

Universidad Técnica Nacional

Sede de San Carlos

Historia de la Ciencia, la Técnica y la Tecnología

Proyecto Investigación Franklin Chang

Estudiantes:

Cristina Villalobos Mena

Jason Rojas Salas

Guoliang Li Gonzalez

Robert Quesada Quesada

Tabla de Contenidos:

1. Introducción	3
2. Objetivos.....	4
2.1. Objetivo General.....	4
2.2. Objetivos Específicos	5
3. Desarrollo	5
3.1. Breve reseña biográfica de Franklin Chang Díaz	5
3.2. El motor de plasma VASIMR: Funcionamiento y relevancia científica.....	7
3.3. Impacto del motor de plasma en Costa Rica: social, científico y educativo.....	10
3.4. La propuesta del hidrógeno como energía para el transporte público	12
3.5. Impacto social, educativo y científico del trabajo de Franklin Chang en Costa Rica	13
3.5.1. Cobertura mediática y percepción social	14
3.5.2. Aporte al ámbito educativo	14
3.5.3. Relevancia científica nacional e internacional	15
3.6. Rol de Ad Astra Rocket: liderazgo tecnológico regional.....	16
3.6.1. Comparación con INVAP (Argentina)	16
3.6.2. Comparación con la ALCE	16
3.6.3. Convergencia estratégica.....	17
3.7. Viabilidad y beneficios del hidrógeno para el transporte público	17
3.7.1. Viabilidad técnica.....	18
3.7.2. Beneficios ambientales.....	18
3.7.3. Viabilidad económica e institucional	19
4. Conclusiones	19
Referencias.....	22

1. Introducción

La historia de la ciencia, la técnica y la tecnología no solo se construye en grandes potencias mundiales, sino también en países que, como Costa Rica, han apostado por el conocimiento como motor de desarrollo. En este contexto, Franklin Ramón Chang Díaz representa una figura excepcional que ha logrado vincular el conocimiento científico de alto nivel con el compromiso social, ambiental y educativo. Su vida y obra simbolizan cómo el talento humano, cuando se canaliza con disciplina, visión y sentido de propósito, puede generar transformaciones profundas, no solo en el ámbito de la ciencia, sino también en la manera en que una nación se proyecta hacia el futuro.

Franklin Chang Díaz es ampliamente reconocido por ser el primer costarricense y centroamericano en formar parte del programa espacial de la NASA, donde participó en siete misiones que lo posicionaron entre los astronautas con mayor tiempo acumulado en el espacio. Sin embargo, su impacto trasciende este logro. A lo largo de su trayectoria, ha asumido el papel de científico, innovador, empresario y educador, liderando proyectos que integran ciencia de frontera con propuestas concretas para el desarrollo sostenible. Su trabajo en el diseño y perfeccionamiento del motor de plasma VASIMR, así como su apuesta por el uso del hidrógeno como fuente energética limpia, muestran una clara intención de aplicar el conocimiento científico no solo para explorar el espacio, sino también para mejorar las condiciones de vida en la Tierra.

El presente trabajo tiene como propósito analizar el aporte tecnológico de Franklin Chang Díaz desde una perspectiva integral, considerando su trayectoria personal y profesional, así como el impacto de sus iniciativas en el ámbito científico, ambiental, educativo y social costarricense. Para ello, se desarrollará una revisión de los principales proyectos que ha impulsado, entre ellos el motor de plasma, la empresa Ad Astra Rocket Company y su propuesta para implementar una red de transporte público basado en hidrógeno. A través de este análisis, se busca comprender cómo estas iniciativas han contribuido a posicionar a

Costa Rica como un referente en innovación tecnológica, energía limpia y formación científica en América Latina.

Asimismo, este trabajo pretende reflexionar sobre el valor de la ciencia aplicada y el rol que desempeñan las figuras científicas en la transformación de sociedades. En el caso particular de Chang Díaz, se abordará cómo su legado ha motivado políticas públicas, generado oportunidades educativas, promovido alianzas internacionales y fomentado un modelo de desarrollo alineado con los principios de sostenibilidad y equidad. También se examinará el impacto de su figura en el imaginario colectivo costarricense, especialmente entre las nuevas generaciones que ven en la ciencia un camino posible para contribuir con el país.

De esta manera, el presente estudio busca ir más allá de una reseña biográfica para convertirse en un análisis crítico y contextualizado sobre cómo la ciencia y la tecnología, cuando son impulsadas con visión ética y compromiso nacional, pueden constituirse en herramientas concretas de progreso. En tiempos donde los desafíos globales como el cambio climático, la crisis energética y la desigualdad educativa exigen respuestas innovadoras, el ejemplo de Franklin Chang Díaz invita a repensar el papel de los científicos como agentes activos de transformación social.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

Analizar el aporte tecnológico y científico de Franklin Chang Díaz, destacando el impacto del motor de plasma, su propuesta de uso de hidrógeno en el transporte público y la relevancia de la empresa Ad Astra Rocket en Costa Rica y Latinoamérica.

2.2. Objetivos Específicos

1. Describir brevemente la vida y trayectoria profesional de Franklin Chang Díaz como científico costarricense.
2. Explicar el funcionamiento del motor de plasma VASIMR y su importancia dentro de los avances tecnológicos aeroespaciales.
3. Reconocer el impacto social, educativo y científico del trabajo de Franklin Chang en Costa Rica.
4. Conocer el papel de la empresa Ad Astra Rocket en la promoción del desarrollo tecnológico en la región.
5. Analizar la viabilidad y beneficios de la propuesta de Franklin Chang sobre el uso del hidrógeno como fuente de energía para el transporte público costarricense.

3. Desarrollo

3.1. Breve reseña biográfica de Franklin Chang Díaz

Franklin Ramón Chang Díaz nació en San José, Costa Rica, el 5 de abril de 1950. Hijo de un inmigrante chino, Pedro Chang, y de una costarricense, María Eugenia Díaz, creció en un hogar humilde donde el esfuerzo académico y la disciplina personal fueron valores fundamentales. Desde temprana edad mostró interés por la ciencia, construyendo modelos de cohetes y soñando con llegar al espacio, una aspiración que parecía inalcanzable en un país donde, en aquel entonces, no existía una cultura científica desarrollada ni acceso a tecnología espacial (Academia Nacional de Ciencias de Costa Rica, s. f.).

A los 18 años, emigró a Estados Unidos con recursos limitados y sin dominio del inglés, lo que representó uno de los mayores desafíos de su vida. No obstante, logró ingresar al *Hartford Public High School* en 1969, obtuvo el título de Bachiller en Ingeniería Mecánica en la Universidad de Connecticut y, posteriormente, completó un doctorado en física del plasma en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) en 1977. Durante su estancia en

el MIT, desarrolló un marcado interés por las aplicaciones del plasma en la propulsión espacial, lo que sentó las bases para su proyecto futuro: el motor VASIMR (American Institute of Chemical Engineers, 2019).

En 1980, Chang Díaz fue seleccionado por la NASA como parte del Grupo 9 de astronautas, convirtiéndose en el primer costarricense y centroamericano en integrar el programa espacial estadounidense. Realizó un total de siete misiones entre 1986 y 2002, incluyendo vuelos en el transbordador Columbia, Atlantis, Discovery y Endeavour. Estas misiones incluyen tareas de investigación científica, operaciones con satélites, pruebas de sistemas tecnológicos y trabajos en la Estación Espacial Internacional. En total, acumuló más de 1.600 horas en el espacio, lo que lo posiciona como uno de los astronautas más experimentados del programa de transbordadores (Academia Nacional de Ciencias de Costa Rica, s. f.).

Es importante destacar que su rol en la NASA no se limitó al de astronauta. Chang Díaz trabajó en tecnologías de propulsión avanzadas y promovió la cooperación internacional para la exploración espacial. Fue un pionero en la física del plasma aplicada a la movilidad espacial, integrando ciencia y visión tecnológica (Chang Díaz, 2000, p. 92). Durante una conferencia en el Parque Científico de Barcelona, presentó su motor VASIMR como una “alternativa sostenible” que utiliza menos combustible y resulta más económica que los sistemas convencionales (Universidad de Barcelona, 2011).

Tras su retiro de la NASA en 2005, fundó la empresa Ad Astra Rocket Company y estableció su sede operativa en Liberia, Guanacaste. Esta decisión no fue únicamente logística, sino profundamente simbólica: un científico de renombre mundial eligió regresar a su país natal para desarrollar tecnología espacial de punta desde Centroamérica. Esta acción ha sido interpretada como una muestra de su compromiso con la transformación de Costa Rica en un país productor de tecnología y conocimiento, no solo consumidor. Al elegir Guanacaste como centro de operaciones, también visibilizó regiones del país

tradicionalmente asociadas a lo agrícola, demostrando que la innovación no debe estar concentrada exclusivamente en las grandes urbes.

Además de su labor científica, Chang Díaz ha participado activamente en iniciativas de divulgación y educación científica, desempeñándose como conferencista, autor de libros y promotor de políticas públicas en temas de sostenibilidad energética. Su figura ha sido reconocida con numerosos galardones, tanto nacionales como internacionales, entre ellos el premio “Héroe de la Tierra” del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y su ingreso al Salón de la Fama de Astronautas de Estados Unidos (American Institute of Chemical Engineers, 2019; Academia Nacional de Ciencias de Costa Rica, s.f., párr.3).

Franklin Chang Díaz representa una conjunción poco común entre excelencia académica, innovación científica y compromiso social. Su vida es testimonio de cómo la ciencia puede trascender fronteras políticas, económicas y culturales para convertirse en una herramienta de transformación. Su influencia se manifiesta tanto en los laboratorios como en las aulas, en el espacio como en las comunidades rurales de Costa Rica, y su legado continúa inspirando nuevas generaciones de científicos en América Latina.

3.2. El motor de plasma VASIMR: Funcionamiento y relevancia científica

El motor VASIMR (Variable Specific Impulse Magnetoplasma Rocket), desarrollado por el físico costarricense-estadounidense Franklin Chang Díaz, constituye una de las propuestas más revolucionarias en el ámbito de la propulsión espacial del siglo XXI. A diferencia de los motores químicos tradicionales, que queman combustibles para generar empuje, el VASIMR utiliza plasma un gas supercalentado e ionizado que es acelerado mediante campos magnéticos, eliminando la necesidad de combustión directa. Esta tecnología no solo mejora la eficiencia energética, sino que también permite ajustar el rendimiento del motor según los requerimientos de la misión, ya sea para mayor empuje o para trayectos más largos con menor consumo (Chang Díaz, 2000). Como señala el propio autor en su artículo publicado en *Scientific American*, esta idea surgió durante su carrera en

la NASA, cuando identificó que los motores químicos estaban llegando a su límite en términos de viabilidad para misiones interplanetarias. El planteamiento, lejos de ser solo una teoría futurista, representó desde entonces una visión concreta para acortar los tiempos de viaje a Marte y hacer sostenibles las misiones espaciales de larga duración. Esta combinación de fundamentos científicos sólidos y mirada estratégica hacia el futuro demuestra la madurez de la propuesta desde sus inicios.

El concepto del VASIMR comenzó a gestarse en los años ochenta, durante la carrera de Chang Díaz en la NASA, cuando lideraba investigaciones sobre física de plasma y sus posibles aplicaciones en la propulsión. En esencia, el motor toma un gas neutro (como argón o hidrógeno) y lo ioniza mediante ondas de radiofrecuencia, convirtiéndose en plasma caliente. Luego, ese plasma es acelerado a través de un sistema de toberas magnéticas que lo expulsa a altísima velocidad, generando impulso. Una de las características más importantes del VASIMR es que puede variar su impulso específico, es decir, la relación entre la velocidad de salida del plasma y el consumo energético. Esto permite ajustar el motor para obtener más velocidad o más fuerza, según las necesidades de la misión (Chang Díaz, 2000).

La cita anterior, fue tomada de un artículo científico publicado en *Scientific American*, no solo aporta validez técnica al tema, sino que también nos permite comprender el impacto de esta tecnología dentro de la comunidad científica. Al analizarla críticamente, se nota que desde hace más de dos décadas ya existía una visión futurista de acortar los tiempos de viaje a Marte, lo cual sigue siendo un objetivo vigente. El hecho de que un científico latinoamericano haya sido coautor de esta propuesta refuerza la importancia del desarrollo científico regional.

Desde una perspectiva técnica, el VASIMR es capaz de alcanzar temperaturas de millones de grados Celsius, similares a las del núcleo del Sol, pero confinado de manera segura mediante campos magnéticos, lo que demuestra el nivel de avance científico en su desarrollo. Este tipo de motor no es apto para el despegue desde la Tierra (debido a su bajo

empuje inicial), pero sí es ideal para propulsión en el vacío del espacio, donde su eficiencia energética supera con creces la de los motores químicos.

Según Ad Astra Rocket (2014), el motor VASIMR puede reducir considerablemente los costos y los riesgos de las misiones espaciales, al requerir menos combustible y permitir trayectos más cortos y seguros. Esta afirmación es relevante porque muestra cómo el discurso tecnológico no se queda únicamente en la teoría, sino que la empresa está trabajando activamente en pruebas dentro de laboratorios reales en Costa Rica. Al contrastar esta fuente institucional con los estudios anteriores, se confirma que la iniciativa no ha quedado estancada como un proyecto conceptual, sino que ha evolucionado hasta alcanzar fases experimentales concretas.

En términos de relevancia científica, el VASIMR abre posibilidades significativas para el futuro de la exploración espacial. La tecnología podría reducir el tiempo de viaje a Marte de aproximadamente nueve meses a solo 39 días, lo cual minimiza los riesgos asociados a la exposición prolongada a la radiación cósmica y mejora la viabilidad de misiones humanas interplanetarias (Chang Díaz, 2000). Además, el motor permite reutilizar propulsores más accesibles y sostenibles, como el hidrógeno, lo cual implica una reducción considerable en los costos operativos de futuras misiones.

Desde 2005, el desarrollo de esta tecnología ha sido transferido desde los laboratorios de la NASA a la empresa privada fundada por el propio Chang Díaz: Ad Astra Rocket Company. Desde sus instalaciones en Liberia, Guanacaste, se realizan pruebas del motor en cámaras de vacío, lo que convierte al país en un actor inesperado pero significativo dentro del ecosistema de innovación espacial a nivel mundial.

Este motor no solo representa un hito en el avance de la física aplicada, sino también un testimonio del talento científico de América Latina. Chang Díaz ha enfatizado que “no es necesario estar en un país grande para hacer grandes contribuciones en ciencia, siempre que

se tenga visión y trabajo disciplinado” (Academia Nacional de Ciencias de Costa Rica, s.f., párr. 4).

Esto que menciona Chang, no sólo tiene valor motivacional, sino que refleja una convicción profunda sobre el poder del conocimiento en países en desarrollo. Al citar y reflexionar sobre ella, es evidente que el VASIMR no es solo una propuesta tecnológica: es una visión de país, una idea que busca integrar ciencia, desarrollo económico y orgullo nacional.

3.3. Impacto del motor de plasma en Costa Rica: social, científico y educativo

El desarrollo del motor de plasma VASIMR no solo tiene implicaciones en la carrera espacial global, sino que también ha tenido un impacto notable y multifacético en Costa Rica. Este impacto se manifiesta principalmente en tres ámbitos: el social, el científico y el educativo. En conjunto, estos efectos evidencian cómo una tecnología de alto nivel puede servir como catalizador de transformación local, cuando se combina con visión, liderazgo y voluntad política.

Desde una perspectiva social, el motor de plasma ha contribuido a despertar un renovado interés por la ciencia entre las nuevas generaciones costarricenses. La figura de Franklin Chang se ha transformado en un símbolo nacional de excelencia, disciplina y superación personal. Su historia de vida, marcada por la migración, el estudio intensivo y el éxito en instituciones como el MIT y la NASA, ha sido ampliamente difundida en medios de comunicación, centros educativos y espacios de divulgación científica. Esto ha motivado a miles de jóvenes a interesarse por carreras STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas), fomentando una cultura que valora el conocimiento como vía de progreso.

Según el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Telecomunicaciones (2023):

El formulario utilizado para la recolección de información es un instrumento que permite la comparabilidad de indicadores a nivel internacional y genera información relevante para la toma de decisiones en el sector público y privado, pues en general este estudio tiene como objetivo generar espacios para que la política pública y privada se dirija a fortalecer la vinculación del sector empresarial como actor de importancia dentro del sistema del sistema de innovación (p. 33).

En cuanto al ámbito científico, la creación de la empresa Ad Astra Rocket Company en Liberia, Guanacaste, representa un hito en la descentralización del desarrollo tecnológico en Costa Rica. Por primera vez, una empresa nacional de base científica realiza investigaciones de frontera en física de plasma, un área altamente especializada que anteriormente solo se abordaba en centros de investigación de Estados Unidos, Europa o Asia. Ad Astra no solo prueba y perfecciona el motor VASIMR, sino que también ha desarrollado proyectos de hidrógeno verde, movilidad sostenible y almacenamiento energético. Como indica la propia empresa en su sitio oficial, su misión no es únicamente desarrollar motores espaciales, sino también “contribuir a un futuro energético más limpio y resiliente” (Ad Astra Rocket Company, 2014, 3:34).

Este dato cobra especial relevancia en un país como Costa Rica, que ha sido internacionalmente reconocido por su política ambiental. La existencia de un laboratorio de alta tecnología dedicado al desarrollo energético sostenible refuerza la imagen del país como líder verde. Además, fortalece el ecosistema de innovación local, generando empleos altamente calificados y permitiendo la transferencia de conocimientos a través de colaboraciones con universidades, instituciones técnicas y centros de investigación.

El impacto educativo de este proyecto ha sido igualmente importante. Ad Astra Rocket ha establecido vínculos con instituciones de educación superior como el Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC), la Universidad de Costa Rica (UCR) y universidades internacionales, promoviendo programas de pasantías, visitas académicas y colaboraciones en investigación.

Esto permite que estudiantes costarricenses puedan acceder a experiencias prácticas en un entorno científico real, trabajando con tecnologías que normalmente estarían fuera de su alcance.

Tal como documenta Del Valle (2015), Ad Astra estableció una alianza público-privada con RECOPE y la UTN, con la participación conjunta en proyectos de hidrógeno y fortalecimiento del capital humano, lo que evidencia que el sector privado puede jugar un rol decisivo en la generación de capacidades científicas y tecnológicas nacionales.

De esta manera, el motor de plasma VASIMR y su desarrollo en Costa Rica han contribuido a una transformación gradual del imaginario nacional. Pasamos de ser un país exportador de productos agrícolas a convertirnos en un referente latinoamericano en energías limpias, tecnología avanzada y educación científica de calidad. Este cambio no ha sido automático, sino resultado del trabajo visionario de líderes como Franklin Chang y de la construcción de un ecosistema que valora la ciencia como herramienta de desarrollo sostenible.

3.4. La propuesta del hidrógeno como energía para el transporte público

Uno de los proyectos más visionarios promovidos por Franklin Chang Díaz es la introducción del hidrógeno como fuente de energía alternativa para el transporte público costarricense. Esta propuesta surge como respuesta al desafío de reducir las emisiones contaminantes en un país que, aunque ha avanzado notablemente en generación eléctrica renovable, aún depende en gran medida de los hidrocarburos para su sistema de movilidad. La propuesta consiste en producir hidrógeno mediante energías limpias como la solar y la eólica, y utilizarlo en autobuses equipados con celdas de combustible. Estos sistemas transforman el hidrógeno en electricidad para mover el vehículo, generando únicamente vapor de agua como residuo (Ad Astra Rocket, 2014).

Nos pareció fundamental incluir esta parte en la investigación porque demuestra cómo la ciencia puede tener un impacto directo en la vida cotidiana. La viabilidad de esta tecnología fue puesta a prueba en un proyecto piloto en Liberia, Guanacaste, donde se construyó una estación de hidrógeno y se desarrolló el primer autobús de prueba en el país. Esto convirtió a Costa Rica en pionera dentro de la región latinoamericana, demostrando que es posible liderar en temas de sostenibilidad desde una nación pequeña.

Este episodio también revela el contraste entre innovación tecnológica y realidad institucional:

En 2015, Ad Astra canceló temporalmente su acuerdo de colaboración con RECOPE debido a costosos retrasos y la falta de compromiso del gobierno. Chang dijo que la empresa no había recibido un centavo por su trabajo con la refinería estatal desde abril, y que la relación de trabajo con RECOPE estaba obstaculizada por decisiones lentas y falta de voluntad (The Tico Times, 2015, párr. 2).

Estos obstáculos reflejan la urgencia de contar con un respaldo político firme y políticas públicas estables para sostener avances científicos de esta magnitud. También consideramos que este tipo de propuestas puede tener repercusiones sociales y educativas, ya que promueven la creación de empleo en sectores tecnológicos y motivan la formación profesional en áreas relacionadas con las energías limpias.

3.5. Impacto social, educativo y científico del trabajo de Franklin Chang en Costa Rica

El impacto del trabajo de Franklin Chang Díaz en Costa Rica no se limita a su relevancia tecnológica o científica. A lo largo de los años, sus iniciativas han generado transformaciones profundas en distintos niveles de la sociedad costarricense. Desde su regreso al país y la fundación de la empresa Ad Astra Rocket en Liberia, Guanacaste, su figura se ha convertido en un símbolo de progreso, visión y compromiso nacional. En una entrevista, Chang Díaz afirmó que “aquí en Costa Rica también se puede hacer ciencia y

tecnología de nivel mundial” (Teletica, 2024, párr. 3). Esta declaración refleja no solo una intención científica, sino una convicción profunda de que el conocimiento puede ser motor de cambio en países pequeños. El desarrollo del motor de plasma VASIMR y su propuesta del uso del hidrógeno como energía limpia han provocado reacciones en medios de comunicación, universidades, políticas públicas y la ciudadanía en general. Este punto analiza tres dimensiones clave: cómo ha sido percibido y representado socialmente su trabajo, cómo ha influido en el ámbito educativo nacional y qué repercusiones ha tenido en el desarrollo científico del país.

3.5.1. Cobertura mediática y percepción social

Los medios de comunicación costarricenses han jugado un papel importante en dar visibilidad al trabajo de Franklin Chang y en reforzar su figura como referente nacional. Por ejemplo, en una entrevista reciente con Teletica, el titular decía: *“No estamos tan lejos”*, haciendo alusión a los avances logrados con el motor de plasma, que ya ha sido sometido a pruebas extendidas en laboratorio (Teletica, 2024, párr. 2). Esta cobertura no solo informa, sino que también alimenta una narrativa de posibilidad: muestra que un país como Costa Rica puede ser protagonista en áreas de alta tecnología, tradicionalmente dominadas por potencias globales.

La constante presencia de Chang Díaz en medios de comunicación, tanto nacionales como internacionales, ha generado una percepción positiva sobre sus proyectos. Su historia personal, de migrante que logró llegar a la NASA y luego regresó a su país para contribuir con el desarrollo, ha sido ampliamente difundida y celebrada como una historia inspiradora. Estas representaciones fortalecen su posición en el imaginario colectivo como símbolo de excelencia, esfuerzo y servicio a la patria.

3.5.2. Aporte al ámbito educativo

Uno de los efectos más notables de la trayectoria de Franklin Chang ha sido el impulso que ha dado a la educación científica en Costa Rica. Su empresa ha establecido alianzas estratégicas con instituciones educativas como la Universidad de Costa Rica (UCR), el Instituto Tecnológico (TEC) y la Universidad Técnica Nacional (UTN), para facilitar pasantías, visitas académicas y desarrollo de investigaciones conjuntas. Durante un homenaje realizado en la UCR, se destacó que varios integrantes de su equipo científico son egresados de universidades públicas, lo que refuerza la conexión entre su proyecto y la formación nacional de talento humano (UCR, 2013).

Además, Chang ha promovido la formación técnica en colaboración con el Instituto Nacional de Aprendizaje (INA), enfatizando que la ciencia aplicada requiere no solo científicos con doctorado, sino también personal técnico altamente capacitado, como soldadores, mecánicos de precisión y operadores especializados. Esta visión educativa es inclusiva y valora todas las etapas del proceso científico y tecnológico, rompiendo con la idea de que solo las universidades generan conocimiento útil. Así, su enfoque ha contribuido a una mayor valoración social de la educación técnica como motor de desarrollo.

3.5.3. Relevancia científica nacional e internacional

En el campo científico, Franklin Chang ha puesto a Costa Rica en el mapa global de la investigación aeroespacial. A través de Ad Astra Rocket Company, el país se convirtió en el primer de América Latina en desarrollar y probar un motor de plasma avanzado, el VASIMR. Según una nota de *The Tico Times*, Franklin Chang afirmó que Costa Rica tiene una posición única en el desarrollo de energías limpias y en el uso del hidrógeno como alternativa para el transporte, lo que también ha captado la atención de organismos internacionales y empresas tecnológicas (Tico Times, 2023).

Estas iniciativas científicas no se han limitado al desarrollo del motor de plasma. Ad Astra también ha contribuido a otros proyectos de sostenibilidad energética, como el desarrollo de celdas de combustible para transporte y sistemas de almacenamiento de

energía. Este tipo de investigación aplicada genera conocimiento local de alto nivel, crea empleos especializados y permite la transferencia tecnológica entre academia, empresa y Estado.

En conjunto, el trabajo de Franklin Chang ha dejado una huella profunda en el tejido científico costarricense. Ha demostrado que la investigación de frontera puede realizarse desde un país pequeño, siempre que haya visión estratégica, formación de talento y voluntad política. Su influencia ha trascendido las fronteras del laboratorio, al convertirse en una figura clave para la transformación educativa, la divulgación de la ciencia y el posicionamiento internacional de Costa Rica como nación innovadora.

3.6. Rol de Ad Astra Rocket: liderazgo tecnológico regional

Ad Astra Rocket Company, fundada por Franklin Chang Díaz en 2005 en Liberia, Guanacaste, ha tomado un rol prominente en posicionar a Costa Rica dentro del ámbito de la tecnología espacial. Al comparar su desempeño con otras iniciativas latinoamericanas como INVAP (Argentina) y la ALCE (Agencia Latinoamericana y Caribeña del Espacio), se evidencia su capacidad de liderazgo regional.

3.6.1. Comparación con INVAP (Argentina)

INVAP, empresa estatal argentina fundada en 1976, ha construido más de siete satélites científicos en colaboración con la CONAE y es la única empresa latinoamericana certificada por la NASA para entregar sistemas satelitales completos (INVAP, 2024).

Esta cita demuestra que países de similar tamaño a Costa Rica han alcanzado niveles de competencia tecnológica internacional con modelos públicos, lo que ofrece un marco de comparación adecuado para evaluar el alcance de Ad Astra.

3.6.2. Comparación con la ALCE

La ALCE fue creada en 2021 bajo iniciativa de la CELAC, con el respaldo de 19 países, “con el objetivo de impulsar la cooperación regional en actividades espaciales” (ALCE, 2024, p. 4). Este dato contextualiza a Ad Astra frente a una entidad pública multilateral, mostrando que su modelo privado ya genera resultados concretos mientras la ALCE aún está en fase de implementación.

3.6.3. Convergencia estratégica

Tabla 1

Comparación estratégica entre iniciativas espaciales en América Latina

Aspecto	INVAP (Argentina)	ALCE (Regional)	Ad Astra (Costa Rica)
Tipo de entidad	Empresa estatal con acreditación NASA	Agencia multilateral (CELAC)	Empresa privada, con liderazgo costarricense
Áreas de enfoque	Satélites y reactores nucleares	Nanosatélites y infraestructura espacial	Propulsión de plasma y energía limpia
Etapas de desarrollo	Producción industrial y exportación	Planificación de proyectos regionales	Prototipos funcionales y pruebas en campo

Nota. Elaboración propia con base en INVAP (2024) y ALCE (2024).

3.7. Viabilidad y beneficios del hidrógeno para el transporte público

La propuesta de Franklin Chang Díaz sobre el uso del hidrógeno como fuente energética para el transporte público no es solo una visión futurista, sino una realidad en etapa de prueba en Costa Rica. Desde el 2018, Ad Astra Rocket impulsa el proyecto piloto “Costa Rica Hydrogen Transportation Ecosystem”, cuyo objetivo es demostrar que es técnicamente posible y económicamente viable sustituir combustibles fósiles por hidrógeno verde, producido con energías limpias como la solar y la eólica. Esta iniciativa, desarrollada

en Liberia, Guanacaste, busca posicionar a Costa Rica como referente regional en movilidad sostenible basada en hidrógeno.

3.7.1. Viabilidad técnica

Según un informe de la OCDE (2022), el proyecto piloto incluye una planta de producción de hidrógeno verde y el primer autobús de celda de combustible del país, conocido como *Nyuti*. Este autobús tiene una autonomía de 338 kilómetros por carga de 38 kilogramos de hidrógeno comprimido a 700 bar (OCDE, 2022).

Esta cita demuestra que el desarrollo no se ha limitado a modelos teóricos, sino que se ha implementado un sistema funcional en condiciones reales. La autonomía del autobús es suficiente para rutas urbanas e interurbanas, lo que indica que la tecnología es completamente aplicable al transporte público actual.

3.7.2. Beneficios ambientales

El mismo informe de la OCDE indica que el transporte representa más del 50 % del consumo energético nacional en Costa Rica, con alta dependencia de combustibles fósiles. La generación de hidrógeno a partir de fuentes renovables reduce considerablemente las emisiones de gases contaminantes, alineándose con las metas de descarbonización del país (OCDE, 2022).

Aquí se resalta la relevancia ambiental del proyecto. Sustituir el diésel por hidrógeno verde no solo disminuye las emisiones, sino que refuerza el liderazgo ambiental de Costa Rica, reconocido internacionalmente.

En una entrevista para *The Tico Times*, Franklin Chang enfatizó que el hidrógeno verde puede escalar a otros sectores del transporte, como camiones y aviones, y que esta tecnología permite una independencia energética basada en los recursos renovables propios del país. Según sus palabras, “el hidrógeno verde puede ayudarnos a lograr una independencia energética utilizando nuestros propios recursos renovables” (*The Tico Times*,

2023, párr. 8). Esta declaración refuerza el carácter estratégico del hidrógeno como parte de una visión energética nacional más amplia, posicionando a Costa Rica como país exportador de conocimiento y tecnología limpia.

3.7.3. Viabilidad económica e institucional

De acuerdo con la OCDE, el costo total del proyecto fue de aproximadamente 8,8 millones de dólares, financiado en un 49 % por Ad Astra Rocket y en un 35 % por el Gobierno de Costa Rica, con participación adicional de otros actores privados (OCDE, 2022).

Este dato evidencia la existencia de un modelo de colaboración público-privado efectivo. La inversión mixta disminuye los riesgos financieros y demuestra que el Estado costarricense está dispuesto a apoyar tecnologías de frontera si se articulan con beneficios sociales.

Además, la OECD señala que “los bajos costos de electricidad en Costa Rica significan que el hidrógeno verde puede ser competitivo con el diésel en el mediano plazo” (OECD, 2022, p. 30). Esta afirmación es crucial para entender la viabilidad económica de la propuesta. No se trata solo de una solución ecológica, sino también rentable y sostenible en el tiempo, lo cual fortalece el argumento para su adopción a gran escala.

4. Conclusiones

El presente trabajo permitió analizar de forma integral el legado científico, tecnológico y social de Franklin Chang Díaz, no solo como astronauta destacado a nivel internacional, sino como un agente clave en la construcción de una cultura científica y tecnológica en Costa Rica. A través del estudio de su trayectoria, sus proyectos y su influencia en distintos sectores, se evidencia que su aporte va más allá de los logros personales: representa una propuesta de país basada en el conocimiento, la innovación y el desarrollo sostenible.

En primer lugar, la vida y carrera de Chang Díaz sirven como ejemplo del poder transformador de la educación y la perseverancia. Su ascenso desde un contexto nacional limitado en recursos tecnológicos hasta convertirse en pionero en la NASA y en el desarrollo de propulsión de plasma demuestra que el talento humano puede trascender fronteras cuando cuenta con disciplina, oportunidades y visión estratégica.

Uno de los aportes más notables ha sido el desarrollo del motor VASIMR, una tecnología avanzada que podría revolucionar la exploración espacial al reducir el tiempo de viaje a Marte y mejorar la eficiencia energética en misiones interplanetarias. Su fundamentación científica, su avance experimental y su validación en publicaciones especializadas muestran que se trata de una propuesta sólida, con implicaciones tanto para la industria aeroespacial como para la ciencia aplicada en general.

En el ámbito nacional, el impacto de Chang Díaz se ha manifestado en tres dimensiones clave: social, educativa y científica. Socialmente, su figura ha motivado a generaciones enteras de jóvenes costarricenses a interesarse por las ciencias, rompiendo barreras culturales y demostrando que la excelencia científica también puede surgir desde América Latina. Educativamente, ha promovido alianzas con universidades, impulsado pasantías y fomentado el fortalecimiento del capital humano especializado. Científicamente, ha establecido en Liberia un centro de investigación de alto nivel, descentralizando el desarrollo tecnológico y posicionando a Costa Rica como un actor inesperado, pero significativo, en la carrera por la innovación espacial y energética.

La empresa Ad Astra Rocket ha jugado un papel determinante en este proceso. A diferencia de otras iniciativas latinoamericanas como INVAP en Argentina o la Agencia Espacial Mexicana, Ad Astra opera como una entidad privada con una visión de frontera tecnológica y un fuerte compromiso con la sostenibilidad ambiental. Esta combinación de autonomía, innovación y enfoque estratégico ha permitido desarrollar proyectos como el uso

de hidrógeno para transporte público, un modelo que podría ser replicado en otros países de la región.

En ese sentido, el análisis de la viabilidad del hidrógeno como fuente energética no solo demuestra la aplicación práctica de la ciencia en beneficio de la sociedad, sino que evidencia también las limitaciones estructurales, como la falta de apoyo institucional, que enfrenta la transición hacia modelos energéticos limpios. La propuesta, sin embargo, sigue vigente como una oportunidad de modernización y reducción de emisiones en el transporte costarricense.

Finalmente, las iniciativas de Franklin Chang Díaz no deben entenderse como logros individuales aislados, sino como parte de una visión más amplia sobre el papel de la ciencia en el desarrollo nacional. Su legado invita a repensar el rol de los científicos en la sociedad, promueve una cultura de excelencia e innovación y refuerza el mensaje de que es posible construir un país más justo, equitativo y sustentable a partir del conocimiento.

Referencias

Ad Astra Rocket Company. (2014, abril 10). *Crossing the space frontier* [Video].

YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=5ZcVGpyvLZ8>

Academia Nacional de Ciencias de Costa Rica. (s. f.). *Franklin R. Chang-Díaz*.

<https://www.anc.cr/franklin-r-chang-diaz/>

Agencia Latinoamericana y Caribeña del Espacio (ALCE). (2024). *Convenio constitutivo y*

objetivos. https://www.unoosa.org/documents/pdf/copuos/2024/Technical_Presentations/24AM/3_Item_5_-_Technical_Presentation_Mexico_-_Final_Version_1.pdf

American Institute of Chemical Engineers. (2019). *Franklin Chang-Díaz biography*.

<https://www.aiche.org/chs/community/bio/franklin-chang-diaz>

Asamblea Legislativa de la Republica de Costa Rica. (2021, 26 de marzo). *Sistema Costarricense de Información Jurídica*.

https://pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=94420

Chang Díaz, F. (2000, noviembre). *The VASIMR rocket*. *Scientific American*, 283(5), 92–97. <https://www.adastrarocket.com/technical-papers-archives/SciAm2000.pdf>

Del Valle, J. I. (2015, junio). Los estudios de Ad Astra Rocket Company Costa Rica en tecnologías de hidrógeno para el transporte. *Ambientico: Revista Mensual sobre la Actualidad Ambiental*, (254), 28–38.

https://www.ambientico.una.ac.cr/wp-content/uploads/tainacan-items/5/26565/254_28-38.pdf

INVAP. (2024). *Scientific application*

satellites. <https://www.invap.com.ar/en/divisions/space/scientific-application-satellites/>

Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones (MICITT).

(2023). *Indicadores Nacionales de Ciencia, Tecnología e Innovación: Costa Rica*

2022. https://www.micitt.go.cr/sites/default/files/publicaciones/Indicadores/Indicadores_Nacionales_CTI_2022.pdf

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2022). *Green hydrogen opportunities for emerging and developing economies: Case study – Costa Rica Hydrogen Transportation Ecosystem*. OECD Publishing.

https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2022/11/green-hydrogen-opportunities-for-emerging-and-developing-economies_6f4c2027/53ad9f22-en.pdf

Teletica. (2024, 9 de junio). “No estamos tan lejos”: Franklin Chang revela avances del motor de plasma. https://www.teletica.com/nacional/no-estamos-tan-lejos-franklin-chang-revela-avances-del-motor-de-plasma_359811

Tico Times. (2015, 10 de marzo). *Ad Astra Rocket’s breakup with the government puts Costa Rica’s hydrogen future on hold*. <https://ticotimes.net/2015/03/10/ad-astra-rockets-breakup-with-the-government-puts-costa-ricas-hydrogen-future-on-hold>

Tico Times. (2023, 10 de febrero). *Franklin Chang Díaz talks about hydrogen, VASIMR, Artemis and the Costa Rica Space Agency.*

<https://ticotimes.net/2023/02/10/franklin-chang-diaz-talks-about-hydrogen-vasimr-artemis-and-the-costa-rica-space-agency>

Universidad de Costa Rica. (2013, 29 de agosto). *UCR rinde homenaje a Franklin Chang.* <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2013/08/29/ucr-rinde-homenaje-a-franklin-chang.html>

Universidad de Barcelona. (2011, 28 de febrero). *El astronauta Franklin R. Chang Díaz: «La exploración espacial es una tarea de toda la humanidad y debe estar abierta a todos».* <https://web.ub.edu/es/web/actualitat/w/el-astronauta-franklin-r-chang-diaz-la-exploracion-espacial-es-una-tarea-de-toda-la-humanidad-y-debe-estar-abierta-a-todos>