanzó el *Vostok 6*, el cual fue tripulado por Valentina Tereshkova, la primera mujer en viajar al espacio. Y dos años más tarde, en 1965, Alexei Arkhipovich Leónov, se convirtió en el primer ser humano en dar un paseo espacial.

En el año de 1967, fue que se elaboró el convenio más importante para toda la rama del Derecho Espacial, el “Tratado de Principios que Rigen las Actividades de los Estados en la Exploración y Uso del Espacio Exterior, Incluyendo la Luna y otros Cuerpos Celestes”.

Dentro de este documento, se establecieron todos los principios y prohibiciones que habrían de regir las actividades que se realicen en el espacio ultraterrestre y otros cuerpos celestes, tal como la no apropiación, o el deber ser en beneficio de la humanidad, entre otros.

Al año siguiente, Estados Unidos dio un preludio de lo que sería una de los eventos más importantes en la historia humana, esto al enviar la misión Apolo 8, la cual realizó una vuelta completa a la Luna, y se convirtió en el primer vuelo espacial tripulado en entrar dentro de la influencia gravitatoria de otro cuerpo celeste.

Posteriormente, el 20 de julio de 1969, ante la mirada de millones de personas expectantes, la misión Apolo 11 realizó una de las hazañas más

https://derecho.usc.edu.co/files/Derecho_espacial_ultraterrestre/declaracion_principios_juridicos.pdf, consultado el 25 de octubre de 2021.

importantes en la historia, cuando logró colocar a los primeros seres humanos, Neil Armstrong y Buzz Aldrin, en otro cuerpo celeste, la Luna.

Ante tal golpe y reiterados fracasos en sus misiones, la Unión Soviética se declaró tácitamente derrotada en la Carrera Espacial, no obstante, en un gesto equiparable a un apretón de manos entre grandes atletas deportivos, realizó una misión conjunta con su agencia rival la cual terminó con el acoplamiento de la nave Apolo-Soyuz en 1975, con lo que se dio por culminada esta fase en la historia de ambas naciones.

1.1.3 La Nueva Carrera Espacial

Luego de años de letargo, el interés de la humanidad en el espacio ha retornado, los tiempos en que los Estados eran los protagonistas llegaron a su fin, y ahora los sujetos del sector privados comenzaron a intervenir, bajo el manto del Estado al que pertenecen, en estas actividades con una finalidad comercial.

La principal característica de la Nueva Carrera Espacial es su división por objetivos, pues cada particular busca algo distinto, ya sea llegar a Marte, comenzar la minería espacial, o ser el primero en establecer un hotel en órbita.²⁰

Uno de los más grandes motores dentro de esta nueva carrera es la minería espacial, la cual tiene por objetivo explotar las materias primas obtenidas de asteroides y otros cuerpos celestes.

²⁰ Cfr. RENENELLA Raúl, *¿Ha empezado una nueva carrera espacial?*, Revista: El Universo, Disponible en: <https://www.eluniverso.com/noticias/internacional/ha-empezado-una-nueva-carrera-espacial-nota/>, España, 2021, consultado el 29 de agosto de 2021.

El primer avance legal que se dio en esta materia fue en el año 2015, cuando Estados Unidos promulgó el “*Commercial Space Launch Competitiveness Act*”, bajo el cual buscaba incentivar a las empresas privadas para iniciar actividades mineras más allá de la Tierra.

Con esta ley, se autorizó a los particulares para tomar propiedad sobre aquellos metales extraídos de cuerpos celestes, más no la titularidad sobre éste.²¹

Al año siguiente, Luxemburgo emitió su propia legislación en la materia, la llamada “Ley de Recursos Espaciales”, con la cual buscan dar injerencia a los Ministros de Economía y de Gobierno, así como a particulares como son “*American Planetary Resources Inc.*” y “*Japanese Ispace Inc.*” en las actividades de minería espacial.²²

En el año de 2021, las empresas *Virgin Galactic* y *Blue Origin* compitieron por ser las primeras en lograr poner astronautas civiles en órbita, ambas financiadas por particulares.

Por su parte, la empresa del multimillonario Elon Musk *Space X*, se enfoca en mandar astronautas de regreso a la Luna, además de establecer las primeras colonias humanas en Marte.

En ese sentido, algunos países también buscan participar en esta carrera hacia el planeta rojo, con Estados Unidos, China y Emiratos Árabes como los principales competidores.

²¹ Cfr. GOUYON Matignon, Louise de, *The lawfulness of space mining activities*, Op Cit. pp. 35-36.

²² Cfr. RENENELLA Raúl, *¿Ha empezado una nueva carrera espacial?*, Revista: El Universo, Disponible en: <https://www.eluniverso.com/noticias/internacional/ha-empezado-una-nueva-carrera-espacial-nota/>, España, 2021, consultado el 29 de agosto de 2021.

Entre los años de 2020 y 2021, las agencias espaciales de cada uno se encargaron de enviar sondas espaciales para conocer la composición atmosférica de Marte, así como *rovers* para comprobar la presencia de vida, todo esto con el fin de contar con la mejor información posible antes de enviar sus misiones tripuladas.

Estados Unidos envió al *Rover Perseverance*, China a *Tianwen 1*, y los Emiratos Árabes a la sonda *Hume*.²³

1.2 Historia de la ingeniería planetaria

Pese a iniciar como algo propio de la ciencia ficción, la idea de poder aplicar los conocimientos de la ingeniería a una escala global comenzaron a tomarse cada vez más en serio dentro del plano científico; por ello, ahora la idea de poder emplear el poder de la ciencia para modificar, no solo el clima, sino todo un planeta, se encuentra próxima a la realidad.

1.2.1 Antecedentes y desarrollo

Se define a la ingeniería planetaria como aquella rama dedicada a la aplicación de la tecnología con la finalidad de influir en el clima y medio ambiente de un planeta, tiene por objetivo el incrementar la habitabilidad de otros mundos, o bien, mitigar los efectos del cambio climático en la Tierra.

Se distingue de la rama de la ingeniería geotécnica en el sentido que esta última se encarga de aplicar los conocimientos de la geología en

²³ Cfr. RENENELLA Raúl, *¿Ha empezado una nueva carrera espacial?*, Revista: El Universo, Disponible en: <https://www.eluniverso.com/noticias/internacional/ha-empezado-una-nueva-carrera-espacial-nota/>, España, 2021, consultado el 29 de agosto de 2021.

actividades de construcción, mientras que la ingeniería planetaria busca aplicar la ciencia para modificar por completo un planeta.

Por muchas décadas la rama de la ingeniería planetaria se limitaba al reino de la ciencia ficción, sin embargo, en tiempos recientes comenzó a tomarse más seriamente.

El común denominador de las técnicas y métodos empleados por esta rama del saber es la escala global, la intención directa de modificar un parámetro del planeta, y el grado que tiene como medida compensatoria.²⁴

Desde la antigüedad, la idea de modificar la naturaleza era considerada como imposible, sin embargo, entre los siglos XVII y XVIII esta concepción comenzó a cambiar, tal como lo demuestran los escritos de John Ray, quien consideraba a la Tierra como "... una creación de Dios, pero una creación no acabada",²⁵ y que recaía en el humano terminar su construcción.

En el siglo XIX, científicos comenzaron a caer en cuenta sobre el impacto de las actividades humanas en el planeta; uno de ellos fue George Perkin Marsh, quien publicó el libro *Man and Nature*, mejor conocido como "*Physical Geography as Modified by Human Action*", en el cual estudiaba las consecuencias de las acciones humanas en el clima global.²⁶

Dentro de su obra, dividió a las actividades humanas como "benignas y dañinas".

²⁴ Cfr. KEITH, David W., *Geoengineering The Climate: History and Prospect*, Annual Reviews, Tomo 25, 2000, pp. 246-284.

²⁵ FOGG, Martyn J., *Terraforming: engineering planetary environments*, Estados Unidos de América, Warrendale, PA, 1995, pp. 3.

²⁶ *Ibidem*, pp.10.

Posteriormente, a inicios del siglo XX, Vladimir Vernardsky describió a la actividad humana como “una poderosa fuerza geológica”, por lo que consideraba que la humanidad podía modificar los ciclos bioquímicos y “reconstruir el mundo por medio de su trabajo y pensamiento”, esto por medio de la ingeniería planetaria.²⁷

En su obra establece que la humanidad se encuentra en una *noosfera*, es decir, dentro del conjunto conformado por seres dotados de inteligencia, y el cual es posible expandir a otros planetas.²⁸

1.2.2 El surgimiento de la terraformación

El primero en especular sobre la aplicación de la ingeniería planetaria para modificar otros planetas fue el astrónomo estadounidense Percival Lowell, sin embargo, para él, quienes aplicaron estos conocimientos no serían los humanos, sino marcianos inteligentes.

Dentro de sus escritos sobre la topografía de Marte, Lowell enfatizó mucho sobre “los canales marcianos y su naturaleza artificial”, pues aseguraba que estos se conectaban con los polos y se dirigían hacia las zonas ecuatoriales.²⁹

Según sus interpretaciones, estos canales eran clara evidencia de una modificación planetaria realizada por ingenieros para alterar los ciclos hidrológicos de Marte y así tratar de salvar la civilización que se encontraba en crisis ante un planeta moribundo.

²⁷ VERNADSKY, Vladimir Ivanovich, *La biosfera*, A. Machado Libros, S.A. 1997.

²⁸ *Ídem*.

²⁹ LOWELL, Percival, *Mars and its Canals*, Macmillan and Co., Ltd, Londres, Reino Unido, 1906.

Cabe destacar que en su obra defendía la idea de que una verdadera ingeniería planetaria solamente se lograría cuando se abandonaran ideas como el nacionalismo, y se comenzará a trabajar como una sola unidad.³⁰

A pesar de que Lowell estaba completamente equivocado, tal como lo evidenciaron las fotos tomadas por la sonda *Mariner 4* en 1965, sus ideas fueron clave para prender la chispa en el campo de la ciencia ficción sobre un Marte vivo, un planeta diseñado.

A diferencia de la segunda rama de la ingeniería planetaria, la geoingeniería, la terraformación tiene por objetivo la creación de una biosfera en un mundo sin vida, mientras que la otra busca reparar las condiciones de un planeta habitado.

1.2.2.1 Terraformación en la ciencia ficción

Es en el campo de la ciencia ficción donde nace propiamente el término de “terraformación”; si bien muchos autores empleaban esta idea como algo irrelevante para sus tramas, otros lograron hacer grandes aportes a la disciplina.

Uno de los libros que sirvió como antecedente para la idea de terraformación fue “*The Last Judgement*” del bioquímico JBS Haldane. En su obra de 1927 explora los posibles destinos de la Tierra, entre ellos, especulaba sobre un accidente cósmico que volvía al planeta completamente inhabitable, por lo que la humanidad tendría que huir hacia Venus y transformarlo en su totalidad.³¹

³⁰ LOWELL, Percival, *Mars as the Abode of Life*, Macmillan and Co., Ltd, Londres, Reino Unido, 1909.

³¹ HALDANE, J.B.S., “*The Last Judgement*” en *Possible Worlds*, 1927.

La primera descripción detallada de la terraformación fue realizada en 1930 por Olaf Stapledon en su libro "*Last and First Men*"³², aunque no hace uso del término terraformación propiamente. Su novela es de corte filosófico, ya que en ella explora los problemas que deben afrontar los nuevos colonizadores en este nuevo entorno.

Los *Quintos Hombres* son los personajes que deben hacer frente a la tarea de modificar Venus para hacerlo habitable, lo que supone modificar sustancialmente sus temperaturas superficiales y atmósfera interna.³³

Dentro de su obra introduce la idea de los métodos biológicos para crear entornos habitables, además de explorar el potencial de la ingeniería genética para crear nuevos seres dedicados a la modificación planetaria.

Finalmente, Olaf plantea diversos dilemas éticos, al colocar en guerra a los nuevos humanos contra los pobladores venusianos por el control del planeta, ya que la terraformación crearía un entorno altamente tóxico para los habitantes nativos. Su obra culmina con un genocidio, lo que lleva a una decadencia en la civilización y una nueva historia evolutiva en Venus.³⁴

La novela de Stapledon fue un parteaguas en el mundo de la ciencia ficción, ya que fue la primera en plantear un experimento del pensamiento sobre la terraformación. Para este autor, el problema de la terraformación se daba en dos niveles, de ingeniería y ético.

³² STAPLEDON, Olaf., *Last and First Men*, Methuen, Londres, Reino Unido, 1930.

³³ *Ibidem*, pp. 252-278.

³⁴ STAPLEDON, Olaf., *Last and First Men, Op. Cit.*, pp. 383-401.

Dos años después, Jack Williamson introduciría formalmente el término terraformación en su libro "*Collision Orbit*". Si bien el enfoque del libro no era la transformación de un planeta, es a él a quien se atribuye el primer uso de la palabra.

En su obra, emplea el verbo terraformar para referirse al uso de la ingeniería para modificar el ambiente de cualquier cuerpo celeste, con especial énfasis en el uso de gases de efecto invernadero, y para la finalidad de establecer colonias mineras.³⁵

En 1950, Robert Heinlein explora con mayor profundidad la idea de la terraformación en su libro "*Farmer in the Sky*", en la que plantea la posibilidad de terraformar el satélite joviano Ganimedes.

Esta obra es importante por las siguientes razones:

- Explora a detalle el proceso de terraformación
- Presenta el tema de forma sencilla, lo cual atrajo la idea de terraformación a un público más amplio.
- Coloca al concepto de la terraformación como algo del futuro próximo, y no como un proceso de varios milenios.
- Describe los procesos de la ingeniería planetaria de forma cuantitativa.
- Explora los problemas técnicos y ecológicos que supone modificar el entorno de todo un planeta.³⁶

³⁵ Cfr. FOGG, Martyn J., *Terraforming: engineering planetary environments*, Op. Cit. pp.10.

³⁶ Cfr. *Ibidem* pp. 12.

En 1951, Arthur C. Clarke publica "*The Sounds of Mars*", en el cual plantea por primera vez la idea de terraformar el planeta Marte con las características conocidas hasta ese entonces, aunque sus métodos carecían de cualquier valor científico.

En los años siguientes, Paul Anderson publicó dos novelas cortas en las que estudiaba el problema de terraformar Venus: "*The Big Rain*" y "*Sister Planet*"; en esta última, analiza las implicaciones sociológicas de la terraformación.

Estas dos obras fueron trascendentales, ya que asentaron el trasfondo para una nueva ola de libros dedicados exclusivamente a la terraformación, en los que se explicaría este fenómeno desde un punto de vista filosófico, moral, científico y tecnológico.

Durante las décadas de 1970 y 1980 fue cuando llegó una nueva ola de publicaciones en las que se empleaba ciencia más válida y poco a poco comenzaba a dejar el terreno de la ciencia ficción.

Entre dichas obras se encuentra: "*Jupiter Project*" y "*Against Infinity*" de Gregory Benford; "*The Greening of Mars*" de James Lovelock; "*Venus of Dreams*" y "*Venus of Shadows*" de Pamela Sargent; y la Trilogía marciana de Kim Stanley Robinson.

La finalidad de la terraformación fue explorada por Lovelock, quien sostenía, que aquélla se dividía en dos grandes vertientes:

- Crear un duplicado exacto de la Tierra para que habiten los humanos.

- Crear un entorno donde sea posible introducir las formas más básicas de vida y dejar que sigan su propio camino evolutivo.

Lovelock defendía la segunda postura, esto bajo el argumento de que era la más ética.³⁷

1.2.2.2 Ciencia y terraformación

El primer documento que alude directamente a la terraformación desde un punto de vista científico fue un ensayo publicado por el ingeniero civil Edward Hope-Jones en el *British Interplanetary Society* en 1953.

Su ensayo se titulaba “Ingeniería planetaria”, y exploraba los desafíos de la ingeniería en otros planetas, las técnicas que habrían de emplearse para levantar ciudades, así como los procesos para modificar las órbitas y períodos de rotación.³⁸

En 1961, se publicó en la revista *Science* la primera propuesta seria sobre cómo terraformar un planeta; el autor del escrito era Carl Sagan.

En su artículo abordaba los métodos necesarios para convertir al planeta Venus en un lugar habitable por medio de la introducción de vida bacteriana, en lo que denominaría “Ingeniería planetaria microbiana”.

De acuerdo con sus estudios, las algas y microbios que se introducirán en la atmósfera venusiana reducirán la cantidad de dióxido de carbono por medio de la fotosíntesis, lo cual eventualmente reduciría el efecto invernadero

³⁷ Cfr. LOVELOCK, J. y ALLABY, M. *The Greening of Mars*, Warner Books, Nueva York, Estados Unidos, 1984.

³⁸ Cfr. HOPE-JONES, Edward., *Planetary Engineering* en *Journal of the British Interplanetary Society*, Número 12, 1953, pp. 155-159.

y permitiría la acumulación de agua en el planeta, con lo que se duplicaría aún más la presencia de CO₂.³⁹

Una década después, Sagan publicó otro ensayo en el que planteaba la posibilidad de terraformar Marte, esto por medio del derretimiento de las capas polares a fin de incrementar la presión atmosférica y liberar agua en el planeta.⁴⁰

Tres años después, en 1976, la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio publicó el reporte “*On the Habitability of Mars: An Approach to Planetary Ecosynthesis*”.

Dentro de este reporte se plantearon modelos de ingeniería planetaria similares a los propuestos por Sagan, no obstante, sus estimados para crear una atmósfera respirable excedían de los 100,000 años, por lo que sugerían emplear la modificación genética a fin de lograr cambios más rápidos en las condiciones del planeta.⁴¹

Ese mismo año tuvo lugar la 13ª Reunión Anual de la Sociedad de Ciencias de Ingeniería, en la que Joel LeVere presidió la primera conferencia sobre modelación planetaria, un término más conservador de terraformación.

Para finales de la década de 1970, el ingeniero de la Administración Nacional de Aeronáutica y Espacial, James Oberger, realizó el “Primer Coloquio

³⁹ Cfr. SAGAN, Carl, *The Planet Venus* en *Science*, Número 133, 1961, pp. 849-858.

⁴⁰ Cfr. SAGAN, Carl, *Planetary Engineering on Mars* en *Icarus*, Número 20, 1973, pp. 513-514.

⁴¹ Cfr. AVERNER, M.M y MACELROY, R.D., “*On the Habitability of Mars: An Approach to Planetary Ecosynthesis*” en Informe NASA SP-414, Estados Unidos, 1976, Disponible en: <https://dokumen.tips/documents/nasa-sp-414-terraformingmars.html>, consultado el 15 de agosto de 2021.

sobre la Terraformación”, con el fin de concentrar a todas aquéllas personas que habían trabajado en la rama.⁴²

Este coloquio fue un parteaguas para la terraformación, ya que la llevó al nivel científicamente respetable, fuera de los reinos de la ciencia ficción.

La década de 1980 fue terreno fértil para las nuevas ideas respecto a la exploración espacial. El impulso comenzó con Chris Mckay quien en 1980 presidió el primer seminario universitario sobre cómo terraformar Marte; este fue titulado “*The Habitability of Mars*” y se realizó en la Universidad de Colorado.

En 1981, Oberg publicó “*New Earths*” una compilación de todos los ensayos presentados en el coloquio y el primer libro en abordar seriamente el tema de la terraformación.⁴³

En ese mismo año, se realizó la primera conferencia de *Case for Mars*, evento que poco a poco ganaría mayor atención entre la población. En su primera edición, se discutieron diversos estudios técnicos respecto a los métodos para terraformar Marte.⁴⁴

En 1985, la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio trabajó en los programas *Código Z* y *Pathfinder*, los cuales tenían por objetivo el descubrir cómo colocar asentamientos humanos en Marte.⁴⁵

⁴² Cfr. FOGG, Martyn J., *Terraforming: engineering planetary environments*, Op. Cit. pp.20.

⁴³ Cfr. *Ibidem* pp. 22.

⁴⁴ Cfr. ZUBRIN, Robert; *The case for Mars: The plan to settle the red planet and why we must*, 2ª edición, Estados Unidos de América, Touchstone, 2011, pp. 52.

⁴⁵ *Ídem*.

En ese mismo año, se llevó a cabo la conferencia *Case for Mars III*, la cual tuvo un enfoque más interdisciplinario, ya que se estudiaron los aspectos políticos y jurídicos en torno a la terraformación, tales como el problema del uso y propiedad en la superficie marciana, los sistemas de gobierno aplicables en otro planeta, y las posibles relaciones comerciales con las colonias espaciales.⁴⁶

En 1986, Robert Haynes realizaría una mesa de trabajo sobre la terraformación en colaboración con Lovelock, la cual impulsó más el campo de la terraformación.

Durante ese mismo año, Oberg organizaría el Segundo Coloquio de Terraformación en la 18ª conferencia de Ciencia Lunar y Planetaria.

Un año después, Martyn Fogg publicó en el *Journal of the British Interplanetary Society* su ensayo “*El Caso de Venus*”.

Antes de que terminara la década, la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio presentó un documento conocido como el “Reporte de los 90 días”, en el que analizan y justifican la necesidad de establecer colonias humanas en la Luna y Marte.⁴⁷

Este reporte fue objeto de mucha controversia, ya que sus objetivos eran equiparables a los mostrados en la serie televisiva de ciencia ficción

⁴⁶ Cfr. ZUBRIN, Robert; *The case for Mars: The plan to settle the red planet and why we must*, Op. Cit, pp. 55.

⁴⁷ NASA, *Report of the 90-Day Study on Human Exploration of the Moon and Mars*, Estados Unidos, 1989, Disponible en: https://history.nasa.gov/90_day_study.pdf, consultado el 19 de agosto de 2021.

BattleStar Galactica, como su propuesta de construir un hangar de ensamblaje permanente en la Estación Espacial Internacional.⁴⁸

Sin embargo, no fueron sus propuestas las que alejaron al financiamiento público, sino su presupuesto exigido de 4.5 billones de dólares para comenzar las operaciones.⁴⁹

Durante la década de los noventa comenzó a estudiarse la terraformación con un enfoque interdisciplinario. El primer ensayo que evidencia esto fue publicado por Robert Haynes y Chris Mckay, en el cual analizaba los aspectos éticos de la modificación ambiental a gran escala, así como “los derechos del ecosistema marciano”.⁵⁰

En 1991 se organizó la Segunda Mesa de Trabajo sobre Terraformación y, a diferencia de la anterior, esta recibió mucha más atención. El ensayo más importante fue “*Making Mars Habitable*” elaborado por James Kastinos, Chris Mckay y Owen Toon.

En 1992, Japón comenzó a publicar la revista *The Terraforming of Planets*; posteriormente, Kiyoshi Yazawa, propietario de la Oficina de Ciencia Yazawa, fundó la Sociedad de la Terraformación, la cual publicaría el diario “*The Terraforming Report*”.⁵¹

En agosto de ese mismo año, se publicó la tercera edición especial del *Journal of the British Interplanetary Society*, en la cual se publicaron ensayos dedicados exclusivamente al uso de la ingeniería planetaria para la

⁴⁸ Cfr. ZUBRIN, Robert; *The case for Mars: The plan to settle the red planet and why we must*, Op. Cit. pp. 80.

⁴⁹ Cfr. *Ibidem* pp. 85.

⁵⁰ Cfr. FOGG, Martyn J., *Terraforming: engineering planetary environments*, Op. Cit. pp. 22.

⁵¹ *Ibidem*, pp. 23.

terraformación de Martyn Fogg, métodos para lograr la terraformación rápida de Paul Birch, e incluso, se presentó el nuevo concepto de *paraterraformación* de Richard Taylor.⁵²

A finales de ese año, se presentó el ensayo “*Life on Mars: Past, Present and Future*” durante una sesión del Congreso Mundial sobre el Espacio.

Dentro de dicho evento, Imre Friedmann realizó una de las aportaciones más importantes al campo de la terraformación, esto tras proponer el uso de bacterias del género *Chroococcidiopsis* ' para iniciar la terraformación en Marte.⁵³

En 1993 la *British Broadcasting Corporation* transmitió el documental “*Mars Alive*”, en el cual se mostraron entrevistas con las figuras más prominentes en el campo de la terraformación. Este programa fue sumamente importante, ya que permitió llevar el tema de la terraformación a un público más amplio.

En tiempos más recientes, la discusión en torno a la terraformación ha vuelto a tomar enfoques multidisciplinarios. Ejemplo de ello es la última edición de *Case for Mars V*, en la que estudiaron los aspectos éticos de la terraformación en caso de que hubiera evidencia de vida nativa.⁵⁴

⁵² Cfr. FOGG, Martyn J., *Terraforming: engineering planetary environments*, Op. Cit. pp. 23.

⁵³ *Ídem*.

⁵⁴ *Ídem*.

1.2.3 La geoingeniería, experimentar en casa

Se define a la geoingeniería como la manipulación deliberada a larga escala para contrarrestar el cambio climático antropogénico, considerada como una herramienta relativamente nueva en las ciencias ambientales.⁵⁵

La finalidad de la geoingeniería es modificar el balance energético de la Tierra para reducir los incrementos en la temperatura y, eventualmente, estabilizarse a niveles más bajos que serían imposibles de obtener de otra forma.

La geoingeniería se divide en dos grandes técnicas:⁵⁶

- **Remoción de Dióxido de Carbono (CDR):** Se refiere a la remoción de CO₂ de la atmósfera terrestre, esto a fin de permitir que el calor de onda larga pueda escapar con mayor facilidad.

Entre los métodos empleados se encuentran los siguientes:

- + Mejoramiento de toma y almacenamiento a nivel terrestre.
 - + Mejoramiento de toma y almacenamiento a nivel oceánico.
 - + Uso de sistemas físicos, químicos o biológicos.
- **Gestión de Radiación Solar (SRM):** Buscan reducir la entrada de radiación solar de onda corta (UV), ya sea mediante el desvío o reflejo de la luz solar en la atmósfera, nubes o superficie terrestre.

Los métodos empleados en este tipo de geoingeniería son:

⁵⁵ Cfr. THE ROYAL SOCIETY, *Geoengineering the climate, Science: Governance and uncertainty*, Science Policy, Londres, 2009, pp. 1.

⁵⁶ *Ibidem*, pp. 4.

- + De superficie, que incluyen la modificación del albedo terrestre u oceánico.
- + Troposférico, que abarca la modificación de las nubes.
- + Atmosféricos, que comprenden cambios estratosféricos y mesosféricos.
- + Espaciales.

La geoingeniería data de 1830, con las propuestas del meteorólogo James Pollard Espy, quien empleaba incendios forestales para controlar la lluvia.⁵⁷

En 1905, Arrhenius escribió sobre el “Círculo Virtuoso” del CO₂ y suscribió la idea de la “alteración climática” por medio de la introducción de gases a la atmósfera para potenciar la producción agrícola.⁵⁸

Pocos años después, Ekholm N. discutió la misma idea, al analizar los beneficios del CO₂ en el clima y crecimiento de plantas, además de especular sobre la posibilidad de usar los conocimientos de la ingeniería a fin de modificar el clima a escala global.

Después de este período, las discusión y debate sobre técnicas de modificación ambiental cayeron en letargo hasta la Guerra Fría, cuando la Unión de Repúblicas Soviéticas Socialistas y los Estados Unidos comenzaron

⁵⁷ Cfr. THE ROYAL SOCIETY, *Geoengineering the climate, Science: Governance and uncertainty*, Op. Cit. pp. 4.

⁵⁸ Cfr. KEITH, David W., *Geoengineering The Climate: History and Prospect*, Op. Cit. pp. 249.

a luchar ideológicamente en varios frentes, incluido el de manipulación climática.⁵⁹

1.2.3.1 Geoingeniería en la Unión Soviética

La Unión Soviética comenzó sus trabajos de modificación ambiental con la fundación del Instituto de Lluvias de Leningrado en 1932, el cual se encargaba de sembrar cloruro de calcio para provocar lluvias.

Los ensayos fueron realizados de 1934 a 1939, y se suspendieron durante la Segunda Guerra Mundial. Una vez que esta terminó, reanudaron actividades en 1947, ahora con el sembrado de hielo seco en las nubes, y de yoduro de plata en 1949.⁶⁰

En la década de 1960 se alcanzó el auge de esta disciplina, luego de que se realizó un experimento a gran escala para crear cielos despejados en un área de más de 20,000 km².⁶¹

Durante 1961 la modificación climática se volvió un tema de la más alta prioridad dentro de las agendas políticas de la Unión Soviética, por lo que el gobierno comenzó a otorgar grandes financiamientos a los científicos para que realizaran investigaciones más detalladas.

Fue en este período que se realizaron análisis detallados sobre cómo lograr afectaciones hidrológicas a gran escala, con sugerencias como la construcción de reservorios gigantes, mecanismos para controlar física o

⁵⁹ Cfr. KEITH, David W., *Geoengineering The Climate: History and Prospect*, Op. Cit. pp. 250.

⁶⁰ *Ibidem*.

⁶¹ *Ibidem* pp. 251.

químicamente la evaporación, así como la propuesta de remover las capas de hielo del océano ártico para calentar a Rusia de forma permanente.⁶²

Entre las ideas más extremas se encontraban aquéllas que sugerían modificaciones a escala global, como, por ejemplo, la inyección de aerosoles en las capas atmosféricas superiores de la tierra para crear estructuras análogas a los “anillos de Saturno”, los cuales tendrían por finalidad dar calor e iluminación en las regiones polares, así como reducir las temperaturas en toda la región del Ecuador.⁶³

Finalmente, en 1964 tuvieron su primera propuesta de geoingeniería, al sugerir el uso de los métodos de la ingeniería para combatir el cambio climático causado por el avance industrial.

1.2.3.2 Geoingeniería en los Estados Unidos

El gobierno tomaría interés hasta años después con el proyecto *Stormfury* de 1946, con el cual sembraba yoduro de plata en las nubes para modificar el camino de los huracanes.⁶⁴

Durante este tiempo, el sembrado de nubes tuvo un *boom* comercial entre las empresas privadas, quienes invirtieron anualmente entre 3-5 millones de dólares.

En la década de 1950, el gobierno comenzó a tomar interés en este tipo de prácticas, especialmente por los avances de los soviéticos en este campo.

⁶² Cfr. KEITH, David W., *Geoengineering The Climate: History and Prospect*, Op. Cit. pp. 251

⁶³ *Ídem*.

⁶⁴ *Ibidem*, pp. 252.

A lo largo de esa década, la prioridad de los Estados Unidos era lograr controlar el clima en lugar de modificar los entornos como tenía planeado la Unión Soviética.

En 1958, H. Wexler publicó en la revista *Science* su ensayo *Modifying weather on a large scale*, en el cual especula sobre el uso de armas nucleares a escala global para modificar el clima en el ártico y crear así nubes de hielo capaces de reflejar los rayos infrarrojos.⁶⁵

No fue hasta finales de la década de 1960 que se realizaron los primeros estudios serios de geoingeniería, esto con la finalidad de contrarrestar los efectos del cambio climático, tal y como los describe el Reporte del Consejo Asesor de Ciencia.⁶⁶

Sin embargo, este cambio de enfoque no duraría mucho, ya que, en 1966, los Estados Unidos comenzó a trabajar en las técnicas de modificación ambiental con fines militares.

El resultado de esta investigación fue el *agente naranja*, el cual se inyectaba en las nubes de Vietnam para crear un entorno tóxico en la selva y así obligar a los militantes a salir de su escondite o perecer por el químico.

Este suceso fue uno de los grandes motores para la elaboración de la “Convención sobre la prohibición del Uso de Técnicas de Modificación del Medio Ambiente con Fines Militares o con cualquier otro Fin Hostil”, mejor

⁶⁵ Cfr. KEITH, David W., *Geoengineering The Climate: History and Prospect*, Op. Cit. pp. 252.

⁶⁶ Cfr. THE ROYAL SOCIETY, *Geoengineering the climate, Science: Governance and uncertainty*, Op. Cit. pp. 4.

conocida como Convención ENMOD, la cual entró en vigor en 1978, ha sido firmada por 48 estados, ratificada por 16, y adherida por 76.⁶⁷

En 1970 es cuando finalmente aparece el término geoingeniería plasmado en un artículo científico, esto con Marchetti quien lo emplea para describir todas aquellas técnicas enfocadas a mitigar el impacto climático causado por combustibles fósiles en los océanos.

1.3 Conceptos Fundamentales

Previo al estudio de los aspectos técnicos y legales que supondrá el reto de colonizar y eventualmente terraformar un planeta, se estima conveniente establecer una lista de conceptos para facilitar la comprensión del tema.

1.3.1 Colonia espacial

La idea de una colonia espacial trae aparejado el proceso de colonización, sin embargo, dentro del Derecho Internacional no existe definición alguna de tal término.⁶⁸

No obstante, cabe destacar que los clásicos han asentado las bases para la posesión de un territorio por parte de un grupo de personas, además de justificar su propiedad mediante el principio jurídico del *Uti possidetis iuris*.

Dentro de la sociología y la historia, se define a la colonización como: “El proceso por medio del cual un grupo organizado de seres humanos

⁶⁷ Cfr. KEITH, David W., *Geoengineering The Climate: History and Prospect*, Op. Cit. pp. 253.

⁶⁸ Cfr. COSTA, Raphael, *How to establish a space colony: A legal guide*, en *The Institutions of Extraterrestrial Liberty*, Estados Unidos, 2021, pp.6.

extiende su territorio a nuevos lugares”. Dicho proceso tiene como característica dominante la “ocupación de un territorio de forma indefinida”.⁶⁹

Emplear esta definición supone grandes problemáticas legales, pues la apropiación de territorio en cualquier parte del espacio se encuentra prohibida por el artículo 11 del Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre, por lo que es necesario buscar otro enfoque.

Para fines de este escrito, es necesario emplear el acercamiento que toma la ciencia ficción, en el cual la colonización simplemente refiere a “...un proceso para establecer asentamientos humanos en otros cuerpos celestes, sin reclamar titularidad alguna sobre el territorio en un primer momento”.⁷⁰

De acuerdo con Raphael Costa, la colonización espacial puede darse de dos formas:⁷¹

- **Del vacío:** Refiere a la creación de centros habitables en el espacio interplanetario, similares a la Estación Espacial Internacional, sin embargo, no es una colonia espacial *per se*, pues la estancia no es indefinida y eventualmente habrá un cese de operaciones en las instalaciones.
- **De cuerpos celestes:** Bajo esta modalidad se encuentra el establecimiento de bases permanentes.

⁶⁹ COSTA, Raphael, *How to establish a space colony: A legal guide, Op. Cit.*, pp. 6.

⁷⁰ *Ibidem*, pp.8.

⁷¹ *Ibidem*, pp.7.

Las primeras colonias que se busca establecer en los cuerpos celestes tienen como finalidad el realizar investigaciones científicas, o bien, crear centros mineros para la explotación de recursos naturales.

1.3.2 Política espacial

Se entiende como política espacial al “...proceso de decisiones para la elaboración y aplicación de políticas públicas en relación al uso del espacio exterior, ya sea para asuntos del orden civil o militar.”⁷²

A diferencia del Derecho Espacial, que se enfoca en los cuerpos normativos que rigen las actividades realizadas en el espacio, y que tiene un enlace con todas las demás ramas de la disciplina jurídica, las políticas espaciales se limitan meramente al ámbito administrativo.

Entre los contenidos de las políticas espaciales se encuentran las actividades realizadas por terceros como lo son las telecomunicaciones, los vuelos privados en el espacio, y la forma de aplicar el Derecho Espacial en las misiones de las agencias.⁷³

Realizar esta distinción es esencial, pues la mayoría de las normas que resultan aplicables a los procesos de colonización y terraformación provienen de políticas internas elaboradas por las agencias espaciales, mientras que en el *Corpus Iuris Spatialis* solamente se manejan de manera vaga y genérica.

⁷² Cfr. GOUYON Matignon, Louise de, *The difference between space policy and space law*, en *Space Legal Issues*, Disponible en: <https://www.spacelegalissues.com/the-difference-between-space-policy-and-space-law/>, Consultado el 13 de septiembre de 2021.

⁷³ *ídem*.

1.3.3 Planeta y su diferencia con otros cuerpos celestes

El término planeta proviene del griego *planétes* que significa “errante”, recibieron este nombre originalmente debido a que los cinco planetas originales mostraban movimientos erráticos en comparación al fondo estrellado.⁷⁴

De acuerdo con la Unión Astronómica Internacional, para que un cuerpo celeste pueda ser considerado como un planeta, debe de cumplir con tres características:⁷⁵

- **Órbita:** Para clasificar como planeta, debe de girar en torno a una estrella y no otro cuerpo celeste, como podría ser la luna a un planeta.
- **Forma:** Debe contar con la suficiente masa para poder amoldarse en una forma esférica casi perfecta, en caso contrario será considerado como un asteroide o cometa.
- **Dominancia:** Esta característica se refiere a que su fuerza gravitatoria es lo suficientemente fuerte para que otros cuerpos celestes aledaños orbiten a su alrededor. En caso de no cumplir únicamente con este requisito, se le considerará como un planeta enano, como es el caso de Ceres o Plutón.

⁷⁴ Cfr. KARTTUNEN, Hannu *et al.*, *Fundamental Astronomy*, 6a edición, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlín, Alemania, 2017, pp. 143.

⁷⁵ *Ibidem*, pp. 145.

Un planeta se distingue de una estrella en cuanto a su masa, pues no tiene la suficiente como para producir sus propias reacciones nucleares de fusión de hidrógeno, además de que no puede emitir algún tipo de luz.⁷⁶

De acuerdo con su ubicación en el sistema solar, así como su composición, los planetas se dividen en dos grandes tipos:⁷⁷

- **Telúricos:** Se encuentran en la parte interior de un sistema solar, tienen alta actividad volcánica y núcleos metálicos, su superficie es sólida y definida.
- **Gaseosos:** Su ubicación está generalmente en la parte externa del sistema solar, tienen una alta densidad debido a la presencia de líquidos y gases. Tienen una superficie sólida muy variada, y su núcleo se encuentra conformado por hielo y agua.

Para fines de este escrito, se analizará el fenómeno de la terraformación en los planetas telúricos únicamente, pues son los que se enfrentarán a mayores problemas jurídicos.

Se exceptúa de un análisis exhaustivo en el presente escrito a los procesos de paraterraformación que podrían realizarse en varios satélites del sistema solar, así como el establecimiento de colonias en planetas gaseosos.

⁷⁶ Cfr. MORISON, Ian, *Introduction to Astronomy and Cosmology*, Wiley, Barcelona, España, 2008, pp. 79.

⁷⁷ Cfr. KARTTUNEN, Hannu *et al.*, *Fundamental Astronomy*, pp. 146.

1.3.4 Protección planetaria

La protección planetaria se refiere a una serie de procesos implementados por las agencias espaciales para limitar la contaminación cruzada entre planetas y lunas.⁷⁸

La principal finalidad de la protección planetaria es evitar la “contaminación hacia adelante”, es decir, introducir agentes biológicos en otros cuerpos celestes que pudiesen resultar de interés; y secundariamente, evitar la contaminación de regreso, es decir, traer de vuelta posibles formas de vida a la Tierra que supondrían un riesgo para la biosfera.⁷⁹

Las políticas de protección planetaria encuentran su fundamento en el artículo IX del Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre, bajo el cual se obliga a todos los Estados Parte realizar sus actividades de investigación espacial “... de tal forma que no se produzca una contaminación nociva ni cambios desfavorables en el medio ambiente de la Tierra como consecuencia de la introducción en él de materias extraterrestres”.⁸⁰

En este sentido, el Comité de Investigaciones Espaciales, COSPAR por sus siglas en inglés, es una de las organizaciones más importantes para su elaboración, ya que realizan estudios científicos interdisciplinarios a fin de

⁷⁸ Cfr. UHRAN, Bergit, CONLEY, Catharine, SPRY, J. Andy, *Updating Planetary Protection Considerations and Policies for Mars Sample Return* en Space Policy, Volumen 49, Estados Unidos, 2019 Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0265964618300833>, consultado el 24 de septiembre de 2021.

⁷⁹ Cfr. RACE, Margaret *et al.*, *Planetary protection Knowledge Gaps for Human Extraterrestrial Missions Workshop Report*, NASA, Estados Unidos, 2015 Disponible en: <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20160012793/downloads/20160012793.pdf>, consultado el 24 de septiembre de 2021.

⁸⁰ OFICINA DE NACIONES UNIDAS PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR, 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, 1967, en Tratados y principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre, Disponible en: <https://www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE11S.pdf>, consultado el 04 de octubre de 2021.

obtener el panorama más amplio para crear buenas prácticas de exploración espacial. No obstante, es importante destacar que los parámetros publicados simplemente tienen un carácter orientador y no vinculatorio.⁸¹

La primera vez que se aplicaron las políticas de protección planetaria fue durante los lanzamientos de las misiones Apolo 11 de Estados Unidos y LUNA de la Unión Soviética. De acuerdo con sus protocolos de actuación, todo astronauta y muestra que retornara de un cuerpo celeste debía ser sometido a una cuarentena.⁸²

Actualmente, toda misión dirigida a la Luna se encuentra considerada como “De regreso irrestricto a la Tierra”, es decir, solamente se debe de entregar la documentación relacionada a los materiales terrestres que se introduzcan a la Luna, sin necesidad de controles adicionales para el regreso, pues se considera el satélite es “estéril”.⁸³

En lo que respecta a los demás cuerpos celestes, existen tres que se consideran de interés biológico y que cuentan con una reglamentación más estricta, esto a fin de evitar dañar cualquier posible ser vivo que se encuentre en ellos.

Estos cuerpos son Marte, Europa y Encelado; todos ellos cuentan con clasificaciones de misión, protocolos de acción y medidas especiales que serán analizadas en el capítulo posterior.

⁸¹ Cfr. UHRAN, Bergit, CONLEY, Catharine, SPRY, J. Andy, *Updating Planetary Protection Considerations and Policies for Mars Sample Return*, Op Cit. pp. 7

⁸² Ídem.

⁸³ Ídem.

1.3.5 Terraformación

El término terraformación se compone de dos palabras latinas: *terra* que significa Tierra, y *formatio* que significa formar. Si bien no existe acuerdo oficial sobre el verdadero significado de esta palabra, para fines de este escrito se emplea la de Martyn J. Fogg, quien define a la terraformación de la siguiente forma: ⁸⁴

“La terraformación es un proceso de ingeniería planetaria dirigido a mejorar la capacidad de un entorno planetario extraterrestre para albergar vida. El fin último de la terraformación es crear una biosfera planetaria que simule todas las funciones presentes en la Tierra, una que sea completamente habitable para los humanos”.⁸⁵

Se distingue de la geoingeniería, otra rama de la ingeniería planetaria, en el sentido de que la primera se enfoca primariamente en la reparación de las condiciones ambientales en el planeta Tierra para mantenerlo a un nivel habitable, mientras que la terraformación busca modificar enteramente las condiciones climáticas y atmosféricas de un cuerpo celeste de tal manera que sea apto para albergar vida.⁸⁶

⁸⁴ Cfr. FOGG, Martyn J., *Terraforming: engineering planetary environments*, Op. Cit. pp. 3.

⁸⁵ *Ídem*.

⁸⁶ Cfr. KEITH, David W., *Geoengineering The Climate: History and Prospect*, Op. Cit. pp. 253.

Capítulo 2. Marco normativo en torno a la colonización espacial

En el presente capítulo se estudiarán las normas contenidas en los tratados internacionales, las cuales regulan de forma muy general los supuestos de colonización; posteriormente, se analizarán las políticas de protección planetaria, que se encargan de reglamentar lo referente a las categorías de las misiones espaciales y cuerpos celestes. Finalmente, se hace un rápido recorrido sobre aquellas misiones de categoría V que se realizarán en tiempos posteriores.

2.1 Normativa internacional

En el año de 1957 con el lanzamiento del satélite soviético *Sputnik*, se hizo notoria la necesidad de crear un marco regulatorio para esta nueva frontera que la humanidad podría comenzar a explorar.

Por ello, en el seno de las Naciones Unidas comenzaron labores para elaborar una serie de tratados y acuerdos que servirían como el margen legal que regularía el espacio ultraterrestre, sus cuerpos celestes y la forma en que deberían llevarse a cabo las actividades realizadas en ellos.

2.1.1 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

Fue aprobado en el año de 1967, este tratado contiene los principios rectores que deberán regir toda actividad que se lleve a cabo en el espacio

ultraterrestre.⁸⁷ Hasta enero de 2021, el tratado cuenta con 110 Estados Parte que han firmado y ratificado el mismo.⁸⁸

El tratado se integra por 17 artículos en los que se regulan de manera general varios aspectos relacionados a la exploración espacial, utilización del cosmos, y protección del mismo.

El artículo primero establece una serie de principios aplicables a las actividades espaciales, entre los más importantes se encuentra el relativo a que toda actividad de exploración y utilización del espacio ultraterrestre deberá de realizarse en beneficio de la humanidad y con fines pacíficos.

En el párrafo primero de dicho artículo se lee lo siguiente: “La exploración y utilización del espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, deberán hacerse en provecho y en interés de todos los países, sea cual fuere su grado de desarrollo económico y científico, e incumben a toda la humanidad.”⁸⁹

Esto último ha sido objeto de muchos debates doctrinarios, pues la redacción del artículo pareciera introducir un nuevo sujeto al Derecho Internacional, el cual es “la humanidad”.

⁸⁷ Cfr. VON DER DUNK, F.G, *International Legal Framework from European Activities on Board the ISS en The International Space Station: Commercial Utilisation from a European Legal Perspective*, Países Bajos, Martinus Nijhoff Publishers, 2006, pp. 53.

⁸⁸ Cfr. UNOOSA, *Status of International Agreements relating to activities in outer space as at 1 January 2021* Disponible en: https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2021/aac_105c_22021crp/aac_105c_22021crp_10_0_html/AC105_C2_2021_CRP10E.pdf, Consultado el 03 de octubre de 2021.

⁸⁹ Cfr. OFICINA DE NACIONES UNIDAS PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR, *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, 1967, Artículo I*, en *Tratados y principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre*, Disponible en: <https://www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE11S.pdf>, consultado el 04 de octubre de 2021.

Los autores en contra de esta postura, argumentan que la misma palabra “humanidad” es de un carácter demasiado abstracto, y si bien los tratados internacionales les ha otorgado derechos, esta misma no tiene medios para hacerlos valer, ni para obligarse legalmente.⁹⁰

Asimismo, las declaraciones en las que se hace referencia al espacio exterior como un patrimonio y derecho de la humanidad, se encuentran en su mayoría dentro del preámbulo, y como tal, no tienen un peso legal, pues solamente son una manifestación de la voluntad del legislador sin valor normativo; además, la redacción del mismo artículo primero hace que el alcance quede limitado a todos los Estados.⁹¹

Por su parte, aquellos que argumentan en favor de que la humanidad es, en efecto, un sujeto del Derecho Internacional, sostienen que esta cumple con los atributos de la personalidad establecidos por la doctrina Civil e Internacional.

En ese sentido, entre los autores que argumentan a favor, se encuentra el Dr. Álvarez, quien señala que sus atributos son los siguientes; en cuanto al nombre, este es el de “humanidad”; su domicilio es el planeta Tierra, aunque está abierto a expandirse en el futuro; su patrimonio son todos los bienes que se encuentran en el planeta, el espacio ultraterrestre y otros cuerpos celestes; y su capacidad jurídica ha sido concedida por la práctica internacional toda vez que esta le ha reconocido derechos con la Declaración Universal de los Derechos Humanos, y los eventuales Pactos de Nueva York de 1966, y el

⁹⁰Cfr. BOGAERT, E.R.C, *Aspects of Space Law*; Kluwer Law and Taxation Publishers, Países bajos, 1981, pp. 52.

⁹¹ Cfr. MARCHÁN, Jaime, *Derecho Internacional del Espacio: Teoría y política*, Editorial Civitas S.A. Madrid, España, 1990, pp. 134.

Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre, aunque todavía no la haga sujeto de obligaciones. En lo que respecta a la nacionalidad, está no aplica pues contiene absolutamente todas; y tampoco aplica el estado civil o razón social, pues no es persona física o empresa.⁹²

En su segundo párrafo, el artículo primero del Tratado, establece lo siguiente: “El espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, estará abierto para su exploración y utilización a todos los Estados sin discriminación alguna en condiciones de igualdad y en conformidad con el derecho internacional, y habrá libertad de acceso a todas las regiones de los cuerpos celestes.”⁹³

Esto refiere a los principios de libre exploración y utilización del espacio ultraterrestre y cuerpos celestes, sin embargo, la redacción del mismo artículo lo limita a estos últimos, lo que deja en un limbo jurídico todo aquello referente a los recursos naturales del mismo.⁹⁴

Eso supone algunos problemas que se han tratado de subsanar con leyes nacionales, tal como lo hicieron los Estados Unidos de América y Luxemburgo, los cuales emitieron legislaciones donde se alude a los mecanismos para regular los recursos naturales de los cuerpos celestes.

⁹² Cfr. ÁLVAREZ HERNANDEZ, José Luis, *Derecho espacial*, UNAM, México, 1997, pp. 67.

⁹³ Cfr. OFICINA DE NACIONES UNIDAS PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR, 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, 1967, Artículo I, en *Tratados y principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre*, Disponible en: <https://www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE11S.pdf>, consultado el 04 de octubre de 2021.

⁹⁴ Cfr. GOUYON Matignon, Louis de, *The Outer Space Treaty of 1967*, Disponible en: <https://www.spacelegalissues.com/space-law-the-outer-space-treaty-of-1967-and-the-main-principles-of-space-law/> Consultado el 04 de octubre de 2021.

Finalmente, el tercer párrafo del artículo primero establece lo siguiente: “El espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, estarán abiertos a la investigación científica, y los Estados facilitarán y fomentarán la cooperación internacional en dichas investigaciones.”⁹⁵

Esto alude a la cooperación internacional, la cual será fundamental para lograr cualquier proceso de colonización espacial que sea financiado por algún Estado.

Mediante este principio de cooperación, se facilita el acceso a cualquier información que se haya obtenido de los cuerpos celestes a fin de generar un mejor entendimiento y establecer un marco de acción para la construcción de colonias.

Dentro del texto del artículo segundo, se establece uno de los principios más importantes para la colonización planetaria, el cual es el de *no apropiación*.

De acuerdo con este principio, ningún Estado Parte podrá reclamar titularidad ni ejercer su soberanía sobre cualquiera de los cuerpos celestes que se encuentren en el sistema solar, esto en claro refuerzo a la idea de que el cosmos es *res communis*.⁹⁶

No obstante, es importante destacar que en la práctica es posible observar algunas excepciones a este artículo, como lo son las

⁹⁵ Cfr. GOUYON Matignon, Louis de, *The Outer Space Treaty of 1967*, Disponible en: <https://www.spacelegalissues.com/space-law-the-outer-space-treaty-of-1967-and-the-main-principles-of-space-law/> Consultado el 04 de octubre de 2021.

⁹⁶ Cfr. VON DER DUNK, F.G, *International Legal Framework from European Activities on Board the ISS en The International Space Station: Commercial Utilisation from a European Legal Perspective*, Op. Cit, pp. 38.

telecomunicaciones, teledetección y el establecimiento de ingenios en el cosmos.⁹⁷

En el artículo tercero se establece la aplicación del Derecho Internacional en el espacio ultraterrestre al hacer vigente la Carta de las Naciones Unidas en el mismo, no obstante, esto resulta poco conveniente al trasladarse al ámbito espacial, pues algunas disposiciones no resultan aplicables dado el contexto tan diferenciado que existía en la época, en la que eran prioridad la cooperación internacional, solución pacífica de controversias y respeto a los Derechos Humanos.

Ejemplo de lo anterior son todas aquellas referentes al Derecho Marítimo, pues no es posible establecer límites territoriales respecto a los océanos de otros planetas dada su naturaleza de *res communis*.⁹⁸

En el artículo cuarto se plantea una obligación y prohibición reminiscente de la Guerra Fría, la cual es el desarme total en el espacio ultraterrestre y cuerpos celestes. Sin embargo, la misma redacción del precepto deja cabos sueltos, ya que solamente alude a las armas nucleares y de destrucción masiva, sin eludir a todas aquellas que no encuadren en tales supuestos, como pueden ser explosivos pequeños.⁹⁹

Otros objetos espaciales que se encuadran dentro de dicho régimen de excepción y que es legalmente utilizado son los satélites de observancia, ya que ellos han sido empleados con fines militares, sin embargo, no son un arma

⁹⁷ Cfr. DIERDERIKS-VERSCHOOR Y V. KOPAL, *An Introduction to Space Law, Op. Cit.*, pp. 15.

⁹⁸ Cfr. MARCHÁN, Jaime, *Derecho Internacional del Espacio: Teoría y política, Op. Cit.* pp. 144-146

⁹⁹ Cfr. DIERDERIKS-VERSCHOOR Y V. KOPAL, *An Introduction to Space Law, Op. Cit.* pp. 15.

espacial *per se*, pues su finalidad es meramente defensiva y no activa, como lo sería si contuviera algún tipo de armamento.¹⁰⁰

En ese mismo sentido, el párrafo segundo del artículo cuarto, prohíbe el establecimiento de instalaciones militares y los ensayos de armamento en los cuerpos celestes; sin embargo, queda completamente permitida la presencia militar si esta es con fines científicos y pacíficos.¹⁰¹

Dentro del artículo sexto se establece el régimen de responsabilidades mediante el cual los Estados que realicen actividades en el espacio ultraterrestre, sea llevada a cabo por una organización gubernamental o por una particular, deberán de responder internacionalmente por perjuicios resultantes de las mismas.¹⁰²

De igual manera, se establece que todas las actividades realizadas por entidades no gubernamentales deberán de contar con autorización y fiscalización por parte del mismo Estado que las envía.

Esto abre un nuevo panorama, pues plantea la necesidad de un régimen que regule de forma más precisa los mecanismos que habrán de operar para misiones de colonización realizadas por particulares, tal como se analizará en los próximos capítulos.

Dentro del artículo octavo del tratado se contiene lo que se puede llegar a considerar como una excepción al principio contenido en el artículo segundo, ya que en este refiere a la retención de la jurisdicción por parte de

¹⁰⁰ Cfr. BOGAERT, E.R.C, *Aspects of Space Law; Op. Cit.* pp. 53.

¹⁰¹ Cfr. DIERDERIKS-VERSCHOOR Y V. KOPAL, *An Introduction to Space Law, Op. Cit.* pp. 16.

¹⁰² Cfr. *Ídem*.

un Estado sobre los objetos que hayan lanzado al espacio ultraterrestre o cuerpos celestes, así como sobre el personal que vaya con él, siempre que este se encuentre registrado.¹⁰³

En el contexto de la colonización espacial, esta disposición podría llegar a suponer algunos problemas que se analizarán más adelante, ya que el establecimiento de una colonia permitiría a un Estado ejercer su marco jurídico sobre una parte de un cuerpo celeste.

El artículo noveno es uno de los más importantes para la exploración espacial, colonización y terraformación, ya que habla sobre la protección de la biosfera al establecer una prohibición de “introducir cualquier material extraterrestre que pudiese resultar nocivo”, y viceversa.¹⁰⁴

Algunos autores han señalado que la contaminación de la que habla este artículo puede manejarse en dos sentidos, una de ellas es hacia atrás, la cual implica la introducción de material nocivo a la Tierra, y otra hacia adelante, en la que se llevan elementos perjudiciales hacia el espacio o algún cuerpo celeste.¹⁰⁵

Si bien es cierto esta última interpretación es fundamental para el tratamiento de problemas cercanos, como lo es el de la basura espacial,¹⁰⁶ resulta peligrosa para el proceso de la terraformación, ya que supondría un

¹⁰³ Cfr. DIERDERIKS-VERSCHOOR Y V. KOPAL, *An Introduction to Space Law*, Op. Cit. pp. 17.

¹⁰⁴ Cfr. BOGAERT, E.R.C, *Aspects of Space Law*; Op. Cit. pp. 54.

¹⁰⁵ Cfr. *Ídem*.

¹⁰⁶ Cfr. MAHONEY, Erin, *NASA seeks new ways to handle trash for Deep Space Missions*, 2018, Disponible en: <https://www.nasa.gov/feature/nasa-seeks-new-ways-to-handle-trash-for-deep-space-missions> Consultado el 04 de abril de 2020.

alto total a las primeras fases del proceso, como se analizarán más adelante en este escrito.

Finalmente, en el artículo doceavo se establece el derecho que tiene todo representante de un Estado Parte para visitar cualquier instalación, equipo, estación o vehículo que se encuentre en la Luna u otro cuerpo celeste, así como la obligación de los demás Estados de admitirlo.¹⁰⁷

Esto representa una forma genérica de regulación para aquellas instalaciones que pudiesen fungir como asentamientos humanos en otros cuerpos celestes, ya sean las colonias “lata” que se enviarán de forma inicial a Marte, o las grandes cúpulas para fundar las primeras ciudades.

Lo anterior se relaciona de forma estrecha con la terraformación, pues como se explicó en el capítulo anterior, y se expandirá en el capítulo posterior, el establecimiento de dichas colonias es un paso fundamental e indispensable para el inicio de un proyecto de tal magnitud.

Este principio se complementa con el de cooperación internacional, y es fundamental para establecer la naturaleza jurídica que podrían tener las colonias espaciales y el tipo de leyes que serían aplicables dentro de ellas.

2.1.2 Acuerdo que debe regir las actividades de los Estados en la Luna y otros cuerpos celestes

Este Acuerdo consta de 21 artículos, los cuales versan sobre cinco directrices clave para la exploración espacial. Fue firmado en 1979 y entró en vigor en

¹⁰⁷ Cfr. BOGAERT, E.R.C, *Aspects of Space Law; Op. Cit.* pp. 54.

1984, a la fecha, solamente cuenta con 18 Estados Parte que han firmado y ratificado el mismo, mientras que otros 4 solamente lo han firmado.¹⁰⁸

Dicho Acuerdo es de especial importancia para los procesos de colonización y terraformación, pues su regulación es mucho más precisa que la contenida en el Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre, aunque no abarca supuestos que se han visto en tiempos recientes, como la minería espacial.

La primera de las directrices es su ámbito de aplicación, el cual establece serán “...todos los cuerpos celestes que se encuentran en el sistema solar.”¹⁰⁹, no obstante, deja abierta la posibilidad de que una normatividad más específica regule las relaciones jurídicas de otro cuerpo celeste.

La segunda directriz es la no apropiación de la Luna por parte de algún Estado, además de que se permite la extracción de minerales y cualquier otro sustrato siempre que esto sea con fines científicos.¹¹⁰

Esta última limitante debe de tratarse con cuidado al hablar de la colonización planetaria, pues si bien es cierto estos minerales pueden ser empleados en beneficio de toda la humanidad, también cabe la posibilidad de que sean objeto de comercio.

¹⁰⁸ Cfr. UNOOSA, *Status of International Agreements relating to activities in outer space as at 1 January 2021* Disponible en: https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2021/aac_105c_22021crp/aac_105c_22021crp_10_0_html/AC105_C2_2021_CRP10E.pdf, Consultado el 03 de octubre de 2021.

¹⁰⁹ Cfr. OFICINA DE NACIONES UNIDAS PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR, Acuerdo que Gobierna las Actividades de los Estados en la Luna y otros Cuerpos Celestes, 1984, artículo 1, en *Tratados y principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre*, Disponible en: <https://www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE11S.pdf>, consultado el 04 de octubre de 2021.

¹¹⁰ Cfr. BOGAERT, E.R.C, *Aspects of Space Law; Op. Cit.* pp. 63.

La tercera directriz versa sobre la libertad de explorar la Luna y la naturaleza jurídica de *res communis* de todos los recursos que en ella se encuentren.¹¹¹

En este sentido, el Acuerdo establece cuatro requisitos para poder explotar recursos naturales que estén disponibles en el sistema solar:¹¹²

- Explotación ordenada y segura.
- Manejo racional de los mismos.
- Facilitar el acceso a estos.
- Reparto equitativo entre los Estados.

El cuarto eje se encuentra relacionado con las disposiciones mencionadas por el Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre en el que se alude al carácter de patrimonio común de toda la humanidad que tienen los cuerpos celestes y el espacio exterior.

Finalmente, el Acuerdo recalca la prohibición de toda actividad militar y las pruebas de armamento nuclear en el espacio ultraterrestre y otros cuerpos celestes.¹¹³

Estas prohibiciones no solamente se vieron motivadas por la amenaza de una guerra a gran escala durante la Guerra Fría, sino que también recibieron cierta influencia del Proyecto A119 “Estudio sobre los vuelos científicos a la Luna” de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos, en el cual se

¹¹¹ Cfr. BOGAERT, E.R.C, *Aspects of Space Law; Op. Cit.* pp. 64.

¹¹² Cfr. DIERDERIKS-VERSCHOOR Y V. KOPAL, *An Introduction to Space Law, Op. Cit.* pp. 20.

¹¹³ Cfr. *Ídem*.

planeaba detonar una bomba atómica en la Luna con la finalidad de demostrar su superioridad a los soviéticos.¹¹⁴

En lo que respecta al contenido del Acuerdo, el artículo 5 es de particular interés para la colonización planetaria, e incluso para el resguardo de la Tierra, pues en su párrafo tercero establece la obligación que tiene todo Estado que explore algún cuerpo celeste de “...notificar sobre el descubrimiento de cualquier fenómeno que pudiera poner en peligro la vida o salud humana, así como de dar aviso sobre cualquier vida orgánica que se encuentre.”¹¹⁵

El artículo 7 es importante mención, pues en él se reafirma la no contaminación del medio, con especial énfasis en la contaminación hacia adelante.

Sin embargo, agrega en el párrafo tercero una disposición de gran relevancia para un proceso de colonización y eventual terraformación, la cual refiere a la posibilidad de obtener una declaratoria de zona de reserva científica internacional en los cuerpos celestes.¹¹⁶

Los artículos 8 y 9 establecen la libertad de desplazarse en la Luna, así como la permisión para establecer estaciones en la misma y demás cuerpos celestes, sin embargo, este derecho se ve limitado a que la estación “...solo utilice el área estrictamente necesaria para cubrir sus necesidades.”

¹¹⁴ Cfr. PETROVA, Valentina, *Carl Sagan and Project A119 en Space Legal Issues*, Disponible en: <https://www.spacelegalissues.com/carl-sagan-and-project-a119/>, Consultado el 07 de agosto de 2021

¹¹⁵ Cfr. BOGAERT, E.R.C., *Aspects of Space Law; Op. Cit.* pp. 65.

¹¹⁶ Cfr. OFICINA DE NACIONES UNIDAS PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR, Acuerdo que Gobierna las Actividades de los Estados en la Luna y otros Cuerpos Celestes, 1984, artículo 7, en Tratados y principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre, Disponible en: <https://www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE11S.pdf>, consultado el 04 de octubre de 2021.

El artículo 11 refuerza varios principios establecidos en el Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre, a la vez que plantea una serie de prerrogativas sobre la explotación del cosmos.

En su párrafo quinto, prevé la posibilidad de establecer un nuevo régimen internacional para la explotación de cualquier recurso de los cuerpos celestes cuando este sea factible. Tal suposición, relacionada con el párrafo 6, abre la posibilidad de no solo una nueva ola de acuerdos y tratados en la materia, sino de la reestructuración de los ya existentes.

Dentro del texto del artículo 12, se desarrolla con mayor profundidad todo aquello relativo a la jurisdicción de los ingenios y personal que se encuentre en la Luna y demás cuerpos celestes, esto al establecer que los Estados Partes tendrán la jurisdicción sobre los mismos.¹¹⁷

Finalmente, el artículo 15 establece que las negociaciones diplomáticas, la mediación, e incluso un procedimiento ante las Naciones Unidas, serán los mecanismos para la solución de las controversias que pudiesen llegar a surgir;¹¹⁸ no obstante, cuando se haya logrado colonizar algún cuerpo celeste, tal mecanismo podría demostrar ser insuficiente de acuerdo al sistema de gobierno que adopte este, como se explicará en capítulos posteriores.

Este acuerdo es de vital importancia para la colonización planetaria, pues en él se fijan parámetros para las colonias, se plantean mecanismos para la resolución de controversias y se establecen formas de protección

¹¹⁷ Cfr. BOGAERT, E.R.C, *Aspects of Space Law; Op. Cit.* pp. 67.

¹¹⁸ Cfr. *Ibidem.* pp. 68

planetaria. Es tal su relevancia, que el jurista argentino Cocca lo considera como el precedente del Derecho Interplanetario.¹¹⁹

2.1.3 Convención sobre la prohibición de utilizar técnicas de modificación ambiental con fines militares u otros fines hostiles (ENMOD)

Esta Convención fue redactada durante la década de 1970, en el marco de la guerra entre Vietnam y Estados Unidos, acontecimiento en que se dio el uso del *agente naranja* para atacar a los militantes que se ocultaban dentro de la maleza selvática.

Dicho documento jurídico entró en vigor en 1978, ha sido firmado por 48 Estados, ratificado por 16, y adherido por 76.¹²⁰

Dentro de su artículo segundo, contiene una de las definiciones más importantes en lo que respecta a un futuro proceso de terraformación, ya que define con claridad lo que son las “técnicas de modificación ambiental”:

“Artículo 2. A los efectos del artículo 1, la expresión ‘técnicas de modificación ambiental’ comprende todas las técnicas que tienen por objeto alterar –mediante la manipulación deliberada de los procesos naturales- la dinámica, la composición o estructura de la Tierra, incluida su biótica, su litosfera, su hidrosfera y su atmósfera, o del espacio ultraterrestre.”¹²¹

¹¹⁹ Cfr. MARCHÁN, Jaime, Derecho Internacional del Espacio: Teoría y política, *Op. Cit.* pp. 435-436

¹²⁰ Cfr. UNOOSA, *Status of International Agreements relating to activities in outer space as at 1 January 2021* Disponible en: https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2021/aac_105c_22021crp/aac_105c_22021crp_10_0_html/AC105_C2_2021_CRP10E.pdf, Consultado el 03 de octubre de 2021.

¹²¹ Cfr. COMITÉ INTERNACIONAL DE LA CRUZ ROJA, Convención sobre la prohibición de utilizar técnicas de modificación ambientales con fines militares u otros fines hostiles (ENMOD), 1978, artículo 2,

Este artículo contiene varios elementos de interés, el primero de ellos es el ámbito de aplicación territorial del Convenio, pues no lo limita únicamente al planeta Tierra, sino que lo extiende hasta el espacio ultraterrestre.

El segundo elemento es la referencia a cada uno de los procesos y componentes que constituyen el ambiente y, nuevamente, no lo limita al ámbito terrestre, sino que lo extiende al espacial.

Esto es de gran relevancia, pues el proceso de terraformación consiste, como se mencionó en el capítulo anterior, en la alteración de todos los elementos enunciados para hacer posible la vida y asentamiento humano.

2.1.4 Convenio sobre registro de objetos lanzados al espacio ultraterrestre

Este Convenio fue publicado en el año de 1975 y cuenta con las ratificaciones de 71 Estados.¹²²

La principal finalidad de este instrumento internacional es el establecimiento de un registro en el que se contengan datos de relevancia para fines de jurisdicción y responsabilidad internacional, tales como nombre del Estado que lanza el objeto, territorio de lanzamiento, número de registro, entre otros.¹²³

Disponible en: <https://www.icrc.org/es/doc/resources/documents/misc/treaty-1976-enmod-convention-5tdm2l.htm>, consultado el 07 de octubre de 2021.

¹²² Cfr. UNOOSA, *Status of International Agreements relating to activities in outer space as at 1 January 2021* Disponible en: https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2021/aac_105c_22021crp/aac_105c_22021crp_10_0_html/AC105_C2_2021_CRP10E.pdf, Consultado el 03 de octubre de 2021.

¹²³ Cfr. VON DER DUNK, F.G, *International Legal Framework from European Activities on Board the ISS en The International Space Station: Commercial Utilisation from a European Legal Perspective*, Op. Cit, pp. 40.

El artículo segundo es de especial interés, pues en él se establece la obligación del Estado de lanzamiento de registrar el objeto y de comunicárselo al Secretario General de las Naciones Unidas. Sin embargo, tal prerrogativa se ve limitada a los objetos espaciales que cuenten con una órbita, tal y como lo hacen notar los requisitos del artículo IV.¹²⁴

Esto supone ciertas problemáticas, pues si bien las colonias espaciales pueden ser objetos lanzados al espacio, estos carecen de una órbita *per se*, además de que los daños que pudiesen llegar a causarse se extienden más allá de cualquier territorio de un Estado Parte.

Otro artículo de interés es el séptimo, pues dentro de su texto se hace extensiva su aplicación para todas aquellas organizaciones intergubernamentales que se dediquen a actividades espaciales.¹²⁵

Esto es relevante, pues dentro de los modelos políticos para lograr la colonización espacial, de los cuales se hablará más adelante, se encuentra comprendido un acercamiento que involucra la cooperación internacional bajo una sola agencia.

2.1.5 Carta de las Naciones Unidas

Este es uno de los ordenamientos base para el Derecho Internacional, dentro del mismo se contienen las obligaciones de todos los miembros de las Naciones Unidas, los principios y reglas para las relaciones internacionales y

¹²⁴ Cfr. VON DER DUNK, F.G, *International Legal Framework from European Activities on Board the ISS en The International Space Station: Commercial Utilisation from a European Legal Perspective*, Op. Cit, pp. 40.

¹²⁵ Cfr. *Ídem*.

el objetivo de mantener la paz y la seguridad a la par de que se promueve el bienestar de todas las naciones.¹²⁶

La Carta de las Naciones Unidas es aplicable al espacio exterior, pues su ámbito de aplicación fue extendido dentro del artículo III del Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre, tal como se analizó anteriormente.

En este sentido, resultan aplicables las disposiciones de carácter general contenidas dentro del artículo 1, en el que se establecen los deberes de “mantener la paz y la seguridad internacionales”; tomar “medidas colectivas eficaces para prevenir y eliminar amenazas a la paz, y para suprimir actos de agresión u otros quebrantamientos de la paz” y “lograr por medios pacíficos, y de conformidad con los principios de la justicia y del Derecho Internacional, el ajuste o arreglo de controversias o situaciones internacionales susceptibles de conducir a quebrantamientos de la paz”.¹²⁷

De igual manera, resultan aplicables las obligaciones comunes a todos los miembros que enuncia el artículo 2, tales como el respetar el principio de igualdad soberana, de no intervención, solución pacífica de controversias, y cooperación internacional.¹²⁸

Otras disposiciones aplicables son aquellas referentes a la utilización de las fuerzas armadas y la obligación de no agresión por parte de cada

¹²⁶ Cfr. MONROY JIMENÉZ, Cynthia, *Legal and Institutional Aspects of Latin American Space Cooperation SQUARELSat: The Water Monitoring Constellation*, EM Meyers Institut, 2012, pp. 75.

¹²⁷ Cfr. ONU, Carta de las Naciones Unidas, 1945 Disponible en: <https://www.un.org/es/about-us/un-charter/full-text>, consultado el 26 de octubre de 2021.

¹²⁸ Cfr. MONROY JIMENÉZ, Cynthia, *Legal and Institutional Aspects of Latin American Space Cooperation SQUARELSat: The Water Monitoring Constellation*, Op. Cit., pp. 78.

Estado Parte, las cuales se regulan en los artículos 2 y 11 de la propia Carta de las Naciones Unidas.¹²⁹

Asimismo, permanece vigente la posibilidad de hacer uso de la milicia en caso que se deba repeler una agresión “individual o colectiva en contra de un Miembro de las Naciones Unidas”, tal como lo establece el artículo 51 de dicho instrumento.¹³⁰

Finalmente, son aplicables todas aquellas relativas a la cooperación internacional en beneficio de todos los Estados, especialmente las que se encuentran contenidas en el artículo 55.b, el cual establece que, para crear las condiciones de estabilidad y bienestar necesarias, todo miembro deberá cooperar para “...dar solución a problemas internacionales de carácter económico, social y sanitario, y de otros problemas conexos; y la cooperación internacional en el orden cultural y educativo”.¹³¹

Esto se relaciona estrechamente con los artículos 56 y 59 de dicho instrumento, en los cuales se establece la obligación de tomar todas las medidas necesarias para cumplir con el artículo 55 en relación con la cooperación internacional en múltiples ámbitos.¹³²

En este sentido, es de especial interés para la terraformación lo dispuesto por el artículo 59, ya que prevé la posibilidad de “crear nuevos organismos especializados para cumplir con los fines del artículo 55”.

¹²⁹ Cfr. MARCHÁN, Jaime, Derecho Internacional del Espacio: Teoría y política, *Op. Cit.* pp. 145

¹³⁰ Cfr. ONU, Carta de las Naciones Unidas, 1945 Disponible en: <https://www.un.org/es/about-us/un-charter/full-text>, consultado el 26 de octubre de 2021.

¹³¹ *Ídem.*

¹³² Cfr. MARCHÁN, Jaime, Derecho Internacional del Espacio: Teoría y política, *Op. Cit.* pp. 145

Como se analizará en capítulos posteriores, los sistemas de gobierno en un planeta terraformado podrían llevar a la necesidad de crear un nuevo organismo internacional que regule este nuevo tipo de relaciones jurídicas.

2.1.6 *United Nations Conferences on the Exploration and Peaceful Uses of Outer Space (UNISPACE)*

Fueron una serie de conferencias realizadas para hacer conciencia de lo importante que es la cooperación internacional para la obtención de beneficios en favor de toda la humanidad y la repartición equitativa de los mismos, con especial énfasis en los países en vías de desarrollo.

En *United Nations Conferences on the Exploration and Peaceful Uses of Outer Space '82* se emitieron recomendaciones sobre la promoción de la cooperación internacional relativas a la colaboración entre países en vías de desarrollo, el empleo de la tecnología satelital para beneficiar a la agricultura y para auxiliar en caso de desastres naturales, y la necesidad de que tales países desarrollaran sus propias instituciones tecnológicas.

Resultado de tales recomendaciones, se planteó al subcomité legal de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos la cuestión relativa a la justicia distributiva respecto a los beneficios de la aplicación tecnológica en el espacio.

Para atender tal problemática, se elaboraron cuestionarios con la finalidad de conocer las actividades espaciales nacionales que tenían los Estados y su conocimiento sobre los tratados internacionales en la materia.

El resultado de tales labores fue la elaboración de los “Principios respecto a la Cooperación Internacional en la Exploración y Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos”, en el que se planteaba la necesidad de un nuevo sistema económico internacional y un régimen de cooperación forzosa con una transferencia automática de recursos tecnológicos y financieros de norte a sur.¹³³

Las *United Nations Conferences on the Exploration and Peaceful Uses of Outer Space* son de gran relevancia, pues establecen un marco más preciso sobre qué elementos habrán de tomarse en cuenta al realizar la repartición de todo posible beneficio que se logre adquirir de la explotación del cosmos.

2.1.7 Declaración sobre la cooperación internacional en la exploración y uso del espacio ultraterrestre para el beneficio e intereses de todos los estados, teniendo en cuenta particularmente las necesidades de los países en vías de desarrollo

Esta Declaración fue el resultado de un escrito elaborado por Alemania y Francia en el año de 1995, tal documento se vio influenciado por *United Nations Conferences on the Exploration and Peaceful Uses of Outer Space* '82, y en él se plantea un modelo de cooperación internacional donde todos los países sean tomados como iguales, sin discriminación ni derechos preferenciales.

¹³³ Cfr. MONROY JIMENÉZ, Cynthia, *Legal and Institutional Aspects of Latin American Space Cooperation AQUARELSat: The Water Monitoring Constellation*, Op. Cit., pp. 80.

Consta de 8 párrafos y prevé tres modalidades para la cooperación; la gubernamental y no gubernamental; la comercial y la no comercial; y la global, multilateral, bilateral y regional.

Esta Declaración es de importancia pues sirve como guía para las misiones y posible explotación de los cuerpos celestes en el futuro, sin embargo, también adolece del vicio de parecer ser letra muerta, ya que la cooperación con países poco desarrollados es complicada debido a que la exploración espacial es una de sus últimas prioridades.¹³⁴

2.1.8 Acuerdos Artemisa

Los Acuerdos Artemisa son una serie de principios que son vinculantes para todos los países que formen parte de la misión Artemisa, la cual tiene por objetivo explorar la Luna en 2025.

Esta normativa fue publicada el 15 de mayo de 2020 por la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio, y cuenta con ocho Estados Parte, cuyas agencias espaciales participarán en dicha misión.¹³⁵

La base fundamental de estos acuerdos es el Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre, y tiene como principal objetivo el que todos sus miembros realicen las actividades espaciales “...con fines pacíficos y apego al Derecho Internacional”.¹³⁶

¹³⁴ Cfr. MONROY JIMENÉZ, Cynthia, *Legal and Institutional Aspects of Latin American Space Cooperation AQUARELSat: The Water Monitoring Constellation*, Op. Cit., pp. 80.

¹³⁵ Cfr. CHERIF, Mariam, *The Artemis Accords explained*, en *Space Legal Issues*, 2020, Disponible en: <https://www.spacelegalissues.com/the-nasa-artemis-accords-explained/> Consultado el 18 de octubre de 2021.

¹³⁶ Cfr. NOVAC, Marina *et al.*, *Understanding the NASA Artemis Accords*, en *Space Legal Issues*, 2020, Disponible en: <https://www.spacelegalissues.com/understanding-the-nasa-artemis-accords/> Consultado el 18 de octubre de 2021.

Cabe destacar que estos acuerdos no siguieron las formalidades típicas involucradas en la creación de un tratado internacional, sino que fue de una manera directa. El motivo de esta determinación fue el lograr obtener la participación de actores privados sin necesidad de sortear formalidades.¹³⁷

Los Acuerdos Artemisa se componen por 10 principios fundamentales contenidos en sus secciones.

El primero de ellos es el de uso pacífico enunciado en la sección 3; de acuerdo al texto, toda actividad “...deberá desarrollarse de forma pacífica pues el principal objetivo de los acuerdos es mejorar la cooperación entre naciones”.¹³⁸

El segundo principio es el de transparencia, bajo el cual todo Estado debe de comprometerse a dar a conocer al público de forma clara y precisa los planes y políticas que se aplicarán en el espacio ultraterrestre.

Esto es fundamental para los procesos de colonización planetaria, pues un proyecto de tal magnitud es de interés para toda la humanidad ya que, no solo implica la conquista de una nueva frontera, sino que también supone la llegada de recursos e información que deberá ser compartida entre todas las naciones.

¹³⁷ ¹³⁷ Cfr. NOVAC, Marina *et al.*, *Understanding the NASA Artemis Accords*, en *Space Legal Issues*, 2020, Disponible en: <https://www.spacelegalissues.com/understanding-the-nasa-artemis-accords/> Consultado el 18 de octubre de 2021.

¹³⁸ Cfr. NASA, *The Artemis Accords: Principles for cooperation in the civil exploration and use of the Moon, Mars, Comets, and Asteroids for Peaceful Purposes*, 2020, Disponible en: <https://www.nasa.gov/specials/artemis-accords/img/Artemis-Accords-signed-13Oct2020.pdf> Consultado el 19 de octubre de 2021.

En este sentido, hay tres principios que son clave para los procesos de colonización y terraformación, los cuales se encuentran contenidos en las secciones 9, 10 y 11 de los Acuerdos.

Dentro de la sección nueve se habla sobre la “protección del patrimonio”, y se establece la posibilidad de crear “zonas de valor histórico” en los cuerpos celestes, las cuales deberán de ser respetadas por todos los miembros.¹³⁹

Según el texto de la sección, una zona de valor histórico es toda aquella que “...tenga sitios de aterrizaje robóticos o humanos históricamente significativos, artefactos, naves espaciales, o muestran evidencia de actividad”.¹⁴⁰

Esta prerrogativa es complementaria del artículo 7 del Acuerdo sobre la Luna, en el que se otorga a los Estados la facultad de solicitar la declaratoria de *zona de protección especial*, solo que en los Acuerdos Artemisa es por razones antropológicas y no científicas.

Resulta de interés para la colonización y terraformación, pues tales zonas no podrán quedar ser empleadas para construir un asentamiento humano, y deberán de protegerse cuando se pretenda modificar el entorno planetario.

¹³⁹ Cfr. CHERIF, Mariam, *The Artemis Accords explained*, en *Space Legal Issues*, 2020, Disponible en: <https://www.spacelegalissues.com/the-nasa-artemis-accords-explained/> Consultado el 18 de octubre de 2021.

¹⁴⁰ Cfr. NASA, *The Artemis Accords: Principles for cooperation in the civil exploration and use of the Moon, Mars, Comets, and Asteroids for Peaceful Purposes*, 2020, Disponible en: <https://www.nasa.gov/specials/artemis-accords/img/Artemis-Accords-signed-13Oct2020.pdf> Consultado el 19 de octubre de 2021.

La siguiente disposición de interés es la sección 10, en la cual se regula lo relativo a los recursos espaciales que se encuentren en los cuerpos celestes. De acuerdo con su texto, "... todo Estado Parte tiene derecho a tomar los recursos extraídos de la Luna, Marte, cometas o asteroides, pues esto no constituye un acto de apropiación sobre el cuerpo celeste, de acuerdo con el Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre".¹⁴¹

Asimismo, establece la obligación de comunicar al Secretario General de las Naciones Unidas, a la población, y a la comunidad científica internacional sobre el mineral que se extrae y cuál será su destino.¹⁴²

Esta disposición resulta de interés para la colonización planetaria, pues los primeros asentamientos humanos podrían ser de carácter minero, con la finalidad de extraer minerales raros para comercializarlos eventualmente.

Finalmente, en la sección 11 se habla sobre la *coordinación de operaciones*, bajo la cual se establece la facultad de crear zonas de seguridad en las que "...un Estado Parte podrá realizar sus labores de extracción e investigación sin interferir con los otros, esto en cumplimiento del principio de debida consideración".¹⁴³

Esta disposición es relevante para los procesos de colonización, pues supone un posible antecedente para *divisiones territoriales* ante el supuesto de una independencia, como se analizará en capítulos posteriores.

¹⁴¹ Cfr. NASA, *The Artemis Accords: Principles for cooperation in the civil exploration and use of the Moon, Mars, Comets, and Asteroids for Peaceful Purposes*, 2020, Disponible en: <https://www.nasa.gov/specials/artemis-accords/img/Artemis-Accords-signed-13Oct2020.pdf> Consultado el 19 de octubre de 2021.

¹⁴² Cfr. *Ídem*.

¹⁴³ Cfr. *Ídem*.

2.1.9 Principios Pertinentes a la Utilización de Fuentes de Energía Nuclear en el Espacio Ultraterrestre

Se trata de una serie de principios negociados luego del incidente ocurrido con el vehículo soviético Cosmos 954, el cual cayó sobre Canadá y esparció material radiactivo en varios puntos del territorio.¹⁴⁴

La finalidad principal de todos estos principios es denotar la necesidad de evaluaciones exhaustivas en seguridad a fin de garantizar el uso eficiente de fuentes de energía radioactivas y con los menores riesgos posibles.¹⁴⁵

El principio de mayor relevancia dentro de este documento es el tercero, en el cual se regulan las condiciones de seguridad que deben cumplirse para la utilización de fuentes de energía nuclear en el espacio.¹⁴⁶

En su numeral segundo contiene una disposición de gran interés, pues establece los únicos casos en que se permitirá el uso de reactores nucleares o generadores isotópicos, esto con la finalidad de “reducir al mínimo la cantidad de material radiactivo en el espacio”.¹⁴⁷

¹⁴⁴ *Cfr.* COMISIÓN SOBRE LA UTILIZACIÓN DEL ESPACIO ULTRATERRESTRE CON FINES PACÍFICOS, Análisis preliminar acerca de la manera en que los Principios Pertinentes a la Utilización de Fuentes de Energía Nuclear en el Espacio Ultraterrestre contribuyen a la seguridad de las aplicaciones de fuentes de energía nuclear en el espacio, 2019, Disponible en https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2020/aac_105c_1l/aac_105c_1l_378_0_html/V1911438.pdf Consultado el 20 de octubre de 2021.

¹⁴⁵ *Cfr.* CHÁVEZ, Chávez, Diana Katherin, El uso de las fuentes de energía nuclear en el espacio ultraterrestre, Bogotá, 2014, pp. 22, Disponible en: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/16147/u686153.pdf?sequence=1> Consultado el 20 de octubre de 2020.

¹⁴⁶ *Cfr.* COMISIÓN SOBRE LA UTILIZACIÓN DEL ESPACIO ULTRATERRESTRE CON FINES PACÍFICOS, Análisis preliminar acerca de la manera en que los Principios Pertinentes a la Utilización de Fuentes de Energía Nuclear en el Espacio Ultraterrestre contribuyen a la seguridad de las aplicaciones de fuentes de energía nuclear en el espacio, 2019, Disponible en https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2020/aac_105c_1l/aac_105c_1l_378_0_html/V1911438.pdf Consultado el 20 de octubre de 2021.

¹⁴⁷ *Ídem.*

Dichos supuestos son “...misiones interplanetarias, misiones en órbita alta, y misiones en órbita terrestre baja”; y “...solamente se permite usar como combustible Uranio 235”.¹⁴⁸

Tales aspectos son de enorme relevancia, pues no solamente tocan un aspecto técnico sobre el combustible admisible, sino que también establecen de forma clara el ámbito de aplicación.

Asimismo, establece el *requisito de justificación*, por el cual toda misión que busque emplear fuentes de energía nuclear deberá demostrar más allá de toda duda razonable, “...la absoluta necesidad de ello para cumplir con éxito sus objetivos”.¹⁴⁹

Finalmente, dentro de su texto, se fijan las obligaciones que debe de cumplir todo Estado al que se le conceda la autorización para usar energía nuclear en el espacio.

Estas obligaciones son la de proteger a la población y biosfera de daños radiológicos; cumplir con toda la normatividad técnica en materia de seguridad, diseño y fiabilidad; así como no contaminar hacia adelante, aunque el Marco de Seguridad relativo a las Aplicaciones de Fuentes de Energía Nuclear en el Espacio Ultraterrestre lo limita a no traer agentes nocivos para la humanidad o la Tierra.¹⁵⁰

¹⁴⁸ Cfr. ONU, Principios Pertinentes a la Utilización de Fuentes de Energía Nuclear en el Espacio Ultraterrestre, 1992, Disponible en: https://derecho.usc.edu/co/files/Derecho_espacial_ultraterrestre/principios_utilizacion_fuentes_en_ergia.pdf Consultado el 20 de octubre de 2021.

¹⁴⁹ *Ídem*.

¹⁵⁰ Cfr. COMISIÓN SOBRE LA UTILIZACIÓN DEL ESPACIO ULTRATERRESTRE CON FINES PACÍFICOS, Análisis preliminar acerca de la manera en que los Principios Pertinentes a la Utilización de Fuentes de Energía Nuclear en el Espacio Ultraterrestre contribuyen a la seguridad de las aplicaciones de fuentes de energía nuclear en el espacio, 2019, Disponible en

Los principios ocho y nueve establecen que “...todo Estado que lance una fuente de energía nuclear al espacio y cause daños, será responsable internacionalmente, aunque hubiera sido lanzada por un particular”.¹⁵¹

Otro principio de gran importancia es el once, ya que establece “...el examen y revisión de los mismos”, bajo lo cual es posible actualizar lo dispuesto en el documento ante los nuevos avances tecnológicos.¹⁵²

Cabe destacar que estos principios se consolidan como una *lex specialis* que complementa al Derecho Internacional en materia nuclear, por lo que se ven sometidos a la normatividad aplicable, tal como la “Convención de Viena sobre Responsabilidad Civil por Daños Nucleares”, o la “Convención sobre Seguridad Nuclear”.¹⁵³

Estos principios son fundamentales para el proceso de colonización planetaria, pues como se analizará en el próximo capítulo, las fuentes de energía nuclear son una necesidad para realizar tan ambiciosos proyectos.

2.2 Políticas de protección planetaria

Estas prerrogativas son fundamentales para el desarrollo de cualquier tipo de misión espacial, en ellas no solamente se cumple con la normativa

https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2020/aac_105c_1/aac_105c_1_378_0_html/V1911438.pdf Consultado el 20 de octubre de 2021.

¹⁵¹ Cfr. ONU, Principios Pertinentes a la Utilización de Fuentes de Energía Nuclear en el Espacio Ultraterrestre, 1992, Disponible en: https://derecho.usc.edu/co/files/Derecho_espacial_ultraterrestre/principios_utilizacion_fuentes_energia.pdf Consultado el 20 de octubre de 2021.

¹⁵² Cfr. COMISIÓN SOBRE LA UTILIZACIÓN DEL ESPACIO ULTRATERRESTRE CON FINES PACÍFICOS, Análisis preliminar acerca de la manera en que los Principios Pertinentes a la Utilización de Fuentes de Energía Nuclear en el Espacio Ultraterrestre contribuyen a la seguridad de las aplicaciones de fuentes de energía nuclear en el espacio, 2019, Disponible en https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2020/aac_105c_1/aac_105c_1_378_0_html/V1911438.pdf Consultado el 20 de octubre de 2021.

¹⁵³ Cfr. *Ídem*.

internacional previamente analizada, sino que también se regulan de manera más precisa ciertos aspectos que podrían aparentar ser un obstáculo para la colonización planetaria.

En este sentido, dentro de los apartados siguientes se analizarán políticas propias de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio, pues son las únicas que contemplan misiones de Categoría V, como se explicará a continuación.

2.2.1 Políticas de Protección Planetaria de la Comisión de Investigaciones Espaciales (Committee On Space Research)

Las políticas de protección planetaria de la Comisión de Investigaciones Espaciales fueron elaboradas para crear un marco regulatorio del artículo IX del Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre.

Tras estudios y en atención a los resultados de la mesa de trabajo, en 2008 se determinó establecer cinco categorías para cuerpos celestes y tipos de misión que podrían realizarse en ellos.

Cabe destacar que los cuerpos contenidos en la categoría III pueden cambiar su nivel en atención a los objetivos de la misión, lo cual también implica un cambio en las obligaciones que deben cumplirse.

Las misiones pueden ser de tres tipos de acuerdo con las políticas de protección planetaria:

- **Sobrevuelo:** Pasan por el cuerpo celeste sin llegar a entrar en órbita o hacer contacto directo con su superficie.

- **Órbita:** Tienen por finalidad entrar en el campo gravitacional del cuerpo celeste para monitorearlo constantemente.
- **Aterrizaje:** Su objetivo es hacer contacto con su superficie, pueden ser misiones tripuladas o realizadas con robots.

La clasificación de las misiones y cuerpos celestes de la Comisión de Investigaciones Espaciales es la siguiente¹⁵⁴:

→ **Categoría I:** Son cuerpos celestes que carecen de elementos que permitan comprender la evolución química o el origen de la vida, por lo que no se verían afectados por la introducción de un contaminante.

Esta categoría tiene las siguientes características.

- + No se les otorga protección alguna, ni se imponen obligaciones adicionales.
- + Las misiones que pueden ser realizadas son de sobrevuelo, órbita y aterrizaje.
- + Dentro de esta categoría se encuentran los asteroides y el satélite joviano Ío.

→ **Categoría II:** Se trata de cuerpos celestes que tienen elementos de interés para comprender la evolución química o el origen de la vida, la afectación causada por un contaminante es mínima. Se distingue de la anterior por lo siguiente.

- + Se exige la entrega de documentación simple, como planes de misión, impacto y regreso.

¹⁵⁴ Cfr. COSPAR, *COSPAR Planetary Protection Policy*, 2011 Disponible en: <https://cosparhq.cnes.fr/assets/uploads/2019/12/PPPPolicyDecember-2017.pdf>, pp. 13-15, consultado el 24 de octubre de 2021.

- + Las misiones permitidas son de sobrevuelo, órbita y aterrizaje.
 - + Dentro de esta categoría se encuentran Venus, la Luna, los cometas, asteroides carbonáceos, Júpiter y Saturno.
- **Categoría III:** Dentro de este nivel se encuentran los cuerpos celestes de gran interés para comprender la evolución química y el origen de la vida; podrían verse altamente perjudicados por la introducción de un contaminante. Dicho nivel presenta las siguientes diferencias.
- + Se exige la documentación del nivel II, además de protocolos sanitarios y de trayectoria, esto a fin de reducir la carga biológica.
 - + Solamente se admiten misiones de sobrevuelo y órbita.
 - + Dentro de esta categoría se encuentran Marte, Europa y Encélado.
- **Categoría IV:** Serán considerados dentro de esta categoría todos aquéllos cuerpos de nivel III cuando la finalidad de la misión sea el aterrizaje. Este nivel presenta las siguientes características:
- + Debe de entregarse documentación en extremo detallada, tales como bioensayos, modelos estadísticos sobre la probabilidad de contaminación, inventario orgánico, listado de procedimientos para sanitizar y esterilizar el equipo.
 - + Solamente admite misiones de aterrizaje.
 - + En caso de que las misiones tengan por destino el planeta Marte, se habilitan *tres subcategorías* en atención al objetivo o destino de la misión:

- **IV a:** La misión aterrizará en la superficie, no tiene equipo para investigar posibles formas de vida marcianas.
 - **IV b:** El objetivo de la misión es detectar vida en Marte, deberá de cumplir con protocolos estrictos de esterilización y análisis *in situ*.
 - **IV c:** El destino de la misión será una *Región Especial*, en estos casos el objetivo es irrelevante.
- **Categoría V:** Abarca todos los cuerpos de nivel III cuando tengan por objetivo el regreso al Sistema Terrestre, que se integra por la Tierra y la Luna. Todo cuerpo de nivel V tiene la presunción de que contiene vida.
- + Se exige documentación muy precisa, se impone la obligación de realizar monitoreos constantes sobre las actividades, forma en que se da su desarrollo, publicación de los resultados y constancias sobre la esterilización total del equipo, o bien, de que este ha sido colocado en cuarentena.
 - + La categoría V se subdivide en *dos subcategorías* en atención al reingreso al Sistema Terrestre:
 - **De retorno irrestricto:** Proviene de cuerpos celestes en los que se presume no puede haber ninguna forma de vida, los requisitos se ven reducidos a los de categoría I y II.
 - **De retorno restringido:** Buscan ingresar de cuerpos celestes en los que existe una alta probabilidad de haber vida. Queda absolutamente prohibido el aterrizaje directo, y deberán ser colocados en cuarentena inmediatamente.

	Categoría I	Categoría II	Categoría III	Categoría IV	Categoría V
Tipo de Misión	Sobrevuelo, órbita o aterrizaje.	Sobrevuelo, órbita o aterrizaje.	Sobrevuelo u órbita.	Aterrizaje	Retorno a la Tierra
Destino	Cinturón de asteroides, ló.	Luna, Venus, cometas, Júpiter, Saturno, Urano, sistema joviano, sistema saturnino.	Marte, Europa y Encelado.	Marte, Europa y Encelado	Retorno irrestricto: Venus, Luna Retorno restringido: Marte, Europa
Grado de preocupación	Bajo	Medio	Alto	Muy alto	Máximo
Documentos	No gozan de protección planetaria ni se imponen obligaciones adicionales.	Documentación simple, planes de misión, impacto y regreso.	Documentos de categoría II, más protocolos sanitarios y de trayectoria.	Bioensayos, modelos estadísticos sobre probabilidad de contaminación, inventario orgánico, protocolos de sanitización y esterilización del equipo.	Controles sobre toda actividad desarrollada, resultados obtenidos, certificados de esterilización total del equipo o de puesta en cuarentena.
Ejemplo de misión	Sonda Galileo	Apolo 11	<i>Hope Mars</i>	<i>Viking Lander 1</i>	<i>Mars Sample Return</i>

Las misiones previamente enunciadas se caracterizan por lo siguiente:

- **Sonda Galileo:** Fue una misión de órbita, durante su tránsito hacia la atmósfera de Júpiter realizó observaciones sobre el vulcanismo en Ío. Es de categoría I debido a su destino y su finalidad.¹⁵⁵
- **Apolo 11:** Fue la quinta misión con tripulación del Programa Apolo, su objetivo era el aterrizaje en la Luna. Es de categoría II debido al riesgo de contaminación hacia adelante que supuso su destino y finalidad; asimismo, se consideró de categoría V, subcategoría de regreso irrestricto, cuando inicio el viaje de retorno al Sistema Terrestre.¹⁵⁶
- **Hope Mars:** Es una misión de exploración espacial realizada por los Emiratos Árabes, su finalidad es orbitar el planeta Marte para recabar información sobre su atmósfera. Es de categoría III en atención a su destino y tipo de misión.¹⁵⁷
- **Viking Lander 1:** Fue una misión espacial con destino a Marte, tras aterrizar en su superficie, inició los protocolos necesarios para detectar cualquier posible forma de vida. Es de categoría IV, subcategoría IV c en atención a su destino, tipo de misión, y la finalidad de esta. ¹⁵⁸

¹⁵⁵ Cfr. KARTTUNEN, Hannu *et al.*, *Fundamental Astronomy, Op. Cit.*, pp. 286.

¹⁵⁶ Cfr. RUMMEL, J.D, *A history of lunar planetary protection: Origins, goals and status changes*, disponible en: <https://www.hou.usra.edu/meetings/lunarsurface2020/pdf/7011.pdf>, consultado el 10 de noviembre de 2021.

¹⁵⁷ Cfr. MALEK, Caline; AL WASMI, Naser, *UAE makes plans to send unmanned probe to Mars by 2021*, disponible en: <https://web.archive.org/web/20160329040456/http://www.emiratesmarsmission.ae/news/uae-mars-probe/>, consultado el 10 de noviembre de 2021.

¹⁵⁸ Cfr. KARTTUNEN, Hannu *et al.*, *Fundamental Astronomy, Op. Cit.*, pp. 290.

- **Mars 2020:** Es una misión propuesta por la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio, tiene por finalidad el retorno de muestras tomadas en Marte a la Tierra. Esta misión es de categoría V, subcategoría de regreso restringido, esto en atención a su destino y objetivos.¹⁵⁹

Como se mencionó con anterioridad, la categoría IV c introduce el concepto de Región Especial como un criterio determinante para la clasificación de una misión, por lo que se estima conveniente realizar su análisis.

Se define una Región Especial a toda zona de un cuerpo celeste donde un "... organismo terrestre pueda replicarse, o bien, donde exista una alta probabilidad de encontrar formas de vida nativas".¹⁶⁰

Una zona podrá recibir la declaratoria de *Región Especial* si el agua que presenta tiene actividad de 0.5 a 1.0 mm, temperaturas de hasta -25 grados centígrados. Luego de ser concedida, la declaratoria tendrá vigencia de hasta 500 años.

Estas políticas son fundamentales, ya que establecen el marco clasificatorio y las bases mínimas que, idealmente, deberán cumplir las misiones de colonización y terraformación, además de poder clasificar de manera sistemática los cuerpos celestes, lo cual podría ser de utilidad para crear un catálogo de planetas aptos y no aptos para misiones de colonización.

¹⁵⁹ Cfr. NASA, *Mars Sample Return*, disponible en: <https://www.jpl.nasa.gov/missions/mars-sample-return-msr>, consultado el 10 de noviembre de 2021.

¹⁶⁰ Cfr. COSPAR, *COSPAR Planetary Protection Policy*, 2011 Disponible en: <https://cosparhq.cnes.fr/assets/uploads/2019/12/PPPPolicyDecember-2017.pdf>, pp. 18, consultado el 24 de octubre de 2021.

Un ejemplo de la aplicación estricta de estas políticas de protección planetaria se observa en los “Requisitos Procedimentales de la NASA 8020.12D (NPR 8020.12D)”, los cuales establecen criterios muy similares a los previamente descritos, con la salvedad de que estos son obligatorios.¹⁶¹

2.2.2 Principios y Guías para las Misiones Humanas a Marte

Estos principios y guías fueron agregados a manera de anexo para las políticas planetarias de la Comisión de Investigaciones Espaciales.

Forman parte de un grupo de tres anexos que fueron discutidos en las mesas de trabajo en 2008, en los cuales se establecieron los parámetros que debían cumplir las misiones tripuladas a Marte, Europa y Encelado, así como todas aquéllas que tuvieran por destino otros cuerpos celestes dentro del Sistema Solar.¹⁶²

En el primer anexo se establecen los parámetros que se aplicarán para toda misión humana o robótica que tenga como destino el planeta Marte.

Los principios que rigen toda misión humana a los cuerpos celestes de las *categorías III, IV y V* son los siguientes: ¹⁶³

- La prioridad número uno es evitar la contaminación de regreso.

¹⁶¹ Cfr. NASA, *Nasa Planetary Protection Provisions for Robotic Extraterrestrial Missions NPR 8020.12D*, Estados Unidos, 2011, Disponible en: https://nodis3.gsfc.nasa.gov/displayAll.cfm?Internal_ID=N_PR_8020_012D_&page_name=ALL Consultado el 24 de octubre de 2021.

¹⁶² Cfr. COSPAR, *Principles and Guidelines for Human Missions to Mars*, en *COSPAR Planetary Protection Policy*, 2011 Disponible en: <https://cosparhq.cnes.fr/assets/uploads/2019/12/PPPPolicyDecember-2017.pdf>, pp. 18, consultado el 24 de octubre de 2021.

¹⁶³ *Ídem*.

- La única forma de contribuir a la exploración de la astrobiología en los cuerpos celestes es mediante el control y entendimiento de la contaminación humana.
- Toda misión deberá realizarse, en la medida de lo posible, en entornos cerrados.
- Toda misión tripulada estará expuesta al entorno planetario.

En lo que respecta a las guías establecidas en los Principios y Guías para las Misiones Humanas, la Comisión de Investigaciones Espaciales sugiere lo siguiente: ¹⁶⁴

- Toda misión deberá contar con un monitoreo y evaluación constante de las colonias bacterianas que portan, esto a fin de evitar cualquiera de los dos tipos de contaminación.
- Toda misión deberá someterse a cuarentena tras su regreso.
- Toda misión deberá tener protocolos de actuación para la exploración en superficie, manejo de muestras y retorno de estas a la Tierra.
- Ningún humano o máquina deberá contaminar las Regiones Especiales.
- Toda zona deberá ser explorada con robots antes que con humanos.
- Todo acercamiento a un cuerpo celeste categoría V deberá realizarse de modo conservador, como si se tuviera un desconocimiento total de lo que hay en él.

¹⁶⁴ Cfr. COSPAR, *Principles and Guidelines for Human Missions to Mars*, en *COSPAR Planetary Protection Policy*, 2011 Disponible en: <https://cosparhq.cnes.fr/assets/uploads/2019/12/PPPPolicyDecember-2017.pdf>, pp. 18, consultado el 24 de octubre de 2021.

Estos lineamientos son fundamentales para realizar cualquier tipo de misión tripulada, y como se ha mencionado anteriormente, su carácter de *soft law* les da cierto peso.

Sin embargo, para las misiones de colonización y terraformación, no solamente tendrán que ascender a *hard law*, sino que también tendrán que modificarse para atender a las nuevas realidades de comercio, población, exploración, y conservación del patrimonio y medio ambiente.

2.2.3 Directiva Interna de la NASA 8715.128 (NID 8715.128)

En este documento de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio se establece que “...toda directriz técnica para la exploración espacial se hace para cumplir con las obligaciones establecidas por el artículo IX del Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre”.¹⁶⁵

Esta directiva es aplicable para todo centro de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio que participe en misiones de vehículos espaciales que tengan como destino la Luna, y tiene como principal finalidad el “...evitar cualquier tipo de contaminación biológica.”¹⁶⁶

Dentro de su texto, se establecen instituciones de gran relevancia, como la “Oficina de Protección Planetaria”, la cual tiene por facultades principales el evaluar las misiones y emitir recomendaciones sobre puntos clave.

¹⁶⁵ Cfr. NASA, *NASA Interim Directive MD 8715.128 Planetary Protection Categorization for Robotic and Crewed Missions to the Earth's Moon*, 2020, Disponible en: https://nodis3.gsfc.nasa.gov/OPD_docs/NID_8715_128_.pdf Consultada el 22 de octubre de 2021.

¹⁶⁶ Cfr. *Ídem*.

Los puntos clave hacen referencia a zonas que sean de interés científico por "...contener elementos de interés para el estudio del Sistema Solar, la evolución química, o tener recursos explotables"; o de interés arqueológico o histórico por ser "...lugares donde hayan aterrizado aeronaves humanas".¹⁶⁷

De igual manera, establece requisitos de carácter administrativo para las misiones, particularmente la entrega de documentación en la que se describen los materiales biológicos que saldrán de la Tierra, así como los desechos que podrían ser dejados por la tripulación.¹⁶⁸

Las figuras desarrolladas en este texto son de gran importancia, ya que establecen parámetros obligatorios y figuras que podrían hacerse extensivas a nivel internacional para lograr una estandarización de protocolos de acción.

2.2.4 Directiva Interna de la NASA 8715.129 (NID 8715.129)

Este documento tiene un carácter menos genérico en comparación al anterior, y especifica con mayor detalle la manera en que debe cumplirse el artículo IX del Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre.

Dentro de este texto, se establece el deber de proteger Marte de la contaminación hacia adelante, esto ante "...la alta posibilidad de que exista vida alienígena".¹⁶⁹

¹⁶⁷ Cfr. NASA, *NASA Interim Directive MD 8715.128 Planetary Protection Categorization for Robotic and Crewed Missions to the Earth's Moon*, 2020, Disponible en: https://nodis3.gsfc.nasa.gov/OPD_docs/NID_8715_128_.pdf Consultada el 22 de octubre de 2021.

¹⁶⁸ Cfr. *Ídem*.

¹⁶⁹ Cfr. NASA, *NASA Interim Directive NID 8715.129: Biologican Planeary Protection for Human Missions to Mars*, 2020 Disponible en: https://nodis3.gsfc.nasa.gov/OPD_docs/NID_8715_129_.pdf, consultado el 24 de octubre de 2021.

De igual manera, establece el deber de “...proteger la biosfera terrestre de formas biológicas, ya sean celulares o acelulares”.¹⁷⁰

Dentro del apartado 1.2, hace una declaración de extrema importancia, pues asegura que los lineamientos del Comisión de Investigaciones Espaciales, COSPAR por sus siglas en inglés, si bien son aplicables obligatoriamente a los centros de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio, estos tienen un carácter meramente orientador, con lo que conceden una calidad de *Soft law*.¹⁷¹

En cuanto a la documentación, se establece que cualquier misión a Marte debe entregar papeles en los que acredite y justifique la necesidad de exploración, y las finalidades, ya sean científicas, comerciales o ambas.¹⁷²

Asimismo, se solicita que la misión cuente con métodos para monitorear los procesos biológicos, así como para esterilizar el equipo científico.

2.2.5 Directiva Política de la NASA 8020.7G (NPD 8020.7G)

Dentro de esta política se establece un organigrama de responsables, esto a fin de realizar evaluaciones sobre la protección planetaria.

Los sujetos que establece y sus facultades son las siguientes:¹⁷³

¹⁷⁰ Cfr. NASA, *NASA Interim Directive NID 8715.129: Biologican Planeary Protection for Human Missions to Mars*, 2020 Disponible en: https://nodis3.gsfc.nasa.gov/OPD_docs/NID_8715_129_.pdf, consultado el 24 de octubre de 2021.

¹⁷¹ Cfr. *Ídem*.

¹⁷² Cfr. *Ídem*.

¹⁷³ Cfr. NASA, *NASA Policy Directive NPD 8020.7G Biological Contamination Control for Outbound and Inbound Planetary Spacecraft (Revalidated 05/17/13 change 1)*, Estados Unidos, 1999, Disponible en: <https://nodis3.gsfc.nasa.gov/displayDir.cfm?t=NPD&c=8020&s=7G> Consultado el 25 de octubre de 2021.

- Administrador Asociado a la Dirección de Misiones Científicas:
 - + Monitorear las actividades de protección planetaria.
 - + Asegurar que las tecnologías y vehículos cumplen con los requisitos para obtener un “certificado de protección planetaria”.
- Oficial de Protección Planetaria:
 - + Elaborar lineamientos, estándares y procedimientos de protección planetaria.
 - + Entregar certificados al Administrador Asociado sobre el cumplimiento de medidas internas, recomendaciones de otras agencias espaciales, y de cumplimiento de normativa internacional.
- Administrador Asociado para las misiones de exploración humana
 - + Aplicar las directivas a misiones tripuladas.
- Administradores del Programa
 - + Cumplir con los controles para evitar la contaminación.
 - + Entregar la documentación requerida durante las fases de desarrollo, pruebas y operación.

Estas figuras son de relevancia, pues sirven de esquema para el establecimiento de una agencia espacial internacional, la cual se encargaría de misiones de colonización y terraformación.

2.2.6 Libro técnico de la NASA 5340.1B (NHB. 5340.1B/NASA-HDBK-6022)

Dentro de este manual se explican de forma detallada los aspectos técnicos relativos a los procesos para asegurar la inocuidad de cada ingenio que pretenda salir de la órbita de la Tierra.¹⁷⁴

Las formas de vida que regula particularmente son todas aquellas de carácter microbiano, sin embargo, deja un marco abierto en caso de que los descubrimientos de la ciencia permitan extender dicho catálogo de seres vivos.¹⁷⁵

Sin embargo, el aspecto más relevante para fines de la presente tesis son las facultades extensivas que otorga a las agencias ambientales, sanitarias y alimentarias para participar en la elaboración de las políticas de protección planetaria, además de la posibilidad de que establezcan parámetros.¹⁷⁶

Esto es de enorme importancia, ya que una política planetaria verdaderamente internacional supondría incrementar el marco de facultades a otras agencias de las Naciones Unidas a fin de que puedan participar en los procesos de colonización y terraformación.

¹⁷⁴ Cfr. NASA, *Handbook for the Microbial Examination of Space Hardware (NASA-HDBK-6022)*, Estados Unidos, 2010 Disponible en: https://explorers.larc.nasa.gov/2019APSMEX/SMEX/pdf_files/NASA-HDBK-6022b.pdf Consultado el 26 de octubre de 2021.

¹⁷⁵ Cfr. *Ídem*.

¹⁷⁶ Cfr. *Ídem*.

2.3 Futuras misiones a Marte

Para finalizar el capítulo dos de la presente tesis, se estima conveniente revisar de forma breve las misiones que se realizarán a Marte dentro de los próximos años, muchas de las cuales ya tienen prevista la necesidad de fundar una colonia en el Planeta Rojo. Cabe destacar que estas entran dentro de las categorías IV y V analizadas con anterioridad.

2.3.1 Programa Artemisa

El Programa Artemisa tiene por objetivo poner a la primera mujer y hombre en la Luna, esto para el año 2025. La razón para retornar a este cuerpo celeste es a fin de realizar los preparativos necesarios para explorar y colonizar el Planeta Rojo, Marte, en 2030.

Fue motivada por la Directiva Espacial Número 1 que emitió el expresidente Donald Trump, bajo la cual se exige "... llevar al hombre de vuelta al espacio lo antes posible".¹⁷⁷

Las razones para elegir la Luna para regresar en lugar de ir directamente a Marte, se debe a que esta tiene una distancia más próxima a la Tierra, por lo que permite probar nuevas tecnologías sin las limitantes establecidas por las políticas de protección planetaria.

Además, la Luna cuenta con los recursos necesarios para el establecimiento de colonias, como hielo, minerales y helio-3.

¹⁷⁷ Cfr. MINET, Mathilde, *The Artemis Program or the return of the man on the moon* en *Space Legal Issues*, 2020, Disponible en: <https://www.spacelegalissues.com/the-artemis-program-or-the-return-of-man-on-the-moon/> Consultado el 25 de octubre de 2021.

Para complementar la operabilidad se planea lanzar el *Lunar Gateway*, una pequeña estación que orbitará la Luna y servirá como centro de comunicaciones, módulo de habitación, laboratorio, y central para controlar los *rovers*.

Los objetivos de esta misión son:¹⁷⁸

- Expandir el conocimiento sobre procesos planetarios, ciclos volátiles, la historia de la Luna y de la Tierra.
- Construir observatorios.
- Investigar y mitigar los riesgos en la exploración humana.

2.3.2 Mars Direct

Es un plan desarrollado por el Dr. Robert Zubrin en el cual aboga por un acercamiento minimalista para llegar a Marte.

Sugiere que el suelo y la atmósfera marciana contienen los elementos necesarios para la fabricación de agua y combustible *in situ*, por lo que es posible establecer las primeras colonias en sólo décadas.¹⁷⁹

El plan consiste en enviar Vehículos de Retorno Terrestre de forma inicial, todos ellos cargados de combustible y los víveres necesarios; cuando

¹⁷⁸ Cfr. MINET, Mathilde, *The Artemis Program or the return of the man on the moon* en Space Legal Issues, 2020, Disponible en: <https://www.spacelegalissues.com/the-artemis-program-or-the-return-of-man-on-the-moon/> Consultado el 25 de octubre de 2021.

¹⁷⁹ Cfr. ZUBRIN, Robert, *Mars Direct: A simple, robust and cost-effective architecture for the space exploration initiative*, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Estados Unidos, 1991, Disponible en: <https://www.marssociety.org/concepts/mars-direct/> Consultado el 25 de marzo de 2021.

se abra la segunda ventana de lanzamiento, se enviarán dos naves nuevas, una tripulada y otra cargada de más Vehículos de Retorno Terrestre.¹⁸⁰

Con este mecanismo, se “...bombardea al planeta con varios centros habitables, los cuales expanden la superficie explorable y, eventualmente, permitirán establecer la primera colonia marciana.”¹⁸¹

Tras siglos de estas misiones, se estaría en condiciones de iniciar un proceso de terraformación.¹⁸²

2.3.3 Mars One

Fue un proyecto fundado por el ingeniero Bas Lansdorp, con el que se pretendía establecer una colonia marciana permanente en 2030. Su principal característica es que era “un viaje sin retorno”.¹⁸³

Su tripulación se integraría por civiles, por lo que aplicaron más de 200 mil candidatos, quienes tuvieron que aprobar una serie de requisitos y pruebas para poder ser seleccionados.

Según los parámetros de este proyecto, en 2029 se prepararía el terreno para el primer lanzamiento humano a Marte, y en 2031 aterrizar la aeronave en suelo marciano.

¹⁸⁰ Cfr. ZUBRIN, Robert, *Mars Direct: A simple, robust and cost-effective architecture for the space exploration initiative*, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Estados Unidos, 1991, Disponible en: <https://www.marssociety.org/concepts/mars-direct/> Consultado el 25 de marzo de 2021.

¹⁸¹ *Ídem*

¹⁸² Cfr. *Ídem*.

¹⁸³ Cfr. MINET Mathilde, *The Mars One Project*, en *Space Legal Issues*, 2020, Disponible en <https://www.spacelegalissues.com/mars-one-the-development-and-the-failure-of-the-project/> Consultado el 25 de octubre de 2021.

El financiamiento provenía de donaciones, venta de derechos de propiedad intelectual, mercancía y derechos de transmisión tipo *reality show*.

Esto último fue objeto de controversia entre la comunidad científica, ya que la naturaleza preponderantemente comercial y mediática le restaba seriedad al proyecto, además de que carecía del presupuesto necesario.¹⁸⁴

2.3.4 SpaceX

La agencia espacial privada cuenta con el programa *Mars & Beyond*, el cual fue presentado por Elon Musk en 2016. Con este se busca, de forma primaria, llevar a los primeros seres humanos a Marte, y posteriormente llegar a otros celestes como los satélites jovianos y de Saturno.

La premisa principal de sus misiones a Marte es lograr tener "... cohetes reciclables que puedan recargar combustible en órbita, el cual será producido en establecimientos marcianos".¹⁸⁵

La forma de llegar será por medio de un vuelo *Starship*, una aeronave capaz de cargar con más de 100 toneladas. Este primer vuelo, llevaría una planta para producción de combustible que deberá instalarse en la superficie de Marte.

De acuerdo con sus estimados, los primeros vuelos marcianos comenzarán entre 2023 y 2024.¹⁸⁶

¹⁸⁴ Cfr. MINET Mathilde, *The Mars One Project*, en *Space Legal Issues*, 2020, Disponible en <https://www.spacelegalissues.com/mars-one-the-development-and-the-failure-of-the-project/> Consultado el 25 de octubre de 2021.

¹⁸⁵ Cfr. SPACEX, *Mars & Beyond: The Road to Making Humanity Multiplanetary*, 2016, Disponible en: https://web.archive.org/web/20160928040332/http://www.spacex.com/sites/spacex/files/mars_presentation.pdf Consultado el 20 de octubre de 2021.

¹⁸⁶ Cfr. *Ídem*.

2.3.5 Nüwa

Es un proyecto ideado por un despacho de arquitectos españoles mediante el cual se establecen los planos para la construcción de la primera ciudad en Marte.

De acuerdo con el proyecto, Nüwa será edificada en los acantilados de *Tempe Mensa*, lugar donde se tiene amplio acceso a agua, además de una cobertura natural en contra de la radiación y meteoritos.¹⁸⁷

La principal característica de este asentamiento es su autosustentabilidad, es decir, después de su fase inicial, podrá obtener todos los suministros necesarios para mantener una población humana sin dependencia total de las exportaciones terrestres.¹⁸⁸

La ciudad se conectará por túneles y ascensores, lo que facilitará el traslado de los pobladores entre diferentes asentamientos,

En lo que respecta a la alimentación, se prevé la posibilidad de importar animales de granja pequeños y cultivos, esto a fin de dar variedad alimenticia a los pobladores.¹⁸⁹

¹⁸⁷ Cfr. ANGLADA-ESCUDE, Guillem, Nüwa, la primera ciudad sostenible en Marte, 2020, Disponible en: <https://abiboo.com/es/projects/nuwa-marte/> Consultado el 26 de octubre de 2021.

¹⁸⁸ Cfr. *Ídem*.

¹⁸⁹ Cfr. *Ídem*.

Capítulo 3. Los procesos de colonización y terraformación

En el presente capítulo se analizará de forma breve los requisitos con los que debe cumplir un cuerpo celeste para que pueda ser considerado como “habitable”, posteriormente, se estudiarán los pasos a seguir para el establecimiento de una colonia planetaria y la eventual transformación del planeta en una segunda Tierra, con un enfoque a los posibles obstáculos legales que supondrán ciertas soluciones técnicas propuestas por científicos expertos en la materia.

Para finalizar, se estudiará el aspecto clave de toda misión tripulada: El ser humano. En este sentido, se analizarán los problemas cotidianos a los que deberán hacer frente los futuros colonos, y a la vez su trascendencia al campo jurídico de los mismos.

3.1 ¿Qué hace a un planeta habitable?

La palabra “habitable” significa “...que tiene las condiciones necesarias para albergar vida”¹⁹⁰; sin embargo, en el contexto de la astrofísica, discutir el tema de la habitabilidad va de la mano con la discusión sobre la vida fuera de la Tierra.¹⁹¹

El concepto original de zona habitable fue propuesto por Huang en 1960, y modelado por varios autores en los años subsecuentes. Más allá de los ajustes climáticos en los cálculos, la definición se mantiene igual.

¹⁹⁰ LAMMER H., BREDEHÖFT, J.H, COUSTENSIS, A, *et al.*, *What makes a planet habitable?*, *Astron Astrophys Rev* 17, 2009
https://www.researchgate.net/profile/Yuri_Kulikov2/publication/225365909_What_makes_a_planet_habitable/links/0912f50a4ed391d9b5000000/What-makes-a-planet-habitable.pdf Consultado el 04 de abril de 2020.

¹⁹¹ *Cfr. Ídem.*

“Una zona habitable estelar es una coraza esférica que rodea una estrella de la secuencia principal, dentro de la cual puede haber un planeta con atmósfera que albergue agua en estado líquido en cualquier momento.”¹⁹²

De esta definición se desprenden elementos que se analizarán de manera breve en los siguientes apartados.

3.1.1 Ubicación dentro de un sistema solar

Los planetas que son más propicios para un proceso de terraformación son aquellos que, no solamente se encuentran en la zona de los planetas telúricos, sino que también se ubican a una distancia de aproximadamente una Unidad Astronómica de su estrella.

Más allá de esta distancia, el dióxido de carbono es incapaz de mantener el efecto invernadero y el planeta llega a un punto de congelación global; mientras que si se encuentra más próximo a la estrella, podría dar origen a un efecto de gas invernadero sin control, lo cual lo llevaría al punto de crear un entorno sofocante.¹⁹³

Sin embargo, esto no significa que no pueda haber vida, ya que los satélites de planetas extrasolares han sido contemplados como posibles candidatos para encontrar otras formas de vida.

¹⁹² Cfr. LAMMER H., BREDEHÖFT, J.H, COUSTENSIS, A, *et al.*, *What makes a planet habitable?*, *Astron Astrophys* Rev 17, 2009 https://www.researchgate.net/profile/Yuri_Kulikov2/publication/225365909_What_makes_a_planet_habitable/links/0912f50a4ed391d9b5000000/What-makes-a-planet-habitable.pdf Consultado el 04 de abril de 2020.

¹⁹³ *Ídem*

Determinar la ubicación del planeta no solo es indispensable para determinar la viabilidad técnica de la colonización y terraformación, sino que también para posibles fines legales.

En caso de que se encontrara alguna forma de vida en los planetas de la zona habitable, esto podría suponer un alto a los procesos de colonización, además de que entrarían en juego las figuras de zonas especiales y declaratorias que se explicaron en el capítulo anterior.

3.1.2 Clasificación estelar

Previo al estudio de las clases de cuerpos celestes habitables, es necesario analizar brevemente la forma en que se clasifican las estrellas bajo el modelo Harvard, esto a fin de tener una mejor comprensión sobre el sistema estelar en que podría ubicarse un planeta apto de ser terraformado.

La clasificación Harvard fue propuesta por los astrónomos estadounidenses Edward Pickering y Annie Jump Cannon. Bajo este sistema se dividen a las estrellas en atención a su longitud magnética, es decir, en la forma en que absorben y emiten la luz.¹⁹⁴

La luz emitida depende de la radicación, la cual es indicativa de su temperatura superficial.¹⁹⁵

Esto último es fundamental para la ciencia planetaria, pues la temperatura de una estrella es determinante para establecer la zona de habitabilidad de un planeta, como se explicará más adelante.

¹⁹⁴ Cfr. KARTTUNEN, Hannu *et al.*, *Fundamental Astronomy, Op. Cit.*, pp. 352.

¹⁹⁵ *Ibidem*, pp. 353.

La clasificación Harvard agrupa a las estrellas en clases y las distingue con una letra del abecedario. Dicha división es la siguiente:¹⁹⁶

- **Clase O:** Su temperatura es de entre 50,000-25,000 °K; emiten la mayor parte de su luz en ultravioleta. Su espectro muestra líneas de helio. Un ejemplo de esta clase es 48 Orionis.
- **Clase B:** Su temperatura es de entre 25,000-10,000 °K; son muy luminosas, su espectro contiene líneas de helio neutro y de hidrógeno. Un ejemplo de esta clase es Rigel.
- **Clase A:** Su temperatura oscila entre 10,000-7400 °K; son observables a simple vista, sus líneas de hidrógeno alcanzan la máxima intensidad. Un claro ejemplo de este tipo de estrella es Sirio A.
- **Clase F:** Su temperatura varía entre los 7400-6000 °K; su espectro muestra hidrógeno y metales ionizados. Canopus es un ejemplo de esta clase.
- **Clase G:** Su temperatura se encuentra entre los 6000-5000 °K; su espectro presenta líneas de calcio, así como de metales neutros e ionizados, el Sol se encuentra dentro de este rubro.
- **Clase K:** Su temperatura es de entre 5000-3500 °K; su espectro tiene metales, óxido de titanio y rastros de hidrógeno. Un ejemplo claro de esta clase es Albireo A.

¹⁹⁶ Cfr. KARTTUNEN, Hannu *et al.*, *Fundamental Astronomy, Op. Cit.*, pp. 353.

- **Clase M:** Su temperatura varía entre 3500-1700 °K; son las estrellas más comunes, carecen de hidrógeno, en su espectro se han detectado metales, óxidos de titanio y vanadio, así como otras moléculas. Un ejemplo de este tipo de estrellas es Betelgeuse.
- **Clase L y T:** Su temperatura es de entre 1700-1500 °K; es una clase de reciente adición y abarca las enanas marrones, estrellas que se consideran “fallidas”, sus espectros contienen líneas de óxidos metálicos. MOA-2007-BLG-182-L es un ejemplo de esta clase.

3.1.3 Clases de cuerpos celestes habitables

En atención a los criterios de composición atmosférica, excentricidad orbital, rotación, entre otros.

Los cuerpos celestes habitables han sido divididos en cuatro clases, cada una representada con un número romano:¹⁹⁷

- **Clase I:** Son planetas análogos a la Tierra, en ellos las formas de vida multicelular pueden evolucionar; estos orbitan estrellas del tipo G y K, por lo que su atmósfera y agua son constantes.
- **Clase II:** Son planetas habitables en los cuales la vida puede llegar a originarse, pero el proceso de evolución planetaria es distinto al de la

¹⁹⁷ Cfr. LAMMER H., BREDEHÖFT, J.H, COUSTENSIS, A, *et al.*, *What makes a planet habitable?*, *Astron Astrophys* Rev 17, 2009 https://www.researchgate.net/profile/Yuri_Kulikov2/publication/225365909_What_makes_a_planet_habitable/links/0912f50a4ed391d9b5000000/What-makes-a-planet-habitable.pdf Consultado el 04 de abril de 2020.

Tierra. Suelen orbitar estrellas del tipo M y K, por lo que sufren de una alta exposición a la radiación y, por ello, su atmósfera y agua pueden llegar a desaparecer tras cientos de millones de años por inactividad geofísica. Ejemplos de esta clase son Venus y Marte.

- **Clase III:** Son cuerpos celestes con un océano subyacente el cual interactúa con silicatos. Los principales ejemplos de estos son los satélites de los gigantes gaseosos, en los que se encuentra una gran cantidad de agua cubierta por una gruesa capa de hielo, la cual supera los 600 km de grosor en lunas como Ganímedes, Calisto y Titán. El contacto del agua con los silicatos permite la formación de fuentes hidrotermales, estructura geológica que fue el detonante de la vida en la Tierra.

- **Clase IV:** Dentro de esta clasificación se encuentran dos tipos de cuerpos celestes. Los primeros de ellos son aquellos que tienen un océano debajo de su superficie el cual no tiene contacto con silicatos. Encélado es el ejemplo más claro del primer tipo, pues en él hay géiseres que adquieren el agua líquida cercana a la superficie.

El segundo tipo de cuerpo celeste son los *planetas oceánicos*. Estos hacen referencia a exoplanetas del tipo Urano o Neptuno formados más allá de la línea de hielo del disco protoplanetario, y que emigraron hacia distancias más próximas a la estrella en donde se puede presentar agua en su estado líquido.

Para los fines de la terraformación y esta tesis, solamente los planetas pertenecientes a la clase II serán analizados, pues un planeta clase I

no requiere de tal proceso, y uno de clase III hace referencia a cuerpos extrasolares, los cuales se aclaró previamente requerirían un proceso de paraterraformación, el cual va más allá de los objetivos de esta investigación.

Dentro del Sistema Solar los principales candidatos para ser terraformados son Venus, Marte, la Luna y Europa; y para fines de la tesis, el análisis será preponderantemente en el planeta rojo, ya que es el que comparte más similitudes con la Tierra y cuya terraformación podría tener inicio dentro de este siglo.¹⁹⁸

3.1.4 Requisitos indispensables para la vida

Se estima conveniente hablar sobre los requisitos que podrían propiciar la aparición de vida en un cuerpo celeste, ya que los planetas aptos para terraformar también suelen cumplir con varios de ellos.

De acuerdo con Rothschild y Mancinello, las condiciones fundamentales para que un cuerpo celeste pueda albergar vida son las siguientes:¹⁹⁹

- Debe encontrarse dentro de la zona habitable el tiempo suficiente para acumular los “bloques de la vida”.
- Entre estos “bloques de la vida” debe estar el agua.

¹⁹⁸ Cfr. NASA, *We are going*, 2019 <https://solarsystem.nasa.gov/resources/2446/we-are-going/> Consultado el 05 de junio de 2020.

¹⁹⁹ Cfr. LAMMER H., BREDEHÖFT, J.H, COUSTENSIS, A, *et al.*, *What makes a planet habitable?*, *Astron Astrophys* Rev 17, 2009 https://www.researchgate.net/profile/Yuri_Kulikov2/publication/225365909_What_makes_a_planet_habitable/links/0912f50a4ed391d9b5000000/What-makes-a-planet-habitable.pdf Consultado el 04 de abril de 2020.

- Tener las condiciones ambientales internas y externas necesarias para permitir la existencia de agua líquida.
- Debe tener el tiempo suficiente para que se dé la evolución de formas unicelulares o multicelulares.

En caso de que un planeta cumpla con tales requisitos, podría existir la posibilidad de suspender el proceso de colonización y emitir alguna de las declaratorias analizadas en el capítulo anterior.

Asimismo, se abre el campo para elaborar reglamentaciones particulares que se amparen en el Acuerdo sobre la Luna a fin de brindarles mayor protección.

3.2 Establecimiento de colonias espaciales

Antes de poder comenzar a terraformar un planeta, es necesario el establecimiento de asentamientos humanos permanentes, los cuales deberán extenderse paulatinamente hasta llegar a formar verdaderas ciudades, así como bases que permitan colaborar en todos los pasos necesarios para lograr un cambio atmosférico a gran escala.

3.2.1 Colonizar un planeta ¿Por qué?

La idea de poder colonizar otro planeta siempre fue ajena a la humanidad, una hazaña de tal magnitud parecía una tarea herculeana, una frontera imposible de conquistar.

Sin embargo, con los avances en la ciencia y tecnología, las ideas de modificar entornos de otros planetas que alguna vez inspiraron las obras de

ciencia ficción que se mencionaron en el capítulo primero, ahora se encuentran próximas a la realidad. La humanidad está a solo pasos de poder convertirse en una civilización planetaria.

El primer gran motor para colonizar un planeta se relaciona con la economía. El ser humano vive en un mundo donde los recursos son finitos, y las actividades para obtenerlos, especialmente las mineras, causan más daño que beneficios.

El espacio exterior y los cuerpos celestes representan una enorme ventana para potencializar la economía y reducir los daños ambientales, la única cuestión a resolver es cómo llegar a ellos.²⁰⁰

Otro gran incentivo son los avances que supondría para la ciencia, especialmente las ramas de la astronomía y astrobiología, las cuales se verían beneficiadas de sobremanera ante la posibilidad de hacer estudios *in situ*, además de poder observar el universo desde cuerpos celestes donde las condiciones atmosféricas no obstruyan la vista.²⁰¹

Finalmente, existe el incentivo filosófico y sociológico, pues la conquista de un nuevo mundo abre la puerta para romper los antiguos paradigmas y crear nuevos; supone una nueva ola para la innovación en todo campo de las ciencias humanas, desde las leyes hasta el arte.²⁰²

²⁰⁰ Cfr. ZUBRIN, Robert; *The case for Mars: The plan to settle the red planet and why we must*, Op. Cit, pp. 158.

²⁰¹ *Ibidem*, pp. 187.

²⁰² *Ibidem*, pp. 389.

Si la humanidad logra este hito histórico y tecnológico, no solo habrá logrado lo imposible, sino que también abre un nuevo mundo de posibilidades que nunca antes había sido analizado con la debida seriedad.

3.2.2 ¿Por qué colonizar Marte?

En el Sistema Solar existen 8 planetas, junto con otras decenas de satélites y cuerpos celestes que son aptos para ser terraformados y paraterraformados, sin embargo, Marte ha sido el que ha llamado más la atención de todos estos, ¿Por qué?

Marte es el cuarto y último planeta telúrico del sistema solar, presenta altas concentraciones de óxido de hierro en su superficie, lo cual le da su característico color rojo.²⁰³

Su atmósfera es delgada y se compone de dióxido de carbono, lo cual hace que su presión sea 1,000 veces menor que la terrestre, esto, aunado a su inexistente campo magnético, hace que quede expuesto completamente a la radiación y vientos solares.²⁰⁴

De manera muy similar a la Tierra, Marte tiene una rotación de 24 horas y 37 minutos, una oblicuidad de 25°, presenta estaciones, aunque estas duran el doble dado su período orbital, tiene casquetes polares y nubes. No obstante, tiene un par de diferencias clave, las cuales son su ausencia de atmósfera, agua líquida y temperatura media de -63°C.²⁰⁵

²⁰³ Cfr. KARTTUNEN, Hannu *et al.*, *Fundamental Astronomy, Op. Cit.*, pp. 400.

²⁰⁴ *Ibidem.* 354.

²⁰⁵ *Ídem*

Es la unión de todas estas características las que hacen a Marte el candidato más propicio para realizar un proyecto de tal magnitud, ya que, a diferencia del indomable infierno que existe en Venus, la terraformación en el Planeta Rojo se puede realizar con la tecnología y conocimiento existentes.

De acuerdo con autores como Fogg y Zubrin, la terraformación de Marte puede realizarse en cinco fases, las cuales tardarán varias décadas en dar resultados visibles, si es que no siglos, aunque en las escalas de tiempo planetarias, serán relativamente rápidas.

3.2.3 La llegada a un nuevo planeta

El primer problema a resolver es cómo llegar a otro planeta; la respuesta más simple sería por medio de naves espaciales, sin embargo, esto plantea otra incógnita ¿Cómo sobrevivirán los primeros colonos?

Varias propuestas se han hecho al respecto, pero todas ellas comparten un elemento en común: la necesidad de enviar previamente hábitats para los astronautas.

De acuerdo con Robert Zubrin, previo a la llegada de los primeros humanos a Marte, es necesario que se envíe una nave con un hábitat completamente funcional, la cual será seguida meses después por otras dos; una de ellas transportará astronautas, y la otra llevará otro hábitat. ²⁰⁶

²⁰⁶ Cfr. ZUBRIN, Robert; *The case for Mars: The plan to settle the red planet and why we must*, Op. Cit, pp. 113.

Los hábitats sugeridos por Zubrin son semejantes a “una lata de atún”, dentro de los cuales se tiene el suficiente espacio para un dormitorio, laboratorio y una sala recreativa.²⁰⁷

La idea detrás de este acercamiento es “...bombardear al planeta con varios hábitats para, en un primer momento, disminuir el riesgo de que los astronautas no tengan un lugar donde permanecer.”²⁰⁸

Las colonización de Marte se daría en dos grandes fases:²⁰⁹

- **Exploración:** Los primeros enviados a Marte tendrán la encomienda de analizar detalladamente las condiciones del planeta, esto a fin de preparar mejor a los próximos astronautas, además de que servirá para expandir el conocimiento del planeta rojo.
- **Construcción:** Una vez que se hayan enviado suficientes “latas”, iniciará la expansión de hábitats humanos hasta llegar a la formación de verdaderas colonias marcianas.

3.2.4 La construcción de los primeros asentamientos humanos

Con la operatividad anteriormente descrita, en un par de décadas se lograría establecer un área considerable de hábitats en la superficie marciana, por lo que podría dar inicio a su expansión.

²⁰⁷ Cfr. ZUBRIN, Robert; *The case for Mars: The plan to settle the red planet and why we must*, Op. Cit, pp. 113.

²⁰⁸ Cfr. TOON Owen B., Condiciones ambientales en la Tierra y en otros mundos, en Cambridge University Press, 1997, ed. El Universo de Carl Sagan, pp. 67-82.

²⁰⁹ Cfr. *Ibidem*, pp. 75.

La forma más sencilla de iniciarla es por medio de la interconexión de túneles, los cuales serán importados desde otros lanzamientos, y serán instalados en las afueras de cada módulo.²¹⁰

Con esta expansión se formarán las primeras “proto-colonias”, las cuales no solamente servirán para expandir el campo de exploración y comunicación de la tripulación, sino que también permitirán el establecimiento de la primera base marciana, donde podrán realizarse toda serie de operaciones complejas para explorar y explotar el Planeta Rojo.²¹¹

3.2.5 De “latas” a domos

Con el establecimiento de las primeras bases, y la obtención de cierto grado de movilidad planetaria, el proceso de colonización puede iniciar formalmente.

Mediante el uso de materiales que se encuentran en la superficie marciana, es posible fabricar ladrillos de buena calidad, los cuales no solo brindarán una mejor protección contra la radiación solar, sino que también permitirán construir edificios más espaciosos que los hábitats enviados.²¹²

El siguiente paso en la formación de una colonia marciana será la importación de domos de “plástico”, los cuales podrán ser recibidos debido a la mejor infraestructura que existirá.²¹³

Estos jugarían un papel clave, ya que estos son capaces de almacenar mayores cantidades de calor que los ladrillos, por lo que permitirían la creación

²¹⁰ Cfr. ZUBRIN, Robert; *The case for Mars: The plan to settle the red planet and why we must*, Op. Cit, pp. 185.

²¹¹ *Ibidem*, pp. 187.

²¹² *Ibidem*, pp. 185.

²¹³ *Ídem*.

de entornos aptos para el desarrollo de las primeras actividades agrícolas de escala considerable en Marte.²¹⁴

En este sentido, durante esta fase de la colonización planetaria podría darse comienzo a la importación de plantas y animales de interés zootécnico para crear las primeras granjas marcianas, aunque esto también supone retos en un aspecto técnico y de políticas de protección planetaria, pues se introducen nuevas formas de vida en un planeta de categoría III.

Entre las primeras importaciones alimenticias que se tienen contempladas para el planeta rojo se encuentran las cabras, los hongos y las tilapias, esto por ser alternativas a las plantas para la obtención de proteínas, además de brindar la posibilidad de preparar platillos diversos que ayudaría a mantener la moral de los colonos.²¹⁵

Otra importación absolutamente necesaria en esta fase de la colonización marciana son los materiales nucleares para la producción de energía, los cuales deberán sortear los obstáculos planteados en el capítulo anterior.

Finalmente, se requerirá del envío de maquinaria pesada para la construcción de las primeras plantas geotérmicas, las cuales darán energía a los domos, los cuales mantendrán una expansión constante en la superficie marciana.

²¹⁴ Cfr. ZUBRIN, Robert; *The case for Mars: The plan to settle the red planet and why we must*, Op. Cit, pp. 185.

²¹⁵ Cfr. GENTA, Giancarlo, *Next Stop Mars: The Why, How, and When of Human Missions*, Springer International Publishing, Suecia, 2017. pp. 228

3.2.6 Las primeras ciudades

Con los avances previamente descritos, la construcción de una verdadera civilización marciana podrá comenzar a tener lugar.

Los domos se volverían la estructura por excelencia, y decenas de estos pronto cubrirán cientos de kilómetros de superficie marciana, con pobladores que ya no serán exclusivamente científicos, sino que podrán ser ciudadanos comunes y corrientes como se encuentran en la Tierra y que han decidido iniciar una nueva vida en el Planeta Rojo.²¹⁶

Esto supone la aparición de problemáticas más serias en el campo jurídico, pues la existencia de ciudades marcianas involucra la necesidad de una independencia económica, ya que el financiamiento público no bastaría para cubrir todas sus necesidades.

Entre las soluciones, que se analizarán en el capítulo siguiente, se encuentran acuerdos de cooperación internacional, o bien, aceptar la apertura comercial para que puedan competir particulares.

3.3 Del desierto al Edén, el proceso de terraformación

El siguiente paso lógico después de lograr el establecimiento de una colonia en el planeta Marte será la conversión de este en un lugar semejante a una segunda Tierra, en donde la humanidad pueda habitar sin la necesidad de contenerse dentro de los domos.²¹⁷

²¹⁶ Cfr. GENTA, Giancarlo, *Next Stop Mars: The Why, How, and When of Human Missions*, Op. Cit. pp. 267.

²¹⁷ Cfr. FOGG, Martyn J., *Terraforming: engineering planetary environments*, Op. Cit. pp. 251.

Para ello, se emplearán técnicas de la ingeniería planetaria destinadas a modificar a gran escala todas las características del Planeta Rojo, desde su densidad atmosférica hasta la reaparición de sus dos grandes océanos.

Sin embargo, antes de explicar los pasos involucrados en la terraformación, es necesario hacer algunas aclaraciones.

La primera de ellas es que la terraformación es un proceso que tarda siglos. A diferencia de las descripciones habituales que suelen contenerse dentro de la ciencia ficción en las que un planeta cambia de forma considerable en unas cuantas décadas, la realidad es que se necesitan cientos de años para ver los cambios mínimos en la superficie del planeta.²¹⁸

La segunda se relaciona a la tesis propuesta por Lockhart, en la que argumenta que la terraformación debe ser un proceso de “ecopoiesis”, por medio del cual se modifica el entorno planetario hasta el punto en que sea capaz de albergar las formas de vida más primitivas y dejar que la naturaleza siga su curso evolutivo.²¹⁹

Si bien es una idea aceptable, un proceso de terraformación que siga esta ruta es poco viable y carece de los incentivos necesarios para contar con un serio respaldo, ya que solamente crearía un entorno similar a la tierra precámbrica y tomaría millones de años ver los primeros resultados.²²⁰

²¹⁸ Cfr. FOGG, Martyn J., *Terraforming: engineering planetary environments*, Op. Cit. pp. 251.

²¹⁹ LOVELOCK, James; Allaby, Michael, *The Greening of Mars*, Warner Adult, 1984, pp. 215.

²²⁰ Cfr. FOGG, Martyn J., *Terraforming: engineering planetary environments*, Op. Cit. pp. 253.

De acuerdo con Fogg, "...la verdadera terraformación no puede ser ecocéntrica, uno no puede mantener sus credenciales de ser ecológico si desea cambiar el entorno de un planeta".²²¹

Por ello, Fogg sostiene que la modificación planetaria requiere forzosamente de un enfoque tecnocentrista con alta influencia humana para lograr los resultados deseados.

Finalmente, en lo que respecta a los incentivos para terraformar un planeta, si bien hay varios de carácter social y filosóficos, los que verdaderamente motivarían a una empresa de esta magnitud serán los económicos.

A pesar de que los beneficios y ganancias no serán visibles durante los primeros siglos, tener un segundo planeta Tierra representaría grandes beneficios para la economía de ambos planetas en los milenios venideros, con importaciones de minerales, productos agrícolas y combustibles que serán de gran valor para la expansión hacia otros mundos.²²²

3.3.1 El cambio de condiciones atmosféricas

El primer paso para iniciar la terraformación de Marte es lograr cambiar las condiciones atmosféricas a tal grado que se pueda crear un entorno habitable para los seres extremófilos, y posiblemente algas, hongos y plantas que toleran el frío y bajas presiones.²²³

²²¹ Cfr. FOGG, Martyn J., *Terraforming: engineering planetary environments*, Op. Cit. pp. 254.

²²² Cfr. ZUBRIN, Robert; *The case for Mars: The plan to settle the red planet and why we must*, Op. Cit, pp. 225.

²²³ Cfr. SAGAN, Carl, Planetary engineering on Mars, en *Icarus* 20, 1973, pp. 513-514.

Para ello, es necesario desatar un efecto invernadero en el planeta que incrementará la temperatura de forma rápida, a la par que aumenta el grosor de la atmósfera.

Los métodos tradicionales sugieren la liberación del dióxido de carbono del regolito marciano, sin embargo, esto no solo resultaría en un proceso extremadamente lento, 100 mil años es lo mínimo en los modelos teóricos; sino que también insuficiente, pues la cantidad contenida en el planeta no es la suficiente para calentarlo.²²⁴

Es por tal razón que se tendrán que introducir perfluorocarbonos²²⁵ en bajas concentraciones a fin de acelerar este proceso y elevar la presión atmosférica a 1 bar para introducir las primeras formas de vida anaeróbicas al planeta, y posteriormente, elevarla a 2 bar para superar el punto de congelamiento.²²⁶

3.3.2 Reactivación de la hidrosfera

Con el incremento global de la temperatura, los casquetes polares de Marte comenzarán a derretirse, lo que llevará a la reintroducción del agua en las regiones aledañas a estos.

Sin embargo, la cantidad de agua liberada sería ínfima, y la formación de los océanos, dejados a merced de un derretimiento lento, tardaría millones de años en los modelos más optimistas.²²⁷

²²⁴ Cfr. FOGG, Martyn J., *Terraforming: engineering planetary environments*, Op. Cit. pp. 256.

²²⁵ Los perfluorocarbonos son una familia de compuestos derivados de hidrocarburos, se caracterizan por ser gases incoloros, inodoros, no inflamables. Fomentan el efecto invernadero a largo plazo, y son considerados como responsables en gran parte por el calentamiento global.

²²⁶ Cfr. WILSON, Todd, *Planetary Biology and Terraforming*, 2014, pp. 2

²²⁷ *Ídem*.

Para lograr una liberación óptima de agua en Marte, los ingenieros planetarios deberán de valerse de las técnicas de inyección calórica artificial, mediante las cuales se taladran agujeros hacia las partes más profundas del planeta y se calienta su interior a fin de derretir los depósitos subterráneos.²²⁸

A la par de esto, mediante el uso de explosivos y espejos atmosféricos se puede acelerar el derretimiento de los polos en la superficie.²²⁹

Con ambas técnicas, se podrán crear los primeros “océanos modestos” en el Planeta Rojo, los cuales abarcarán un 10 % de su superficie, y su profundidad incrementará de forma gradual.²³⁰

Inicialmente no rebasarán los pocos metros, sin embargo, tras siglos de realizar estas técnicas de forma constante, los dos grandes océanos de Marte habrán retornado, cada uno con más de 3 kilómetros de profundidad.

3.3.3 Oxigenación

De acuerdo con las estimaciones de Fogg, en caso de que los dos procesos anteriores se realizarán con éxito, en tan solo 200 años se tendrá un planeta Marte con una temperatura global de -8° Celsius, una presión atmosférica de -240 mbar, y océanos con 70 metros de profundidad.

La unión de todos estos requisitos permitirá la introducción de las primeras especies de bacterias anaeróbicas y plantas resistentes a tales

²²⁸ Cfr. FOGG, Martyn J., *Terraforming: engineering planetary environments*, Op. Cit. pp. 268.

²²⁹ Cfr. ZUBRIN, Robert; *The case for Mars: The plan to settle the red planet and why we must*, Op. Cit, pp. 278.

²³⁰ Cfr. WILSON, Todd, *Planetary Biology and Terraforming*, 2014, pp. 6

condiciones, ya sea porque así fue su curso evolutivo, o bien, porque fueron modificadas genéticamente.

Estas formas de vida “primitivas” serán clave para la terraformación, ya que serán las encargadas de dar celeridad al proceso por medio de la introducción de oxígeno a la atmósfera marciana.

Sin embargo, este proceso tiene un efecto un tanto paradójico, ya que si bien la introducción de oxígeno a la atmósfera hace más habitable el planeta al reducir el dióxido de carbono, también lo hace menos habitable al disminuir su temperatura.²³¹

Para evitar esto, será necesaria la construcción de fábricas que introduzcan constantemente gases que en la Tierra se consideran contaminantes, esto a fin de mantener el planeta en las condiciones óptimas de habitabilidad.²³²

Tras seguir estos pasos, Marte debería ser un planeta completamente habitable en tan solo 7000 años.²³³

3.3.4 La Tierra, ejemplo vivo de terraformación

Tras haber analizado el proceso y la viabilidad técnica de los procesos de terraformación en Marte, puede que aún reste una duda sobre la veracidad de que sea posible alterar las condiciones de un cuerpo celeste para que este

²³¹ Cfr. GENTA, Giancarlo, *Next Stop Mars: The Why, How, and When of Human Missions*, Op. Cit. pp. 294.

²³² Cfr. ZUBRIN, Robert; *The case for Mars: The plan to settle the red planet and why we must*, Op. Cit, pp. 275.

²³³ Cfr. FOGG, Martyn J., *Terraforming: engineering planetary environments*, Op. Cit. pp. 344.

albergue vida, toda vez que esto pareciera no trascender del reino de la especulación.

Tal duda no podría estar más fuera de lugar y carecer de fundamento, ya que la historia del Planeta Verde es una de terraformación.

En sus orígenes, la Tierra era un mundo inhóspito en el que ningún ser vivo podría haber florecido, la carencia de oxígeno en su atmósfera, y la prevalencia del dióxido de carbono y nitrógeno creaban un entorno nada diferente al infierno que existe en Venus, como se explicó con anterioridad.

Sin embargo, con el enfriamiento del planeta y el paso natural de la evolución química, fue que surgieron los primeros organismos fotosintéticos, quienes comenzaron a introducir el oxígeno a la atmósfera terrestre, y desencadenaron un proceso que transformaría radicalmente la composición química del planeta.²³⁴

Con un insumo lento pero constante de oxígeno, no solo fue que se detuvo el efecto invernadero que hubiera convertido a la Tierra en un segundo Venus, sino que también dio cabida a la evolución de los primeros organismos completamente aeróbicos.²³⁵

Estos organismos fueron quienes cambiaron completamente el juego y dieron comienzo a la colonización del planeta Tierra, esto en un proceso que

²³⁴ Cfr. ZUBRIN, Robert; *The case for Mars: The plan to settle the red planet and why we must*, Op. Cit, pp. 259.

²³⁵ Cfr. HUTCHINS, Michael, et al, *Grzimek 's Animal Life Encyclopedia: Evolution*, Gale, 2a edición, Estados Unidos, 2011, pp. 63

alteró drásticamente el clima, expandió la biosfera a niveles nunca antes vistos, además de acelerar la tasa de desarrollo de nuevas formas de vida.²³⁶

Luego de cientos de millones de años de evolución, aparecieron los primeros seres humanos, quienes llevarían el proceso de modificación ambiental planetaria a un nivel sin precedentes.²³⁷

De seres nómadas, el humano pasó a construir pequeñas aldeas cerca de riachuelos para tener un estilo de vida sedentario; luego buscó modificar el cauce natural del agua para dar origen a las ciudades; y eventualmente, modificó todo el planeta para que pudiera albergar a millones de su especie.

3.4 Nuevos desafíos en un nuevo entorno

En los apartados anteriores se han analizado de manera breve los pasos a seguir para lograr terraformar Marte, sin embargo, en tales explicaciones se hizo caso omiso del elemento más importante de todos: el humano.

Por ello, en los siguientes apartados se analizarán de manera breve algunos de los problemas más cotidianos a los que deberán enfrentarse los primeros colonos, muchos de los cuales podrían tener consecuencias jurídicas muy importantes a futuro.

3.4.1 Alimentación

En la Tierra, la comida es algo que la humanidad da por hecho, si bien no todos tienen acceso a la forma procesada de esta, siempre pueden contar con

²³⁶ Cfr. HUTCHINS, Michael, *et al*, *Grzimek 's Animal Life Encyclopedia: Evolution*, Gale, 2a edición, Estados Unidos, 2011, pp. 68

²³⁷ *Ibidem*, pp. 70

la posibilidad de plantar semillas en suelo fértil y obtener alimentos que cubran todos los requerimientos nutricionales.

Sin embargo, en la colonización planetaria esto supone un desafío sin precedentes, ya que las condiciones atmosféricas en Marte hacen imposible el desarrollo de las actividades agrícolas hasta que se logre cierto grado de modificación planetaria.²³⁸

La solución que se ha empleado para alimentar a los astronautas en la Estación Espacial Internacional han sido suplementos alimenticios en forma de pastas o polvo, no obstante, este acercamiento en una colonia espacial sería catastrófico, ya que acabaría por mermar la salud mental de los tripulantes.

Enviar un cohete adicional con alimentos podría parecer una solución obvia, sin embargo, el costo de hacerlo es demasiado alto y se tendría que implementar un mecanismo adicional para su conservación.²³⁹

En este sentido, los primeros colonos de Marte deberán depender de las plantas para poder obtener sus nutrientes, las cuales obtendrán los elementos necesarios para crecer del sustrato marciano, el cual es rico en minerales como el fósforo, sin embargo, no podrán ser sembradas directamente en la superficie.²⁴⁰

²³⁸ Cfr. ZUBRIN, Robert; *The case for Mars: The plan to settle the red planet and why we must*, Op. Cit, pp. 195.

²³⁹ Cfr. *Ibidem*, pp. 97.

²⁴⁰ Cfr. *Ibidem*, pp. 158.

De manera alternativa, las primeras colonias marcianas podrían emplear hongos para la obtención de proteínas semejantes a aquellas contenidas en los productos de origen animal.²⁴¹

Tras años de desarrollo, cuando las colonias hayan logrado pasar a domos, entonces podrá darse inicio a la importación de animales de granja, sin embargo, no serán vacas o gallinas los primeros animales en Marte, sino las cabras.

Las cabras constituirán el ganado marciano por excelencia, ya que son una excelente fuente de leche y carne, además de que se pueden derivar varios otros productos de ellas, y sus requisitos alimenticios son relativamente bajos en comparación a otro tipo de especie zootécnica.²⁴²

No obstante, estos animales requieren de una vigilancia constante, pues su capacidad de masticar virtualmente cualquier cosa que tengan enfrente supone un riesgo para el domo, además de que su naturaleza inquieta sumada a la baja gravedad del planeta harán que quieran escapar constantemente de sus corrales.²⁴³

Otra especie de interés son las tilapias, pues sus cuidados son relativamente sencillos y no requieren de una alimentación muy especializada.

²⁴¹ Cfr. ZUBRIN, Robert; *The case for Mars: The plan to settle the red planet and why we must*, Op. Cit, pp. 220.

²⁴² Cfr. *Ibidem*, pp. 223.

²⁴³ Cfr. *Ibidem*, pp. 197.

Estos peces constituyen otra buena fuente de proteínas, omega 3 y otros nutrientes esenciales, además de suponer una variedad más de alimento para los colonos.²⁴⁴

Mientras mayor sea el número de especies animales y vegetales introducidas a Marte, mayor variedad de alimentos y platillos podrán preparar los colonos, con lo que su moral se mantendrá alta y ayudará a evitar el desarrollo de problemas de salud mental, como una psicosis, que serían catastróficos en una misión de este tipo.²⁴⁵

Sin embargo, hay que destacar que, desde el punto de vista jurídico, lograr una maniobra de este tipo es algo en extremo complejo debido a las políticas de protección planetaria que se analizaron en el capítulo anterior.

Introducir una nueva especie vegetal o animal a un cuerpo celeste supondría imponer requisitos y restricciones adicionales a los ya existentes, los cuales deberán ser el doble de estrictos, ya que una sola bacteria podría suponer la modificación o colonización entera de un nicho ecológico, con lo que se destruye así información valiosa sobre el entorno de un planeta.

3.4.2 Vivienda y entorno

Otro desafío para los primeros colonos será el lograr aclimatarse a un nuevo entorno que en nada se asemeja a la Tierra. En lugar de las vastas planicies, océanos, campos, bosques, tundras y selvas que alguna vez pudieron haber visto en su planeta de origen, Marte solo les ofrecerá un desierto que se

²⁴⁴ Cfr. GENTA, Giancarlo, *Next Stop Mars: The Why, How, and When of Human Missions*, Op. Cit. pp. 294.

²⁴⁵ Cfr. *Ibidem*, pp. 201.

extiende hasta donde alcanza la vista, y este no será en nada parecido a los que hay en este mundo, pues no habrá cactáceas ni animales, solamente rocas y tormentas de arena.

Aunado a ello, el entorno será extremadamente inhóspito y los obligará a mantenerse reclusos en sus viviendas, las cuales, como se mencionó con anterioridad, serán semejantes a “latas de atún” y tendrán dimensiones relativamente pequeñas.²⁴⁶

En la superficie marciana hay una alta presencia de Cr(VI) (Cromo hexavalente), el cual es conocido por tener efectos carcinógenos en el ser humano. Aunado a ello, las concentraciones son tan altas que pueden llegar a producir daños pulmonares severos debido a la silicosis.²⁴⁷

De igual forma, se ha documentado la presencia de percloratos en la superficie, los cuales en altas concentraciones pueden resultar letales para el ser humano, tan solo un 1.5 % basta para matar a un adulto.²⁴⁸

Cualquier vivienda marciana deberá ser lo más hermética posible, esto a fin de evitar la entrada de cualquier partícula de polvo y otro contaminante, ya que supondría graves daños para la salud de cualquier colono.²⁴⁹

En Marte, el campo magnético es prácticamente inexistente, por lo que el viento solar interactúa con la cobertura gaseosa del planeta y crea una capa

²⁴⁶ Cfr. ZUBRIN, Robert; *The case for Mars: The plan to settle the red planet and why we must*, Op. Cit, pp. 287.

²⁴⁷ Cfr. NASA, *Toxic effects on Martian Dust*, 2005, <https://mepag.jpl.nasa.gov/goal.cfm?goal=5> Consultado el 15 de julio de 2020.

²⁴⁸ Cfr. LEONARD, David, *Toxic Mars: Astronauts must deal with perchlorate on the red planet*, 2013 <https://www.space.com/21554-mars-toxic-perchlorate-chemicals.html> Consultado el 15 de julio de 2020.

²⁴⁹ *Ídem*.

de plasma caliente magnetizado. Este proceso causa que los iones escapen y adelgacen la atmósfera, por lo que más del 50% de toda la radiación del espacio llega al suelo.²⁵⁰

Los principales tipos de radiación que llegan a Marte son los rayos cósmicos y las partículas solares energéticas, con lo se crea un ambiente nocivo. Por lo que una misión de tan solo 500 días expone al astronauta a una dosis equivalente 1 Sievert²⁵¹, esto incrementa en un 5% la posibilidad de desarrollar cáncer, con lo se supera el límite de 3% que impone la NASA para un astronauta en toda su carrera.²⁵²

Otro problema que supondrá un reto para los nuevos colonizadores será la gravedad; mientras más baja sea la fuerza gravitacional que tenga un planeta, mayor será el debilitamiento muscular, los problemas óseos y cardiovasculares a los que se exponen los astronautas.

Aunado a ello, es importante mencionar que la ventana de lanzamiento que hay entre la Tierra y otro planeta suele ser pequeña y presentarse una vez cada cierto número de años ²⁵³, por lo que si hubiera una emergencia en

²⁵⁰ Cfr. VAISBERG, O.L., ERMOKOV, V.N, *et al.*, *The structure of Martian Magnetosphere at the Dayside Terminator Region as observed on MAVEN Spacecraft*, Journal of Geophysical Research, disponible en https://www.researchgate.net/publication/322756501_The_Structure_of_Martian_Magnetosphere_at_the_Dayside_Terminator_Region_as_Observed_on_MAVEN_Spacecraft, consultado el 17 de julio de 2020.

²⁵¹ El Sievert se refiere a una unidad con la que se miden las dosis de radiación ionizante, esta sirve para calcular el efecto que tiene este tipo de radiación sobre la salud y el cuerpo humano. En este sentido, la Asociación Nuclear Mundial recomienda una exposición menor a 100 mSv por año para evitar el desarrollo de cáncer.

²⁵² Cfr. HASSLER DM, *et al.*, *Mars Surface Radiation Environment Measured with the Mars Science Laboratory's Curiosity Rover*, Science, 2013, disponible en: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1244797>, consultado el 18 de julio de 2020.

²⁵³ Cfr. NASA, *Mars Curiosity Rover: Launch Windows*, disponible en: <https://mars.nasa.gov/msl/timeline/launch/launch-windows/>, consultado el 19 de julio de 2020.

la colonia, los pobladores estarían por su cuenta, sin posibilidad de pedir auxilio de la Tierra.

En el campo jurídico, este tipo de problemas podrían reflejarse en el ámbito laboral, ya que una misión de este tipo presenta riesgos que van más allá de toda disposición interna de las agencias espaciales en cuanto al bienestar de sus astronautas, como se analizará en el capítulo siguiente.

Si bien es cierto una empresa de tal magnitud haría que muchos desearan suprimir sus garantías laborales y derechos humanos ante la posibilidad de marcar su nombre en la historia de la humanidad, es algo que ciertamente no se puede hacer, y por ello se requiere de una legislación o reglamentación flexible que permita realizar misiones de este tipo, sin hacer caso omiso de las prerrogativas legales que operan en favor del astronauta y de sus familiares.

3.4.3 Energía

Un obstáculo que se había mencionado en apartados anteriores era el referente a la obtención de energía.

Cualquier colonia que busque establecerse más allá de la Tierra, requiere de una fuente de energía para poder realizar cualquier actividad sin mayores contratiempos.

En atención a las limitaciones legales respecto al uso de fuentes nucleares en el espacio, la segunda opción más lógica serían los paneles solares, tal y como se usan en la Tierra. No obstante, esta propuesta ignora un punto clave.

Si bien la energía solar podría suministrar a una pequeña base marciana con el poder suficiente para realizar sus actividades cotidianas, una colonia no podría subsistir debido al funcionamiento distinto de las celdas fotovoltaicas.

Como se mencionó anteriormente, Marte presenta una distancia mayor respecto al Sol, polvo atmosférico, bajas temperaturas, tormentas de arena que pueden alcanzar una escala planetaria, además de constantes remolinos de polvo.

Todos estos elementos suponen graves problemas para los paneles solares, ya que no solamente reciben menos energía del Sol, sino que también requieren de un mantenimiento constante para evitar afectaciones por sedimentos marcianos.

En este sentido, se estima que la luz solar es solamente un 40% efectiva, y esto en el caso de tener un día despejado.²⁵⁴

Tal escenario lleva a la necesidad de buscar una fuente energética alternativa que sea capaz de brindar electricidad a una población y requerir un mantenimiento mínimo.

El uranio es un mineral que cumple con todas estas características y que, además, se encuentra presente en Marte, aunque lograr acceder a este es en extremo complicado.²⁵⁵

²⁵⁴ LANDIS, Geoffrey A., KERSLAKE Thomas W. *et al*, *Mars Solar power*, NASA, 2004, disponible en: <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20040191326/downloads/20040191326.pdf>, consultado el 20 de julio de 2020.

²⁵⁵ HAMARA D.K, MESLIN P, *et al.*, *Analysis of uranium and thorium lines in Mars Odyssey Gamma Spectra and Refined Mapping of Atmospheric Radar*, 43rd Lunar and Planetary Conference, 2012,

Por ello, la única alternativa sería enviar este material junto con las misiones espaciales de colonización.

Sin embargo, esto supone varios retos legales y políticos, pues la introducción de material radiactivo deberá sortear varios permisos y demandas por parte de grupos políticamente opuestos que temen que el vehículo espacial que lo transporte tenga un accidente antes de abandonar la atmósfera terrestre.

Es decir, realizar ataques directos a la población civil con el material radioactivo, y justificarlos bajo el pretexto de que fue un accidente imprevisto, en un estilo similar al incidente con el satélite Kocmoc 954, en el que gran parte de Canadá fue cubierta en residuos nucleares por "...un fallo interno en el reactor nuclear que impidió su adecuada separación".²⁵⁶

3.4.4 Tiempo

Finalmente, una problemática que pareciera trivial pero que tendrá grandes repercusiones en las colonias espaciales y cualquier relación que estas deseen mantener será el tiempo.

La capacidad de contar el paso de las horas, días, meses y años es fundamental para el adecuado funcionamiento de cualquier sociedad, ya que este permite establecer obligaciones de cualquier tipo y saber cuándo se han

disponible en: <https://www.lpi.usra.edu/meetings/lpsc2012/pdf/2852.pdf>, consultado el 20 de julio de 2020.

²⁵⁶ JAXA, *Settlement of Claim between Canada and the Union of Soviet Socialist Republics for Damage Caused by "Cosmos 954"*, 1981, Disponible en: https://www.jaxa.jp/library/space_law/chapter_3/3-2-2-1_e.html Consultado el 03 de diciembre de 2021.

de cumplir, marcar el inicio y final de las estaciones, organizar actividades diarias, entre muchas otras.

En el espacio, el sistema terrestre de 24 horas y 365 días no resulta aplicable; en Marte la rotación es 2.7% más lenta que en la Tierra y su distancia del Sol es 80 millones de kilómetros más lejana, por lo que su periodo de traslación es de casi el doble que el terrestre. En caso de querer aplicar estos parámetros, el desfase que se causaría a la larga es demasiado.²⁵⁷

Para poder medir el tiempo en Marte, el concepto de día no se puede aplicar ya que es inexacto y únicamente se acopla al tiempo terrestre, así que se tendrán que emplear en su lugar el de “soles” para medir su período de rotación ²⁵⁸. En este sentido, Marte tiene 687 días terrestres, pero solo 668 soles durante su traslación.

En caso de querer emplear el sistema gregoriano, los meses se tendrían que extender hasta más de 60 días ²⁵⁹, lo cual no resultaría familiar para los nuevos colonos.

Una solución para lograr resolver este problema es el sistema dariano, una forma de medir el tiempo en la cual se busca evitar este tipo de desfases, o al menos crear un calendario similar al terrestre.

²⁵⁷ Cfr. GANGALE, Thomas, *The Architecture of Time, Part 2: The Darian System for Mars*, Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/290542846_The_Architecture_of_Time_Part_2_The_Darian_System_for_Mars Consultado el 07 de julio de 2020.

²⁵⁸ Cfr. GANGALE, Thomas, *The Darian System*, 1986, Disponible en: https://ops-alaska.com/time/gangale_mst/darian.htm Consultado el 07 de julio de 2020.

²⁵⁹ Cfr. GANGALE, Thomas, *The architecture of Time Part 2: The Darian System for Mars, Op. Cit.* pp. 3.

Dicho sistema fue creado por el ingeniero aeroespacial y politólogo Thomas Gangale, este tiene la finalidad de medir el paso del tiempo en las futuras colonias espaciales. Durante su vida, Gangale creó un calendario funcional para Marte, el sistema joviano²⁶⁰ y Titán, un satélite de Saturno.²⁶¹

Para la presente tesis, solamente se analizará el sistema dariano aplicable al planeta Marte.

En Marte, el sistema dariano implementa un sistema de 24 meses que, si bien resulta ajeno al modelo gregoriano, dará a los períodos de entre 28 y 27 días por mes.²⁶²

De igual manera, en este sistema es posible aplicar una división de semanas, cada una con 7 días.²⁶³

En el calendario dariano, el año promedio tiene 688 soles, 20 meses de 28 días y 4 con 27 días. Estos últimos meses se encuentran al final de cada cuarto mes. En el caso de años bisiestos, el último mes tendrá 28 días.²⁶⁴

Los nombres de los meses estarán basados en las constelaciones del Zodiaco, las cuales se encuentran en la eclíptica durante el año. Al haber solamente 12 constelaciones, se emplearán dos nombres para cada una.²⁶⁵

²⁶⁰ Cfr. GANGALE, Thomas, *The Calendars of Jupiter*, 1998, Disponible en: https://ops-alaska.com/time/gangale_jupiter/jupiter.htm Consultado el 15 de julio de 2020.

²⁶¹ Cfr. GANGALE, Thomas, *The Darian Calendar for Titan*, Disponible en: https://ops-alaska.com/time/gangale_saturn/Darian_Titan_main.htm Consultado el 16 de julio de 2020.

²⁶² Cfr. GANGALE, Thomas, *The Darian System*, 1986, Disponible en: https://ops-alaska.com/time/gangale_mst/darian.htm Consultado el 07 de julio de 2020.

²⁶³ *Ídem.*

²⁶⁴ *Ídem.*

²⁶⁵ Cfr. GANGALE, Thomas, *The architecture of Time Part 2: The Darian System for Mars*, *Op. Cit.* pp. 5-6.

El primer nombre será en latín y el segundo en sánscrito, la razón de ello es mezclar elementos de las culturas orientales y occidentales.

Los meses se llamarán de la siguiente forma: *Sagitario, Vrishika, Escorpio, Tula, Libra, Kanya, Virgo, Simha, Leo, Karka, Cáncer, Mithuana, Geminis, Rishabha, Taurus, Mesha, Aries, Mina, Piscis, Kumbha, Acuario, Makara, Capricornio y Dhanus.*²⁶⁶

En lo referente a los días, estos recibirán un nombre en latín, sin embargo, tendrán diferencias para no confundirse con los días terrestres.²⁶⁷

Los días serán los siguientes: *Dies Solis, Dies Lunae, Dies Martis, Dies Mercurii, Dies Jovis, Dies Veneris, Dies Saturnis.*²⁶⁸

Para aquellos cuerpos celestes más lejanos de Marte, como los satélites galileanos en el sistema joviano ²⁶⁹ o Titán en Saturno, la forma de medir el tiempo resulta un poco más complicada y deberá basarse preferentemente con la del sistema del planeta con el que se mantenga mayor comunicación, ya sea el gregoriano para la Tierra o el dariano en Marte.²⁷⁰

Si bien los meses tendrán el mismo nombre y duración, los días tendrán que emplear un prefijo para diferenciar entre el sistema dariano aplicable en cada cuerpo celeste.

A continuación, se muestra un esquema de dicho calendario:

²⁶⁶ Cfr. GANGALE, Thomas, *The architecture of Time Part 2: The Darian System for Mars*, Op. Cit. pp. 5-6.

²⁶⁷ *Ídem.*

²⁶⁸ *Ídem.*

²⁶⁹ Cfr. GANGALE, Thomas, *The Calendars of Jupiter*, 1998 Disponible en: https://ops-alaska.com/time/gangale_jupiter/jupiter.htm Consultado el 15 de julio de 2020.

²⁷⁰ Cfr. GANGALE, Thomas, *The Darian Calendar for Titan*, Disponible en: https://ops-alaska.com/time/gangale_saturn/Darian_Titan_main.htm Consultado el 16 de julio de 2020.

Sagittarius						
So	Lu	Ma	Me	Jo	Ve	Sa
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28

Dhanus						
So	Lu	Ma	Me	Jo	Ve	Sa
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28

Capricornus						
So	Lu	Ma	Me	Jo	Ve	Sa
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28

Makara						
So	Lu	Ma	Me	Jo	Ve	Sa
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28

Aquarius						
So	Lu	Ma	Me	Jo	Ve	Sa
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28

Kumbha						
So	Lu	Ma	Me	Jo	Ve	Sa
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	

Pisces						
So	Lu	Ma	Me	Jo	Ve	Sa
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	

Mina						
So	Lu	Ma	Me	Jo	Ve	Sa
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	

Aries						
So	Lu	Ma	Me	Jo	Ve	Sa
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	

Mesha						
So	Lu	Ma	Me	Jo	Ve	Sa
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	

Taurus						
So	Lu	Ma	Me	Jo	Ve	Sa
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	

Rishabha						
So	Lu	Ma	Me	Jo	Ve	Sa
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27		

Gemini						
So	Lu	Ma	Me	Jo	Ve	Sa
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28		

Mithuna						
So	Lu	Ma	Me	Jo	Ve	Sa
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28		

Cancer						
So	Lu	Ma	Me	Jo	Ve	Sa
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28		

Karka						
So	Lu	Ma	Me	Jo	Ve	Sa
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28		

Leo						
So	Lu	Ma	Me	Jo	Ve	Sa
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27	28		

Simba						
So	Lu	Ma	Me	Jo	Ve	Sa
					1	2
3	4	5	6	7	8	9
10	11	12	13	14	15	16
17	18	19	20	21	22	23
24	25	26	27			

Virgo						
So	Lu	Ma	Me	Jo	Ve	Sa
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28			

Kanya						
So	Lu	Ma	Me	Jo	Ve	Sa
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28			

Libra						
So	Lu	Ma	Me	Jo	Ve	Sa
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28			

Tula						
So	Lu	Ma	Me	Jo	Ve	Sa
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28			

Scorpius						
So	Lu	Ma	Me	Jo	Ve	Sa
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28			

Vrishika						
So	Lu	Ma	Me	Jo	Ve	Sa
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27				

Fig. 3.1 Calendario Dariano²⁷¹

²⁷¹ Recuperada de <https://metaolympia.com/wiki/2018/7/29/calendar-and-time>, consultado el 03 de diciembre de 2021.

El establecimiento de un sistema para medir el tiempo en las futuras colonias no solo será fundamental para familiarizar a los colonos con su entorno, sino que también tendrá importantes efectos jurídicos.

Pudiere parecer lejana la posibilidad de que algo tan insignificante como la forma de medir un día en el calendario trascendiera al campo jurídico, sin embargo, problemáticas similares se viven hoy día en la Tierra, a solamente un océano de distancia.

Los plazos, especialmente aquellos referentes al comercio, sin un sistema que mida el tiempo de forma similar entre cuerpos celestes, la entrega de bienes o el momento en que una obligación se vuelve jurídicamente exigible se sumen en el caos.

Ejemplo de ello son los días festivos en la Tierra, los cuales forzosamente obligan a cambiar la fecha en que termina un plazo, pues no siempre son iguales para todos los países.

En este sentido, es que el artículo 9 de la Convención de las Naciones Unidas sobre los Contratos de Compraventa Internacional de Mercaderías establece la obligación de sujetarse a los “usos y prácticas acordadas”, con lo que se reconoce la existencia de diferencias culturales y temporales entre naciones, las cuales deben resolverse entre particulares a fin de evitar problemas jurídicos.²⁷²

Sin un sistema como el dariano, pudiese tomarse el periodo orbital de Marte para calcular el paso de un año. Si bien esto pareciera la solución lógica,

²⁷² CNUDMI, Convención de las Naciones Unidas sobre los Contratos de Compraventa Internacional de Mercaderías, 1980, Artículo 9.

esto acarrearía problemas para otros aspectos legales que se rigen por tales movimientos en la Tierra.

Ejemplos de estos son la mayoría de edad y la jubilación, en caso de aplicar el criterio anteriormente mencionado, estas condiciones podrían alcanzarse en la mitad del tiempo que se tiene en la Tierra, lo cual supondría un caos mayor para fijar obligaciones o conceder derechos.

Por ejemplo, bajo un sistema así, la mayoría de edad marciana sería a los 9 años, y la jubilación a los 32 años, mientras que en la Tierra esta edad sería el doble.

Problemáticas como estas son las que denotan la necesidad de un sistema que mida el tiempo, pues si bien no serán necesarios durante las primeras fases de la colonización, en cuanto exista una colonia lo suficientemente desarrollada como para mantener relaciones comerciales con la Tierra y tener residentes permanentes, es entonces que surgirá la necesidad de responder a tales interrogantes.

Capítulo 4. Impacto en el mundo jurídico

La realización de dos procedimientos sin precedentes, tales como la colonización planetaria y la terraformación tendrán invariablemente un impacto considerable dentro del Derecho, pues se crearán escenarios que desafían varias de las nociones previamente establecidas.

En el presente capítulo se analizarán los diversos cuerpos normativos vigentes a fin de resaltar las lagunas que presentan en torno a la realización de estos procesos, además de proponer las reformas y nuevas disposiciones internacionales que subsanarán las mismas.

4.1 Modificación de un nuevo entorno ¿Es en beneficio de la humanidad?

Como se ha mencionado en capítulos anteriores, la modificación del ecosistema marciano no solo es técnicamente posible, sino que podría ser una realidad en las décadas venideras.

Sin embargo, prevalecen varios problemas que van más allá de todo aspecto técnico analizado anteriormente. Dichas cuestiones conciernen al mundo jurídico.

La primera objeción que podrá ejercerse en contra de la colonización y terraformación será la referente al beneficio que supone, pues un proceso novedoso que tardará siglos en dar resultados visibles, además de modificar radicalmente una potencial biosfera existente, pareciera causar más daño que beneficio.

Como se mencionó en el capítulo segundo de esta tesis, el artículo primero del Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre es claro sobre la finalidad de

toda actividad realizada más allá de la órbita terrestre, y a la letra señala lo siguiente:

“La exploración y utilización del espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, **deberán hacerse en provecho y en interés de todos los países**, [énfasis agregado] sea cual fuere su grado de desarrollo económico y científico, e incumben a toda la humanidad”.²⁷³

Tal y como lo establece la parte resaltada, cualquiera que sea la actividad que se realice en los cuerpos celestes, deberá causar beneficios para todos los países, de lo contrario, se presume, no será procedente realizarla.

En este sentido, es importante recordar las interrogantes planteadas por el Consejo Nacional de Investigación de Academias Nacionales sobre la Exploración Espacial:²⁷⁴

- ¿Qué tan lejos de la Tierra puede llegar el humano?
- ¿Qué gana la humanidad con ir más allá?

La respuesta a la primera incógnita por el momento es el Sistema Solar, con Marte como el más grande candidato para disparar una nueva era de exploración espacial.

Por lo que hace a la segunda pregunta, esta es más difícil de responder, con dos grandes razones que se subdividen en más objetivos. La razón que se

²⁷³ Cfr. OFICINA DE NACIONES UNIDAS PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR, 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, 1967, Artículo I, en Tratados y principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre, Disponible en: <https://www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE11S.pdf>, consultado el 04 de octubre de 2021.

²⁷⁴ Cfr. GENTA, Giancarlo, *Next Stop Mars: The Why, How, and When of Human Missions*, Op. Cit. pp. 39.

elija dependerá del actor que realice la exploración espacial, pues sus metas serán completamente distintas.

Las razones por las que la humanidad debería ir más allá de la Tierra son las siguientes:²⁷⁵

I. Razones pragmáticas: Son todas aquellas que tienen un impacto en el mundo real, suponen un beneficio inmediato o de mediano plazo. Entre ellas se encuentran las siguientes:

- Hay ganancias económicas.
- Se contribuye al crecimiento de la nación.
- Los descubrimientos realizados contribuyen al crecimiento de toda la humanidad.
- Se motiva el interés por el estudio de las ciencias e ingenierías.
- Apoyar a la ciencia a develar los misterios del cosmos.

II. Razones aspiracionales: Son de corte filosófico, ubican al cosmos como el destino último de la humanidad y a la exploración de este como una consecuencia natural de la evolución. Entre dichas razones figuran las listadas a continuación:

- Garantizar la sobrevivencia de la raza humana.
- Es el destino de la humanidad colonizar los confines del universo.
- Sirve para satisfacer el deseo de explorar.

Por ello, en el presente apartado se demostrará que los procesos de colonización y terraformación suponen no uno, sino varios beneficios para la

²⁷⁵ Cfr. GENTA, Giancarlo, *Next Stop Mars: The Why, How, and When of Human Missions*, Op. Cit. pp. 39.

humanidad en campos que trascienden más allá de lo científico, por lo que no habría razón para detenerlos por considerar que no benefician a la humanidad.

Cabe resaltar que, debido a su naturaleza de corte preponderantemente filosófico, no se analizaran las razones aspiracionales en la presente tesis.

4.1.1 Beneficios económicos

El primer beneficio que supone la colonización y terraformación de Marte es el económico.

Como se estudió en el capítulo anterior, Marte es un planeta rico en minerales que no se encuentran comúnmente en la Tierra, además de que su ubicación en el Sistema Solar lo coloca relativamente cerca del cinturón de asteroides, lo que supone una oportunidad dorada para la minería de tales cuerpos celestes.

Sin embargo, esto levanta otro problema, pues implica la posibilidad de que particulares entren a dichas actividades y exijan la posibilidad de ejercer dominio sobre los minerales obtenidos.

4.1.1.1 Leyes sobre minería espacial

En tiempos recientes se han elaborado legislaciones que buscan lidiar con esta limitación impuesta en el artículo segundo del Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre, en el cual se establece el principio de no apropiación, y que a la letra lee lo siguiente:

“El espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, no podrá ser objeto de apropiación nacional por reivindicación de soberanía, uso u ocupación, ni de ninguna otra manera”.²⁷⁶

De la lectura de este precepto, se desprende que la intención del legislador era crear un marco regulatorio que velará por el interés público y el bienestar de las naciones, sin contemplar la posibilidad de que agentes privados pudiesen llegar a realizar actividades comerciales en el futuro.

En palabras del jurista francés Louise de Gouyon expresó lo siguiente al respecto: “El Derecho Espacial fue creado con la intención de prevenir que el espacio se volviera una zona de guerra y de conflicto, sin contemplar la posibilidad de que se desarrollaran actividades comerciales”.²⁷⁷

En este sentido, la Casa de Representantes de los Estados Unidos pasó a revisión la “Ley sobre Exploración y Utilización de los Recursos Espaciales”, con la cual buscaba resolver esta laguna legal.

En el título IV, sección 402, establece lo siguiente:

“Un ciudadano de los Estados Unidos que se encuentre involucrado en la recuperación de recursos obtenidos de un asteroide o el espacio bajo las definiciones del presente capítulo, tendrá derechos sobre el recurso obtenido del asteroide o del espacio, incluyendo la posesión, propiedad, transporte, uso y

²⁷⁶ Cfr. OFICINA DE NACIONES UNIDAS PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR, 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, 1967, Artículo II, en Tratados y principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre, Disponible en: <https://www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE11S.pdf>, consultado el 04 de octubre de 2021.

²⁷⁷ GOUYON Matignon, Louise de, *The lawfulness of space mining activities*, *Op Cit.* pp. 32.

venta del mismo, siempre que se haya obtenido bajo la legislación aplicable, incluyendo las obligaciones internacionales de los Estados Unidos.”²⁷⁸

Dentro de este mismo apartado, se establece que el Presidente deberá presentar un reporte al Congreso en el que especifique cómo se ha dado el cumplimiento a las obligaciones internacionales de los Estados Unidos, entre ellas la autorización y supervisión gubernamental sobre la operación de minería.

Aunado a ello, la sección 403 de la misma ley establece que esta prerrogativa no es violatoria del artículo segundo del Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre, ya que no se ejerce soberanía ni jurisdicción sobre el cuerpo celeste.²⁷⁹

“Es la intención del Congreso que mediante la promulgación de esta ley, los Estados Unidos no reclama ni ejerce soberanía, derechos exclusivos o jurisdicción sobre algún cuerpo celeste.”²⁸⁰

De igual modo, el 13 de julio de 2017, Luxemburgo promulgó el programa “*SpaceResources.lu*”, una ley bajo la cual se autorizaba la exploración y uso de recursos espaciales, previa aprobación del Ministro de Economía.²⁸¹

Esta ley se caracteriza por el establecimiento de requisitos que deben de cumplirse antes de brindar una autorización entre ellos algunos relativos derecho mercantil, como acreditar el tipo de sociedad de que se trata y la razón social; mientras que otros son de corte más técnico, como la obligación de entregar

²⁷⁸ U.S. *Commercial Space Launch Competitiveness Act*, 2015, disponible en: <https://www.congress.gov/114/plaws/publ90/PLAW-114publ90.pdf> consultado el 12 de enero de 2022.

²⁷⁹ Cfr. GOUYON Matignon, Louise de, *The lawfulness of space mining activities*, *Op Cit.* pp. 94.

²⁸⁰ U.S. *Commercial Space Launch Competitiveness Act*, 2015, disponible en: <https://www.congress.gov/114/plaws/publ90/PLAW-114publ90.pdf> consultado el 12 de enero de 2022.

²⁸¹ LUXEMBURG SPACE AGENCY, *SpaceResources.lu*, disponible en: <https://space-agency.public.lu/en/space-resources.html>, consultado el 15 de enero de 2022.

informes sobre evaluación de riesgo y sobre la contabilidad, los cuales serán revisados por comités especializados en la materia.²⁸²

Ahora bien, estas dos legislaciones nacionales han ayudado a subsanar de alguna manera la laguna existente en el Derecho Espacial, sin embargo, también denotan la necesidad de que el Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre y el Acuerdo de la Luna sean reformados.

Si bien es cierto ambos cuerpos normativos regulan la forma en que se realizará la exploración y utilización del espacio ultraterrestre, la realidad es que ambos lo hacen desde el ángulo de los agentes públicos, como lo demuestra el artículo 4 del Acuerdo sobre la Luna, en el cual su redacción da cuenta de que, en ese entonces, solamente los países podrían llegar a realizar tales actividades, sin tener en cuenta a los particulares:

“Artículo 4

1. La exploración y utilización de la Luna incumbirán **a toda la humanidad** [énfasis agregado] y se efectuarán **en provecho y en interés de todos los países** [énfasis agregado] sea cual fuere su grado de desarrollo económico y científico. Se tendrán debidamente en cuenta **los intereses de las generaciones actuales y venideras** [énfasis agregado], así como la necesidad de promover niveles de vida más altos y mejores condiciones de progreso y desarrollo económico y social de conformidad con la Carta de las Naciones Unidas.”²⁸³

²⁸² Cfr. GUYON Matignon, Louise de, *The lawfulness of space mining activities*, Op Cit. pp. 96

²⁸³ OFICINA DE NACIONES UNIDAS PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR, Acuerdo que debe regir las actividades de los Estados en la Luna y otros Cuerpos Celestes, Artículo 4, en Tratados y principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre, Disponible en: <https://www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE11S.pdf>, consultado el 04 de octubre de 2021.

Agregar a los agentes privados debe ser una prioridad para los tratados internacionales en materia espacial, por lo que es necesario tomar como base las legislaciones nacionales anteriormente mencionadas y ascender la especificación, pues no es una excepción *per se*, sobre la posibilidad de ejercer titularidad sobre los materiales más no sobre el cuerpo celeste.

En este sentido, ya se han tomado pasos tendientes a lograr este objetivo de cierta manera, como lo fue la firma del “Memorándum de Entendimiento” entre Luxemburgo y Estados Unidos en 2019, bajo el cual ambos países se comprometen a incentivar la inversión privada en el sector espacial de manera conjunta.²⁸⁴

4.1.2 Beneficios tecnológicos

La colonización y terraformación también supondrán beneficios considerables en el campo de la tecnología.

Como es sabido, el costo actual de una misión espacial suele oscilar los 450 millones de dólares²⁸⁵, lo cual no suele resultar muy atractivo para el Estado, que usualmente preferiría destinar tales recursos a programas para tratar de resolver cuestiones inmediatas en lugar de invertir a largo plazo en actividades que supongan un beneficio a futuro.

Con la entrada de actores privados a la escena de la exploración espacial, se ha iniciado una nueva carrera que ya ha dejado ver algunos de sus beneficios en este campo tecnológico.

²⁸⁴ Cfr. GOUYON Matignon, Louise de, *The lawfulness of space mining activities*, *Op Cit.* pp. 98.

²⁸⁵ NASA, *Space Shuttle and International Space Station*, disponible en: https://www.nasa.gov/centers/kennedy/about/information/shuttle_faq.html, consultado el 23 de diciembre de 2021.

Un ejemplo de ello ha sido la creación de motores y cohetes más eficientes y reutilizables que permiten abaratar costos, además de expandir la zona que resulta explorable para el humano, con lo que ya no es solo Marte sería un destino, sino también el cinturón de asteroides o el sistema joviano.

4.1.2.1 Propiedad intelectual

El ramo jurídico donde serán más notorios los efectos de estas nuevas tecnologías será el de la propiedad intelectual.

Al incentivarse la innovación con la competencia entre particulares, el número de patentes que deberá procesarse se verá incrementado, además de que supondrá la expansión dentro de los catálogos empleados para sistematizar su búsqueda, tal como PATENTSCOPE que es administrado por la Organización Mundial de Propiedad Intelectual.²⁸⁶

Cabe recordar que el sistema de patentes PATENTSCOPE emplea una serie de claves para subdividir el tipo de actividad que se realiza. A su vez, esta cuenta con clasificaciones para agrupar las tecnologías que existen dentro de las diferentes labores del sector.²⁸⁷

Con las nuevas tecnologías que se desarrollen para las actividades espaciales podría llegar a ser necesario abrir nuevas categorías, o expandir anteriores, tal como sería el caso de la energía por fusión nuclear o las máquinas para producción de oxígeno a partir del dióxido de carbono.

²⁸⁶ OMPI, *PATENTSCOPE*, disponible en: <https://www.wipo.int/patentscope/en/>, consultado el 17 de enero de 2022.

²⁸⁷ *Ídem*.

En el caso de las colonias espaciales, Zubrin propone un escenario interesante respecto a las patentes y el financiamiento de las ciudades marcianas.

De acuerdo con Zubrin, conforme crezca una verdadera civilización marciana el financiamiento necesario para mantenerla no podrá venir en su totalidad de las arcas públicas, por lo que será necesario buscar otros canales de ingresos.²⁸⁸

Si bien algunas de sus propuestas violentan las disposiciones vigentes en el Derecho Espacial, como la comercialización de títulos de propiedad privada en la superficie marciana²⁸⁹, otras versan sobre la rama del Derecho de Propiedad Intelectual.

En este sentido, señala que la venta de patentes por los nuevos inventos que se fabriquen en superficie marciana serían una buena forma en que las colonias podrían obtener recursos monetarios para su mantenimiento, además de constituir una de las primeras actividades comerciales entre planetas.

Sin embargo, también son susceptibles de entrar en este esquema de venta otras figuras del Derecho de Propiedad Intelectual, tales como los modelos de utilidad y diseños industriales que podrían aplicarse en la construcción de la infraestructura marciana.

A primera vista podría parecer que la aplicación de un sistema de propiedad intelectual análogo al existente para la Estación Espacial Internacional sería la salida más obvia, sin embargo, este tiene una aplicación muy diferente,

²⁸⁸ Cfr. ZUBRIN, Robert; *The case for Mars: The plan to settle the red planet and why we must*, Op. Cit, pp. 158.

²⁸⁹ *Ibidem*, pp. 180.

pues una colonia marciana no tiene tripulación temporal como la primera, ni necesidad de emplear la venta de derechos de patente para poder mantener la estación en óptimas condiciones operativas.

Es por ello que existe la necesidad de establecer una normativa, aunque sea de carácter temporal para poder lidiar con cuestiones referentes al uso de la tecnología y prohibir el mal uso que se le pueda dar a los derechos de patentes en otros cuerpos celestes.

En este sentido, la normativa creada deberá consistir en lo que podría considerarse como “una ley marco”, pues como se hablará estudiará más a detalle en un apartado posterior, debe concederse cierto grado de autonomía dentro de la normativa que rige a estas nuevas colonias espaciales, especialmente en el campo de la propiedad intelectual, pues supondrá uno de los canales económicos más importantes en las finanzas marcianas.

4.1.3 Beneficios ecológicos

La ecología sería otra de las ramas beneficiadas por la terraformación, ya que este proceso supone una aplicación práctica y a gran escala de modelos que permanecen como teorías y suposiciones en la Tierra.

Terraformar un planeta supone la posibilidad de comprender a todo nivel cada proceso climático que no se ha logrado documentar con detalle en la Tierra, tales como las formaciones oceánicas y la influencia del dióxido de carbono en la termorregulación de la atmósfera.²⁹⁰

²⁹⁰ Cfr. FOGG, Martyn J., *Terraforming: engineering planetary environments*, Op. Cit. pp. 158.

Sin embargo, tales beneficios no se limitan a un mejor entendimiento teórico de la ecología y climatología.

Convertir Marte en un nuevo centro de actividades comerciales implica el traslado de actividades que pudiesen ser consideradas como nocivas en nuestro mundo.

Por ejemplo, la industria minera en la Tierra es acusada de liberar gran cantidad de contaminantes en la atmósfera por la obtención de unos pocos kilogramos de algún metal ²⁹¹, razón por la cual mucha gente exige el cierre total de las plantas a fin de combatir el cambio climático.

En Marte, estas actividades no tendrían por qué verse prohibidas, y en todo caso, serían fomentadas, ya que la liberación de ese tipo de contaminantes a su atmósfera serviría para incrementar su temperatura; y si bien eso resulta nocivo en la Tierra, en el Planeta Rojo es lo ideal para acelerar el proceso de terraformación.

4.1.4 Beneficios políticos y sociales

La política y la sociedad serían sin lugar a dudas otros de los más grandes beneficiarios si se llevaran a cabo ambos proyectos.

La colonización y terraformación de un planeta son procesos que eminentemente involucrarán a todos los grandes actores de la política internacional y como tal jugarán un papel clave en la cooperación y coordinación de las misiones.

²⁹¹ Cfr. FOGG, Martyn J., *Terraforming: engineering planetary environments*, Op. Cit. pp. 162.

La exploración del espacio, como se estudió anteriormente en lo referente a la carrera espacial, permite el desarrollo de áreas estratégicas para la misión e invita a una unidad entre las naciones para lograr tal objetivo.²⁹²

4.1.4.1 Colonizar otro mundo ¿La clave para la paz internacional?

Una empresa del tamaño que supone la colonización y terraformación de otro mundo invariablemente requerirán de la cooperación entre las naciones para lograr convertir a la humanidad en la primera civilización interplanetaria de la historia.

En su preámbulo, el Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre establece que las finalidades de la exploración espacial son el fomentar la cooperación y unidad entre todas las naciones, tal como se observa en su redacción:

“Reconociendo **el interés general de toda la humanidad** [énfasis añadido] en el proceso de la exploración y utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos,

Estimando que **la exploración y la utilización del espacio ultraterrestre se debe efectuar en bien de todos los pueblos** [énfasis añadido], sea cual fuere su grado de desarrollo económico y científico,

Deseando contribuir a una amplia cooperación internacional [énfasis añadido] en lo que se refiere a los aspectos científicos y jurídicos de la exploración y utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos,

²⁹² Cfr. GENTA, Giancarlo, *Next Stop Mars: The Why, How, and When of Human Missions*, Op. Cit. pp. 43.

Estimando que tal cooperación contribuirá al desarrollo de la comprensión mutua y al afianzamiento de las relaciones amistosas entre los Estados y pueblos [énfasis añadido].²⁹³

Como se observa de la redacción del mismo, la intención del legislador muestra claramente que se consideraba a la exploración del espacio como un acto del bien común que podría unir a toda la humanidad bajo una misma bandera.

Sin embargo, como explica Jaime Marchán en su obra, los preámbulos de un tratado solamente tienen finalidades enunciativas, sin establecer nunca verdaderas obligaciones para los Estados firmantes.²⁹⁴

En este sentido, podría considerarse que el preámbulo de dicho Tratado no crea la obligación de cooperar para todos los Estados. No obstante, en su artículo 4 el Tratado menciona nuevamente el deber de todos los Estados Partes de utilizar el espacio ultraterrestre con miras a la cooperación internacional y mantenimiento de la paz, el cual a la letra dice lo siguiente:

“Los Estados Partes en el Tratado deberán realizar sus actividades de exploración y utilización del espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, de conformidad con el derecho internacional, incluida la Carta de las Naciones Unidas, ***en interés del mantenimiento de la paz y la seguridad***

²⁹³ OFICINA DE NACIONES UNIDAS PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR, 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, 1967, en Tratados y principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre, Disponible en: <https://www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE11S.pdf>, consultado el 04 de octubre de 2021.

²⁹⁴ Cfr. MARCHÁN, Jaime, Derecho Internacional del Espacio: Teoría y política, Editorial Civitas S.A. Madrid, España, 1990, pp.132-135

internacionales y del fomento de la cooperación y la comprensión internacionales [énfasis añadido] ”.²⁹⁵

Por si fuera poco, este artículo remite a la Carta de las Naciones Unidas, la cual establece en su artículo 1, numeral segundo lo siguiente:

“Artículo 1

Los propósitos de las Naciones Unidas son:

[...]

2. Fomentar entre las naciones relaciones de amistad [énfasis añadido] basadas en el respeto al principio de la igualdad de derechos y al de la libre determinación de los pueblos, **y tomar otras medidas adecuadas para fortalecer la paz universal** [énfasis añadido]”.²⁹⁶

De lo anterior, se deriva que, por lo menos, todos los Estados que forman parte de las Naciones Unidas, se encuentran legalmente obligados a participar en todos aquellos asuntos que pudiesen llevar al cumplimiento de esta disposición.

Como se ha explicado previamente, el nivel de participación y coordinación técnica, económica y política necesario para llevar ambos proyectos a la realidad es extremo.

²⁹⁵ OFICINA DE NACIONES UNIDAS PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR, 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, 1967, artículo IV, en Tratados y principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre, Disponible en: <https://www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE11S.pdf>, consultado el 04 de octubre de 2021.

²⁹⁶ ONU, Carta de las Naciones Unidas, 1945 Disponible en: <https://www.un.org/es/about-us/un-charter/full-text>, consultado el 26 de octubre de 2021.

Por ello, la colonización y terraformación de Marte, bajo la luz de ambos cuerpos normativos, podrían ser vistos como medios para cumplir con su objetivo, no solo en el mundo de las ideas, sino también en cumplimiento a lo dispuesto en su articulado.

De esta manera, se justifica que ambas actividades no solo se realizan de manera pacífica, sino que también coadyuvan a la obtención de la paz mundial.

4.1.4.2 Repartición de beneficios

Como se explicó en el capítulo anterior, las colonias en Marte tendrán en sus inicios finalidades preponderantemente económicas, con actividades tendientes a la minería.

Esto plantea una cuestión interesante, pues debe darse respuesta a la forma en cómo serán repartidos los beneficios obtenidos de estas actividades.

En el caso de agentes privados pareciere no haber mucho conflicto, pues ya existe legislación que regule ese supuesto, como se analizó previamente en este apartado.

Sin embargo, este enfoque cambia en el supuesto de misiones financiadas públicamente, pues ya no resultan aplicables las legislaciones locales y debe someterse a la normativa internacional vigente.

El texto del artículo 1 del “Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre” da indicios del carácter común de todo aquello que resulte de la exploración y utilización del cosmos, como se muestra a continuación:

“La exploración y utilización del espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, deberán hacerse en provecho y en interés de todos los

países, sea cual fuere su grado de desarrollo económico y científico, e incumben a toda la humanidad”.²⁹⁷

Sin embargo, su redacción es muy vaga y no brinda respuesta alguna a la interrogante sobre qué mecanismo debería de emplearse para repartir los beneficios.

Por otra parte, el Acuerdo sobre la Luna, el cual es una normativa mucho más específica en cuanto a la utilización de los cuerpos celestes, brinda ciertos parámetros sobre el destino de los recursos obtenidos de ellos, tal como muestra su artículo 4 numeral 1, que a la letra dice:

“La exploración y utilización de la Luna incumbirán a toda la humanidad y se efectuarán en provecho y en interés de todos los países, sea cual fuere su grado de desarrollo económico y científico. ***Se tendrán debidamente en cuenta los intereses de las generaciones actuales y venideras, así como la necesidad de promover niveles de vida más altos y mejores condiciones de progreso y desarrollo económico y social*** [énfasis añadido] de conformidad con la Carta de las Naciones Unidas.”²⁹⁸

Cómo se muestra en la parte resaltada, el Acuerdo sobre la Luna obliga a los Estados Partes a repartir los beneficios obtenidos en atención a las

²⁹⁷ OFICINA DE NACIONES UNIDAS PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR, 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, 1967, artículo IV, en Tratados y principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre, Disponible en: <https://www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE11S.pdf>, consultado el 04 de octubre de 2021.

²⁹⁸ OFICINA DE NACIONES UNIDAS PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR, Acuerdo que debe regir las actividades de los Estados en la Luna y otros cuerpos celestes, artículo IV, en Tratados y principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre, Disponible en: <https://www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE11S.pdf>, consultado el 04 de octubre de 2021.

necesidades particulares de los países, con la preponderancia de mejorar los niveles de vida hacia estándares más elevados.

A diferencia del Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre, este Acuerdo si establece un destino particular para los recursos, pero aún adolece del mismo vicio de carecer de un mecanismo para la adecuada repartición de los bienes.

Finalmente, es en la “Declaración sobre la cooperación internacional en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre en beneficio e interés de todos los Estados, teniendo especialmente en cuenta las necesidades de los países en desarrollo”, donde se encuentran contenidos los mecanismos para esta repartición de beneficios.

En el apartado dos del Anexo de la Declaración antes mencionada, se establece lo siguiente:

“2. Los Estados pueden determinar libremente todos los aspectos de su participación en la cooperación internacional en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre [énfasis añadido] sobre una base equitativa y mutuamente aceptable. **Los aspectos contractuales de esas actividades** [énfasis añadido] de cooperación deben ser equitativos y razonables, y deben respetar plenamente los derechos e intereses legítimos de las partes interesadas, como, por ejemplo, los derechos de propiedad intelectual.”²⁹⁹

²⁹⁹ OFICINA DE NACIONES UNIDAS PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR, Declaración sobre la cooperación internacional en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre en beneficio e interés de todos los Estados, teniendo especialmente en cuenta las necesidades de los países en desarrollo, en Tratados y principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre, Disponible en: <https://www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE11S.pdf>, consultado el 04 de octubre de 2021.

Si bien este cuerpo normativo reafirma el destino de los beneficios adquiridos, y establece un mecanismo contractual para su repartición, cuenta con la debilidad de ser solo una declaración de principios sin ningún tipo de efecto vinculante.

Por ello, es necesario la elaboración de un tratado referente a la repartición de beneficios obtenidos de la exploración espacial, pues estos deberán de ser entregados de forma equitativa entre todos los participantes.

En este sentido el tratado negociado deberá tener muy en cuenta la realidad socioeconómica a la que se enfrentan los países en vías de desarrollo, esto a fin de concederles un beneficio que permita cumplir con los principios anteriormente descritos, a la vez que fortalece los lazos diplomáticos entre el resto de los intervinientes.

El trabajo coordinado con otras agencias de las Naciones Unidas, como la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, sería necesario para establecer, con bases objetivas, parámetros para determinar qué países son los que deben recibir una mayor porción de los beneficios hasta que se encuentren en un nivel estable.

4.1.4.3 Responsabilidad por daños

Durante la realización de cualquier misión espacial, siempre existe el riesgo de que se incurra en responsabilidad por los daños causados por los ingenios que sean lanzados en órbita.

La principal normativa que rige la responsabilidad por los objetos lanzados al espacio es el “Convenio sobre la responsabilidad internacional por daños causados por objetos espaciales”.

Dentro de su articulado se establecen elementos y definiciones clave para delimitar varios conceptos relevantes. Por ejemplo, la idea de “daño” es referida en el artículo primero del mismo, en el que hace referencia a lo que se entiende por “daños”.

“Artículo I

A los efectos del presente Convenio:

a) Se entenderá por “daño” la pérdida de vidas humanas, las lesiones corporales u otros perjuicios a la salud, así como la pérdida de bienes o los perjuicios causados a bienes de Estados o de personas físicas o morales, o de organizaciones internacionales intergubernamentales;”³⁰⁰

De la lectura del precepto anterior, es posible determinar que para que se actualice un daño internacional, es necesario que este recaiga sobre un sujeto particular o público.

Sin embargo, esto plantea cuestiones interesantes respecto a los alcances de esto, pues en caso de dañar un cuerpo celeste de forma irreparable el sujeto en quien recae el daño sería la humanidad, cuyo mismo estatus como sujeto es objeto de debate, tal como se analizó en capítulos anteriores.

Por otra parte, el texto del mismo convenio refiere a una limitación territorial para su aplicación, esto según muestra el texto del artículo II, que a continuación se reproduce:

³⁰⁰ OFICINA DE NACIONES UNIDAS PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR, Convenio sobre la responsabilidad internacional por daños causados por objetos espaciales, en Tratados y principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre, Disponible en: <https://www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE11S.pdf>, consultado el 05 de febrero de 2022.

“Un Estado de lanzamiento tendrá responsabilidad absoluta y responderá de los daños causados por un objeto espacial suyo en la superficie de la Tierra o a las aeronaves en vuelo.”³⁰¹

Como se deriva de la lectura de este artículo, para que sea posible exigir la reparación de algún daño causado, este debe materializarse en la Tierra o durante el vuelo, lo cual deja una laguna importante en lo referente a daños que se actualicen en otros cuerpos celestes.

Es por ello, que se estima necesaria la expansión de la competencia territorial a otros cuerpos celestes, esto a fin de subsanar la laguna existente, ya que en el caso de dañar de forma irreparable un planeta, como se ha mencionado anteriormente en el presente escrito podría pasar, no existe una sanción jurídica.

Asimismo, un acuerdo referente al programa espacial, en el que se establezca una responsabilidad compartida por cualquier daño causado durante las misiones de colonización y terraformación, pues de lo contrario existe la posibilidad de hacer más tensas las relaciones diplomáticas ante cualquier percance.

4.1.4.4 Financiamiento de la misión

Al ser la colonización y terraformación un proceso que involucre a toda la humanidad, está claro que necesita grandes cantidades de dinero para ser

³⁰¹ OFICINA DE NACIONES UNIDAS PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR, Convenio sobre la responsabilidad internacional por daños causados por objetos espaciales, en Tratados y principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre, Disponible en: <https://www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE11S.pdf>, consultado el 05 de febrero de 2022.

financiada, sin embargo, esto levanta la incógnita de donde se podrían obtener los recursos necesarios para ello.

Tal como lo plantea Zubrin, inicialmente el financiamiento será público, esto para mantener a las pequeñas colonias que se funden en territorio marciano, sin embargo, esto pronto mostrará una poca rentabilidad, ya que el Estado no podrá mantener este “Segundo Estado”.³⁰²

Por ello, se estima que el financiamiento para este tipo de misiones sea un costo compartido entre las naciones, pues no solo de esta manera las erogaciones al presupuesto estatal se ven considerablemente reducidas, sino que también se ayuda a fomentar la cooperación entre naciones.

En este sentido, surge el denominado “Modelo Sagan”, nombrado así en honor al divulgador científico, Carl Sagan.

Bajo este modelo se establece la cooperación internacional como la base para cualquier misión de colonización y terraformación, con el requisito previo de establecer un tratado internacional en el cual se acuerde compartir los costos y beneficios de la empresa.³⁰³

No obstante, esto supone problemas también, ya que el incremento de las exigencias políticas por alguna de las partes puede suponer una inestabilidad y eventual ruptura.

El segundo modelo propuesto para financiar este tipo de misiones es el Ginguich, mediante el cual se incentiva a los particulares a innovar mediante

³⁰² Cfr. ZUBRIN, Robert; *The case for Mars: The plan to settle the red planet and why we must*, Op. Cit, pp. 227.

³⁰³ Cfr. GENTA, Giancarlo, *Next Stop Mars: The Why, How, and When of Human Missions*, Op. Cit. pp. 39.

apoyos y premios, además de otorgarles facilidades para patentar sus descubrimientos.

Este modelo tiene la ventaja de no contar con el riesgo de que factores políticos de dos naciones causen inestabilidad en la entrada de ingresos para financiar las misiones.

Sin embargo, presenta la enorme desventaja de ser contrario a los fines de paz y cooperación defendidos por los tratados internacionales existentes en la materia, pues no fomenta ningún tipo de acuerdo entre Estados, sino entre particulares.

En este sentido, lo más conveniente sería crear un tratado multilateral en el cual se establezca, no solamente la necesidad de compartir costos y beneficios, sino que también este requerimiento sea obligatorio, con la imposición de un impuesto internacional que sea destinado para las colonias espaciales.

La cantidad recabada será empleada para el mantenimiento de la colonia y el envío de alimentos y nuevos colonos a Marte, quienes fungirán como “enviados de la humanidad” de acuerdo a la normativa vigente.

4.1.4.5 Energía nuclear en los cuerpos celestes

Otro acuerdo fundamental al que deberá de llegarse versa sobre disposiciones previamente discutidas en la presente tesis, las cuales refieren a la salida de material nuclear de la atmósfera terrestre para que sea empleada como combustible por las colonias espaciales.

Las negociaciones en este sentido serán más de corte político que jurídico, pues la normativa ya existe, lo único faltante es la voluntad y confianza política de las partes para enviarlo.

Como se mencionó en capítulos anteriores de este escrito, dentro del Principio 3, apartado 2 de los Principios pertinentes a la utilización de fuentes de energía nuclear en el espacio ultraterrestre, da pleno amparo a la salida de material radiactivo del planeta.

“Principio 3. Directrices y criterios para la utilización en condiciones de seguridad. A fin de reducir al mínimo la cantidad de material radiactivo en el espacio y los riesgos que éste entraña, la utilización de fuentes de energía nuclear en el espacio ultraterrestre se limitará a las misiones espaciales que no puedan funcionar en forma razonable con fuentes de energía no nucleares.

...

2. Reactores nucleares

a) Los reactores nucleares podrán funcionar:

i) En misiones interplanetarias; [énfasis añadido]

ii) En órbitas suficientemente altas definidas en el inciso b) del párrafo 2;

iii) En órbitas terrestres bajas si se estacionan en una órbita suficientemente alta después de la parte operacional de su misión.”³⁰⁴

³⁰⁴ OFICINA DE NACIONES UNIDAS PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR, Principios pertinentes a la utilización de fuentes de energía nuclear en el espacio ultraterrestre, en Tratados y principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre, Disponible en: <https://www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE11S.pdf>, consultado el 05 de febrero de 2022.

Cómo se deriva de la redacción de este artículo, los combustibles nucleares son completamente admisibles en misiones que tengan como destino otro planeta, por lo que Marte encuadra sin complicación alguna dentro de este supuesto.

Asimismo, el inciso c del mismo artículo, delimita claramente el tipo de combustible nuclear que podrá abandonar la órbita del planeta Tierra.

“... c) En los reactores nucleares sólo se deberá usar como combustible **uranio 235 altamente enriquecido** [énfasis añadido]. En la concepción deberá tenerse en cuenta la desintegración radiológica de los productos de fisión y de activación;”³⁰⁵

Al establecerse con claridad el tipo de combustible nuclear, es posible fijar las medidas técnicas necesarias, así como evaluar los riesgos que implica el uso del mismo, se elimina la incertidumbre sobre el mismo.

No obstante, se estima conveniente agregar a la redacción del principio la posibilidad de reforma, esto para modificar el tipo de combustible nuclear empleable en caso de que los avances técnicos permitieran el uso de uno más seguro y menos contaminante.

El primer paso para poder lograr la salida de este material radiactivo, será ascender lo contenido dentro de estos principios al nivel de tratado internacional, pues desde su actual posición, estos carecen de cualquier vinculatoriedad y, por lo tanto, se pueden ignorar.

³⁰⁵ OFICINA DE NACIONES UNIDAS PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR, Principios pertinentes a la utilización de fuentes de energía nuclear en el espacio ultraterrestre, en Tratados y principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre, Disponible en: <https://www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE11S.pdf>, consultado el 05 de febrero de 2022.

Lo segundo, sería la necesidad de celebrar foros en los que se discuta claramente y desde la trinchera política, la importancia de colaborar conjuntamente y evitar las tensiones entre naciones.

4.1.4.6 La cláusula de tiempo

Finalmente, un punto fundamental en todos los tratados anteriormente descritos será una “cláusula temporal” adicional en la que se establezca lo siguiente:

“El presente instrumento es ratificado por los Estados Parte por el tiempo que sea necesario, entendiéndose por tiempo necesario al lapso que transcurre desde el establecimiento de una colonia espacial hasta la finalización del proceso de terraformación o paraterraformación dependiendo la evaluación realizada por un comité científico”.

El motivo de esta cláusula es notorio, pues como se describió en capítulos anteriores, un proceso de terraformación tardará cuando menos un par de décadas, y para la creación de una atmósfera completamente habitable, varios siglos.

En este sentido, se han presentado objeciones válidas ante el agregado de una cláusula de este tipo, ya que podría haber inestabilidades políticas, incertidumbre sobre factibilidad económica o presión por parte de la sociedad para cortar el apoyo.

Si bien existen tensiones políticas en el mundo, la filosofía detrás de la terraformación tiene por finalidad, o esperanza, unificar a todo el mundo bajo una misma bandera, pues implicará el inicio de una civilización interplanetaria.

Es por ello que en las negociaciones previas se ha propuesto plantear la “confianza significativa en el porvenir”³⁰⁶, concepto bajo el cual se busca derribar las fronteras y unir a las naciones en la meta común de beneficiar a la humanidad.

De lograr convencer a los Estados Parte de la importancia de un proyecto de tal magnitud, y su impacto no solo en la vida moderna, sino en la historia de la humanidad, entonces se debería reducir de forma considerable la posibilidad de un conflicto armado entre países, so pena de recibir el escarnio del resto de los integrantes del proyecto.

Esta perspectiva anteriormente descrita es a fin a la postura de “Ejercicio de costo compartido entre naciones” de Giancarlo Genta, en la cual también sostiene la posibilidad de entregar el Premio Nobel de la Paz a la Estación Espacial Internacional por ser “...la pionera en unificar a las naciones para explorar el espacio”.³⁰⁷

En lo que respecta a las presiones sociales, será necesario lograr la aceptación pública, a fin de obtener todo el apoyo posible. Para este fin, es necesario crear programas y políticas públicas impuestas por cada Estado en el cual denota la importancia de este proceso.

Por ello, cualquier misión de colonización y terraformación que se envíe a Marte deberá de cumplir con lo que Giancarlo Gento denomina “congruencia económica de las misiones”, es decir, que cuente con una motivación

³⁰⁶ GENTA, Giancarlo, *Next Stop Mars: The Why, How, and When of Human Missions*, Op. Cit. pp. 275.

³⁰⁷ Cfr. *Ibidem*. pp. 269.

multidisciplinaria para justificar las grandes cantidades de dinero que deberán otorgarse.³⁰⁸

Aunado a ello, una motivación multidisciplinaria tiene la ventaja de atenuar los fracasos³⁰⁹, por ejemplo, en caso de que una misión astrobiológica fracasará, esto no repercutirá de gran manera sobre el programa de colonización en general, pues cuenta con otros motivos como pudiese ser el de minería espacial, búsqueda de agua, terraformación, entre muchos otros.

4.2 Zonas naturales protegidas en cuerpos celestes

Tal como se analizó en el capítulo segundo de la presente tesis, la Comisión de Investigaciones Espaciales se ha dado a la tarea de crear una serie de parámetros con los que se busca proteger a los cuerpos celestes de cualquier contaminación que pudiese destruir información valiosa sobre su historia, o bien, erradicar completamente cualquier forma de vida nativa.

Dentro de las políticas de la Comisión se habla de las *Regiones Especiales* en los mundos de categoría IV c, tales como Marte y el satélite joviano de Europa.

Se define como Región Especial a toda zona de un cuerpo celeste donde un “...organismo terrestre pueda replicarse, o bien, donde exista una alta probabilidad de encontrar formas de vida nativas”.³¹⁰

³⁰⁸ GENTA, Giancarlo, *Next Stop Mars: The Why, How, and When of Human Missions*, Op. Cit. pp. 42.

³⁰⁹ Cfr. *Ídem*.

³¹⁰ Cfr. COSPAR, *COSPAR Planetary Protection Policy*, 2011 Disponible en: <https://cosparhq.cnes.fr/assets/uploads/2019/12/PPPPolicyDecember-2017.pdf>, pp. 18, consultado el 24 de octubre de 2021.

Una zona podrá recibir la declaratoria de *Región Especial* si el agua que presenta tiene actividad de 0.5 a 1.0 mm, temperaturas de hasta -25 grados centígrados. Luego de ser concedida, la declaratoria tendrá vigencia de hasta 500 años.

De la lectura de los preceptos anteriores resalta un grave problema para los procesos de colonización y terraformación.

Como se explicó en el capítulo anterior, una colonia marciana podría obtener sus alimentos mediante el uso del suelo de Marte, con la siembra de plantas terrestres o modificadas genéticamente para proliferar en este nuevo entorno; además de introducir especies animales como las cabras y tilapias.

Al contrastar las políticas de protección planetaria con la propuesta para mantener las colonias alimentadas, se hace notorio un conflicto entre ambas posturas, ya que la introducción de estas especies nativas de la Tierra supone el más alto grado de riesgo para las regiones especiales.

Ante esta situación, la salida más obvia sería edificar las colonias marcianas lejos de estas regiones especiales, aunque esto suponga una nueva problemática respecto al suministro de agua, la cual es de corte técnico y no se analizará en el presente escrito.

Sin embargo, la solución no es tan sencilla en el caso de la terraformación, pues como se ha mencionado con anterioridad, por la propia naturaleza de este proceso se cambia absolutamente las condiciones atmosféricas y ambientales de un cuerpo celeste, lo cual claramente terminaría por destruir las regiones especiales y violentar todas las políticas de protección planetaria, además de destruir invariablemente cualquier registro histórico sobre el pasado del planeta.

4.2.1 Convención sobre la prohibición de utilizar técnicas de modificación ambiental con fines militares u otros fines hostiles ¿El alto definitivo a la terraformación?

La norma vigente que supone el mayor riesgo para el proceso de terraformación es la “Convención sobre la prohibición de utilizar técnicas de modificación ambiental con fines militares u otros fines hostiles”.

Dentro de su artículo segundo, contiene una de las definiciones más importantes en lo que respecta a un futuro proceso de terraformación, ya que define con claridad lo que son técnicas de modificación ambiental:

“Artículo 2. A los efectos del artículo 1, la expresión ‘técnicas de modificación ambiental’ comprende todas las técnicas que tienen por objeto alterar –mediante la manipulación deliberada de los procesos naturales- la dinámica, la composición o estructura de la Tierra, incluida su biótica, su litosfera, su hidrosfera y su atmósfera, o del espacio ultraterrestre.”³¹¹

Este artículo contiene varios elementos de interés, el primero de ellos es el ámbito de aplicación territorial del Convenio, pues no lo limita únicamente al planeta Tierra, sino que lo extiende hasta el espacio ultraterrestre.

El segundo elemento es la referencia a cada uno de los procesos y componentes que constituyen el ambiente y, nuevamente, no lo limita al ámbito terrestre, sino que lo extiende al espacial.

³¹¹ COMITÉ INTERNACIONAL DE LA CRUZ ROJA, Convención sobre la prohibición de utilizar técnicas de modificación ambientales con fines militares u otros fines hostiles, 1978, artículo 2, Disponible en: <https://www.icrc.org/es/doc/resources/documents/misc/treaty-1976-enmod-convention-5tdm2l.htm>, consultado el 07 de octubre de 2021.

Como se estudió en el capítulo anterior, el proceso de terraformación tendrá, claramente, lugar en los confines del espacio ultraterrestre y supondrá la modificación absoluta del entorno donde se realice.

En este sentido, pareciera que el artículo segundo pone un alto definitivo a este proceso, ya que prohíbe tajantemente "...la manipulación deliberada de los procesos naturales"³¹² que pudiera tener lugar en el planeta Marte.

Sin embargo, el artículo tercero de la misma Convención brinda una brecha mediante la cual podría justificarse la realización de este proceso, el cual a la letra dice:

"Art. 3. 1. Las disposiciones de la presente Convención ***no impedirán la utilización de técnicas de modificación ambiental con fines pacíficos*** [énfasis añadido] ni contravendrán los principios generalmente reconocidos y las normas aplicables del derecho internacional relativos a esa utilización."³¹³

Tal como menciona la parte resaltada, la modificación de los procesos naturales sí estará permitida siempre y cuando se realice *con fines pacíficos*.

En este sentido, es importante recordar que el artículo IV del Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre establece que:

³¹² COMITÉ INTERNACIONAL DE LA CRUZ ROJA, Convención sobre la prohibición de utilizar técnicas de modificación ambientales con fines militares u otros fines hostiles, 1978, artículo 2, Disponible en: <https://www.icrc.org/es/doc/resources/documents/misc/treaty-1976-enmod-convention-5tdm2l.htm>, consultado el 07 de octubre de 2021.

³¹³ COMITÉ INTERNACIONAL DE LA CRUZ ROJA, Convención sobre la prohibición de utilizar técnicas de modificación ambientales con fines militares u otros fines hostiles, 1978, artículo 3, Disponible en: <https://www.icrc.org/es/doc/resources/documents/misc/treaty-1976-enmod-convention-5tdm2l.htm>, consultado el 07 de octubre de 2021.

“... La Luna y los demás cuerpos celestes se utilizarán exclusivamente con fines pacíficos por todos los Estados Partes en el Tratado.”³¹⁴

Concatenado a lo anterior, al inicio de este capítulo se ha justificado las razones por las cuales un proceso de terraformación no solamente es en beneficio de la humanidad, sino que también cumple con las disposiciones relativas al fomento de la cooperación entre naciones para lograr la paz.

Por otra parte, el apartado segundo del artículo 3 de la Convención sigue la misma tendencia que los demás tratados internacionales analizados anteriormente, esto al establecer pautas para la cooperación internacional y la necesidad de repartir los beneficios en atención a la realidad social de cada país.

“2. Los Estados Partes en la presente Convención **se comprometen a facilitar el intercambio más amplio posible de información científica y tecnológica sobre la utilización de técnicas de modificación ambiental con fines pacíficos** [énfasis añadido], y tienen derecho a participar en ese intercambio. Los Estados Partes que puedan hacerlo contribuirán, individual o conjuntamente con otros Estados u organizaciones internacionales, a la cooperación económica y científica internacional en la preservación, mejora y utilización del medio ambiente con fines pacíficos, **teniendo debidamente en cuenta las necesidades de las regiones en desarrollo del mundo** [énfasis añadido].”³¹⁵

³¹⁴ Cfr. OFICINA DE NACIONES UNIDAS PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR, 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, 1967, Artículo IV, en Tratados y principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre, Disponible en: <https://www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE11S.pdf>, consultado el 04 de octubre de 2021.

³¹⁵ Cfr. COMITÉ INTERNACIONAL DE LA CRUZ ROJA, Convención sobre la prohibición de utilizar técnicas de modificación ambientales con fines militares u otros fines hostiles, 1978, artículo 2, Disponible en:

Por todo lo anterior, se estima que la Convención sobre la prohibición de utilizar técnicas de modificación ambiental con fines militares u otros fines hostiles no supone un alto a los procesos de la terraformación, pues permite el cambio de condiciones atmosféricas siempre que sea en pro de la humanidad.

4.2.2 Acuerdo que debe regir las actividades de los Estados en la Luna y otros cuerpos celestes

Este Acuerdo juega un papel fundamental en lo que respecta a los procesos de colonización y terraformación, pues consiste en una regulación mucho más precisa para todos los cuerpos celestes que se encuentren en el sistema solar.

En este sentido, es en el párrafo tercero del artículo 7 donde se establece una disposición de gran importancia para ambos procesos, la cual refiere a la posibilidad de obtener una declaratoria de *zona de reserva científica internacional* en los cuerpos celestes.

“3. Los Estados Partes informarán a los demás Estados Partes y al Secretario General acerca de las zonas de la Luna que tengan especial interés científico [énfasis añadido], a fin de que, sin perjuicio de los derechos de los demás Estados Partes, se considere la posibilidad de declarar esas zonas reservas científicas internacionales para las que han de concertarse acuerdos de protección especiales [énfasis añadido], en consulta con los órganos competentes de las Naciones Unidas.”³¹⁶

<https://www.icrc.org/es/doc/resources/documents/misc/treaty-1976-enmod-convention-5tdm2l.htm>, consultado el 07 de octubre de 2021.

³¹⁶ Cfr. OFICINA DE NACIONES UNIDAS PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR, Acuerdo que Governa las Actividades de los Estados en la Luna y otros Cuerpos Celestes, 1984, artículo 7, en Tratados y principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre, Disponible en: <https://www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE11S.pdf>, consultado el 04 de octubre de 2021.

Estas zonas protegidas internacionalmente representan un punto medio en el proceso de terraformación, en el cual ciertas regiones podrán quedar exceptuadas de esa intervención por tener características especiales.

Bajo esta óptica, es claro que todas las regiones de categoría IV c, las cuales fueron analizadas en el capítulo 2 de la presente tesis, podrían encontrar amparo dentro de estas declaratorias, con lo que quedarían protegidas de cualquier modificación y mantendrían a salvo a las formas de vida que en ellas se encuentren.

Cabe destacar que, si bien es cierto la redacción del precepto limita estas declaratorias al territorio de la Luna, el artículo primero del mismo Acuerdo abre la posibilidad de elaborar normativas particulares, tal como se lee a continuación:

“Las disposiciones del presente Acuerdo relativas a la Luna se aplicarán también a otros cuerpos celestes del sistema solar distintos de la Tierra, **excepto en los casos en que con respecto a alguno de esos cuerpos celestes entren en vigor normas jurídicas específicas** [énfasis añadido]”.³¹⁷

Tal y como lo muestra la parte resaltada, el Acuerdo admite la creación de tratados *ad hoc* para regular un cuerpo celeste de manera mucho más específica.

Por ello, en el siguiente apartado se analizarán algunas de las propuestas presentadas por autores para regular ciertos aspectos particulares en los planetas de clase II, los cuales fueron analizados en el capítulo precedente.

³¹⁷ OFICINA DE NACIONES UNIDAS PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR, Acuerdo que Gobierna las Actividades de los Estados en la Luna y otros Cuerpos Celestes, 1984, artículo 1, en Tratados y principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre, Disponible en: <https://www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE11S.pdf>, consultado el 04 de octubre de 2021.

4.2.3 En busca del balance

En cumplimiento de lo descrito anteriormente, varios autores han formulado propuestas para llegar a un balance, en el cual no solamente sea posible llevar a cabo una terraformación que vuelva a Marte en una segunda Tierra, sino también conservar intactas regiones en las que se pueda estudiar la historia marciana, e incluso, analizar sus formas de vida nativas sin perturbar el delicado equilibrio que habrá entre el nuevo y antiguo mundo.

4.2.3.1 Zonas APEX

Es una propuesta de Alberto Fairen, bajo la cual se establece la necesidad de redefinir el concepto de Regiones Especiales de la Comisión de Investigaciones Espaciales, esto a fin de crear un marco regulatorio en el cual sea posible acelerar el proceso de colonización planetaria.

En este sentido, el autor propone modificar las exigencias que se imponen a las misiones para mundos de categoría IV c para que lleguen al nivel de rigor solicitado en las misiones Mars 2020 y *Curiosity*.³¹⁸

Cabe recordar que, de acuerdo con las políticas de protección planetaria de la Comisión de Investigaciones Espaciales, son requisitos para enviar cualquier misión a una *Región Especial* la entrega de bioensayos, modelos estadísticos sobre probabilidad de contaminación, inventario orgánico, protocolos de sanitización y esterilización del equipo.³¹⁹

³¹⁸ Cfr. FAIREN, Alberto *et al.*, *Planetary Protection and the astrobiological exploration of Mars, Proactive steps in moving forward*, en *Advances in Space Research*, 2019, pp. 4-10.

³¹⁹ Cfr. COSPAR, *COSPAR Planetary Protection Policy*, 2011 Disponible en: <https://cosparhq.cnes.fr/assets/uploads/2019/12/PPPpolicyDecember-2017.pdf>, pp. 18, consultado el 24 de octubre de 2021.

Asimismo, el autor sugiere renombrar las *Regiones Especiales* con la denominación de *Regiones Prioritarias para la Exploración Astrobiológica* (APEX), esto para denotar la preponderancia que deben tener en cualquier misión de exploración espacial.³²⁰

Cabe recordar que la redacción actual de las políticas de la Comisión de Investigaciones Espaciales establece lo siguiente:

“Definición de una Región Especial

Una Región Especial es definida como una región dentro de la cual los organismos terrestres pueden reproducirse. Cualquier región en la cual exista una alta probabilidad de encontrar formas de vida marciana también será definida como una Región Especial”.³²¹

Al modificar la redacción de la política anteriormente reproducida, se busca dar una mayor prioridad a la exploración de estas, además de incrementar el alcance y requisitos que deben cumplirse, esto a fin de darles una mayor exigibilidad.

Además, al incrementar la prioridad con la cual se inspeccionan estas regiones APEX, se puede resolver más rápido sobre la procedencia de establecer una colonia en la cercanía de esa zona por carecer de vida, o por el contrario, emitir una declaratoria de *zona de reserva científica internacional* para los efectos legales conducentes.

³²⁰ Cfr. FAIREN, Alberto *et al.*, *Planetary Protection and the astrobiological exploration of Mars, Proactive steps in moving forward*, *Op. Cit.*

³²¹ Cfr. COSPAR, *COSPAR Planetary Protection Policy*, 2011 Disponible en: <https://cosparhq.cnes.fr/assets/uploads/2019/12/PPPpolicyDecember-2017.pdf>, pp. 18, consultado el 24 de octubre de 2021.

Finalmente, en esta propuesta se plantea la reforma al artículo IX del Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre en lo referente a contaminación planetaria, el cual establece lo siguiente al respecto:

“...Los Estados Partes en el Tratado harán los estudios e investigaciones del espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, y procederán a su exploración de tal forma que no se produzca una contaminación nociva ni cambios desfavorables en el medio ambiente de la Tierra como consecuencia de la introducción en él de materias extraterrestres, y cuando sea necesario adoptarán las medidas pertinentes a tal efecto...”.³²²

Cómo se aprecia de la redacción, el legislador empleó el término “contaminación nociva” para referirse a las limitantes de la contaminación de regreso, sin embargo, este resulta impreciso y poco exacto, por lo cual debe desarrollarse más para dar mayor peso y obligatoriedad a las políticas de protección planetaria que se destinen a esas zonas, ya que generalmente estas refieren a la introducción de elementos biológicos.

4.2.3.2 La exogeoconservación

La exogeoconservación se refiere a una extensión hacia los cuerpos celestes de la geoconservación, la cual se define como “...la identificación de elementos de interés científico, funcional, histórico, cultural, estético o ecológico a fin de garantizar su protección a nivel internacional”.³²³

³²² OFICINA DE NACIONES UNIDAS PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR, 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, 1967, Artículo IX, en *Tratados y principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre*, Disponible en: <https://www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE11S.pdf>, consultado el 04 de octubre de 2021.

³²³ MATTHEWS, Jack J., *et al*, *Exogeoconservation: Protecting geological heritage on celestial bodies*, en *Acta Astronautica*, 2018, pp. 55-60.

Cabe recordar que bajo la figura de la geoconservación es que se les concede protecciones a regiones especiales en la Tierra, la cual va desde el ámbito nacional al internacional.

En este último caso, suele aplicarse la Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

Sin embargo, es importante recordar que el espacio ultraterrestre tiene una naturaleza jurídica diferente al patrimonio de la humanidad, ya que el primero es *res communis*, mientras que en el segundo el Estado mantiene la titularidad sobre el lugar al que se confirió la declaratoria, con la salvedad de que debe considerar el interés de la comunidad internacional antes de realizar cualquier acto sobre el mismo, tal como lo muestra el artículo 6 de la convención:

“Artículo 6

1. Respetando plenamente la soberanía de los Estados en cuyos territorios se encuentre el patrimonio cultural y natural a que se refieren los artículos 1 y 2 y sin perjuicio de los derechos reales previstos por la legislación nacional sobre el patrimonio, los Estados Partes en la presente Convención reconocen que constituye un patrimonio universal en cuya protección la comunidad internacional entera tiene el deber de cooperar.”³²⁴

Como se observa en la redacción del precepto anteriormente citado, se hace referencia al concepto de soberanía, la cual es incompatible con los

³²⁴ UNESCO, Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural, 1972, Artículo 6, disponible en <https://whc.unesco.org/archive/convention-es.pdf>, consultada el 23 de febrero de 2022.

cuerpos celestes de acuerdo al artículo II del Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre.

Por ello, establecer un sistema completamente análogo al fijado por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura no pareciera ser una forma de proteger regiones de interés en los cuerpos celestes.

Sin embargo, existe una salida a esta problemática, ya que en la Tierra existe una región de naturaleza jurídica similar sobre la cual se ha establecido una gran serie de protecciones.

Ubicada en la región más lejana del hemisferio sur, se encuentra un continente que permaneció por siglos lejano de cualquier contacto humano, y sobre el cual pocos se atrevieron a reclamar soberanía.

La Antártica, tierra cubierta de blanco hasta donde alcanza la vista, cuenta con protección internacional en un régimen similar al espacio ultraterrestre, en el sentido de que no se admiten reclamaciones de soberanía, además de que solamente se admite su uso con fines pacíficos.

Aunado a lo anterior, el Tratado Antártico ha sido reforzado por varios protocolos y acuerdos, con los cuales se creó el Sistema del Tratado Antártico.³²⁵

Dentro de estos acuerdos, se enuncian tres figuras de interés: las *Juntas Consultivas*; las *Áreas del Antártico Especialmente Protegidas* y las *Áreas del Antártico Especialmente Administradas*.

³²⁵ MATTHEWS, Jack J., *et al*, *Exogeoconservation: Protecting geological heritage on celestial bodies*, *Op. Cit.* pp. 59

Las Juntas Consultivas se refieren a una serie de reuniones que se llevan a cabo entre los Estados Parte, a fin de establecer qué regiones de la Antártica deben ser sometidas a protección especial por ser de interés científico o histórico.³²⁶

En este sentido, un tratado internacional referente a la exogeoconservación debe de contar con un mecanismo análogo a estas Juntas el cual será aplicado al planeta Marte, esto a fin de definir zonas de relevancia como lo puede ser el sitio de aterrizaje del *Viking 1* o el *Mons Olympus*, el volcán más grande de todo el Sistema Solar.

La segunda figura refiere a las *Áreas del Antártico Especialmente Protegidas*, las cuales son regiones que cuentan con una protección especial por motivos de interés científico y para las cuales se requiere de un permiso especial para entrar.³²⁷

Si bien este mecanismo ofrece lo que parece ser una sencilla solución para aplicarse análogamente a Marte, cuenta con un importante elemento que lo hace incompatible con la legislación espacial vigente.

El requisito de un permiso para acceder a cierta región, si bien garantiza su protección, también limita el libre acceso, lo cual es contrario al artículo I del Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre, el cual a la letra dispone lo siguiente:

“Artículo I

³²⁶ MATTHEWS, Jack J., et al, *Exogeoconservation: Protecting geological heritage on celestial bodies*, Op. Cit. pp. 59.

³²⁷ *Antartic Protected Areas*, disponible en: <https://web.archive.org/web/20070610033451/http://cep.ats.aq/cep/apa/aspa/index.html>, consultado el 26 de febrero de 2022.

...

El espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, estará abierto para su exploración [énfasis añadido] y utilización a todos los Estados sin discriminación alguna en condiciones de igualdad y en conformidad con el derecho internacional, y habrá libertad de acceso a todas las regiones de los cuerpos celestes [énfasis añadido].³²⁸

Como se observa de las partes resaltadas, imponer cualquier mecanismo que restrinja el acceso a una zona en particular resultaría violatorio de uno de los principios fundamentales del Derecho Espacial, por lo que no es una salida viable.

Sin embargo, la tercera figura ofrece la alternativa a esta limitante.

Las *Áreas del Antártica Especialmente Administradas* refieren a zonas protegidas por ser designadas como monumentos históricos o por ser un lugar de interés común. Para acceder a estas zonas no se requiere de un permiso, pero sí de cumplir con un código de conducta para las actividades a realizar, el cual variará de acuerdo a la región de que se trate.³²⁹

En este sentido, el Tratado de Exogeoconservación que se elabore deberá de emplear un sistema análogo al de las *Áreas del Antártica Especialmente Administradas* a fin de garantizar la protección de regiones que

³²⁸ Cfr. OFICINA DE NACIONES UNIDAS PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR, 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, 1967, Artículo I, en *Tratados y principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre*, Disponible en: <https://www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE11S.pdf>, consultado el 04 de octubre de 2021.

³²⁹ *Antartic Protected Areas*, disponible en: <https://web.archive.org/web/20070610033801/http://cep.ats.aq/cep/apa/asma/index.html>, consultado el 26 de febrero de 2022.

sean de interés, pues de esta manera no se violenta ninguna disposición del Derecho Espacial vigente.

En lo que respecta al código de conducta que deberá anexarse para proteger estos “Sitios de Administración Exogeopatrimoniales”³³⁰, este deberá de incluir disposiciones referentes a lo siguiente:³³¹

- Acceso y movimiento dentro de los Sitios, incluidos los aterrizajes.
- Actividades que podrán realizarse.
- Construcción de bases.
- Recolección o remoción de materiales.
- Manejo de desechos, incluidas las emisiones de las naves.
- Introducción de materiales bióticos y abióticos.
- Requisitos para elaboración de reportes.
- Requisitos para reubicación, remediación y restauración de daños causados.

4.2.3.3 Parques planetarios

Esta propuesta se basa en la heterogeneidad del planeta Marte, y la necesidad de establecer un marco legal para regular el uso de la tierra dentro de este.

Toma como figura análoga el Programa de Geoparques establecido por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

³³⁰ MATTHEWS, Jack J., *et al*, *Exogeoconservation: Protecting geological heritage on celestial bodies*, *Op. Cit.* pp. 59

³³¹ *Ibidem*.

Bajo dicha figura, se establece la protección especial a un área "...que resalte por sus características geológicas que destaquen por su significado, rareza, belleza y que sean representativas de la historia geológica".³³²

De acuerdo con esta propuesta, la figura de los *Geoparques* se puede hacer extensiva a otros cuerpos celestes, ya sea la Luna o Marte, para proteger regiones que cumplan con las características anteriormente enunciadas, con la adición de otra que refiere al "interés astrobiológico de la región", es decir, a la posibilidad de encontrar vida en estos lugares.³³³

La figura de los Parques Planetarios encuentra su fundamento en el principio de conservación contenido en el artículo IX del "Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre" "el cual establece lo siguiente:

"...Los Estados Parte en el Tratado harán los estudios e investigaciones del espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, y procederán a su exploración de tal forma que no se produzca una contaminación nociva ni cambios desfavorables en el medio ambiente...".³³⁴

Mediante esta figura se busca proteger zonas de cambios desfavorables al ambiente, los cuales podrían llegar a darse por medio de un proceso de terraformación.

³³² Cfr. PALACIO, J., Rosado, E., Martínez, G., *Geoparques. Guía para la formulación de proyectos*, México, UNAM. Instituto de Geografía, 2018, pp. 28-29

³³³ Cfr. COCKELL, Charles S., *A Planetary Park system for the Moon and beyond*, 2004, disponible en: https://www.researchgate.net/publication/253790137_A_Planetary_Park_system_for_the_Moon_and_beyond, consultado el 27 de febrero de 2022.

³³⁴ OFICINA DE NACIONES UNIDAS PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR, *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*, 1967, Artículo IX, en *Tratados y principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre*, Disponible en: <https://www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE11S.pdf>, consultado el 04 de octubre de 2021.

Asimismo, con esta figura se busca dar cabal cumplimiento a las políticas de protección planetaria, esto al garantizar la protección de las *Regiones Especiales* establecidas por la Comisión de Investigaciones Espaciales.

A diferencia de la propuesta de los Sitios de Administración Exogeopatrimoniales analizada en el apartado anterior, en esta se permite la entrada completa a estas zonas para fines turísticos.

En este sentido, la entrada turística no solamente implica la oportunidad de brindar educación a las nuevas generaciones sobre los lugares emblemáticos de Marte, sino que también, con la creciente industria del turismo espacial, se abre la posibilidad de generar un canal de ingresos para una colonia marciana que cuente con mayor desarrollo.³³⁵

Asimismo, el tratado internacional mediante el cual se establecería la figura de los Parques Planetarios sería de carácter genérico al asentar los requisitos para conceder la declaratoria de protección en un cuerpo celeste, con lo que solo restaría justificar porque determinada región en algún planeta o satélite debería ser acreedora a esta misma.

4.3 La libertad extraterrestre y las colonias en otros planetas

A lo largo de la historia se ha demostrado que cualquier asentamiento humano solo puede tener dos destinos, la ruina o el surgimiento de una nueva civilización.

Las colonias en el planeta Marte no serán la excepción; tal y como se planteó en el capítulo anterior, hay varios retos técnicos a los que deberán

³³⁵ Cfr. COCKELL, Charles S., *A Planetary Park system for the Moon and beyond*, Op. Cit. pp. 9

hacerse frente para poder sobrevivir, sin embargo, es en este último supuesto donde surgen enormes cuestiones de relevancia jurídica que han sido ignoradas.

Si bien el establecimiento de la primera ciudad marciana representará un hito en la historia humana, también servirá para exponer una enorme laguna normativa que nunca antes había sido vista y que causará grandes problemas.

¿Los colonos, y eventuales nativos de Marte retendrán su carácter de *enviados de la humanidad*?, ¿Qué nacionalidad deberán tener los nacidos en Marte?, ¿Qué ley aplicará entre planetas?, ¿Qué régimen jurídico será vigente ante una independencia?

Estas son solo algunas de las cuestiones que se abordarán en el presente apartado para mostrar los problemas legales que supondrá un asentamiento marciano exitoso.

4.3.1 Los límites de los Tratados Internacionales

Dentro del texto de todos los tratados internacionales aplicables a la exploración del espacio ultraterrestre, como es de esperar, el legislador no tenía contemplada la posibilidad de asentamientos permanentes en otros cuerpos celestes, pues solamente se hace referencia a estaciones, instalaciones y vehículos, tal como refiere el artículo XII del “Tratado sobre los principios que deben regir las actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre”, que a la letra dice:

“Todas las estaciones, instalaciones, equipo y vehículos espaciales situados en la Luna y otros cuerpos celestes serán accesibles a los

representantes de otros Estados Parte en el presente Tratado, sobre la base de reciprocidad...”.³³⁶

De la lectura de este precepto, se aprecia que solamente el legislador contemplaba la posibilidad de que se establecieran estaciones e instalaciones, sin hacer nunca referencia a los usuarios de la misma, ni a la posibilidad de que estas fueran de carácter permanente.

4.3.1.1 El problema de los astronautas

La única referencia que hace el legislador a los seres humanos que salgan más allá de la órbita terrestre se encuentra en el artículo V del Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre.

En el texto de este se expresa con toda claridad la naturaleza jurídica que tendrán estas personas, las cuales son denominadas *astronautas*:

“Los Estados Partes en el Tratado considerarán a todos los astronautas como enviados de la humanidad en el espacio ultraterrestre [énfasis añadido], y les prestarán toda la ayuda posible en caso de accidente, peligro o aterrizaje forzoso en el territorio de otro Estado Parte o en alta mar. Cuando los astronautas hagan tal aterrizaje serán devueltos con seguridad y sin demora al Estado de registro de su vehículo espacial.”³³⁷

³³⁶ OFICINA DE NACIONES UNIDAS PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR, 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, 1967, Artículo XII, en Tratados y principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre, Disponible en: <https://www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE11S.pdf>, consultado el 04 de octubre de 2021.

³³⁷ OFICINA DE NACIONES UNIDAS PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR, 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, 1967, Artículo V, en Tratados y principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre, Disponible en: <https://www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE11S.pdf>, consultado el 04 de octubre de 2021.

Cómo se aprecia en la parte resaltada, los astronautas serán considerados en todo momento como enviados de la humanidad, lo cual deja una enorme laguna legal que permanece abierta hasta la fecha.

En este sentido, es importante mencionar que el único tratado en la materia que regula de manera específica a los astronautas es el “Acuerdo sobre el salvamento y la devolución de astronautas y la restitución de objetos lanzados al espacio ultraterrestre”.

Sin embargo, este no detalla más sobre la naturaleza y efectos jurídicos que implica el ser *enviado de la humanidad* más que en lo referente al deber de todo Estado Parte de brindar auxilio en caso de emergencia, el cual se limita solamente al ámbito terrestre.

Sin embargo, esto no significa que los astronautas, y cualquier otra persona, se encuentre completamente desprotegidos, pues el artículo 10 del “Acuerdo que Gobierna las Actividades de los Estados en la Luna y otros Cuerpos Celestes” hace extensivo este deber de protección al espacio ultraterrestre, tal como se reproduce a continuación:

“Los Estados Partes adoptarán todas las medidas practicables para proteger la vida y la salud de las personas que se encuentren en la Luna [énfasis añadido]. A tal efecto, considerarán a toda persona que se encuentre en la Luna como un astronauta [énfasis añadido] en el sentido del artículo V del 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, y como un miembro de la tripulación de una nave espacial en

el sentido del Acuerdo sobre el salvamento y la devolución de astronautas y la restitución de objetos lanzados al espacio ultraterrestre.

2. Los Estados Partes ofrecerán refugio en sus estaciones, instalaciones [énfasis añadido], vehículos o equipo a las personas que se encuentren en peligro en la Luna.”³³⁸

Este artículo es fundamental, ya que cómo se observa en las partes resaltadas, contempla la protección para personas que se encuentren en el espacio ultraterrestre, sin limitar el ámbito de aplicación a la Tierra, aunque sí a la Luna.

En este sentido, salta a la luz la necesidad de un tratado internacional que establezca la necesidad de proteger a toda persona enviada más allá de la órbita terrestre; o bien, reformar el Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre para incrementar el alcance de esta.

Cabe recordar que el Acuerdo de salvamento solamente lo limita al ámbito terrestre, así como el Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre.

Y si bien es cierto el Acuerdo sobre la Luna ha solventado esta aparente laguna, el número de países firmantes con el que cuenta es demasiado bajo para garantizar una protección efectiva.

³³⁸ OFICINA DE NACIONES UNIDAS PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR, Acuerdo que Gobierna las Actividades de los Estados en la Luna y otros Cuerpos Celestes, 1984, artículo 10, en Tratados y principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre, Disponible en: <https://www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE11S.pdf>, consultado el 04 de octubre de 2021.

4.3.1.2 Colonos en el espacio, ¿retienen la calidad de astronautas?

En el Derecho Internacional no existe una definición sobre lo que es la colonialidad, y emplear la definición tradicional de colonizar implica reconocer la “apropiación territorial” es inadmisibles de acuerdo al artículo II del Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre.³³⁹

Por ello, para las futuras colonias espaciales es necesario comprender este concepto, no en el sentido de apropiación territorial, sino en la mera ocupación, la cual es completamente legal.³⁴⁰

En este sentido, el colono del futuro puede ser interpretado como “...una persona enviada al espacio ultraterrestre a fin de ocupar legalmente territorio en algún cuerpo celeste”³⁴¹.

Sin embargo, esto lleva al surgimiento de nuevas problemáticas jurídicas respecto a las posibles ciudades marcianas del futuro.

Cómo se mencionó en el apartado anterior, el Acuerdo sobre la Luna brinda amparo a los futuros colonos marcianos al reconocerles la calidad de astronautas, con todos los efectos legales conducentes.

No obstante, dicho cuerpo normativo se limita territorialmente a la Luna, lo cual deja fuera a Marte de la ecuación. Además, la regulación establecida en este es de carácter muy general, lo cual podría representar problemas al ajustarse a la realidad que vivirán los colonos en Marte.

³³⁹ COSTA, Raphael, *How to establish a space colony: A legal guide*, en *The Institutions of Extraterrestrial Liberty*, Estados Unidos, 2021, pp.6.

³⁴⁰ *Ídem*.

³⁴¹ *Ídem*.

Por ello, es necesario establecer un tratado internacional dentro del cual se reconozca la protección, no solamente de quienes funjan como colonos en el Planeta Rojo, sino también de quienes nazcan en estos cuerpos celestes, que serán los “primeros seres extraterrestres”, de una manera en la que se reconozca la realidad en que vivirán, tal como se analizó en el capítulo anterior.

4.3.2 La influencia de las condiciones extraterrestres en la sociedad

Cómo se analizó en el capítulo anterior, las condiciones de Marte tendrán importantes efectos en la psiquis humana, pues se encontrará la tripulación en un entorno que nada se asemeja a la Tierra y deberá sobrevivir a condiciones extremas por meses antes de que exista la posibilidad de retornar a su hogar.

Sin embargo, en el futuro se deberá de hacer frente a un reto que va más allá de estos impactos superficiales y cuyos efectos trascenderán a lo jurídico.

Tal como lo describe el astrosociólogo Jim Pass, con los años, una sociedad espacial pasará a ser algo más allá de la tripulación, esto con el desarrollo de una cultura, usos y costumbres que les den una identidad.³⁴²

Es por ello que Pass señala la necesidad de establecer un cuerpo normativo que sienta las bases legales para esta sociedad, pues de lo contrario se expone a crear escenarios verdaderamente catastróficos para los colonos y terrestres por igual.

³⁴² Cfr. PASS, Jim, *The Astrosociology of Space Colonies or the Social Construction of Societies in Space*, American Institute of Physics, 2006, pp. 4.

4.3.3 La Libertad Extraterrestre

La Libertad Extraterrestre es un concepto basado en la premisa descrita en el apartado anterior, bajo la cual se busca establecer el marco normativo mínimo para una colonia espacial, con especial consideración de la realidad que deberán enfrentar.

De acuerdo con esta figura, un *Estado Extraterrestre* constituye un concepto completamente atípico que incita a intensos debates intelectuales, más lleva a la creación de políticas completamente inútiles en la práctica.³⁴³

Cockell, su mayor defensor, expresa la futilidad de “...querer establecer un marco normativo completo para una colonia espacial permanente”³⁴⁴, pues la misma realidad social del entorno será la encargada de moldearlo. No obstante, reconoce que es posible asentar las instituciones mínimas indispensables para maximizar la libertad a la par que se garantizan los derechos esenciales para la humanidad.³⁴⁵

En este sentido, Cockell propone la creación de una *Constitución para las colonias*, dentro de la que se establecerá en su parte orgánica el funcionamiento del nuevo Estado extraterrestre.³⁴⁶

Si bien es imposible establecer el sistema de gobierno, pues este será decidido por los colonos sobre la marcha, aboga por el establecimiento de un sistema donde la producción de recursos, especialmente el oxígeno, sea

³⁴³ Cfr. COCKELL, Charles, *Liberty and the Limits of Extraterrestrial State* en *Journal of the British Interplanetary Society*, 2009, pp. 40.

³⁴⁴ *Ídem*.

³⁴⁵ Cfr. *Ídem*.

³⁴⁶ *Ibidem*, pp. 42.

completamente descentralizada, pues de esta manera se evita la llegada a un Estado tiránico.³⁴⁷

Asimismo, sostiene la necesidad de elaborar tratados comerciales para crear un marco de libertad económica, esto a fin de que las colonias marcianas puedan comenzar a comercializar con la Tierra y así obtener ingresos que permitan su mantenimiento.

En lo que respecta a la parte dogmática, Pass fija un listado de los derechos humanos fundamentales que deberán garantizarse en el nuevo Estado marciano, esto a fin de tener un adecuado funcionamiento dentro de las instituciones que sean fundadas.

Entre los derechos que será indispensable garantizar se encuentran: ³⁴⁸

- **Derechos políticos:** La normativa aplicable de Marte deberá contar con un sistema que proteja las libertades, además de contemplar la figura de un *Marte Soberano* ante el riesgo de independencia, el cual se analizará en el apartado siguiente.
- **Derecho a la familia:** Deberá de verse complementado con extensiones a los tratados internacionales vigentes en materia de migración, de tal manera que garanticen la facilidad de movimiento entre planetas a fin de no menoscabar el libre y adecuado desarrollo de los menores.

³⁴⁷ Cfr. COCKELL, Charles, *Liberty and the Limits of Extraterrestrial State* en *Journal of the British Interplanetary Society*, 2009, pp. 43.

³⁴⁸ Cfr. PASS, Jim, *The Astrosociology of Space Colonies or the Social Construction of Societies in Space*, *Op. Cit.*, pp. 7-10

- **Derechos económicos:** El texto constitucional solamente podrá establecer la libertad con la que cuentan los colonos para fijar su propio sistema económico, ya que procurar la imposición de uno en particular será imposible debido al riesgo de independencia.
- **Libertad de culto:** Cualquier colono podrá ejercer libremente la fe que quiera, no obstante, deberán imponerse restricciones que eviten el conflicto entre estos.
- **Garantías penales:** Considera que se requiere de un sistema penal en las colonias marcianas a fin de salvaguardar bienes jurídicos tutelados como son la vida, propiedad o privacidad, sin embargo, este deberá ajustarse a la nueva realidad.

En este sentido, el jurista Christopher Newman abunda sobre los desafíos que representa el ejercicio del Derecho Penal en el espacio ultraterrestre.

Según explica, lo más cercano a un verdadero *Código Penal Espacial* es el Acuerdo Intergubernamental que rige la Estación Espacial Internacional, junto con su Código de Conducta.³⁴⁹

No obstante, considera que estos solamente podrían ser vistos como “una ley marco” para las futuras colonias, pues la distancia a la que se encontrarán harán que el artículo VII del Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre, bajo el cual se establece la retención de

³⁴⁹ Cfr. NEWMAN, Christopher, *The Way to Eden: Environmental legal and Ethical values in Interplanetary Space Flight*, 2018, pp. 279.

jurisdicción terrestre de un Estado sobre cualquier objeto lanzado, sea fácticamente ineficiente.³⁵⁰

Asimismo, señala que conferir facultades de juzgador penal a un comandante de tripulación es poco deseable, pues abre la puerta a futuras arbitrariedades.

Finalmente, destaca el problema de la imposición de penas terrestres en el espacio ultraterrestre, especialmente las privativas de la libertad, pues el entorno confinado de las colonias no permite un aislamiento efectivo.³⁵¹

- **Presencia militar:** Otro aspecto que estima fundamental regular es la presencia de los cuerpos de seguridad pública intermarcianos en las colonias espaciales, esto debido a la inevitabilidad de que se encuentren presentes para auxiliar con trabajos de construcción y manejo de explosivos peligrosos. Por ello, insta a que se le dé a la colonia la facultad de elegir si los militares tendrán el control de esta, o bien, se les prohíbe completamente el acceso a instalaciones civiles dentro de la misma.
- **Libre desarrollo de la personalidad:** Finalmente, Pass aboga por que dentro de la Constitución de Marte se le permita a cada persona desarrollarse de la manera más completa posible en la cultura marciana, sin ninguna limitante terrestre en las colonias y eventuales Estados marcianos.

³⁵⁰ ³⁵⁰ Cfr. NEWMAN, Christopher, *The Way to Eden: Environmental legal and Ethical values in Interplanetary Space Flight*, 2018, pp. 285.

³⁵¹ *Ibidem.* pp. 286.

4.3.4 El riesgo de independencia

Esta figura constituye sin lugar a duda el temor más grande para muchos, pues de actualizarse desafiará toda institución social y legal tal y como se conoce.

De acuerdo con Pass, las colonias marcianas llegarán a un punto de desarrollo en el que tendrán su propia cultura, identidad, creencias, costumbres. Esto sumado al nacimiento de nuevos seres humanos en ese entorno, el cual será todo lo que conozcan, con un completo desconocimiento de la cultura terrestre, llevará eventualmente a un deseo de separación.³⁵²

Este deseo de separación fue nombrado por Cockell como *el riesgo de independencia* y es considerado como “...el destino inevitable de toda colonia extraterrestre”.³⁵³

Según explica, Stephen Baxter, la independencia de una colonia marciana se verá inevitablemente motivada por la dependencia que tendrá su sistema de gobierno con la Tierra, y por el desarrollo de una identidad en las generaciones futuras.³⁵⁴

Al concederse libertad de pensamiento como un derecho humano a los colonos, no existe la posibilidad de incitar a “...un adoctrinamiento de las nuevas generaciones para someterse al gobierno terrestre”³⁵⁵, ni sería algo deseable.

³⁵² Cfr. PASS, Jim, *The Astrosociology of Space Colonies or the Social Construction of Societies in Space*, Op. Cit., pp. 7-10

³⁵³ Cfr. COCKELL, Charles, *Liberty and the Limits of Extraterrestrial State* en *Journal of the British Interplanetary Society*, Op. Cit. pp. 40.

³⁵⁴ Cfr. BAXTER, Stephen, *The Cold Equations: Extraterrestrial Liberty in Science Fiction*, en *The meaning of Liberty Beyond Earth*, Springer, 2015, pp. 26.

³⁵⁵ Cfr. COCKELL, Charles, *Essay on Extraterrestrial Tyranny*, 2009, pp. 15.

En este sentido, Baxter refiere a que la imposición de un gobierno terrestre eventualmente llevaría al desarrollo de *la primera guerra interplanetaria*, la cual tendría consecuencias catastróficas para las partes beligerantes.

Para evitar este tipo de conflictos, autores han sugerido que la mejor salida sería la diplomacia para evitar una separación total, o bien, el reconocimiento de la misma.

En defensa de la última postura se encuentra la temeraria propuesta del jurista francés Louis de Gouyon Matignon, quien establece dentro de su *Constitución Marciana* un mecanismo para el reconocimiento de la independencia de Marte por parte de la comunidad internacional.

En el Título Tercero de su propuesta constitucional se lee lo siguiente:³⁵⁶

“Artículo 41: La Federación y sus Estados Federales podrán solicitar su independencia de los países en la Tierra para poder ser completamente independientes.

Artículo 42: La independencia de la República Federal de Marte se encuentra sujeta a un referéndum popular en el que se haya obtenido una mayoría de votos.

Artículo 43: En el caso de independencia, el territorio de los Estados Federales ya no pertenecerá a los Estados Terrestres. Este último deberá cederlo y reconocer su independencia.”

³⁵⁶ GOUYON Matignon, Louis de, *Proposal for a Martian Constitution*, 2020, Disponible en: <https://www.spacelegalissues.com/proposal-for-a-martian-constitution/> Consultado el 12 de febrero de 2022.

Mediante esta propuesta se busca una salida pacífica a un posible levantamiento de una colonia que alcance un nivel considerable de progreso.

4.3.4.1 Nuevos retos jurídicos

Si bien evitar la independencia, o buscar los mecanismos necesarios para evitar un conflicto, son problemáticas jurídicas más cercanas, hay algunas que surgirán *a posteriori* de un evento histórico de tales magnitudes.

La primera de ellas refiere a los nacimientos de nuevos seres humanos en estos cuerpos celestes, pues en varios casos estos no tendrían nacionalidad alguna por no cumplir con los requisitos que exige su país para ello, tal y como es el caso del *ius solii*.

En este sentido, el Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre y el Acuerdo sobre la Luna dejan muy en claro que ningún estado podrá hacer ejercicio de su soberanía más allá de la órbita terrestre.

Sin embargo, el primer cuerpo normativo cuenta con una posible salida para el problema del *ius solii*, tal como lo muestra el artículo VIII que a continuación se reproduce:

“Artículo VIII. El Estado Parte en el Tratado, en cuyo registro figura el objeto lanzado al espacio ultraterrestre, **retendrá su jurisdicción y control sobre tal objeto** [énfasis añadido], así como sobre todo el personal que vaya en él, mientras se encuentre en el espacio ultraterrestre o en un cuerpo celeste.”³⁵⁷

³⁵⁷ OFICINA DE NACIONES UNIDAS PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR, 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, 1967, Artículo VIII, en Tratados y principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre, Disponible en: <https://www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE11S.pdf>, consultado el 04 de octubre de 2021.

Como se observa en la parte resaltada, los Estados Parte podrán ejercer jurisdicción sobre aquellos objetos lanzados al espacio y cuerpos celestes, así como sobre su personal, por lo que existe la posibilidad de establecer una ficción territorial para solventar este problema.

No obstante, es importante recordar que las ficciones territoriales son fijadas por la legislación interna, por lo que no siempre serán una alternativa viable.

Las solución más próxima a esta problemática sería la aplicación de la Convención sobre el Estatuto de los Apátridas, no obstante, esta ha sido firmada por 91 países, muchos de los cuales no tienen capacidad de viajar al espacio, circunstancia que deja a los nacidos de las potencias espaciales en aparente indefensión.³⁵⁸

Por ello, se propone la reforma al artículo VIII del Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre, a fin de establecer como una ficción territorial obligatoria las instalaciones en los cuerpos celestes; o alternativamente, la creación de un tratado internacional enfocado a regular particularmente a los nacidos en los cuerpos celestes en lo referente a la nacionalidad, a fin de no dejarlos desprotegidos.

Concatenado a la idea anteriormente mencionada, se desprende otro problema jurídico que debe ser analizado. Tal y como se explicó previamente, las colonias espaciales contarán con un marco mínimo de derechos que se modificará de acuerdo a la realidad en que vivan.

³⁵⁸ Cfr. DURAND, Thomas, *What is the nationality of someone born in space* en *Space Legal Issues*, 2020, Disponible en: <https://www.spacelegalissues.com/what-is-the-nationality-of-someone-born-in-space/> Consultado el 15 de marzo de 2022.

Derivado de lo anterior, es claro que las prerrogativas otorgadas tendrán un enfoque diferente al que se tiene en la Tierra, por lo cual habrá la necesidad de establecer el *séptimo atributo de la personalidad*, el cual será el *planeta de origen*, y podrá ser visto como una institución con efectos análogos a la nacionalidad, solamente que estos ser a escala planetaria, y con la finalidad de resolver futuras controversias.

Con este atributo será posible determinar si la controversia será resuelta por los tribunales del Estado Marciano, o bien, del Estado Terrestre. Para auxiliar a esta determinación, serán aplicables los criterios referentes al punto del contacto empleados en la doctrina internacional, con la salvedad que serán a escala interplanetaria.

En este sentido, la figura del *Forum non conveniens* surge como una posible solución a las controversias relacionadas a la competencia de planetas, pues dadas las enormes diferencias que habrá entre sus sistemas jurídicos, la determinación del foro con base en los elementos de vinculación se cierne como una alternativa viable.

Asimismo, la Ley del Domicilio se presenta como una de las mejores formas para determinar el foro que resolverá sobre las controversias que se den entre particulares, pues esta figura se complementará con el *séptimo atributo de la personalidad* que fue analizado con anterioridad.³⁵⁹

Para finalizar, hay otra cuestión fundamental que saldrá a la luz cuando surja un *Marte Soberano*.

³⁵⁹ Cfr. MANSILLA Y MEJÍA, María Elena, Derecho Internacional Privado, IURE editores, 2014, pp. 254

Tal y como plantea Pass, la formación de un verdadero Estado Marciano podría llevar a una separación completa de las relaciones con la Tierra, pues la nueva sociedad no solamente tendrá elementos culturales suficientes para formar su propia identidad, sino que también la producción de recursos *in situ* elimina la necesidad de la injerencia terrestre.³⁶⁰

En caso de querer volver a entablar estas relaciones para aprovechar la riqueza que supondría la industria minera en Marte será necesario el establecimiento de un organismo que represente a toda la Tierra, así como uno análogo en Marte, encargado de la cooperación interplanetaria para evitar conflictos.

En este sentido, se reitera la necesidad de elaborar un tratado referente a la repartición de beneficios obtenidos de la exploración espacial, particularmente los recursos mineros, pues estos deberán de ser entregados de forma equitativa entre todos los participantes.

Como se ha mencionado con anterioridad el tratado negociado deberá tener muy en cuenta la realidad socioeconómica a la que se enfrentan los países en vías de desarrollo, esto a fin de concederles un beneficio que permita cumplir con los principios anteriormente descritos, a la vez que fortalece los lazos diplomáticos entre el resto de los intervinientes.

Los alcances de dicho tratado que se propone serán delimitados en el apartado final del presente capítulo.

³⁶⁰ Cfr. PASS, Jim, *The Astrosociology of Space Colonies or the Social Construction of Societies in Space*, American Institute of Physics, *Op. Cit.*, pp. 7-10

Si bien la Organización de las Naciones Unidas pareciera la mejor opción para actuar como embajadora de la Tierra, cabe recordar que la finalidad de esta es la seguridad política.³⁶¹

Por ello, se requiere de una expansión de las facultades conferidas a la Organización de las Naciones Unidas para poder obrar efectivamente como la voz de la Tierra ante los demás planetas; o de forma alternativa, crear una comisión *ad hoc* encargada de las relaciones interplanetarias, con facultades diferentes a la Asamblea General.

Asimismo, existe la posibilidad de que las delegaciones enviadas por cada cuerpo celeste puedan converger en una organización mayor la cual regule las relaciones entre planetas.

En este sentido, una organización de tal magnitud podría contar con la facultad de establecer un catálogo de terraformación, basado en los criterios descritos en el capítulo anterior sobre clasificación estelar y clase de planeta, esto a fin de expandir rápida y consensuadamente la colonización del cosmos.

4.4 Hermandades siderales: ¿Los Tratados protegen la vida no terrestre?

Finalmente, uno de los aspectos más controversiales a tratar es el relativo a la posibilidad de que exista vida en otros planetas y si la ley debería protegerlas ante cualquier amenaza humana.

³⁶¹ Cfr. VON DER DUNK, Frans G., *Shaking the Foundations of the Law: Some Legal Issues posed by a Detection of Extraterrestrial Life*, en *The Ethics of Space Exploration*, Springer International Publishing, Londres, 2016, pp. 248.

Como se mencionó en el capítulo anterior, dentro del Sistema Solar existen cuatro clases de cuerpos celestes habitables, o que tienen una alta posibilidad de contener alguna forma de vida nativa.

Si bien la idea de que exista vida más allá de la Tierra podría sonar absurda para muchos, la realidad es que ha habido varios casos donde existe una alta probabilidad de haber encontrado “hermanos en el cosmos”.

En este sentido, cabe aclarar que decir que haya vida no implica necesariamente que esta sea inteligente, el hecho de que exista una simple bacteria o algún organismo análogo en otro cuerpo celeste bastaría para sacudir al mundo y las percepciones que se tienen sobre la humanidad en el universo.

Encontrar una forma de vida extraterrestre, no solamente sería el hallazgo del milenio, sino que también supondría el nacimiento de grandes interrogantes filosóficas, así como demostrar la necesidad de extender los alcances de la ley; ya no solo a seres humanos o animales como en tiempos recientes se ha visto.

Por ello, a continuación, se mencionarán brevemente tres ocasiones en las que se encontraron posibles indicios de vida en el Universo.

4.4.1 Sospechas de vida en el Universo

Con la finalidad de ilustrar lo anterior, se estima conveniente hacer breve mención de tres ocasiones en las cuales la humanidad contó con evidencia suficiente para sugerir el hallazgo de vida en otros cuerpos celeste.

Algunas de ellas fueron realizadas en materiales recuperados de otros planetas en el Sistema Solar, y otras en las lejanías de otras estrellas.

4.4.1.1 Meteoritos de Marte

Una de las primeras instancias donde se obtuvo evidencia que desafiara seriamente la noción de que la humanidad se encuentra sola en el universo vino del Planeta Rojo.

En 1984, científicos que se encontraban en busca de meteoritos dieron con una muestra en Allan Hills, a la cual decidieron catalogar como ALH84001 y almacenar como una roca más.³⁶²

Una década después de su hallazgo, estudios sobre su morfología mostraron lo que parecían ser microfósiles en su interior, lo cual sugería la presencia de vida unicelular en Marte.³⁶³

4.4.1.2 Gases en Venus

Una segunda instancia en la que se encontró nuevamente evidencia sería que sugería la presencia de vida en otro planeta se dio el 14 de septiembre de 2020.

Sin embargo, esta evidencia no vino del planeta Marte, sino de un lugar más inhóspito donde jamás se pensaría encontrar un ser vivo, donde las temperaturas son equiparables al infierno y llueve ácido sulfúrico diariamente, el hallazgo fue hecho en Venus.³⁶⁴

Si bien es cierto el gas fosfano también existe en los gigantes gaseosos, en los planetas rocosos solamente se ha detectado como un producto creado

³⁶² Cfr. KARTTUNEN, Hannu *et al.*, *Fundamental Astronomy, Op. Cit.*, pp. 352.

³⁶³ Cfr. ZUBRIN, Robert; *The case for Mars: The plan to settle the red planet and why we must, Op. Cit.*, pp. 250.

³⁶⁴ Cfr. GREAVES, J.S., RICHARDS, A.M.S., BAINS, W. *et al.*, *Phosphine gas in the cloud decks of Venus*, 2020, disponible en <https://www.nature.com/articles/s41550-020-1174-4> Consultado el 16 de diciembre de 2021.

por seres vivos, por lo que es un muy grande indicio de su posible existencia en la atmósfera venusiana.³⁶⁵

4.4.1.3 Vida en otro sistema estelar

Finalmente, el primer indicio sobre una posible forma de vida inteligente no vino del Sistema Solar, sino de 454 pársecs de distancia, desde las constelaciones de Cygnus y Lira.

Después de meses de observación, astrónomos detectaron fluctuaciones extremadamente inusuales e irregulares en la luz proveniente de la estrella KIC 8462852, comúnmente conocida como Boyajian.

Según sus observaciones, las fluctuaciones en la luz parecían ser causadas por un objeto de gran masa, o bien, muchos objetos de masa pequeña que orbitaban alrededor de la estrella en lo que parecía ser una “formación cerrada”.³⁶⁶

En este sentido, el equipo científico concluyó que las variaciones en la estrella “...podrían tener una naturaleza artificial”, además de apuntar a la posibilidad de haber “...detectado la primera Esfera Dyson”.³⁶⁷

³⁶⁵ Cfr. GREAVES, J.S., RICHARDS, A.M.S., BAINS, W. *et al.*, *Phosphine gas in the cloud decks of Venus*, 2020, disponible en <https://www.nature.com/articles/s41550-020-1174-4> Consultado el 16 de diciembre de 2021.

³⁶⁶ Cfr. HARP, G.R., Jon Richards, *Radio SETI Observations of the anomalous star KIC 8462852*, 2015, Disponible en: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1511/1511.01606.pdf> Consultado el 20 de diciembre de 2020.

³⁶⁷ Cabe recordar que la Esfera Dyson fue una propuesta realizada por el físico Freeman Dyson, quien sostenía que una civilización avanzada tendría que explotar la energía de su estrella para cubrir sus necesidades, por lo que tendrían que construir “un cascarón” alrededor de su astro rey para ello.

4.4.2 Disposiciones en los tratados internacionales

Dentro de los cuerpos normativos que rigen al Derecho Espacial resalta la falta de una regulación específica de seres vivos en otros planetas, circunstancia comprensible dado que a la fecha no se ha detectado ninguna especie extraterrestre en el sistema solar.

En la legislación vigente solamente se regulan actividades humanas en otros cuerpos celestes, y de forma indirecta y extraordinaria, se contempla la posibilidad de la existencia de una forma de vida; y aun así no es una regulación sobre la misma, sino sobre las actividades humanas relacionadas a esta.

Por ejemplo, dentro del Reglamento de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, en su artículo primero se contempla de forma indirecta la posibilidad de que exista una forma de vida extraterrestre.

En los apartados 1.13 y 1.58 se establece el concepto de *radioastronomía*, el cual se define de la siguiente manera: ³⁶⁸

“1.13 radioastronomía: Astronomía basada en la recepción de ondas radioeléctricas de origen cósmico.

...

1.58 servicio de radioastronomía: Servicio que entraña el empleo de la radioastronomía”.

Cabe recordar que la radioastronomía es la principal actividad desarrollada por el proyecto *Search for Extra Terrestrial Intelligence*, el cual tiene

³⁶⁸ UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, Reglamento de Radiocomunicaciones, art. 1, disponible en: <https://search.itu.int/history/HistoryDigitalCollectionDocLibrary/1.43.48.es.301.pdf> Consultado el 17 de marzo de 2022.

por finalidad detectar las comunicaciones provenientes del cosmos que hayan sido enviadas por posibles formas de vida extraterrestre.

Otro ejemplo son las normas de protección planetaria emitidas por la Comisión de Investigaciones Espaciales para los mundos de categoría IV y V, los cuales fueron analizados en el capítulo 2 de la presente tesis.

Dentro de dichas normas se establecen los controles que deberán llevar todas las misiones destinadas a buscar formas de vida extraterrestre en Marte y la luna Europa, a fin de evitar daños irreparables a esta.³⁶⁹

Por otra parte, el “Tratado sobre los principios que deben regir las actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre” contempla en su artículo IX la posibilidad de vida extraterrestre, aunque de una forma muy vaga e imprecisa:³⁷⁰

“Los Estados Partes en el Tratado harán los estudios e investigaciones del espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes, y procederán a su exploración de tal forma que no se produzca una contaminación nociva ni cambios desfavorables en el medio ambiente de la Tierra como consecuencia de la introducción en él de **materias extraterrestres** [énfasis añadido], y cuando sea necesario adoptarán las medidas pertinentes a tal efecto.”

³⁶⁹ Cfr. COSPAR, *COSPAR Planetary Protection Policy*, 2011 Disponible en: <https://cosparhq.cnes.fr/assets/uploads/2019/12/PPPPolicyDecember-2017.pdf>, pp. 18, consultado el 24 de octubre de 2021.

³⁷⁰ OFICINA DE NACIONES UNIDAS PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR, 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, 1967, Artículo VII, en *Tratados y principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre*, Disponible en: <https://www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE11S.pdf>, consultado el 04 de octubre de 2021.

Cómo se observa en la parte resaltada, el Tratado hace referencia a las materias extraterrestres, término en absoluto impreciso, pero que en las políticas planetarias ha sido interpretado en el sentido de entes biológicos que puedan suponer riesgos para la salud humana.

Finalmente, el Acuerdo que Gobierna las Actividades de los Estados en la Luna y otros Cuerpos Celestes contempla en su artículo 5.3 la posibilidad de encontrar vida extraterrestre, sin embargo, solamente se limita a establecer de manera imprecisa el curso de acción sin ahondar más en el particular.³⁷¹

“Artículo 5

3. Al desarrollar actividades con arreglo al presente Acuerdo, los Estados Partes informarán prontamente al Secretario General de las Naciones Unidas, así como al público y a la comunidad científica internacional, de cualquier fenómeno que descubran en el espacio ultraterrestre, incluso la Luna, que pueda poner en peligro la vida o la salud humanas, **así como de cualquier indicio de vida orgánica** [énfasis añadido].”

Asimismo, el artículo refiere solo a vida orgánica, sin contemplar la posibilidad de que sea inteligente la misma.

4.4.3 Principios y protocolos SETI

Los principios relacionados con el envío de comunicaciones a inteligencias extraterrestres, también conocidos como la “Declaración de Post Detección”,

³⁷¹ OFICINA DE NACIONES UNIDAS PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR, Acuerdo que Gobierna las Actividades de los Estados en la Luna y otros Cuerpos Celestes, 1984, artículo 5, en Tratados y principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre, Disponible en: <https://www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE11S.pdf>, consultado el 04 de octubre de 2021.

hacen referencia a una propuesta elaborada por la Academia Internacional de Astronáutica.³⁷²

La Declaración se integra por nueve principios, los cuales pueden ser agrupados en cuatro categorías:³⁷³

- La detección de una civilización alienígena debe ser confirmada antes de ser anunciada al público.
- El aviso deberá ser comunicado al Secretario General de las Naciones Unidas, a los Jefes de Estado de cada nación, así como a las instituciones académicas correspondientes.
- La información de la detección y encuentro deberán hacerse completamente públicas.
- Si el hallazgo fue realizado en una frecuencia electromagnética, se solicitará a la Unión Internacional de Telecomunicaciones restringir las comunicaciones en la misma.

Si bien estos principios contemplan elementos referentes a la política detrás de la detección, así como el reconocimiento de que deberá ser un órgano internacional el encargado de dar el aviso de la detección de una civilización extraterrestre, omiten un elemento de gran importancia.

³⁷² Cfr. LEE, Ricky, J., *Rules for First Contact: Legal and Policy Issues Arising from Establishing and Maintaining Communications with Extraterrestrials*, 2006, pp. 4.

³⁷³ INTERNATIONAL ACADEMY OF ASTRONAUTICS, *Declaration of Principles Concerning Activities Following the Detection of Extraterrestrial Intelligence*, 1989, disponible en: <https://iaaseti.org/en/declaration-principles-concerning-activities-following-detection/> Consultado el 17 de marzo de 2022.

En estos principios no se contempla directamente la aplicación del Derecho Internacional, ni los principios rectores del Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre para las actividades que se desarrollen con posterioridad.

Asimismo, no se hace mención alguna a las políticas de protección planetaria para proteger a la Tierra de una contaminación ante la posible llegada de estos seres al planeta.

Finalmente, no se establece sistema de responsabilidad alguna para los Estados que llegaren a interferir con las comunicaciones o causar daño alguno a estas formas de vida.

En lo que respecta al Proyecto de Declaración de principios relacionados con el envío de comunicaciones a inteligencias extraterrestres, mejor conocido como "Protocolo SETI", este hace referencia a los principios jurídicos y políticos aplicables a las actividades consiguientes a la detección de alguna forma de vida extraterrestre.

Entre el listado de propuestas se encuentran los siguientes:³⁷⁴

- La Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos será la encargada de establecer las recomendaciones para las comunicaciones con la nueva civilización.
- Será facultad de la Asamblea General el determinar el contenido de las comunicaciones que serán enviadas.
- El mensaje será enviado a nombre de toda la Humanidad y será transmitido simultáneamente en los medios de comunicación.

³⁷⁴ COMITÉ SETI, Proyecto de Declaración de principios relacionados con el envío de comunicaciones a inteligencias extraterrestres. Chasqui 56, 1956, pp. 73-75.

- Todo Estado tendrá prohibido entablar comunicaciones individuales con los extraterrestres.

Aunadas a estas propuestas, el jurista Reijnein sugiere la creación de un grupo colegiado para realizar las negociaciones diplomáticas correspondientes con estos seres si llegara a ser procedente.³⁷⁵

El grupo estará integrado por elementos *competentes*, concepto que se refiere a "... personas altamente capacitadas en el ramo de la ciencia y de la sabiduría espiritual".³⁷⁶

El Grupo A se compondría de los científicos más destacados de todo el mundo, con especialidad en las telecomunicaciones y frecuencias de radio; mientras que el Grupo B se integraría por líderes religiosos.

El motivo para seleccionar líderes religiosos es que "...de esta manera se ignora la política, economía y nacionalidad, lo cual da mayor certeza y confianza a la población de que no habrá conflictos de interés en las negociaciones".³⁷⁷

Al trabajar en conjunto, estos grupos conformarán al Grupo C, el cual tendrá por facultades el elaborar comunicaciones para los extraterrestres, y en caso de ser procedente, recibirlos y fungir como los *embajadores de la Tierra*.

Sin embargo, pese a lo anteriormente descrito, el jurista Ricky Lee asegura que este protocolo mantiene algunas lagunas que requieren subsanarse.³⁷⁸

³⁷⁵ Cfr. REIJNEIN, G.C.M, *Basic Elements of an International Terrestrial Reply Following the Detection of a Signal from Extraterrestrial Intelligence*, en *Acta Astronautica Vol. 21*, 1990, pp. 143-148.

³⁷⁶ *Ídem*.

³⁷⁷ *Ídem*.

³⁷⁸ Cfr. LEE, Ricky, J., *Rules for First Contact: Legal and Policy Issues Arising from Establishing and Maintaining Communications with Extraterrestrials*, *Op. Cit*, pp. 6.

Entre ellas se encuentra la falta de atribuciones al Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas en la detección de vida extraterrestre, la no distinción entre tipos de comunicaciones con civilizaciones conocidas y desconocidas, así como la ausencia de sanciones y penas para los Estados que no acaten la prohibición de comunicarse individualmente.

Finalmente, resalta la falta de una atribución que permita a la Organización de las Naciones Unidas suspender o terminar la comunicación con la vida extraterrestre en caso de que esta representara seria amenaza a la Humanidad.³⁷⁹

Por ello, se propone la creación de un *Acuerdo Internacional sobre el Contacto con Vida Extraterrestre*, el cual no solamente contendrá las atribuciones a la Organización de las Naciones Unidas y los cursos de acción en caso de detección, sino también le dará vinculatoriedad a estas declaraciones, pues actualmente carecen de ella al ser documentos meramente de uso interno entre los observatorios.

4.4.4 El papel de la Organización de Naciones Unidas ante la vida extraterrestre

Como se mencionó anteriormente, la Organización de las Naciones Unidas es la institución que se encuentra con la mayor capacidad para determinar el obrar en caso de encontrar una forma de vida extraterrestre, o bien, para fungir como representante de toda la humanidad en caso de hallar formas de vida inteligente.

³⁷⁹ Cfr. LEE, Ricky, J., *Rules for First Contact: Legal and Policy Issues Arising from Establishing and Maintaining Communications with Extraterrestrials*, Op. Cit., pp. 6.

No obstante, también cuenta con varias limitaciones importantes que deberán superarse si fuera a convertirse en la representante de toda la Tierra.

En primera instancia, la Organización de las Naciones Unidas tiene como principal finalidad el mantenimiento de la paz y la seguridad política. Sin embargo, el primer concepto ha sido extendido en la práctica para justificar su injerencia en otros campos, como el de la alimentación con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.³⁸⁰

La segunda limitante se refiere a la Asamblea General, pues esta representa a los Estados y no a la Humanidad en su conjunto, esto en su calidad sujeto del Derecho Internacional.

Aunado a ello, la Asamblea General sólo cuenta con la capacidad de crear costumbre internacional, la cual carece de toda vinculatoriedad y como tal la haría poco efectiva al representar intereses de la Humanidad.³⁸¹

En lo que respecta al Consejo de Seguridad, si bien este tiene la capacidad de tomar determinaciones vinculantes, su representación es solamente de los poderes políticos, cuyos intereses difícilmente se podrían hacer extensivos a toda la humanidad.

Finalmente, el órgano especializado en temas del espacio de las Naciones Unidas es la “Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos”, quien pareciera ser el candidato más capacitado para llevar este tipo de asuntos.

³⁸⁰ Cfr. VON DER DUNK, Frans G., *Shaking the Foundations of the Law: Some Legal Issues posed by a Detection of Extraterrestrial Life*, en *The Ethics of Space Exploration*, Op. Cit. 252.

³⁸¹ *Ibidem*. pp. 253.

Cabe recordar que la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos fue creada en 1959 como un órgano subsidiario de la Organización de las Naciones Unidas.

Esta Comisión se integra por dos subcomisiones:³⁸²

- Legal: Celebra reuniones anuales que duran dos semanas en las cuales se discuten temas referentes a la exploración y explotación del espacio ultraterrestre.

Entre los temas debatidos se encuentra el estado y aplicación de la legislación vigente en materia espacial, tanto nacional como internacional, así como los mecanismos legales para el tratamiento de basura espacial y la cooperación entre Estados.

- Científico y técnico: Se reúne anualmente por dos semanas, se encarga de abordar temas referentes al clima espacial, Objetos Próximos a la Tierra, uso del espacio para fines socioeconómicos, satélites y actividades de largo plazo en el espacio.

Entre las labores recientes más destacadas de esta Comisión se encuentra la elaboración de la “Agenda del Espacio 2030”, documento mediante el cual se aboga por la exploración sustentable del espacio exterior, así como la integración del sector espacial en otras áreas estratégicas como la energía, medio ambiente, telecomunicaciones, salud pública entre otros.³⁸³

³⁸² Cfr. UNITED NATIONS ON THE PEACEFUL USES OF OUTER SPACE, *Committee on the Peaceful Uses of Outer Space and its Subcommittees*, disponible en: <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/copuos/comm-subcomms.html> consultado el 23 de marzo de 2022.

³⁸³ Cfr. COPUOS, Informe de la labor del Grupo de Trabajo encargado de la Agenda “Espacio 2030” de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacífico, Disponible en:

Por otra parte, en su sesión número 64, se establecieron parámetros y recomendaciones respecto a la exploración del espacio, particularmente en el ámbito de la sustentabilidad de las misiones, y la posibilidad de explorar el espacio por parte de los países en vías de desarrollo.³⁸⁴

Un tema de interés que se analizó en dicha reunión fueron las “Directrices relativas a la sostenibilidad a largo plazo de las actividades en el espacio ultraterrestre de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos”, en el cual se establecen los parámetros legales para varias actividades espaciales, tales como la responsabilidad, recopilación de información y teledetección.³⁸⁵

No obstante, en ningún punto se consideró la posibilidad de las colonias espaciales, las cuales también clasificarían como “misiones a largo plazo”, por las razones analizadas en el capítulo 3 de la presente tesis.

Si bien abordan temas que entrarían en lo que sería materia de la colonización y terraformación de los cuerpos celestes, presenta problemas que hacen su alcance extremadamente limitado.

https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2021/aac_105wg2030/aac_1052021wg2030I_1_0_html/AC105_2021_WGW2030_L01S.pdf recuperado el 30 de marzo de 2022.

³⁸⁴ Cfr. COPUOS, *Committee on the Peaceful Uses of Outer Space: 2021: Sixty-fourth session (25 August-3 September 2021)*, Disponible en: <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/copuos/2021/index.html> recuperado el 30 de marzo de 2022.

³⁸⁵ Cfr. COPUOS, *Directrices relativas a la sostenibilidad a largo plazo de las actividades en el espacio ultraterrestre de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos*, Disponible en: https://spacesustainability.unoosa.org/sites/spacesustainability.unoosa.org/files/21-02565_lts_spanish_ebook.pdf recuperado el 30 de marzo de 2022.

El primero de ellos refiere a que solamente 87 países han aceptado ser miembros del mismo³⁸⁶, circunstancia que no lo hace un candidato muy apto para ser el representante de toda la humanidad.

Y en segunda instancia, sus dos subcomités solamente pueden servir de asesores a la Asamblea General, lo cual limita mucho su campo de acción, sin contar el hecho de que solo determinan agendas políticas respecto al uso del Espacio Ultraterrestre, sin entrar en temas mayores.³⁸⁷

Por ello, se propone ampliar el campo de acción de la Comisión, a fin de que toda determinación que tomen respecto al uso del espacio exterior y cuerpos celestes tenga mayor peso, inclusive, que sean de carácter vinculante.

En este sentido, se propone otorgar a la Comisión la facultad de declarar zonas protegidas dentro de otros cuerpos celestes, y que tales resoluciones tengan el carácter vinculante para los Estados Parte. Asimismo, se propone que, en lo referente a las formas de vida no terrestres, mantengan su papel de ser asesores, en los términos que se explicarán más adelante en la presente tesis.

4.4.4.1 El caso de los Objetos Próximos a la Tierra

Los Objetos Próximos a la Tierra hacen referencia a todos aquellos cometas y asteroides atrapados por la atracción del Sol o los distintos planetas, en órbitas que podrían hacerlos penetrar en las cercanías de la Tierra.³⁸⁸

³⁸⁶ SECRETARÍA DE RELACIONES EXTERIORES, Comisión para la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos (COPUOS), Disponible en: <https://embamex.sre.gob.mx/austria/index.php/es/mision-de-mexico-onu/copuos> Consultado el 20 de marzo de 2020

³⁸⁷ Cfr. VON DER DUNK, Frans G., *Shaking the Foundations of the Law: Some Legal Issues posed by a Detection of Extraterrestrial Life*, en *The Ethics of Space Exploration*, Op. Cit. 252.

³⁸⁸ Cfr. NASA, *NEO Earth Close Approaches*, disponible en: <https://cneos.jpl.nasa.gov/ca/> Consultado el 20 de marzo de 2022.

Este tipo de objetos representan un enorme riesgo para la existencia de la vida misma en la Tierra, por lo que la Organización de las Naciones Unidas ha buscado implementar mecanismos respecto a ellos para tratar con las divisiones políticas y atender de forma rápida y efectiva este problema.³⁸⁹

En ese sentido, se ha sugerido una ampliación de facultades de la Asamblea General y el Consejo de Seguridad para poder hacer frente a estas amenazas.

El jurista alemán Frans von Der Dunk, ha propuesto que se dé a la Asamblea General el mandato por parte de la humanidad de resolver siempre en beneficio y protección de esta.³⁹⁰

Por ello, se sugiere ampliar las facultades del Consejo de Seguridad, de tal manera que sea de su competencia el coordinar y ejecutar las acciones determinadas por la Asamblea General a fin de darles la obligatoriedad de la que carecen.

Mediante este acercamiento, se reconoce la capacidad que solamente tienen algunos Estados de enviar misiones al espacio, a la vez que se da voz a toda la humanidad.

Por ello, agregar un mecanismo análogo para el caso de vida extraterrestre será fundamental para garantizar su adecuada preservación, o bien, las mejores relaciones diplomáticas con estas.

³⁸⁹ Cfr. VON DER DUNK, Frans G., *Shaking the Foundations of the Law: Some Legal Issues posed by a Detection of Extraterrestrial Life*, en *The Ethics of Space Exploration*, Op. Cit. 252.

³⁹⁰ *Ídem*.

Dicho mecanismo puede ser implementado por medio de una reforma a la Carta de las Naciones Unidas, la cual probará ser la mejor salida al contar con el mayor número de Estados firmantes en comparación a los tratados en materia espacial.

4.4.5 Del Derecho al Meta-Derecho

El Meta-Derecho fue un concepto acuñado por el jurista Andrew Haley, el cual refiere a “... el régimen jurídico aplicable a todas las razas que habitan el universo.”³⁹¹

En este tenor, el autor señala tres posibles escenarios los cuales tendrán grandes impactos en la disciplina jurídica:³⁹²

- Escenario 1: La vida que se encuentra no es inteligente. En este supuesto se trataría a la nueva de forma hallada como una cosa en acorde a la doctrina civil, por lo que se les trataría como objetos de derecho y no sujetos.
- Escenario 2: La vida extraterrestre presenta un nivel de inteligencia semejante al humano. Bajo este supuesto, existe la posibilidad de que entienda la noción del constructo *Derecho*, por lo cual sería posible establecer una estructura análoga a un sistema jurídico.

El nuevo sistema normativo que sea creado será superior al Derecho que rige a la humanidad, por lo que se denominará *Meta-Derecho*.

³⁹¹ Cfr. HALEY, Andrew G., *Space law and Metalaw, A Synoptic View*, Harvard Law Record 23, 1956, pp. 2.

³⁹² Cfr. VON DER DUNK, Frans G., *Shaking the Foundations of the Law: Some Legal Issues posed by a Detection of Extraterrestrial Life*, en *The Ethics of Space Exploration*, Op. Cit. 252.

Por otra parte, de llegar a un entendimiento mutuo con estas nuevas razas, se plantea la posibilidad de crear un sistema de fronteras y Estados al nivel estelar.

Por ejemplo, en el caso de la Humanidad, su *Estado extraterrestre* será el Sistema Solar.

En este sentido, el espacio interestelar pasaría a ser análogo al Mar Abierto que existe dentro del Derecho Internacional y tendría una regulación similar, en la que ningún Estado puede declarar soberanía, ni explotarlo para su propio beneficio.

- Escenario 3: La vida hallada es una forma de inteligencia superior. Dentro de este escenario, la humanidad deberá subyugar a la voluntad del sistema de normas que pudiese tener esta civilización avanzada.

Dada la importancia de los anteriores panoramas descritos por el jurista Halley, y sus consecuencias para la Humanidad, se propone la ampliación de las facultades de la Organización de las Naciones Unidas para abarcar cabalmente los tres escenarios anteriormente descritos, aunque en este último se tratará de una sumisión completa donde el Derecho poco peso podría tener.

Las propuestas serán explicadas a detalle en el apartado siguiente de la presente tesis.

4.5 Aportaciones y propuestas en materia de colonización y terraformación

Una vez que se han analizado todos los aspectos, tanto técnicos como jurídicos detrás de los procesos de colonización y terraformación, se proponen las siguientes modificaciones al *corpus iuris spatialis* a fin de subsanar las lagunas exhibidas en apartados anteriores.

4.5.1 Reforma a la Carta de San Francisco

La primera de ellas es la reforma de la Carta de las Naciones Unidas, está a fin de extender el concepto de seguridad política a las relaciones que se mantengan ante otro planeta, esto en consideración al *Riesgo de Independencia* analizado anteriormente, así como ante la posibilidad de encontrar vida inteligente.

Por otra parte, también deberá establecerse como facultad de la Organización de las Naciones Unidas ser la encargada de obrar como Embajadora de la Humanidad ante cualquiera de estos eventos.

La calidad de Embajadora de la Humanidad se le concederá únicamente en caso de que deban iniciarse relaciones diplomáticas con un organismo análogo de otro planeta, o bien, con alguna forma de vida inteligente que encuadre en el escenario 2 analizado en el apartado anterior de la presente tesis, el cual refiere a vida no terrestre con niveles de inteligencia humana.

Como Embajadora de la Humanidad, la Organización de las Naciones Unidas tendrá la encomienda de velar siempre por los intereses de ésta al realizar sus negociaciones.

Esta calidad, así como la posibilidad de actuar en asuntos de interés interplanetario será reconocida en el artículo 11 de la Carta de las Naciones

Unidas, dentro del cual se contempla actualmente la facultad con la que cuenta la Asamblea General para discutir toda cuestión relativa al mantenimiento de la paz y seguridad internacionales.

Por otra parte, la expansión de facultades para el Consejo de Seguridad deberá hacerse en el artículo 24 de la Carta de las Naciones Unidas, en el cual se confiere a este la responsabilidad de mantener la paz internacional y actuar en nombre de los miembros de las Naciones Unidas. Con la reforma, su actuar se extiende al ámbito interplanetario.

En este sentido, las actividades diplomáticas serán dirigidas por un cuerpo colegiado.

Será el Secretario General de las Naciones Unidas quien encabezará dicha delegación, y se verá acompañado de un panel integrado por los miembros más destacados de la comunidad científica en materia de astronomía, radioastronomía y astrobiología, además de los miembros del Consejo de Seguridad, quienes actuarán en acorde a la resolución aprobada por ellos y elaborada por la Asamblea General respecto al tema a tratar.

El panel científico tendrá una participación mayor en el caso de que se deban llevar a cabo negociaciones con otras formas de vida no terrestres que se encuadren en el escenario 2.

Este panel se encargará de la parte técnica en relación a las radiocomunicaciones, mientras que será el Secretario General quien dará el mensaje.

Por otra parte, en caso de tener que realizar un encuentro físico, será el panel científico el encargado de determinar la prudencia de este, así como las medidas de protección biológica que deberán implementarse.

La Organización de las Naciones Unidas, bajo esta calidad de Embajadora de la Humanidad, deberá de contar con un sistema de facultades análogo al existente para el caso de los Objetos Próximos a la Tierra, analizado en apartados anteriores.

Cabe recordar que, en dicho supuesto, la Asamblea General tiene por competencia el salvaguardar la integridad de toda forma de vida en la Tierra ante cualquier amenaza proveniente del espacio ultraterrestre que pueda suponer la extinción de esta, lo cual suele resumirse a asteroides con órbitas peligrosas.

Sin embargo, para los escenarios del Riesgo de Independencia y formas de vida no terrestres, deberán contemplarse las políticas de protección planetaria que determine la Comisión de Investigaciones Espaciales.

Por otra parte, el Consejo de Seguridad, en cumplimiento a la resolución de la Asamblea General, podrá ordenar a las agencias espaciales del globo iniciar los protocolos necesarios para salvaguardar la Tierra, o en el caso del Riesgo de Independencia, proteger los intereses de la Humanidad.

Bajo este nuevo sistema de facultades, la Asamblea General estará obligada por parte de la Humanidad a siempre resolver en beneficio y protección de esta, mientras que el Consejo de Seguridad tendrá la encomienda de coordinar y ejecutar las acciones que determine la Asamblea, esto a fin de hacerlas obligatorias.

Mediante este acercamiento, se reconoce la capacidad que solamente tienen algunos Estados de enviar misiones al espacio que tengan la finalidad de explotar recursos minerales, colonizar, o buscar vida en otros cuerpos celestes.

Asimismo, mediante este sistema se da voz a toda la humanidad ante cualquiera de los eventos anteriormente mencionados.

4.5.2 Tratado sobre Minería Espacial

Se propone también la creación del Tratado sobre Minería Espacial, el cual regulará lo referente a la obtención de minerales en el espacio, así como el financiamiento de las misiones.

En este sentido, el texto del tratado deberá distinguir entre las misiones para colonizar enviadas por particulares y aquéllas encomendadas por los Estados.

Para el caso de los particulares, deberá basarse en las legislaciones nacionales analizadas en el apartado 4.1.1.1 en lo referente a la titularidad sobre los minerales extraídos de los cuerpos celestes.

Cómo se analizó, la cooperación entre el sector público y privado será fundamental para lograr iniciar estas actividades en los cuerpos celestes, así que dicho tratado deberá contener un mecanismo mediante el cual los Estados involucrados en la misión se comprometan a incentivar la inversión privada de manera conjunta.

Por otra parte, deberá contener un apartado titulado “De la repartición de beneficios”, el cual será aplicable para todas aquellas misiones en las que participe el sector público, pues con ello se da cabal cumplimiento al Tratado

sobre el Espacio Ultraterrestre en lo referente a la naturaleza de *res comunis* del cosmos.

Sin embargo, también deberá tenerse en cuenta la realidad socioeconómica que viven varios países.

Por ello, dentro del sistema de repartición se deberá mandar una coordinación entre las agencias de las Naciones Unidas, como la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, la cual podrá establecer, mediante el uso de parámetros económicos y sociales, las bases objetivas para determinar qué países requerirán una mayor parte de los recursos obtenidos.

Asimismo, se propone la creación de una Autoridad Internacional de los Recursos Espaciales, organización análoga a la Autoridad Internacional de los Fondos Marinos.

Dicha Autoridad propuesta tendrá por facultad regular la exploración y explotación de todos aquellos recursos minerales recuperados por misiones financiadas por el sector público en los cuerpos celestes.

Las misiones que tengan tales finalidades deberán ser aprobadas previamente por la Autoridad y se someterán a los reglamentos y normatividad técnica que apruebe esta.

Estos reglamentos y normas serán elaborados coordinadamente por la Comisión de Investigaciones Espaciales y la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, y abordará lo referente a las políticas de protección planetaria para los materiales que ingresen a la Tierra, así como a

los mecanismos técnicos que permitan el desarrollo sustentable de las colonias a largo plazo.

Por otra parte, la Autoridad Internacional de Recursos Espaciales podrá adjudicar contratos a empresas mineras, ya sean públicas o privadas, siempre que cuenten con financiamiento de algún Estado Parte del Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre.

Finalmente, las ventajas económicas de la explotación minera de los recursos espaciales serán abonadas a la Autoridad para que las reparta bajo los criterios establecidos por las Agencias de las Naciones Unidas mencionadas anteriormente en este apartado.

4.5.3 Tratado sobre Colonización y Terraformación

Dadas las lagunas legales analizadas anteriormente en lo que respecta a estos dos procesos, se propone también la creación de un tratado enfocado a ambos procesos, el cual tome en cuenta los varios problemas analizados en apartados anteriores, tales como son las colonias espaciales, la naturaleza jurídica y actividades de los colonos, condiciones y limitantes para el proceso de terraformación, financiamiento de las misiones, responsabilidades por daños causados a los cuerpos celestes, así como la protección planetaria.

4.5.3.1 Definiciones

Dentro de su articulado, el Tratado sobre Colonización y Terraformación deberá contemplar las definiciones de colonización y terraformación.

En este sentido, la colonización deberá entenderse como “la ocupación territorial de un cuerpo celeste para realizar labores en beneficio de la humanidad, sin reclamar en ningún momento titularidad sobre el mismo”.³⁹³

Por su parte, la terraformación deberá estar definida en un sentido amplio, de tal suerte que sea entendida como “todo proceso encaminado a modificar las condiciones ambientales o atmosféricas de un cuerpo celeste en beneficio de la humanidad; dentro de este concepto se abarca la creación de asentamientos humanos grandes que no impliquen una modificación extrema de las condiciones”.³⁹⁴

Asimismo, deberá contemplar el concepto de colono, quienes serán definidos de la siguiente manera: “toda aquella persona enviada a los cuerpos celestes con la finalidad de ocupar un territorio en nombre de la Humanidad, sin reclamar nunca la soberanía de ningún Estado sobre éste; quedará comprendido dentro de este concepto todo aquel ser humano que nazca en el cuerpo celeste”.³⁹⁵

Por otra parte, se entenderá a las colonias como “todo espacio de un cuerpo celeste ocupado por las instalaciones de algún Estado, sin que reclame este soberanía alguna, y la cual tendrá por finalidad servir de base para estancias prolongadas para la explotación de recursos, investigación científica o asentamiento permanente a largo plazo”.³⁹⁶

³⁹³ Definición propuesta por el autor de la tesis.

³⁹⁴ *Ídem.*

³⁹⁵ *Ídem.*

³⁹⁶ *Ídem.*

Otro elemento que se tendrá en cuenta son las formas de vida no terrestres, en este caso serán definidas como “todo ser orgánico que se encuentre más allá de la órbita terrestre en algún cuerpo celeste, presente inteligencia o no, el cual deberá ser sujeto a protección especial”.³⁹⁷

Asimismo, se expanden los alcances del concepto de daño para abarcar el causado a los cuerpos celestes, por ello se definirá como “la pérdida de vidas humanas, lesiones corporales u otros perjuicios a la salud, así como la pérdida de bienes o los perjuicios causados a bienes de los Estados o de personas físicas o morales, o de organizaciones internacionales intergubernamentales, ya sea en la Tierra o en un cuerpo celeste. Asimismo, se abarcan los daños irreparables causados a las condiciones atmosféricas o hidrológicas de un cuerpo celeste, ya sea con dolo o culpa, en violación a las directrices establecidas por las Comisiones Internacionales de las Naciones Unidas en lo referente a la terraformación”.³⁹⁸

4.5.3.2 De los procesos de colonización y terraformación

En el texto de dicho apartado, serán enunciadas las condiciones para poder enviar las misiones de colonización y terraformación a cualquier cuerpo celeste de que se trate.

Para ello, se establecerá como una facultad de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos el elaborar un catálogo de cuerpos celestes susceptibles de ser colonizados, y posiblemente, terraformados.

³⁹⁷ Definición propuesta por el autor de la tesis.

³⁹⁸ *Ídem.*

Dicho catálogo tendrá como alcance inicial el Sistema Solar, pero será expandido conforme avance la exploración espacial a los cuerpos celestes más allá de los límites de este.

Además, dicho catálogo tendrá un apartado referente a los cuerpos declarados como *zona prohibida de terraformación*, los cuales no podrán ser sujetos a este proceso por mostrar indicios de posibles formas de vida no terrestres.

Asimismo, en colaboración con la Comisión de Investigaciones Espaciales, se le concederá la facultad de establecer, con bases objetivas, el proceso que deberá seguirse para colonizar y terraformar determinado cuerpo celeste.

Para ello, podrá valerse de las investigaciones realizadas por sus propios miembros, así como aquellas del subcomité científico de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre.

Dichos procesos serán desarrollados *ad hoc* y contemplarán los últimos avances que tenga la ciencia y la tecnología en ese momento.

4.5.3.3 Catalogo de terraformación

Como un subapartado dentro de su texto, el tratado deberá establecer los criterios técnicos necesarios para determinar qué planetas serán terraformables.

En este sentido, se emplearán las clasificaciones estelares y de planetas descritas en el capítulo 3 de la presente tesis, esto a fin de esquematizar que cuerpos celestes del Sistema Solar son más aptos para la terraformación.

Asimismo, para dar cumplimiento a las políticas de protección planetaria, se dará una participación mayor a Comisión de Investigaciones Espaciales y a la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, esto para determinar la procedencia de un proceso de terraformación.

En caso de que la determinación sea negativa, ésta será vinculante para todos los Estados, pues su finalidad será proteger el patrimonio de la Humanidad.

La decisión se tomará con las bases objetivas obtenidas de los estudios y análisis realizados en el cuerpo celeste de que se trate.

4.5.3.4 De los colonos

Otro aspecto fundamental que deberá regular dicho tratado internacional será la protección de toda persona enviada más allá de la órbita terrestre, de una manera más amplia a la que se maneja en la actual legislación.

En este sentido, el tratado que se propone deberá definir a los colonos como “toda aquella persona enviada a los cuerpos celestes con la finalidad de ocupar un territorio en nombre de la Humanidad, sin reclamar nunca la soberanía de ningún Estado sobre este”.

Con tal redacción se busca evitar conflictos con el principio de no apropiación, el cual señala que ningún Estado podrá ejercer soberanía y reclamar la titularidad sobre ningún cuerpo celeste.

Asimismo, se busca respetar el uso pacífico, pues como se mencionó en el apartado de definiciones, las colonias establecidas en otros cuerpos celestes no tendrán ninguna finalidad militar, sin embargo, se permitirá la entrada de

fuerzas armadas para auxiliar en tareas de construcción si llegará a ser necesario.

Asimismo, dicho tratado deberá contemplar por analogía a los seres humanos que nazcan en otros cuerpos celestes, esto a fin de garantizarles protección por parte del planeta Tierra.

Otro apartado de importancia que contendrá esta sección refiere a las actividades que realizarán los colonos en los cuerpos celestes.

Estas tendrán en todo momento un fin pacífico y se limitarán a la explotación de recursos minerales, investigación científica, ya sea en zonas de interés geológico, o en las regiones Prioritarias para la Investigación Astrobiológica según la finalidad de la misión.

Extraordinariamente, se les concederá la facultad de participar en el proceso de terraformación si este fuere declarado procedente por las Comisiones.

Si este fuere el caso, quedarán sometidos también al apartado de daños de este Tratado y deberán responder internacionalmente por cualquier afectación derivada de un hecho ilícito.

Asimismo, se propone que los Estados Parte puedan mantener la jurisdicción sobre cualquier colonia espacial enviada a los cuerpos celestes, y establecerán las instalaciones como ficciones territoriales, esto a fin de no dejar desprotegidos a los seres humanos que nazcan en ellas.

En este sentido, también se establecerá el séptimo atributo de la personalidad, el planeta de origen, a fin de resolver posibles conflictos de leyes que surjan entre ambos planetas.

Aunado a ello, para resolver los posibles conflictos de leyes, el derecho aplicable será, durante las primeras etapas de la colonización, aquel del Estado que cuente con el registro de la base espacial ocupada, en apego al Convenio sobre el Registro de Objetos Lanzados al Espacio Ultraterrestre o a la legislación que se encuentre vigente.

Mientras que para las fases posteriores de la colonización y terraformación, en las que el Riesgo de Independencia se encuentra más latente, se atenderá al mecanismo implementado en los tratados internacionales *ad hoc* que regulen particularmente al cuerpo celeste, los cuales emplearán preponderantemente la ley del domicilio en atención al séptimo atributo anteriormente descrito.

El asunto será llevado ante el capitán de la tripulación, durante las primeras fases de la colonia espacial; o ante la delegación diplomática, si es que se independiza, para que el litigio sea llevado ante las autoridades judiciales correspondientes del otro cuerpo celeste que sea competente.

Finalmente, a los colonos se les concederán los siguientes derechos humanos, los cuales estarán limitados de acorde a las posibilidades técnicas del momento:

- **Derechos políticos:** Los colonos podrán ejercer su derecho al voto desde la colonia en que se encuentren, si es que el país de su nacionalidad pasa por un proceso electoral. En este sentido, se aplicará un mecanismo

análogo al empleado para los astronautas en la Estación Espacial Internacional en el que votan por medio de una boleta electrónica.

Por otra parte, se les reconocerá la posibilidad de independizarse por medio de un referéndum si es que la colonia llega al punto de vivir autónomamente de la Tierra

- **Derecho a la familia:** Todo colono podrá llevar a su familia consigo, siempre que la colonia se encuentre en una fase donde permita el asentamiento permanente, y se requiera menos de una tripulación especializada.
- **Derechos económicos:** Los colonos cuentan con la libertad para fijar su propio sistema económico, esto en el supuesto de que alcancen la independencia en sus colonias.

4.5.3.5 De las invenciones

Con las nuevas tecnologías que se desarrollen para las actividades espaciales, así como aquellas desarrolladas en las futuras colonias.

Cabe recordar que la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual ha contemplado desde el año de 1999 la necesidad de un marco regulatorio para la propiedad intelectual en el espacio ultraterrestre, pues esta se ha limitado a las cláusulas contractuales entre las agencias que participan en la misión.

En este sentido, el sistema de propiedad intelectual actual que se aplica a las invenciones se limita a los objetos que se encuentren dentro de la nave espacial y la resolución de controversias se da por medio de cláusulas procesales dentro del acuerdo de colaboración.

Mediante la presente propuesta, se busca llegar a una armonización en materia de protección de la propiedad intelectual en el espacio ultraterrestre, a fin de eliminar la variabilidad de los elementos contractuales que se encuentran presentes en el régimen actual.

De esta forma, se propone que todo inventor retenga la titularidad de la invención que haya realizado, esto en un sistema análogo al aplicado en la Estación Espacial Internacional.

Bajo este sistema de propiedad intelectual, la legislación aplicable será la del Estado que tenga el registro de las instalaciones lanzadas y establecidas en el otro cuerpo celeste.

En lo relativo a todo el equipamiento que se encuentre con anterioridad dentro de las instalaciones, los Estados Parte que participen en la misión retendrán la titularidad sobre los mismos, ya sean semiconductores, procesadores, y demás tecnología necesaria para la existencia de la base.

En caso de controversia, la competencia será determinada de acuerdo al mecanismo explicado en la sección anterior.

Asimismo, en cumplimiento a las propuestas hechas por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual en la década de 1990 al subcomité legal de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, se establecerá por medio de este tratado un sistema de licencias para todo ingenio creado más allá de la órbita terrestre, esto a fin de dar mayor celeridad a la exploración espacial e incentivar la inversión privada.

4.5.3.6 De la Responsabilidad Compartida

En su texto también deberá incluirse un apartado titulado “De la Responsabilidad Compartida”, bajo el cual los particulares y agentes públicos que decidan participar en la realización de estos procesos acepten tener una responsabilidad compartida por cualquier daño causado durante estas, ya sea por fallas técnicas que impliquen un daño para otro Estado en la Tierra, o bien, afecten zonas importantes en los cuerpos celestes.

Como se mencionó con anterioridad, es necesario expandir el concepto de daños contenido en el artículo I inciso a) del Convenio sobre la Responsabilidad Internacional, por Daños Causados por Objetos Espaciales, el cual limita los daños al ámbito terrestre.

Con la expansión propuesta se abarcarán las afectaciones causadas a los cuerpos celestes, por lo que deberá clasificarse al daño en dos grandes rubros.

El primero será referente a los daños causados a alguno de los Estados Partes por la caída de algún artefacto espacial, en este supuesto se aplicará el sistema tradicional contenido en el “Convenio sobre la Responsabilidad Internacional por Daños Causados por Objetos Espaciales”, bajo el cual la retribución de daño se hace al Estado que haya sufrido el agravio en los términos del artículo XII del mismo Convenio.

Cabe recordar que en dicho artículo se establece que el pago se hará al Estado perjudicado de conformidad a los principios de justicia y equidad, con la finalidad de reponer los daños en los términos que sean negociados diplomáticamente.

El segundo rubro de daños abarcará los daños causados a los cuerpos celestes, especialmente a sus condiciones atmosféricas e hidrológicas, además de los sitios de Exogeoconservación, los cuales se analizarán más adelante.

En este último caso, el sujeto al que deberá retribuirse el daño será la Humanidad, y la indemnización será repartida equitativamente entre todos los miembros de la Organización de las Naciones Unidas, quien como se analizó en este capítulo, es la mejor opción para obrar en nombre de toda la humanidad.

Con el objetivo de garantizar a los afectados la indemnización, se sugiere la creación de un Fondo Internacional por Daños Espaciales, el cual estará bajo el auspicio de la Organización de las Naciones Unidas.

En dicho Fondo, los Estados de lanzamiento que participen en la misión deberán depositar una cantidad monetaria que será determinada por el número de lanzamientos que hagan, esto a fin de crear una garantía por si hubiere un daño durante la realización de la misión.

Con este Fondo no solamente se busca dar certeza a los afectados de que el daño será efectivamente restituido, sino que también se busca disminuir la demora en el desembolso de la compensación.

4.5.3.7 Del Financiamiento

Otro apartado de gran relevancia que deberá incluirse en este Tratado será el titulado “Del Financiamiento”, en el cual se establecerá el mecanismo para dar apoyo económico a las colonias y procesos de terraformación.

El mecanismo a instaurar dependerá del sujeto que realice la misión. En caso de ser agentes privados, el financiamiento de las misiones caerá

exclusivamente en ellos, salvo que haya colaboración con agencias espaciales públicas.

Por otra parte, cuando la misión de colonización sea llevada a cabo por agentes públicos, el presupuesto será obtenido del apartado que hayan hecho sobre Egresos para el ejercicio fiscal correspondiente.

Cuando la misión sea de terraformación, dada su enorme complejidad e implicaciones, el financiamiento será obtenido de una aportación voluntaria para todos los Estados firmantes, ya que este proceso se realiza en beneficio de toda la humanidad.

A fin de no perjudicar a las naciones en desarrollo, la aportación se aplicará proporcionalmente a su realidad socioeconómica, y esta será entregada a la Asamblea General para enviarlo a las agencias que realicen el proceso de terraformación.

4.5.3.8 De los Combustibles Nucleares

Otro apartado clave será el titulado “Sobre los Combustibles Nucleares”, el cual tendrá por finalidad elevar los “Principios pertinentes a la utilización de fuentes de energía nuclear en el espacio ultraterrestre” al grado de vinculantes.

En este sentido, no solamente establecerá los parámetros fijados por tales principios respecto al tipo de combustible y mecanismos de salida como obligatorios, sino que también abarcará la posibilidad de modificar este si los avances técnicos permitieran el uso de uno más seguro y menos contaminante.

El combustible nuclear al cual se le permitirá inicialmente la salida de la órbita terrestre será el Uranio 235 altamente enriquecido, tal como lo establece

el Principio 2 de la normativa vigente, esto en razón de la eficacia que ha demostrado en ensayos técnicos.

El uso de combustibles nucleares será restringido solamente para las misiones interplanetarias que tengan por finalidad el instalar colonias mineras o asentamientos humanos permanentes en el cuerpo celeste.

En caso contrario, se estará a las disposiciones vigentes de energía no nucleares, las cuales se basan en combustibles que requieren oxígeno para generar energía.

El tipo de energía nuclear que será enviado al espacio será determinado coordinadamente por las Comisión de Investigaciones Espaciales y la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, esto por medio de su Subcomité Científico y Técnico.

Asimismo, serán éstas Comisiones las encargadas de modificar y actualizar los parámetros en acorde a los avances científicos.

4.5.3.9 De la exogeoconservación

Dentro de este apartado del tratado se regula lo referente a la exogeoconservación, con la finalidad de definir zonas de relevancia histórica y natural para protegerlas durante el proceso de terraformación.

Los sitios que se determinen cumplen con tales requisitos serán designados como “Sitios de Administración Exogeopatrimoniales”, analizados en apartados anteriores de esta tesis.

Cómo se analizó anteriormente, se empleará un sistema análogo al de las *Áreas del Antártica Especialmente Administradas*, y contará con un código de

conducta análogo al solicitado por éstas, el cual se aplicará a todo Estado que desee acceder a ellas

El código de conducta regulará lo siguiente:

- Acceso y movimiento dentro de los Sitios, incluidos los aterrizajes.
- Actividades que podrán realizarse.
- Construcción de bases.
- Recolección o remoción de materiales.
- Manejo de desechos, incluidas las emisiones de las naves.
- Introducción de materiales bióticos y abióticos.
- Requisitos para elaboración de reportes.
- Requisitos para reubicación, remediación y restauración de daños causados.

Asimismo, dentro de este apartado se establecerá como facultad de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, específicamente al subcomité técnico, la de determinar qué zonas deberán recibir esta declaratoria.

La declaratoria de Sitio de Administración Exogeopatrimonial obligará a los Estados y particulares participantes en el proceso de terraformación el tomar todas las medidas pertinentes para evitar cualquier daño a dichas zonas.

En caso de dañar de forma irreparable alguno de estos sitios, quedarán a los dispuesto en el apartado de reparación explicado anteriormente.

4.5.3.10 De la Protección Planetaria

El texto de dicho apartado del tratado regulará todo lo referente a las políticas de protección planetaria que fueron analizadas en el capítulo 2 de la presente tesis.

Su principal finalidad es ascender al nivel vinculante los criterios establecidos por la Comisión de Investigaciones Espaciales para todos los Estados Parte.

Entre dichos criterios se encuentra lo referente a los protocolos de saneamiento y seguridad de las naves e ingenios espaciales que tengan por finalidad el aterrizaje en algún cuerpo celeste.

Asimismo, se contemplarán los requisitos para asegurar el seguro retorno a la Tierra, y las medidas de cuarentena necesarias para evitar la contaminación de regreso.

En caso de incurrir en alguna violación a las políticas y protocolos, los Estados de lanzamiento estarán a lo dispuesto por el apartado de responsabilidad por daños analizado anteriormente.

Por otra parte, se propone sustituir el término *Regiones Especiales* contenido en las Políticas de Protección Planetaria de la Comisión de Investigaciones Espaciales, por el de *Regiones Prioritarias para la Exploración Astrobiológica*, para darle una mayor prioridad a las búsquedas que tengan por objetivo el encontrar indicios o formas de vida en un cuerpo celeste.

Si las misiones de búsqueda resultaren negativas en estas zonas, entonces se procederá a solicitarle a la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos determine los Sitios de Administración

Exogeopatrimoniales” para poder iniciar al establecimiento de colonias cercanas a dichas zonas, y eventualmente, a la terraformación.

En caso de resultar positivos los resultados de investigación, se estará a lo dispuesto por el apartado siguiente.

4.5.3.11 De las formas de vida no terrestres

Dentro de este apartado se regulará de forma genérica lo referente a toda forma de vida que pudiese ser hallada más allá de la órbita terrestre, pues se estima que un Acuerdo es el mecanismo más apropiado para regular los aspectos específicos de esta posibilidad.

Se entenderá por forma de vida no terrestre a “todo ser orgánico que se encuentre más allá de la órbita terrestre en algún cuerpo celeste, presente inteligencia o no”.³⁹⁹

En este sentido, será obligación de cualquier misión que encuentre alguna forma de vida realizar todas las acciones correspondientes para confirmar el hallazgo antes de comunicarlo al Secretario General de las Naciones Unidas.

Asimismo, de confirmarse el hallazgo, la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos declarará de forma inmediata la zona como un Sitio de Administración Exogeopatrimonial para garantizar su protección durante los procesos de colonización.

Por otra parte, también se declarará al cuerpo celeste como *Zona Prohibida para la Terraformación* a fin de evitar causar cualquier daño que ponga en riesgo a la nueva forma de vida.

³⁹⁹ Definición propuesta por el autor de la tesis.

En caso de dañar a las formas de vida halladas, el o los Estados involucrados en la misión deberán acatar la sanción determinada por la Asamblea General y aprobada por el Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas.

4.5.3.12 De la Resolución de Controversias

Para resolver los posibles conflictos de leyes, el derecho aplicable será, durante las primeras etapas de la colonización, aquel del Estado que cuente con el registro de la base espacial ocupada, y se regirá por las disposiciones del “Convenio sobre Registro de Objetos Lanzados al Espacio Ultraterrestre”.

Cabe recordar que este acuerdo establece el concepto de Estado de Lanzamiento el cual, en relación con el “Convenio Sobre la Responsabilidad Internacional por Daños Causados por Objetos Espaciales”, sirve para determinar qué Estado es responsable, y presenta las negociaciones diplomáticas como el mecanismo para resolver la controversia.

En las fases posteriores de la colonización y terraformación, en las que el Riesgo de Independencia se encuentra más latente, se atenderá al mecanismo implementado en los tratados internacionales *ad hoc* que regulen particularmente al cuerpo celeste, los cuales emplearán preponderantemente la ley del domicilio en atención al séptimo atributo anteriormente descrito.

El asunto será llevado ante el capitán de la tripulación, durante las primeras fases de la colonia; o ante la delegación diplomática, si es que se independiza, para que el litigio sea llevado ante las autoridades judiciales correspondientes del otro cuerpo celeste que sea competente.

4.5.3.13 Cláusula temporal

Finalmente, un punto fundamental en este tratado será la “cláusula temporal”, en la cual se establecerá lo siguiente:

“El presente instrumento es ratificado por los Estados Parte por el tiempo que sea necesario, entendiéndose por tiempo necesario al lapso que transcurre desde el establecimiento de una colonia espacial hasta la finalización del proceso de terraformación dependiendo la evaluación realizada por un comité científico”.⁴⁰⁰

El motivo de esta cláusula es notorio, pues como se describió en capítulos anteriores, un proceso de terraformación tardará cuando menos un par de décadas, y para la creación de una atmósfera completamente habitable, varios siglos.

Al ser un proceso que beneficiará a toda la humanidad, todo Estado Parte se comprometerá con esta cláusula de enterar a las aportaciones voluntarias a las agencias espaciales para que lleven a cabo dichos procesos.

En este sentido, se impondrá a las agencias espaciales la obligación de transparentar el destino de todos los recursos que estén recibiendo y den actualizaciones anuales sobre los avances y contratiempos que se enfrenten al realizar estos procesos.

Por otra parte, se admitirá que algún Estado Parte deje de enterar las aportaciones voluntarias mencionadas anteriormente si es que llegará a

⁴⁰⁰ Redacción propuesta por el autor de la tesis.

encontrarse en una posición desfavorable a raíz de un desastre natural o un conflicto sociopolítico.

Una vez superado, el Estado Parte deberá retomar la entrega de las aportaciones a la brevedad posible.

4.5.4 Acuerdo sobre Marte

También se propone la creación de un Acuerdo que regule particularmente al planeta Marte, pues como se estudió en el capítulo 3 de la presente tesis, es el candidato más apto para la realización de los procesos de colonización y terraformación.

Los principios del Tratado sobre Colonización y Terraformación y el Tratado de Minería Espacial serán aplicables para dicho Acuerdo.

Cabe destacar que varias de las propuestas aquí formuladas tienen como fundamento las teorías analizadas anteriormente en la presente tesis, especialmente el Estado Extraterrestre del astrobiólogo Charles Cockell; los sistemas de comercio interplanetarios de Robert Zubrin, y los mecanismos de independencia planetaria planteados por el jurista francés Louise de Gouyon Matignon.

4.5.4.1 De las colonias

Este apartado del Acuerdo Internacional propuesta se enfocará en la regulación particular de las colonias y los derechos humanos aplicables para los colonos en Marte.

Se entenderá por colonias a “todo espacio de un cuerpo celeste ocupado por las instalaciones de algún Estado, sin que reclame esta soberanía alguna, y

la cual tendrá por finalidad servir de base para estancias prolongadas para la explotación de recursos, investigación científica o asentamiento permanente a largo plazo”, esto en acorde a la definición planteada dentro del Trato sobre Colonización y Terraformación propuesto en el numeral 4.5.3.4.

En este apartado del tratado internacional propuesto se establecerá un sistema mediante el cual la producción de recursos, especialmente el oxígeno durante las primeras etapas de la edificación de colonias, sea descentralizada, esto a fin de evitar el desarrollo de gobiernos tiránicos en Marte.

Las cadenas de suministro de oxígeno de las primeras colonias provendrán de la Tierra, sin embargo, conforme adquieran la naturaleza de permanentes estos asentamientos, se importará la maquinaria necesaria para la producción *in situ*.

Cuando esto suceda, se ordenará la implementación de mecanismos de vigilancia que permitan mantener un control sobre las colonias a fin de evitar cualquier conducta tendiente a la tiranía.

Esta propuesta se basa en los postulados sobre la tiranía marciana analizados por Cockell en su ensayo “Sobre la Tiranía Marciana”, en el cual identifica al oxígeno como el principal motivador para la creación de un gobierno tiránico en Marte, toda vez que se trata de un material escaso e indispensable para la supervivencia de cualquier asentamiento humano en el Planeta Rojo.

En lo que respecta a los derechos humanos aplicables a los colonos, estos tendrán los contemplados dentro del Tratado sobre Colonización y Terraformación; los cuales son derechos políticos, de familia y económicos.

Es importante destacar que dicha propuesta encuentra sustento en las garantías individuales mínimas indispensables en Marte enlistadas por el astrosociólogo Jim Pass en lo que respecta a las bases legales necesarias en el espacio exterior.

4.5.4.2 De la Independencia

Dentro de este Acuerdo se contempla la posibilidad del Riesgo de Independencia, por lo que una colonia marciana que llegué a un grado de desarrollo tal que pueda subsistir sin necesidad de suministros terrestres, podrá solicitar independizarse.

Es importante señalar que el Riesgo de Independencia es una figura propuesta por Charles Cockell, y analizada también por Jim Pass, bajo la cual se sostiene la posibilidad de que una colonia espacial determine separarse de la Tierra en el caso de consolidar una sociedad autosuficiente y con identidad propia.

A fin de evitar un conflicto bélico o diplomático, se establecerá un mecanismo para reconocer plenamente al *Estado Marciano*.

En primera instancia, la colonia de Marte realizará un referéndum en el cual determinará si desea independizarse de la Tierra o no.

Posteriormente, el organismo encargado de la representación de Marte, el cual creará la misma colonia, elaborará una solicitud que será entregada al Secretario General de las Naciones Unidas, para que la Asamblea General y el Consejo General determinen si se aprueba completamente o se renegocian ciertos aspectos de este.

Una vez aprobada la solicitud, se le hará llegar al gobierno marciano con la firma del Secretario General para que Marte inicie el proceso de ratificación correspondiente.

Una vez ratificado el documento, se creará formalmente el Estado Marciano.

Cabe mencionar que propuestas similares han sido realizadas por expertos, tales como el Dr. Louise de Gouyon Matignon, quien propone un mecanismo popular dentro de su artículo “Constitución de Marte” para que la separación de las colonias sea de la manera más diplomática posible y sin suponer un menoscabo a las relaciones comerciales entre ambos planetas.

Otro autor que analiza también esta problemática es Robert Zubrin, quien plantea la necesidad de un marco normativo para regular la separación de una sociedad marciana que habite en un planeta completamente terraformado y por ello no requiera más del auspicio de la Tierra.

4.5.4.3 Del Estado Marciano

Este apartado del tratado solamente será vigente en caso de que se apruebe la independencia de Marte.

Se estima conveniente señalar que la figura del Estado Marciano ha sido contemplada por varios autores previamente analizados en esta tesis, particularmente por Charles Cockell en su obra “*Human Governance Beyond Earth*”, en donde se analiza desde una perspectiva multidisciplinaria los retos que deberá afrontar un nuevo Estado establecido en el Planeta Rojo.

Asimismo, el Dr. Louise de Gouyon Matignon establece en su obra "*Proposal for a Martian Constitution*" las bases constitucionales mínimas que deberá tener el Estado Marciano, así como los parámetros diplomáticos para las relaciones entre ambos planetas.

Bajo esta sección del tratado se dará pleno reconocimiento al Estado Marciano y a las instituciones que de este emanen, siempre y cuando no contravengan ninguno de los derechos humanos garantizados universalmente por los tratados internacionales en la materia.

Asimismo, se reconocerá la independencia económica de este, y se abrirá la posibilidad a negociar acuerdos en materia comercial que beneficien a ambos planetas.

Dichos acuerdos se sujetarán a los principios establecidos en el Tratado de Minería propuesto en apartados anteriores del presente escrito.

4.5.4.4 De los Parques Planetarios

Esta sección del tratado será aplicable independientemente si la colonia decide separarse de la Tierra o no.

Es importante destacar que el concepto de los Parques Planetarios ha sido contemplado por el astrobiólogo Charles Cockell, quien ha propuesto en sus escritos "*A Planetary Park system for the Moon and beyond*" y "*A Planetary Park system for Mars*" ubicaciones en estos cuerpos celestes para establecerlos, principalmente por su importancia histórica, científica, arqueológica y turística.

El subcomité técnico de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos podrá declarar ciertos Sitios de Administración

Exogeopatrimoniales como *Parques Planetarios*, esto a fin de incentivar el turismo espacial a dichas zonas de los cuerpos celestes.

Para emitir la declaratoria, el Subcomité técnico deberá tomar en cuenta la importancia del lugar, la viabilidad de establecer dicho sitio como un foco de turismo, y evaluar los riesgos ambientales y de conservación que supondría para el mismo concederle la declaratoria.

En caso de obtener un dictamen positivo en todos los puntos anteriormente enunciados, el subcomité técnico procederá a declararlo como un Parque Planetario.

Los fondos recabados de estas actividades serán destinados preponderantemente al mantenimiento de las colonias espaciales en Marte, sin menoscabo de los beneficios generados en favor de un particular si este fuere el responsable de acondicionarlo.

4.5.4.5 De la resolución de controversias y el planeta de origen

Dentro de este apartado se establecerá el séptimo atributo de la personalidad: *el planeta de origen*, el cual entrará en vigor una vez que las colonias tengan las condiciones para el mantenimiento de nuevos seres humanos en Marte.

Este nuevo atributo servirá para determinar los derechos aplicables al individuo en cuestión, especialmente en materia procesal si llegara a surgir una controversia entre particulares.

Se establecerá la *Lex Domicilii* como el criterio determinante para la resolución de controversias entre sujetos privados, además del *Forum non*

conveniens si no hubiere suficientes elementos de vinculación para aplicar la jurisdicción del planeta de una de las partes.

4.5.5 Acuerdo Internacional sobre el Contacto con Vida Extraterrestre

Este acuerdo tendrá por finalidad establecer protocolos en caso de hallar alguna forma de vida en algún cuerpo celeste, sea inteligente o no. De esta manera, se subsana la importante laguna jurídica existente en la materia y que fue analizada anteriormente.

Esta problemática ha sido analizada por autores como von Der Dunk y Andrew G. Haley, quienes han propuesto los tres escenarios en los que la humanidad podría descubrir vida extraterrestre, y las modificaciones que debería tener el Derecho Espacial para acoplarse a la nueva realidad.

Dichos escenarios fueron analizados en el apartado anterior de la presente tesis.

4.5.5.1 Sobre la detección

Dentro de este apartado se reglamentará todo lo referente a las acciones que deberán seguirse en caso de que se llegara a detectar señales o recolectar evidencia que sugiera, más allá de toda duda razonable, el hallazgo de una forma de vida extraterrestre.

Al respecto, el Comité SETI, un grupo integrado por expertos en radioastronomía y juristas especializados en Derecho Espacial, ha propuesto el “Proyecto de Declaración de principios relacionados con el envío de comunicaciones a inteligencias extraterrestres” para establecer un marco regulatorio aplicable.

Dicho Proyecto ha sido analizado en apartados anteriores del presente capítulo, y las propuestas que se realizarán a continuación tienen como base el mismo.

En primera instancia, lo contenido dentro de este apartado será vinculante para todos los Estados firmantes, y particularmente para las agencias espaciales y toda instalación que tenga por actividad la radioastronomía, así como las misiones enviadas a otros cuerpos celestes que tengan como destino una región APEX o entre cuyos objetivos se encuentre la búsqueda de vida.

En caso de detectar alguna señal de forma de vida, deberá de realizar todos los procedimientos necesarios para confirmar que efectivamente se trata de otro ente y no de un falso positivo.

Para el supuesto de la radioastronomía, será la Unión Internacional de Telecomunicaciones, en colaboración con el Subcomité Técnico de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, la encargada de elaborar los parámetros técnicos para confirmar la detección de una señal enviada por una forma de vida extraterrestre.

En el caso de las formas de vida que se encuentren en otro cuerpo celeste, será facultad del Subcomité Técnico de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos establecer las pruebas y lineamientos técnicos que deberán seguir para confirmar su existencia.

Una vez que se tenga plena confirmación del hallazgo, este se hará del conocimiento de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, quien evaluará nuevamente los resultados.

En caso de tener plena convicción, hará de conocimiento el hallazgo al Secretario General de la Organización de las Naciones Unidas, quien será el encargado de comunicar a la comunidad internacional sobre el hallazgo de una nueva forma de vida.

Si la agencia espacial fuera omisa y diera la confirmación al mandatario del país donde se encuentre, este último deberá inmediatamente dar aviso a la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos para realizar los procesos conducentes.

4.5.5.2 Sobre la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos

En caso de que se detectará vida en otro cuerpo celeste, la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos tendrá por facultad exigir a la agencia o particular responsable del hallazgo entregue toda la documentación del mismo a fin de verificarlo más allá de toda duda razonable.

Es importante señalar que los escenarios que se propondrán a continuación tienen como base los estudios realizados por el jurista alemán von Der Dunk en caso de que se detectará alguna forma de vida extraterrestre, La Comisión tendrá como competencia el elaborar un plan de acción para los dos escenarios en que se pudiera llegar a encontrar vida.

El primero escenario refiere al hallazgo de formas de vida extraterrestre que carezca de inteligencia, y el segundo a que estas tengan una inteligencia equiparable a la humana.

Como se planteó anteriormente en el Tratado sobre Colonización y Terraformación, tendrá la facultad de declarar inmediatamente el cuerpo celeste como *Zona Prohibida para la Terraformación*, además de imponer mayores restricciones al establecimiento de colonias.

Dicha facultad será aplicable para cualquiera de los dos escenarios.

Para el caso de formas de vida no inteligentes, establecerá por medio del Subcomité Técnico, los protocolos sanitarios que deberán aplicarse para evitar la contaminación de regreso, así como las restricciones específicas para las misiones que tengan como destino el cuerpo celeste en donde se dio el hallazgo.

Por otra parte, emitirá las recomendaciones pertinentes a la Organización de las Naciones Unidas en lo referente a las acciones procedentes respecto a las nuevas formas de vida, especialmente si estas fueran inteligentes.

Para el caso de que sean inteligentes, las recomendaciones deberán abarcar los contenidos de las comunicaciones que tengan lugar entre la Humanidad y la nueva forma de vida, así como las políticas de protección planetaria en caso de que se plantee la posibilidad de una reunión presencial.

4.5.5.3 Sobre la Organización de las Naciones Unidas

Dentro del Acuerdo Internacional sobre el Contacto con Vida Extraterrestre se reitera la propuesta hecha sobre la reforma a la Carta de las Naciones Unidas, mediante la cual esta será la embajadora de la Humanidad.

Cabe señalar que esta problemática también ha sido abordada por otros autores, particularmente el jurista Reijin, quien ha propuesto la creación de

delegaciones *ad hoc* para llevar a cabo la diplomacia entre las diferentes razas del universo.

En este sentido, será competencia del Secretario General dar a conocer la noticia sobre el hallazgo de cualquier forma de vida, esto tras haber recibido la confirmación de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos.

Por su parte, será la Asamblea General la encargada de decidir, luego de considerar las recomendaciones de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, el actuar sobre las formas de vida detectadas.

En caso de ser formas de vida inteligente, la Asamblea General tendrá la facultad de determinar el contenido de las comunicaciones que se realizarán ante las nuevas formas de vida. Mientras que recaerá en el Consejo de Seguridad aprobar el comunicado.

Asimismo, este último ordenará a la Unión Internacional de Telecomunicaciones prohibir el uso de las frecuencias empleadas para la radioastronomía a cualquier sujeto, salvo aquéllos dedicados a tales actividades.

En este sentido, también se prohibirá a cualquier Estado sostener comunicaciones con las formas de vida por conductos privados; si llegara a incurrir en esta falta, será el Consejo de Seguridad el encargado de determinar la sanción aplicable, en atención a los elementos del caso concreto, tales como el contenido de la comunicación, duración de la misma, y su finalidad.

En caso de tener que realizar comunicaciones presenciales, el Secretario General tendrá la facultad de crear un grupo de delegados para cumplir con tal tarea, el cual será encabezado por el mismo.

Dicho grupo estará conformado por científicos reconocidos en los campos de la astronomía y astrobiología.

Los resultados de las reuniones se harán del conocimiento a la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, para que se elabore un informe y sea leído por el Secretario General ante la Asamblea General y los medios de comunicación.

Una vez analizadas las problemáticas en torno a los procesos de colonización y terraformación, y después de haber realizado las propuestas anteriores, se estima que, si bien restan varias décadas para que la humanidad logre finalmente poner pie en los primeros cuerpos celestes con las intenciones de colonizar y modificarlos a imagen y semejanza del planeta que llamamos hogar, es imperante la necesidad de comenzar a establecer un marco jurídico que regule dichas actividades.

Lo anterior no solo con la finalidad de evitar posibles conflictos que surjan por el desarrollo de actividades comerciales en el espacio, o por el establecimiento de colonias humanas que deseen separarse de la Tierra, sino también para salvaguardar la integridad de los cuerpos celestes y, quizás, de los seres que llegaren a habitar en ellos.

La ciencia ha señalado que este es el paso natural de la exploración espacial, y que será una realidad en las próximas décadas, por lo que el Derecho no puede permanecer estático y deberá hacer lo posible para ajustarse con prontitud para hacer frente al nuevo horizonte que se avecina.

Conclusiones

Una vez que se analizó a detalle la ciencia detrás de los procesos de colonización y terraformación, su viabilidad, utilidad y beneficios económicos, así como la legislación y problemáticas jurídicas que hay detrás de ello, se llega a las siguientes conclusiones:

Primera: La colonización espacial y terraformación son procesos cuya trascendencia se ha visto incrementada en la historia, hasta el punto de ser conceptos analizados seriamente dentro del campo científico.

Segunda: El Derecho Espacial se ha definido como una disciplina encargada del estudio normativo en torno al uso y aprovechamiento del espacio ultraterrestre con fines pacíficos, así como de las tecnologías que permiten la exploración del mismo, se ha caracterizado históricamente por tratar con conceptos adelantados a su época, por lo que la colonización espacial y terraformación son materia de estudio de esta rama.

Tercera: La legislación actual en materia espacial contiene varias lagunas importantes que acarrearán problemas considerables de no ser subsanadas.

Cuarta: La cooperación entre naciones, así como entre el sector privado y público es una necesidad para que ambos procesos se conviertan en una realidad, y para ello requieren de un marco jurídico internacional que les dé la certeza necesaria.

Quinta: Es necesaria la celebración de un tratado internacional dedicado exclusivamente a cubrir los varios aspectos que se encuentran envueltos en los procesos de colonización y terraformación, a fin de regular todos los efectos que tendrá en el ramo comercial, civil, de propiedad intelectual, e internacional.

Sexta: La Organización de las Naciones Unidas, así como la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos y la Comisión de Investigaciones Espaciales son las autoridades internacionales encargadas de elaborar las políticas y disposiciones legales en torno a la exploración y utilización de los cuerpos celestes. Requieren de una expansión de facultades que les permita tener un control más activo durante la realización de dichos procesos.

Séptima: Las resoluciones que tome la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos requieren ser vinculantes para crear marcos técnicos sólidos que permitan la realización de la colonización y terraformación de los cuerpos celestes.

Octava: Las políticas de protección planetaria elaboradas por la Comisión de Investigaciones Espaciales requieren ascender al nivel de tratado internacional para ser vinculantes, esto a fin de garantizar una seguridad para cualquier posible forma de vida que resida en otro cuerpo celeste, así como para salvaguardar la integridad de los planetas en la medida de lo posible.

Novena: La minería espacial se ostenta como uno de los precursores más grandes para el establecimiento de colonias en otros cuerpos celestes, por lo que también requiere de un marco jurídico que trascienda de las legislaciones nacionales existentes, a uno que tenga el carácter de internacional.

Décima: Al ser Marte, el planeta del Sistema Solar que cuenta con las mejores características para la colonización y terraformación, hace necesario la celebración de un acuerdo internacional que lo regule específicamente, hasta en

tanto los avances de la ciencia permitan la realización de procesos semejantes en otros cuerpos celestes.

Onceava: El Riesgo de Independencia en una futura colonia espacial en Marte y la posibilidad de encontrar formas de vida, son temas de seria consideración que requieren una legislación internacional particular.

Doceava: A fin de evitar conflictos entre colonias independientes, la Organización de las Naciones Unidas requiere de una expansión de facultades que le permita actuar en representación de la humanidad como su embajadora.

Treceava: En su rol de embajadora, tanto la Asamblea General como el Consejo General deberán de ver sus facultades modificadas a fin de poder actuar de manera coordinada y en favor de los intereses de la humanidad.

Bibliografía

Libros y artículos

- ÁLVAREZ HERNANDEZ, José Luis, Derecho espacial, 1ª ed., UNAM, México, 1997.
- BAXTER, Stephen, The Cold Equations: Extraterrestrial Liberty in Science Fiction, en The meaning of Liberty Beyond Earth, Springer, 1ª ed., 2015.
- BOGAERT, E.R.C, *Aspects of Space Law*; Kluwer Law and Taxation Publishers, Países bajos, 1981.
- COCKELL, Charles, Essay on Extraterrestrial Tyranny, SNE, 2009.
- COCKELL, Charles, Liberty and the Limits of Extraterrestrial State en Journal of the British Interplanetary Society, SNE, 2009.
- COSTA, Raphael, *How to establish a space colony: A legal guide*, en The Institutions of Extraterrestrial Liberty, SNE, Estados Unidos, 2002
- DIERDERIKS-VERSCHOOR Y V. KOPAL, *An Introduction to Space Law*, 1ª ed., Kluwer Law International, Países Bajos, 2008.
- FAIREN, Alberto et al., Planetary Protection and the astrobiological exploration of Mars, Proactive steps in moving forward, en Advances in Space Research, SNE, 2019.
- FOGG, Martyn J., *Terraforming: engineering planetary environments*, 1ª ed., Estados Unidos de América, Warrendale, PA, 1995.
- GENTA, Giancarlo, Next Stop Mars: The Why, How, and When of Human Missions, 1ª ed., Springer International Publishing, Suecia, 2017.
- HALDANE, J.B.S., “*The Last Judgement*” en Possible Worlds, SNE, 1927.
- HOPE-JONES, Edward., *Planetary Engineering* en Journal of the British Interplanetary Society, Número 12, 1953.

- HUTCHINS, Michael, et al, Grzimek 's Animal Life Encyclopedia: Evolution, Gale, 2a edición, Estados Unidos, 2011.
- KARTTUNEN, Hannu et al., *Fundamental Astronomy*, 6a edición, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, Alemania, 2017.
- KEITH, David W., *Geoengineering The Climate: History and Prospect*, Annual Reviews, Tomo 25, SNE, 2000.
- LEE, Ricky, J., *Rules for First Contact: Legal and Policy Issues Arising from Establishing and Maintaining Communications with Extraterrestrials*, SNE, 2006.
- LOVELOCK, J. y ALLABY, M. *The Greening of Mars*, SNE, Warner Books, Nueva York, Estados Unidos, 1984.
- LOWELL, Percival, *Mars and its Canals*, SNE, Macmillan and Co., Ltd, Londres, Reino Unido, 1906.
- LOWELL, Percival, *Mars as the Abode of Life*, SNE, Macmillan and Co., Ltd, Londres, Reino Unido, 1909.
- HALEY, Andrew G., *Space law and Metalaw – A Synoptic View*, SNE, Harvard Law Record 23, 1956.
- MANSILLA Y MEJÍA, María Elena, *Derecho Internacional Privado*, 2ª ed., IURE editores, 2014
- MATTHEWS, Jack J., et al, *Exogeoconservation: Protecting geological heritage on celestial bodies*, en *Acta Astronautica*, SNE, 2018.
- MARCHÁN, Jaime, *Derecho Internacional del Espacio: Teoría y política*, 2ª ed., Editorial Civitas S.A. Madrid, España, 1990.

- MONROY JIMENÉZ, Cynthia, Legal and Institutional Aspects of Latin American Space Cooperation AQUARELSat: The Water Monitoring Constellation, SNE, EM Meyers Institut, 2012,
- MORISON, Ian, *Introduction to Astronomy and Cosmology*, Wiley, 2ª ed., Barcelona, España, 2008.
- NEWMAN, Christopher, *The Way to Eden: Environmental legal and Ethical values in Interplanetary Space Flight*, 1ª ed., 2018
- NOORDUNG, H. Potočnik, *Das Problem der Befahrung de Weltraum*, SNE, Schimdt & Co., 1928.
- PALACIO, J., Rosado, E., Martínez, G., *Geoparques. Guía para la formulación de proyectos*, SNE, México, UNAM. Instituto de Geografía.
- PASS, Jim, *The Astrosociology of Space Colonies or the Social Construction of Societies in Space*, SNE, American Institute of Physics, 2006.
- REIJNEIN, G.C.M, *Basic Elements of an International Terrestrial Reply Following the Detection of a Signal from Extraterrestrial Intelligence*, en *Acta Astronautica* Vol. 21, SNE, 1990.
- SAGAN, Carl, *Planetary Engineering on Mars* en *Icarus*, Número 20, SNE, 1973.
- SAGAN, Carl, *The Planet Venus* en *Science*, Número 133, SNE, 1961.
- STAPLEDON, Olaf., *Last and First Men*, SNE, Methuen, Londres, Reino Unido, 1930.
- THE ROYAL SOCIETY, *Geoengineering the climate, Science: Governance and uncertainty*, SNE, Science Policy, Londres, 2009.

- TOON Owen B., Condiciones ambientales en la Tierra y en otros mundos, en Cambridge University Press, 1ª ed. El Universo de Carl Sagan. 1997.
- VON DER DUNK, F.G, International Legal Framework from European Activities on Board the ISS en The International Space Station: Commercial Utilisation from a European Legal Perspective, SNE, Países Bajos, Martinus Nijhoff Publishers, 2006.
- VON DER DUNK, Frans G., Shaking the Foundations of the Law: Some Legal Issues posed by a Detection of Extraterrestrial Life, en The Ethics of Space Exploration, 1ª ed., Springer International Publishing, Londres, 2016.
- WILSON, Todd, Planetary Biology and Terraforming, SNE, 2014
- ZUBRIN, Robert; *The case for Mars: The plan to settle the red planet and why we must*, 2ª ed., Estados Unidos de América, Touchstone, 2011

Información en línea

- ANGLADA-ESCUDE, Guillem, Nüwa, la primera ciudad sostenible en Marte, 2020, Disponible en: <https://abiboo.com/es/projects/nuwa-marte/> Consultado el 26 de octubre de 2021.
- AVERNER, M.M y MACELROY, R.D., “*On the Habitability of Mars: An Approach to Planetary Ecosynthesis*” en Informe NASA SP-414, Estados Unidos, 1976, Disponible en: <https://dokumen.tips/documents/nasa-sp-414-terraformingmars.html>, consultado el 15 de agosto de 2021.
- CHÁVEZ, Chavez, Diana Katherin, El uso de las fuentes de energía nuclear en el espacio ultraterrestre, Bogotá, 2014, pp. 22, Disponible en:

<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/16147/u686153.pdf?sequence=1> Consultado el 20 de octubre de 2020.

- CHERIF, Mariam, The Artemis Accords explained, en Space Legal Issues, 2020, Disponible en: <https://www.spacelegalissues.com/the-nasa-artermis-accords-explained/> Consultado el 18 de octubre de 2021.
- COCKELL, Charles S., A Planetary Park system for the Moon and beyond, 2004, disponible en: https://www.researchgate.net/publication/253790137_A_Planetary_Park_system_for_the_Moon_and_beyond, consultado el 27 de febrero de 2022.
- COMISIÓN SOBRE LA UTILIZACIÓN DEL ESPACIO ULTRATERRESTRE CON FINES PACÍFICOS, Análisis preliminar acerca de la manera en que los Principios Pertinentes a la Utilización de Fuentes de Energía Nuclear en el Espacio Ultraterrestre contribuyen a la seguridad de las aplicaciones de fuentes de energía nuclear en el espacio, 2019, Disponible en https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2020/aac_105c_1/aac_105c_1_378_0_html/V1911438.pdf Consultado el 20 de octubre de 2021.
- COPUOS, Committee on the Peaceful Uses of Outer Space: 2021: Sixty-fourth session (25 August-3 September 2021), Disponible en: <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/copuos/2021/index.html> recuperado el 30 de marzo de 2022.
- COPUOS, Directrices relativas a la sostenibilidad a largo plazo de las actividades en el espacio ultraterrestre de la Comisión sobre la Utilización

- del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, Disponible en: https://spacesustainability.unoosa.org/sites/spacesustainability.unoosa.org/files/21-02565_Its_spanish_ebook.pdf recuperado el 30 de marzo de 2022.
- COPUOS, Informe de la labor del Grupo de Trabajo encargado de la Agenda “Espacio 2030” de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacífico, Disponible en: https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2021/aac_105wg2030/aac_1052021wg2030l_1_0_html/AC105_2021_WGW2030_L01S.pdf recuperado el 30 de marzo de 2022.
 - DURAND, Thomas, What is the nationality of someone born in space en: Space Legal Issues, 2020, Disponible en: <https://www.spacelegalissues.com/what-is-the-nationality-of-someone-born-in-space/> Consultado el 15 de marzo de 2022.
 - GANGALE, Thomas, The Architecture of Time, Part 2: The Darian System for Mars, Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/290542846_The_Architecture_of_Time_Part_2_The_Darian_System_for_Mars Consultado el 07 de julio de 2020.
 - GANGALE, Thomas, The Calendars of Jupiter, 1998, Disponible en: https://ops-alaska.com/time/gangale_jupiter/jupiter.htm Consultado el 15 de julio de 2020.
 - GANGALE, Thomas, The Darian Calendar for Titan, Disponible en: https://ops-alaska.com/time/gangale_saturn/Darian_Titan_main.htm Consultado el 16 de julio de 2020.

- GANGALE, Thomas, The Darian System, 1986, Disponible en: https://ops-alaska.com/time/gangale_mst/darian.htm Consultado el 07 de julio de 2020.
- GOUYON Matignon, Louis de, Proposal for a Martian Constitution, 2020, Disponible en: <https://www.spacelegalissues.com/proposal-for-a-martian-constitution/> Consultado el 12 de febrero de 2022.
- GOUYON Matignon, Louise de, *The difference between space policy and space law*, en Space Legal Issues, Disponible en: <https://www.spacelegalissues.com/the-difference-between-space-policy-and-space-law/>, Consultado el 13 de septiembre de 2021.
- GOUYON Matignon, Louise de, *The lawfulness of space mining activities*, Disponible en: <https://www.spacelegalissues.com/wp-content/uploads/2019/09/The-Lawfulness-of-Space-Mining-Activities.pdf> consultado el 20 de agosto de 2021, 2019.
- GOUYON Matignon, Louis de, The Outer Space Treaty of 1967, Disponible en: <https://www.spacelegalissues.com/space-law-the-outer-space-treaty-of-1967-and-the-main-principles-of-space-law/> Consultado el 04 de octubre de 2021.
- GREAVES, J.S., RICHARDS, A.M.S., BAINS, W. et al., Phosphine gas in the cloud decks of Venus, 2020, disponible en <https://www.nature.com/articles/s41550-020-1174-4> Consultado el 16 de diciembre de 2021.
- HARP, G.R., Jon Richards, Radio SETI Observations of the anomalous star KIC 8462852, 2015, Disponible en:

- <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1511/1511.01606.pdf> Consultado el 20 de diciembre de 2020.
- HAMARA D.K, MESLIN P, et al., Analysis of uranium and thorium lines in Mars Odyssey Gamma Spectra and Refined Mapping of Atmospheric Radar, 43rd Lunar and Planetary Conference, 2012, disponible en: <https://www.lpi.usra.edu/meetings/lpsc2012/pdf/2852.pdf>, consultado el 20 de julio de 2020.
 - HASSLER DM, et al., Mars Surface Radiation Environment Measured with the Mars Science Laboratory's Curiosity Rover, Science, 2013, disponible en: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1244797>, consultado el 18 de julio de 2020.
 - JAXA, Settlement of Claim between Canada and the Union of Soviet Socialist Republics for Damage Caused by "Cosmos 954", 1981, Disponible en: https://www.jaxa.jp/library/space_law/chapter_3/3-2-2-1_e.html Consultado el 03 de diciembre de 2021.
 - LAMMER H., BREDEHÖFT, J.H, COUSTENSIS, A, et al., What makes a planet habitable?, Astron Astrophys Rev 17, 2009 https://www.researchgate.net/profile/Yuri_Kulikov2/publication/225365909_What_makes_a_planet_habitable/links/0912f50a4ed391d9b5000000/What-makes-a-planet-habitable.pdf Consultado el 04 de abril de 2020.
 - LANDIS, Geoffrey A., KERSLAKE Thomas W. et al, Mars Solar power, NASA, 2004, disponible en: <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20040191326/downloads/20040191326.pdf>, consultado el 20 de julio de 2020.

- LEONARD, David, Toxic Mars: Astronauts must deal with perchlorate on the red planet, 2013 <https://www.space.com/21554-mars-toxic-perchlorate-chemicals.html> Consultado el 15 de julio de 2020.
- MAHONEY, Erin, NASA seeks new ways to handle trash for Deep Space Missions, 2018, Disponible en: <https://www.nasa.gov/feature/nasa-seeks-new-ways-to-handle-trash-for-deep-space-missions> Consultado el 04 de abril de 2020.
- MALEK, Caline; AL WASMI, Naser, UAE makes plans to send unmanned probe to Mars by 2021, disponible en: <https://web.archive.org/web/20160329040456/http://www.emiratesmarsmission.ae/news/uae-mars-probe/>, consultado el 10 de noviembre de 2021.
- MINET, Mathilde, The Artemis Program or the return of the man on the moon en Space Legal Issues, 2020, Disponible en: <https://www.spacelegalissues.com/the-artemis-program-or-the-return-of-man-on-the-moon/> Consultado el 25 de octubre de 2021.
- MINET Mathilde, The Mars One Project, en Space Legal Issues, 2020, Disponible en <https://www.spacelegalissues.com/mars-one-the-development-and-the-failure-of-the-project/> Consultado el 25 de octubre de 2021.
- NASA, Handbook for the Microbial Examination of Space Hardware (NASA-HDBK-6022), Estados Unidos, 2010 Disponible en: https://explorers.larc.nasa.gov/2019APSMEX/SMEX/pdf_files/NASA-HDBK-6022b.pdf Consultado el 26 de octubre de 2021.

- NASA, Mars Curiosity Rover: Launch Windows, disponible en: <https://mars.nasa.gov/msl/timeline/launch/launch-windows/>, consultado el 19 de julio de 2020.
- NASA, Mars Sample Return, disponible en: <https://www.jpl.nasa.gov/missions/mars-sample-return-msr>, consultado el 10 de noviembre de 2021.
- NASA, NASA Interim Directive MD 8715.128 Planetary Protection Categorization for Robotic and Crewed Missions to the Earth's Moon, 2020, Disponible en: https://nodis3.gsfc.nasa.gov/OPD_docs/NID_8715_128_.pdf Consultada el 22 de octubre de 2021.
- NASA, NASA Interim Directive NID 8715.129: Biological Planetary Protection for Human Missions to Mars, 2020 Disponible en: https://nodis3.gsfc.nasa.gov/OPD_docs/NID_8715_129_.pdf, consultado el 24 de octubre de 2021.
- NASA, NASA Planetary Protection Provisions for Robotic Extraterrestrial Missions NPR 8020.12D, Estados Unidos, 2011, Disponible https://nodis3.gsfc.nasa.gov/displayAll.cfm?Internal_ID=N_PR_8020_012D_&page_name=ALL Consultado el 24 de octubre de 2021.
- NASA, NASA Policy Directive NPD 8020.7G Biological Contamination Control for Outbound and Inbound Planetary Spacecraft (Revalidated 05/17/13 change 1), Estados Unidos, 1999, Disponible en: <https://nodis3.gsfc.nasa.gov/displayDir.cfm?t=NPD&c=8020&s=7G> Consultado el 25 de octubre de 2021.

- NASA, NEO Earth Close Approaches, disponible en: <https://cneos.jpl.nasa.gov/ca/> Consultado el 20 de marzo de 2022.
- NASA, Report of the 90-Day Study on Human Exploration of the Moon and Mars, Estados Unidos, 1989, Disponible en: https://history.nasa.gov/90_day_study.pdf, consultado el 19 de agosto de 2021.
- NASA, Space Shuttle and International Space Station, disponible en: https://www.nasa.gov/centers/kennedy/about/information/shuttle_faq.html, consultado el 23 de diciembre de 2021.
- NASA, The Artemis Accords: Principles for cooperation in the civil exploration and use of the Moon, Mars, Comets, and Asteroids for Peaceful Purposes, 2020, Disponible en: <https://www.nasa.gov/specials/artemis-accords/img/Artemis-Accords-signed-13Oct2020.pdf> Consultado el 19 de octubre de 2021.
- NASA, Toxic effects on Martian Dust, 2005, <https://mepag.jpl.nasa.gov/goal.cfm?goal=5> Consultado el 15 de julio de 2020.
- NASA, We are going, 2019 <https://solarsystem.nasa.gov/resources/2446/we-are-going/> Consultado el 05 de junio de 2020.
- PETROVA, Valentina, Carl Sagan and Project A119 en Space Legal Issues, Disponible en: <https://www.spacelegalissues.com/carl-sagan-and-project-a119/>, Consultado el 07 de agosto de 2021
- RACE, Margaret et al., Planetary protection Knowledge Gaps for Human Extraterrestrial Missions Workshop Report, NASA, Estados Unidos, 2015

- Disponible en:
<https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20160012793/downloads/20160012793.pdf>, consultado el 24 de septiembre de 2021.
- RENENELLA Raúl, ¿Ha empezado una nueva carrera espacial?, Revista: El Universo, Disponible en:<https://www.eluniverso.com/noticias/internacional/ha-empezado-una-nueva-carrera-espacial-nota/>, España, 2021, consultado el 29 de agosto de 2021.
 - RUMMEL, J.D, A history of lunar planetary protection: Origins, goals and status changes, disponible en:<https://www.hou.usra.edu/meetings/lunarsurface2020/pdf/7011.pdf>, consultado el 10 de noviembre de 2021.
 - SECRETARÍA DE RELACIONES EXTERIORES, Comisión para la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos (COPUOS), Disponible en: <https://embamex.sre.gob.mx/austria/index.php/es/mision-de-mexico-onu/copuos> Consultado el 20 de marzo de 2020
 - SPACEX, Mars & Beyond: The Road to Making Humanity Multiplanetary, 2016, Disponible en:https://web.archive.org/web/20160928040332/http://www.spacex.com/sites/spacex/files/mars_presentation.pdf Consultado el 20 de octubre de 2021.
 - UHRAN, Bergit, CONLEY, Catharine, SPRY, J. Andy, Updating Planetary Protection Considerations and Policies for Mars Sample Return en Space Policy, Volumen 49, Estados Unidos, 2019 Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0265964618300833>, consultado el 24 de septiembre de 2021.

- UNITED NATIONS ON THE PEACEFUL USES OF OUTER SPACE, Committee on the Peaceful Uses of Outer Space and its Subcommittees, disponible en: <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/copuos/comm-subcomms.html> consultado el 23 de marzo de 2022.
- UNOOSA, Status of International Agreements relating to activities in outer space as at 1 January 2021 Disponible en: https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2021/aac_105c_22021crp/aac_105c_22021crp_10_0_html/AC105_C2_2021_CRP10E.pdf, Consultado el 03 de octubre de 2021.
- VAISBERG, O.L, ERMOKOV, V.N, et al., The structure of Martian Magnetosphere at the Dayside Terminator Region as observed on MAVEN Spacecraft, Journal of Geophysical Research, disponible en https://www.researchgate.net/publication/322756501_The_Structure_of_Martian_Magnetosphere_at_the_Dayside_Terminator_Region_as_Observed_on_MAVEN_Spacecraft, consultado el 17 de julio de 2020.
- ZUBRIN, Robert, Mars Direct: A simple, robust and cost-effective architecture for the space exploration initiative, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Estados Unidos, 1991, Disponible en: <https://www.marsociety.org/concepts/mars-direct/> Consultado el 25 de marzo de 2021.

Tratados Internacionales

- Antarctic Protected Areas, disponible en: <https://web.archive.org/web/20070610033451/http://cep.ats.aq/cep/apa/apa/index.html>, consultado el 26 de febrero de 2022.
- ASAMBLEA GENERAL DE LAS NACIONES UNIDAS, Declaración de los principios jurídicos que deben regir las actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre, 1963, disponible en: https://derecho.usc.edu.co/files/Derecho_especial_ultraterrestre/declaracion_principios_juridicos.pdf, consultado el 25 de octubre de 2021.
- CNUDMI, Convención de las Naciones Unidas sobre los Contratos de Compraventa Internacional de Mercaderías, 1980.
- COMITÉ INTERNACIONAL DE LA CRUZ ROJA, Convención sobre la prohibición de utilizar técnicas de modificación ambientales con fines militares u otros fines hostiles (ENMOD), 1978, <https://www.icrc.org/es/doc/resources/documents/misc/treaty-1976-enmod-convention-5tdm2l.htm>, consultado el 07 de octubre de 2021.
- COMITÉ SETI, Proyecto de Declaración de principios relacionados con el envío de comunicaciones a inteligencias extraterrestres, Chasqui 5, 1996: pp. 73-7
- COSPAR, COSPAR Planetary Protection Policy, 2011 Disponible en: <https://cosparhq.cnes.fr/assets/uploads/2019/12/PPPolicyDecember-2017.pdf>, pp. 18, consultado el 24 de octubre de 2021.
- COSPAR, Principles and Guidelines for Human Missions to Mars, en: COSPAR Planetary Protection Policy, 2011 Disponible en:

- <https://cosparhq.cnes.fr/assets/uploads/2019/12/PPPPolicyDecember-2017.pdf>, pp. 18, consultado el 24 de octubre de 2021.
- INTERNATIONAL ACADEMY OF ASTRONAUTICS, Declaration of Principles Concerning Activities Following the Detection of Extraterrestrial Intelligence, 1989, disponible en: <https://iaaseti.org/en/declaration-principles-concerning-activities-following-detection/> Consultado el 17 de marzo de 2022.
 - LUXEMBURG SPACE AGENCY, SpaceResources.lu, disponible en: <https://space-agency.public.lu/en/space-resources.html>, consultado el 15 de enero de 2022.
 - OFICINA DE NACIONES UNIDAS PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR, Acuerdo que Gobierna las Actividades de los Estados en la Luna y otros Cuerpos Celestes, 1984, en Tratados y principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre, Disponible en: <https://www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE11S.pdf>, consultado el 04 de octubre de 2021.
 - OFICINA DE NACIONES UNIDAS PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR, Convenio sobre la responsabilidad internacional por daños causados por objetos espaciales, en Tratados y principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre, Disponible en: <https://www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE11S.pdf>, consultado el 05 de febrero de 2022.
 - OFICINA DE NACIONES UNIDAS PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR, Declaración sobre la cooperación internacional en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre en beneficio e interés

- de todos los Estados, teniendo especialmente en cuenta las necesidades de los países en desarrollo, en Tratados y principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre, Disponible en: <https://www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE11S.pdf>, consultado el 04 de octubre de 2021.
- OFICINA DE NACIONES UNIDAS PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR, Principios pertinentes a la utilización de fuentes de energía nuclear en el espacio ultraterrestre, en Tratados y principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre, Disponible en: <https://www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE11S.pdf>, consultado el 05 de febrero de 2022.
 - OFICINA DE NACIONES UNIDAS PARA ASUNTOS DEL ESPACIO EXTERIOR, 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, 1967, en Tratados y principios de las Naciones Unidas sobre el Espacio Ultraterrestre, Disponible en: <https://www.unoosa.org/pdf/publications/STSPACE11S.pdf>, consultado el 04 de octubre de 2021.
 - OMPI, PATENTSCOPE, disponible en: <https://www.wipo.int/patentscope/en/>, consultado el 17 de enero de 2022.
 - ONU, Carta de las Naciones Unidas, 1945 Disponible en: <https://www.un.org/es/about-us/un-charter/full-text>, consultado el 26 de octubre de 2021.
 - ONU, Principios Pertinentes a la Utilización de Fuentes de Energía Nuclear en el Espacio Ultraterrestre, 1992, Disponible en:

- https://derecho.usc.edu.co/files/Derecho_especial_ultraterrestre/principios_utilizacion_fuentes_energia.pdf Consultado el 20 de octubre de 2021.
- UNESCO, Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural, 1972, Artículo 6, disponible en <https://whc.unesco.org/archive/convention-es.pdf>, consultada el 23 de febrero de 2022.
 - UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, Reglamento de Radiocomunicaciones, disponible en: <https://search.itu.int/history/HistoryDigitalCollectionDocLibrary/1.43.48.es.301.pdf> Consultado el 17 de marzo de 2022.
 - U.S. Commercial Space Launch Competitiveness Act, 2015, disponible en: <https://www.congress.gov/114/plaws/publ90/PLAW-114publ90.pdf> consultado el 12 de enero de 2022.