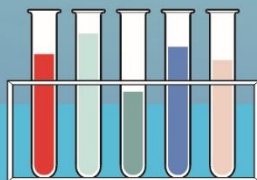
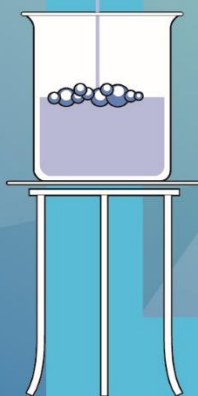




Hablando de Ciencia en **EMAVI**

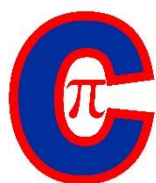


ISSN en línea: En trámite
5ª. Edición, 2022-2 (noviembre)



Depto Ciencias Básicas

ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN "MARCO FIDEL SUÁREZ"
GRUPO ACADÉMICO
FUERZA AÉREA COLOMBIANA



*Hablando de
Ciencia en
EMAVI*



HABLANDO DE CIENCIA EN EMAVI

ISSN en línea: En trámite

©Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel
Suárez” (EMAVI)
©EMAVI Sello Editorial
© Varios autores

Dirección
BG. Andrés Guzmán Morales

Subdirección
Escuela de Formación y Jefe de Estado Mayor
CR. Sergio Javier Moncayo Velásquez

Comando Grupo Académico
TC. Yadira Cárdenas Posso

Jefatura Sección Investigación
TE. Andrea Carolina Gómez Ruge

Sección Investigación
Carrera 8 # 58-67 (La Base) Cali-Colombia
Teléfono: +57 (2) 488 1000, Ext. 68841

Apoyo Gestión de Publicaciones Científicas
Diana María Mosquera Taramuel

© Organizadores
Sandra Milena Ramos Arteaga, Dalila Victoria
Rincón y Alberto Vélez Rodríguez
Orientadores de Defensa - Departamento de
Ciencias Básicas - Grupo Académico - Escuela
Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”

5ª. Edición, 2022-2 (noviembre)
PDF Digital

Santiago de Cali, Valle del Cauca, 2022.

Publicado en Colombia–Published in Colombia

Contenido relacionado

<https://www.emavi.edu.co/es/investigacion/editorial-emavi>

Las instituciones editoras de esta obra no se hacen responsable de las ideas expuestas bajo su nombre, las ideas publicadas, los modelos teóricos expuestos o los nombres aludidos por los autores. El contenido publicado es responsabilidad exclusiva de los autores, no refleja la opinión de las directivas, el pensamiento institucional de las Universidades editoras, ni genera responsabilidad frente a terceros en caso de omisiones o errores.

El Sello Editorial de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez” se adhiere a la filosofía de acceso abierto. Este libro está licenciado bajo los términos de la Atribución 4.0 de Creative Commons, que permite el uso, el intercambio, adaptación, distribución y reproducción en cualquier medio o formato, siempre y cuando se dé crédito al autor o autores originales y a la fuente.

Español e inglés

Idioma

ORGANIZADORES:

ALBERTO VELEZ RODRIGUEZ
SANDRA MILENA RAMOS ARTEAGA
DALILA VICTORIA RINCON

HABLANDO DE CIENCIA EN EMAVI – MEMORIAS

Palabras clave	Física, SpaceX, exploración espacial, carrera armamentista, rayos cósmicos, motor Merlin, sistemas dinámicos.
Categoría/ Temática	Ciencias Básicas, Memorias, Conferencias.

Detalle de la publicación

“Hablando de Ciencia en EMAVI” se ha concebido como un espacio de divulgación en temas científicos y de interés general, orientado a los cadetes de la EMAVI para que contribuya con el logro de la misión institucional dejando huella en la comunidad académica del alma mater de la oficialidad de la Fuerza Aérea Colombiana. Para tal efecto se invitan ponentes, generalmente docentes con trayectoria en universidades de prestigio, que han dedicado buena parte de su vida a la formación educativa desde la enseñanza y/o la investigación para que compartan experiencias con los docentes, cadetes y en general con la comunidad académica de EMAVI.

Las memorias del evento “Hablando de Ciencia en EMAVI” constituye un documento que deja grabado este esfuerzo para la posteridad.

ÍNDICE

	Pág.
Introducción	5
Agradecimientos	7
La física en Brasil entre 1934 y 1966	8
Conozcamos a SPACEX, la compañía que tomo al espacio por sorpresa	31
Carrera armamentista: Un modelo biológico vs un modelo social	42

INTRODUCCIÓN

En el marco del evento “Hablando de Ciencia en EMAVI” y durante el segundo semestre de 2022 se llevaron a cabo dos conferencias internacionales (Brasil y España) y una nacional (Medellín).

La conferencia **“LA FÍSICA EN BRASIL ENTRE 1934 Y 1966”** a cargo del **DOCTOR ANTONIO ALFONSO PASSOS VIDEIRA**, originada desde Rio de Janeiro-Brasil. Desarrollo de la física en el Brasil desde la llegada en 1934 de Gleb Wataghin, primer director del departamento de Física de la Universidad de São Paulo y la fundación de la sociedad Brasileira de Física en julio de 1966.

La conferencia **“CONOZCAMOS A SPACEX, LA COMPAÑÍA QUE TOMÓ AL ESPACIO POR SORPRESA”** a cargo del **DOCTOR MANUEL ALEJANDRO DIAZ ZAPATA**, originada desde Grenoble-Francia. SpaceX, compañía que lidera el sector de la exploración espacial en la actualidad, desarrollo de diferentes modelos de lanzamiento, algunas capacidades técnicas y desarrollos en progreso.

La conferencia **“CARRERA ARMAMENTISTA: UN MODELO BIOLÓGICO VS UN MODELO SOCIAL”** a cargo del **DOCTOR JAIRO ALBERTO VILLEGAS GUTIERREZ**, originada desde Medellín-Colombia. Modelos dinámicos aplicados a poblaciones que ocupan el mismo espacio o ambiente tales como el modelo presa-depredador desarrollado por Lotka–Volterra y el modelo de Richardson que describe la carrera armamentista de dos países que se basan en el “miedo mutuo”.

HABLANDO DE CIENCIA EN EMAVI – MEMORIAS

Los profesores **DALILA VICTORA RINCON, SANDRA MILENA RAMOS ARTEAGA Y ALBERTO VELEZ RODRIGUEZ**, organizadores del evento, se complacen en presentar las memorias del evento “Hablando de Ciencia en EMAVI” en su versión 2022-2.

ORGANIZADORES:
ALBERTO VELEZ RODRIGUEZ
SANDRA MILENA RAMOS ARTEAGA
DALILA VICTORIA RINCON

AGRADECIMIENTOS.

Agradecimientos a la Sección Recursos educativos por todas las copias, diseños, elaboración de afiches y notas de estilo. Gracias, estimada señora INÉS MELLIZO VIDAL y estimado señor JAIME ANDRES ROSERO ANTURI.

Gracias a los conferencistas, por su participación en las conferencias y la elaboración de los resúmenes extendidos que forman parte de las presentes memorias.

A la señora teniente coronel YADIRA CARDENAS POSSO, comandante-Grupo académico-Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”.

A señor capitán EMMANUEL ANTONIO VARELA BECERRA, Coordinador Educativo del departamento de Ciencias Básicas-Grupo académico-Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”.

Mil gracias a todos.



FUERZA AÉREA COLOMBIANA
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN
"MARCO FIDEL SUÁREZ"

GRUPO ACADÉMICO

PROGRAMA
CIENCIAS BÁSICAS



Hablando de Ciencia en EMAVI



REAJUSTAMENTO DOS PREÇOS DE VENDA DE CARBURANTES NACIONAIS

VAI AO NORTE, EM VIAGEM DE INSPEÇÃO, O MINISTRO DA MARINHA

SERA TRANSMITIDA HOJE A RESPOSTA DA FINLÂNDIA

FINAL Os "comandos" em Catumbi

SENSACIONAL DESCOBERTA DE UM CIENTISTA BRASILEIRO

ESTEVE EM TERESINA O PRESIDENTE DUTRA

A NOITE

QUERIAM DESTRUIR O "RAUL SOARES"

DE DEVOLVER EM PUNHO ASSALTARAM A SEDE DO P. R. P.

Conferencia:

"LA FÍSICA EN BRASIL ENTRE 1934 Y 1966"

Conferencista:

ANTONIO AUGUSTO PASSOS VIDEIRA

Enlace:

Enlace: <https://lobby.sar.ruav.edu.co/#/4G0698J8WTK6>



25 agosto **2022** **10:00** **jueves** **horas**



“LA FÍSICA EN BRASIL ENTRE 1934 Y 1966”



Doctor Antonio Augusto Passos Videira

Universidad del estado de Rio de Janeiro, Brasil

email: guto@cbpf.br

Profesor titular del instituto de filosofía y ciencias humanas de la universidad del estado de Rio de Janeiro, investigador colaborador del centro brasileño de investigaciones físicas (MCTI), profesor del programa de posgrado en enseñanza e historia de la física y las matemáticas de la universidad Federal de Rio de Janeiro (UFRJ), profesor invitado del instituto de biofísica de la UFRJ. Miembro del centro de filosofía de la ciencia de la facultad de ciencias de la universidad de Lisboa y del centro de estudios filosóficos y humanísticos de la universidad Católica Portuguesa.

Licenciado en filosofía de la universidad Federal de Rio de Janeiro (1986) D.E.A. en epistemología e historia y ciencias por el equipo REHSEIS (CNRS) y la universidad de Paris VII (1990).

Doctor en filosofía por el equipo REHSEIS (CNRS) y la universidad de París (1992).

ORGANIZADORES:

ALBERTO VELEZ RODRIGUEZ
SANDRA MILENA RAMOS ARTEAGA
DALILA VICTORIA RINCON

LA FÍSICA EN BRASIL ENTRE 1934 Y 1966

Antonio A. P. Videira

*Universidade do Estado do Rio de Janeiro, **email:** guto@cbpf.br*

Resumen

Esta conferencia describirá el desarrollo de la física en Brasil. Los marcos de tiempo representan la llegada en 1934 de Gleb Wataghin, el primer director del Departamento de Física de la Universidad de São Paulo, y la fundación en julio de 1966 de la Sociedad Brasileña de Física. Al mismo tiempo que se presentarán las áreas investigadas por los científicos entonces activos, se describirán las estrategias adoptadas para consolidar la docencia, la investigación y para promover el reconocimiento del rol social de este campo de las ciencias naturales. La descripción de los temas de investigación muestra la voluntad de la comunidad en desarrollo de ingresar a los círculos internacionales más avanzados de la física. El análisis de las estrategias adoptadas permite concluir que los líderes científicos buscaron alcanzar simultáneamente dos objetivos. El primer contribuiría a consolidar la presencia de la física como estudio desinteresado de la naturaleza, lo que indica el deseo de autonomía. El segundo objetivo se refiere a la relevancia de esta ciencia para el desarrollo, lo que muestra conciencia de la necesidad de comportarse como actores políticos. Como conclusión, se discutirán los obstáculos enfrentados por los físicos brasileños para lograr sus planes.

HABLANDO DE CIENCIA EN EMAVI – MEMORIAS

Palabras clave: física, rayos cósmicos, estado, desarrollo, instituciones científicas, internacionalización.

Introducción y contenido

Antes de la década de 1930 (década del treinta), la investigación científica en Brasil en el área de la física era prácticamente inexistente. La primera universidad brasileña, la Universidad de Brasil – hoy, Universidad Federal de Río de Janeiro – fue fundada solamente en 1920. Todo ello a pesar de la época, en una cierta corriente de la opinión pública, corría la idea de que el Brasil estaba iniciando el siglo como una sociedad moderna, a la cual la ciencia podría aportar sus beneficios.

Hasta entonces, la filosofía positivista, que desde el siglo diecinueve dominaba considerablemente los medios intelectuales brasileños, y, de forma especial, la Escuela Politécnica de Río de Janeiro, no había contribuido de forma alguna al progreso de la investigación científica ni a la creación de universidades, lugar éste considerado tradicionalmente favorable a dicha actividad.

El positivismo de Auguste Comte, al presentar la ciencia y el conocimiento en general como un producto ya terminado y definitivo, no daba lugar a la especulación ni al desarrollo de nuevos conceptos teóricos. El grupo de científicos que había, y cuyo número era reducido, estaba compuesto de personas formadas en su mayoría en la Escuela Politécnica o en la Escuela de Medicina, ambas en Río de Janeiro.

Desde el comienzo del siglo veinte, algunas personas como Otto de Alencar, Manuel Amoroso Costa, Henrique Morize y Teodoro Ramos, entre otros, en su mayoría

físicos y matemáticos, trataron de cambiar la precaria situación de sus respectivas disciplinas.

Al fin del siglo diecinueve, a pesar de que la enseñanza de física ya estaba consagrada en las escuelas militares y de ingeniería, el empleo de los equipamientos de laboratorio para la investigación era escaso. Excepción debe ser hecha para los pocos profesores (principalmente, de las escuelas politécnicas) que, muchas veces, por iniciativa propia, empezaron a practicar las primeras investigaciones. Caso emblemático: Henrique Morize, que, en 1898, defendió tesis cuyo tema eran los rayos X. Morize hizo experimentos con rayos X y llegó a publicar un artículo en la revista francesa *Comptes Rendus* en aquel año, que trataba de la localización de objetos opacos dentro de un cuerpo usando el método basado en rayos X.

Otto de Alencar es otro de esos profesores formados en ingeniería y considerados ‘excepción’ a la regla. Después de un periodo inicial de su carrera, en el cual se juntó al movimiento positivista, se alejó de esa doctrina por discordar de las opiniones de Comte sobre la matemática. Publicó, en Portugal, artículos en revistas científicas en los cuales apuntaba esos equívocos.

Manuel Amoroso Costa, después de defender una tesis de libre docencia sobre la formación de estrellas dobles en la Escuela Politécnica de Río de Janeiro – donde era profesor de mecánica racional –, publicó, en 1922, un libro sobre la relatividad. Llevándose en cuenta que, con raras excepciones, los primeros libros sobre relatividad

empezaron a surgir a principios de la década de 1920, podemos decir que Amoroso Costa elegía temas actuales para sus trabajos, lo que era práctica muy común entre los investigadores brasileños, porque había entre ellos la preocupación de mantenerse actualizados con las novedades científicas producidas en otros locales.

Theodoro Ramos también es, comúnmente, considerado ‘pionero’, no sólo desde el punto de vista de la física, pero también de la matemática. La tesis de Ramos, defendida en la Escuela Politécnica de Río de Janeiro, en 1918, fue considerada el trabajo que abrió las puertas de la matemática brasileña para el siglo veinte. En 1923, Ramos publica artículos sobre la relatividad y las propiedades del átomo de hidrógeno y, a principios de la década siguiente, publica lo que es considerado la primera exposición matemática sobre la mecánica cuántica en Brasil.

Sin embargo, en 1934, se abren nuevas perspectivas para la física fundamental en Brasil, a través de la fundación de una universidad en la provincia de São Paulo. Esta región, que había sido hasta el momento un centro de expansión económica, basada sobre todo en el cultivo del café, poseía ya algunos institutos de estudios superiores en los cuales la investigación había estado subordinada a las actividades prácticas.

Creando la estructura necesaria para el desarrollo de la actividad científica, el gobernador de la provincia y un grupo de industriales, políticos y educadores, que estuvieron encargados de la fundación de la universidad, buscaban también establecer

una élite intelectual en São Paulo. Daban así una respuesta a la marginación política en que se encontraba la región con respecto al gobierno federal.

Gracias, entre otros, a las relaciones estrechas que existían entre grupos paulistas y franceses, la universidad fue creada siguiendo el modelo de las universidades europeas del siglo diecinueve, se quiso que la USP tuviese un núcleo central constituido por la Facultad de Filosofía, Ciencias y Letras. A cargo de su organización estuvo Teodoro Ramos (1896-1936), quien era profesor en la Escuela Politécnica de São Paulo. Ramos fue enviado a Europa con el propósito de reclutar a los futuros profesores de la universidad en diferentes áreas, como física, matemática, botánica o ciencias humanas.

El inicio de la física moderna en el país – o sea, de la investigación hecha de forma profesional – ocurrió básicamente en la década de 1930 y está asociado a dos nombres: al ítalo-ucraniano Gleb Wataghin (1899-1986) y al alemán Bernhard Gross (1905-2002).

Gross vino al Brasil por cuenta propia – es posible que la ascensión del nazismo tenga desempeñado algún rol en esa decisión. Al llegar al país, no tenía contacto académico con el gobierno. Después de corto periodo trabajando de forma aislada sobre el tema de la radiación cósmica – sobre el cual había empezado su carrera aún en Alemania –, desarrolló, ahora en el Instituto Nacional de Tecnología, investigaciones sobre la conducción de electricidad en distintos medios materiales.

Hasta su ida a São Carlos, ciudad de la provincia de São Paulo, en los finales de la década de 1960, la interacción de Gross con la universidad fue episódica: dio clases en la Universidad del Distrito Federal por tres años entre 1935 y 1938. Con la imposibilidad legal de mantener dos empleos públicos en la esfera federal, optó por permanecer con el INT a partir de 1938. Con eso, no tuvo como contribuir con la formación de muchos físicos.

Wataghin, sin embargo, empezó de modo distinto. Vino a la Universidad de São Paulo con un contrato de trabajo. Sus actividades, desde su llegada, pueden ser descritas como las de un típico profesor europeo: clases, investigación y administración. La decisión de aceptar la invitación de Ramos tuvo mucho que ver con la dificultad de empleo en Italia en aquel periodo.

Con personalidad entusiasmada, Wataghin reunió a su alrededor jóvenes brasileños interesados a dedicarse a la física. Entre ellos, Marcello Damy de Souza Santos (1914-2009), Mário Schenberg (1914-1990), Paulus Aulus Pompéia (1911-1993) e Oscar Sala (1922-2010).

Ese empeño tuvo un rol relevante para la formación de personas y disseminación de la investigación en física – mucho más importante que el apoyo del entonces recién fundada universidad o de las esferas oficiales.

Wataghin también representaba algo que el país no tenía en el área de física: el modelo de investigador profesional. Wataghin tenía consciencia de la importancia de mantener un constante intercambio, tanto con físicos brasileños en cuanto a extranjeros. Así, siempre que podía, participaba de las reuniones de la Academia Brasileña de Ciencias y organizaba seminarios en el Departamento de Física de la USP. En 1941, colaboró con la realización de un importante seminario sobre rayos cósmicos en Brasil, encuentro del cual participó el grupo del estadounidense Arthur Compton (1892-1962), premio Nobel de Física de 1927. En 1949, volvió a Italia, manteniendo, sin embargo, constantes contactos con Brasil y haciendo visitas a sus colegas aquí.

Además, Wataghin sabía la importancia de enviar jóvenes investigadores para el extranjero, para que hiciesen periodos de aprendizaje en centros de investigaciones y tecnología avanzados. Aquellos jóvenes brasileños se fueron a Italia, Suiza, Inglaterra, Francia y Estados Unidos. En esos viajes, Wataghin los aconsejaba a diseminar lo que se estaba haciendo en Brasil. También aceptó recibir, en 1937, en Brasil, el físico italiano Giuseppe Occhialini (1907-1993), el cual había sido uno de los descubridores del positrón (antipartícula del electrón) en experimentos hechos en el Reino Unido. Opositor al fascismo y físico experimental brillante, Occhialini se quedó en Brasil hasta 1944 y tuvo papel fundamental en los eventos que llevarían, cerca de 10 años después de su llegada, a los hechos de mayor repercusión de la física hasta entonces: la descubierta del mesón π , partícula responsable por mantener el núcleo atómico unido.

Wtagahin formó y lideró el equipo de jóvenes investigadores que produjo los trabajos teóricos y experimentales que, por la primera vez, dieran visibilidad internacional a la investigación en física en Brasil. Eso pasó en los finales de la década de 1930 e inicio de la siguiente. Luego, en el inicio de la década de 1950, un cuarto personaje vendría a sumarse a Wtagahin e Gross.

El físico austriaco Guido Beck (1903-1988) ya había estado acá en 1947, en la entonces Facultad Nacional de Filosofía (FNFi), de la Universidad de Brasil, en Río de Janeiro, y, en el año siguiente, en la propia USP, para dar cursos y seminarios. Beck retornaría en definitivo al país en 1951, como investigador del Centro Brasileño de Investigaciones Físicas (CBPF).

En enero de 1949 – y teniendo como deflagración la participación decisiva del físico brasileño César Lattes (1924-2005) en el descubrimiento del mesón pi en experimentos hechos en Inglaterra y Estados Unidos –, fue fundado el CBPF, a partir, principalmente, de la iniciativa del propio Lattes y, entre otros, de dos colegas teóricos, José Leite Lopes (1918-2006) y Jayme Tiomno (1920-2011).

Los líderes de esa iniciativa eran jóvenes físicos y matemáticos, formados en la Universidad de São Paulo y la Universidad de Brasil, en la primera mitad de la década de 1940. Casi todos ya tenían las credenciales académicas (doctorado) necesarias para presentarse como candidatos al liderazgo científico en el área de física. Eran motivados por un deseo genuino de cambiar la práctica de trabajo en la ciencia: el ambiente de

entonces era insuficiente para que la ciencia pudiera ser una realidad, según los criterios y valores que esos jóvenes defendían.

Entre otros elementos considerados necesarios, faltaba el tiempo integral (hoy, dedicación exclusiva), además del tan deseado apoyo gubernamental. Deseaban también cambiar la realidad económica, universitaria y cultural de Brasil. Todo eso por medio de la ciencia natural.

Aquellos jóvenes físicos, para concretar el proyecto de fundación de un centro de investigaciones dedicado a la física, supieron construir alianzas con sectores de las fuerzas armadas y también con empresarios, intelectuales y políticos. Por esa época, el ambiente nacional de desarrollo fue muy relevante para la creación exitosa del CBPF como una sociedad civil – por lo tanto, afuera de la universidad, considerada refractaria a la investigación. En ese periodo – y con aquellas alianzas con diversos sectores de la sociedad –, los físicos trataron de mostrarse capaces de elaborar, implementar e influenciar las políticas científicas locales y nacionales. De ese modo, deseaban ser vistos como elementos esenciales para el desarrollo nacional.

Al principio de la década de 1950, fue fundado en São Paulo el Instituto de Física Teórica (IFT) – por iniciativa del ingeniero José Hugo Leal Ferreira (1900-1978) y de sus dos hijos, los físicos Paulo (1925-2005) y Jorge Leal Ferreira (1928-1995) – con base en una alianza con el alto rango militar de la época, interesado en cuestiones nucleares.

De cierto modo, esa unión de físicos y militares reflejaba el escenario internacional, de los más propicios a la física, área entonces asociada a las bombas atómicas lanzadas sobre Japón. La física había se transformado no solamente en un foco de atención pública, pero también en casi un sinónimo de cómo la ciencia podía tener un papel político, económico y social. Esa percepción del conocimiento (o sea, ciencia) como forma de poder fue uno de los marcos de la llamada Guerra Fría.

Inicialmente, a partir de indicaciones hechas por el físico alemán Werner Heisenberg (1900-1976) – la primera opción de los Leal Ferreira para director del IFT –, fueron contratados dos físicos alemanes para el cargo. Estos, a pesar de muy activos, terminaron vencidos por conflictos entre ellos mismos. Antes de los finales de la década de 1950, los físicos alemanes fueron sustituidos por científicos japoneses en la dirección científica del IFT, los cuales dejaron varias contribuciones importantes – entre ellas, el boletín *Informaciones entre Físicos*, el cual daría origen a la *Revista Brasileira de Física* (hoy, *Brazilian Journal of Physics*).

El movimiento civil-militar de marzo de 1964 – el cual llevó a una dictadura por dos décadas – contribuyó para aumentar la diáspora de investigadores, ya iniciada (por razones financieras) dos años antes. La situación empeoró con el decreto AI-5, en 13 de diciembre de 1968, que canceló los derechos políticos de seis físicos, entre ellos Tiomno, Elisa Frota-Pessôa (1921-2018), Schenberg y Leite Lopes. El CBPF sufrió mucho con la pérdida de algunos de sus investigadores más expresivos.

Como hemos visto hasta ahora, después de la Segunda Guerra Mundial, el Brasil se vio obligado a crear o reorganizar sus instituciones científicas y de apoyo a la ciencia (por ejemplo, agencias de financiación). La práctica de la ciencia después de 1945 no sería más aquella que había predominado hasta entonces. A partir del fin del conflicto, sería necesario obtener enormes cantidades de recursos financieros, logísticos, humanos, además de promover conexiones con sectores industriales, políticos y militares, para que la ciencia y sus socios alcanzasen los resultados pretendidos. Todo debería ser hecho en el plazo más corto posible, para que la distancia con relación a los países desarrollados no aumentase al punto de que el atraso fuese definitivo.

En el caso brasileño, eso implicó la expansión de la ciencia para más allá del eje Río - São Paulo. Brasil intentó seguir el ritmo de otros países, pero sin el necesario planeamiento – después de todo, planear era algo que debería ser aprendido también. En la década de 1950, cuatro ciudades ingresaron en el mapa de la física brasileña, intentando seguir lo que era visible en otras naciones. En orden alfabética, Belo Horizonte, Porto Alegre, Recife y São Carlos. En la primera de ellas, Francisco Assis Magalhães Gomes (1906-199) – ingeniero formado por la Escuela de Ouro Preto, pero muy interesado en física – organizó, con la ayuda de colegas, en 1953, el Instituto de Investigaciones Radioactivas, creado en el ámbito de la actual Universidad Federal de Minas Gerais. Otro investigador que buscó cambiar las condiciones de investigación en la capital de aquel departamento fue Ramayana Gazzinelli, después de volver, a mediados de la década de 1960, de un doctorado en Estados Unidos.

En Recife, la situación cambió a principios de la década de 1970, cuando un grupo de estudiantes de posgrado decidió volver a Recife, capitaneados por un investigador con experiencia para empezar allí la investigación sistemática en física: Sergio Machado Rezende – que, luego, se tornaría ministro de la Ciencia y Tecnología de Brasil del gobierno Lula da Silva. En Rio Grande do Sul, dos jóvenes físicos, Gehard Jacob (1930-2018) y Darcy Dillenburg (1930-2015), trataron de organizar un departamento de física teórica y, para eso, contrataron el físico holandés Theodor Maris (1920-2010). A partir de su llegada, fue creado un grupo activo de investigación que se dedicaba a la física nuclear y a la teoría cuántica de campos.

Otra acción importante fue la ida, a mediados de la década de 1950, de Sérgio y Yvonne Mascarenhas para São Carlos, en la provincia de São Paulo, donde crearían, a partir de casi nada, un grupo de investigación en física del estado sólido.

A finales de la década de 1950, el argentino Juan José Giambiagi (1924-1996), el ucraniano-mexicano Marcus Moshinski (1921-2009) y Leite Lopes crearían la Escuela Latinoamericana de Física, la cual se reuniría periódicamente – cuando las condiciones políticas latinoamericanas permitían. Brasil fue sede de dos de esas escuelas, en 1960 y 1963. Esos encuentros tuvieron papel importante para la integración de la física latinoamericana y están en la raíz de la fundación, a principios de la década de 1960, del Centro Latinoamericano de Física (CLAF), con sede en el CBPF.

En 1962 – mismo año en que era fundado el CLAF –, surgió, en la nueva capital federal de Brasil, la Universidad de Brasilia (UnB), idealizada fundamentalmente por Anísio Teixeira (1900-1971) y Darcy Ribeiro (1922-1997). Proyecto ambicioso, la UnB debería revolucionar la enseñanza y la investigación de la física en escala latinoamericana. Liderazgos científicos en el dominio de la física, como Leite Lopes, Tiomno, Beck y Roberto Salmeron, estuvieron involucrados en el proyecto y contribuirían para organizar el Instituto de Ciencias. Sin embargo, el ideal de la UnB no pudo ser concretado: menos de dos años después, el golpe militar de 31 de marzo de 1964 haría inviable la continuidad del proyecto original, radicalmente comprometido con la democracia, o sea, el régimen político-social que, según los idealizadores de la UnB, posibilitaría la promoción del desarrollo pedagógico-científico del país.

Una inflación muy alta invadió la década de 1960, disminuyendo drásticamente el poder adquisitivo de los brasileños. Debemos agregar a ese escenario económico desfavorable el golpe cívico-militar. El régimen militar llevó las universidades y los centros de investigación, forzosamente, a convivir con un tipo de escenario paradójico. Pocos años después del golpe, empezaron las persecuciones políticas de profesores y estudiantes, las cuales llegarían a su auge entre 1969 y 1972. En ese periodo, físicos – y también estudiantes de física – tuvieron sus derechos civiles cancelados y fueron apartados de los centros universitarios.

En esos años, el país se transformó en un ambiente hostil para la práctica de la investigación científica, como consecuencia de la intervención en las universidades, de

las persecuciones de investigadores y del constante clima de represión y control. Entre los físicos, los teóricos parecen haber sido los más perjudicados, por causa de las ausencias forzadas de liderazgos históricos. Ya entre los experimentales, los impactos parecen no haber sido tan contundentes. Y eso llevó al surgimiento de nuevos liderazgos nacionales en el área, como los de Fernando Zawislak y Sérgio Porto (1926-1979), para quedarnos solamente con dos nombres. Lattes, también experimental, entonces en la Universidad Estadual de Campinas, en la provincia de São Paulo, había iniciado, poco antes del golpe, proyecto de gran envergadura, la llamada Colaboración Brasil-Japón, y, durante el régimen militar, no llegó a sufrir persecución política – tal vez por causa de su prestigio internacional o renombre que aún detenía entre los militares brasileños en consecuencia de sus hechos a fines de la década de 1940.

Sin embargo, como contrapunto a ese escenario, surgió en el país, a fines de la década de 1960, el sistema nacional de posgrado y crecieron los mecanismos de financiación a la investigación, con la Finep (Financiadora de Estudios y Proyectos) – dos de las reivindicaciones antiguas de la clase científica en Brasil hasta aquel momento. Los físicos, por su parte, supieron (o tuvieron que) adaptarse a ese escenario. Y, a él, contestaron con una actitud igualmente ambigua: con oposición al régimen y a las persecuciones, pero, también, con aceptación de las verbas estatales y apoyo tanto al programa de posgrado y a la expansión del sistema nacional de universidades federales. Y vale recordar que parte de los físicos brasileños participó – directa o indirectamente – de los entonces grandes proyectos de seguridad nacional (energía, telecomunicaciones, armamentos etc.). Para emplear una expresión de la física, esas fuerzas de acción y

reacción, de oposición y adhesión, atravesaron los 20 años del régimen militar. Y, de cierto modo, ellas acompañaron el régimen democrático, a partir de mediados de la década de 1980, durante el cual los físicos supieron mantener un diálogo constante – aunque no siempre amistoso – con las esferas gubernamentales.

La Sociedad Brasileña de Física (SBF) fue creada en 14 de julio de 1966. Su creación fue decidida en la 18ª Reunión Anual de la Sociedad Brasileña para el Progreso de la Ciencia (SBPC) – el principal evento científico en esa época –, que ocurrió en aquel año en Blumenau, sur de Brasil. La asamblea que decidió crear esa nueva sociedad reunió poco más de una centena de participantes – entre ellos, estudiantes. No todos los liderazgos brasileños en física estuvieron presentes al encuentro. Los objetivos iniciales de la SBF eran: congregar los físicos y profesores de física de Brasil; defender la libertad de enseñanza y los derechos de los físicos y profesores del área; estimular las investigaciones en física y la mejoría de la enseñanza de esa ciencia en todos los niveles; organizar reuniones anuales de física, entre otros.

La creación de esa sociedad atendía a un deseo antiguo y nunca concretado, debido, entre otros factores, al pequeño tamaño de la comunidad de físicos. Para algunos de ellos – por ejemplo, Guido Beck – no había sentido en crear una sociedad profesional en cuanto la física estuviese concentrada en el eje Río-São Paulo. Aquellos pocos físicos podrían reunirse en las sesiones de la Academia Brasileña de Ciencias o en los encuentros periódicos del CNPq, la más importante agencia de financiación de la ciencia.

Aún pequeña, con poco más de 300 profesionales – lo que no significa decir que no todos eran investigadores en física, porque muchos se dedicaban solamente a la docencia –, la comunidad brasileña de físicos, en 1966, ya no se restringía a las ciudades de Río y São Paulo. Había grupos de investigación y enseñanza en capitales y ciudades como Belo Horizonte, Porto Alegre, São Carlos, Brasília, Salvador y Recife. La distribución geográfica de los locales donde la física era practicada correspondía a la realidad política, cultural y económica de Brasil de entonces: concentración en el eje Sul-Sudeste, sumada a las principales ciudades del Nordeste.

La comunidad de físicos era reducida porque la física en Brasil era reciente. Otro factor responsable por el (pequeño) tamaño de la comunidad fue el modelo económico entonces vigente, el cual no favorecía la creación de tecnologías nacionales. Por lo contrario: la dictadura civil-militar de marzo de 1964 prefería importar tecnología, lo que se daba, por ejemplo, por medio de la instalación de industrias multinacionales en territorio brasileño y de las llamadas ‘cajas negras’ tecnológicas que esas empresas trajeron con ellas. Los físicos brasileños se consideraban poco representados en el gobierno federal y mal aprovechados por él. Además de no poder contribuir con el desarrollo del país, los físicos no eran vistos como ‘muy confiables’ por los militares que estaban en el poder.

Entre abril y mayo de 1969, la junta militar que gobernada el país canceló los derechos de seis físicos, después de la promulgación del Acto Institucional número 5 (AI-5). En la SBF, las cancelaciones de los derechos significaron la destrucción de la

entonces junta directiva recién electa. Leite Lopes, presidente, y Tiomno, vice, fueron excluidos de la vida científica y política de Brasil.

Aun así, la SBF trató de resistir. Para el bienio 1969-1971, se eligieron de nuevo para los mismos cargos a Leite Lopes y Tiomno. Este último, sin embargo, repitió su decisión anterior: renunciar al cargo de vicepresidente. Esta vez, sus colegas cumplieron con su voluntad, y Leite Lopes, ya afuera del país, mantuvo simbólicamente la presidencia. El verdadero responsable por mantener la SBF activa – obviamente, dentro de lo posible, dado el escenario político – fue su secretario general, Ernst Hamburger (1933-2018).

A pesar de, en su mayoría absoluta, fuese opositora al régimen de excepción, la comunidad de físicos brasileña se portó de modo pragmático. El mismo comportamiento ocurrió por parte del gobierno, una vez que éste sabía que, sin la competencia de los físicos, muchos de sus objetivos relacionados con la llamada seguridad nacional (energía, telecomunicaciones etc.) no podrían ser alcanzados. Sin la física, el sueño de un ‘Brasil potencia’ se debilitaría bastante – o no sería viable. El gobierno brasileño tenía planos para los físicos del país, y estos, de cierta forma, aceptaron hacer parte de ellos.

Gracias, principalmente, a los programas de posgrado implementados a partir de los finales de la década de 1960, la física brasileña pudo crecer razonablemente. Para acompañar e influenciar ese proceso, la SBF, a lo largo de la segunda mitad de la década siguiente, empezó una práctica sistemática para obtener informaciones (cualitativas y

cuantitativas) sobre su comunidad. Esa práctica fue importante para consolidar el carácter nacional de la SBF, además de servir de modelo para acciones similares de otras sociedades y hasta para órganos gubernamentales, como el CNPq.

Conclusión

El surgimiento y posterior consolidación de la física como área de investigación y enseñanza en Brasil entre 1934 y 1966 puede ser explicada por la importancia económica que esta ciencia disfrutó en muchas regiones del mundo a lo largo de esos años. A pesar del estado brasileño reconocer la relevancia de la física para asegurar el desarrollo nacional, él no siempre quiso – o fue capaz de – apoyarla adecuadamente. El más importante apoyo que el gobierno dio a la comunidad de físicos fue a través de la creación de un programa nacional de posgrado, el cual permitió el aumento del número de físicos formados, muchos de ellos absorbidos por las universidades, cuyo número creció enormemente a partir de la década de 1960. La pequeña comunidad de físicos tuvo que trabajar con pocos recursos financieros y también con la persecución de algunos de sus miembros. Los obstáculos que se presentaban a los físicos brasileños fueron superados con mucho esfuerzo personal y con la creencia de que sus ideales y objetivos eran correctos, una vez que podrían contribuir para la transformación del país.

Agradecimientos.

Agradezco a Cássio Leite Vieira y Alícia Ivanissevich por la traducción y revisión al español, así como al CNPq (proceso nº 306612-2018-6) y al Programa Prociência por el apoyo financiero.

ORGANIZADORES:

ALBERTO VELEZ RODRIGUEZ
SANDRA MILENA RAMOS ARTEAGA
DALILA VICTORIA RINCON

Referencias

- Broune, Bruno, & Videira, A. (2017). “Mas seja tudo pelo bem da física”: aspectos da trajetória científica de Francisco Xavier Roser, SJ (1904-1967). *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 1-9.
- Tavares , H., Bagdonas, A., & Videira, A. (2020). *Transnationalism as Scientific Identity. Historical Studies in the Natural Sciences* (Vol. 50). Historical Studies in the Natural Sciences.
- Tavares, H., Videira, A., Lattes, C., & Lopes Leite, J. (2020). Nacionalismo no Brasil dos anos 1940. *Revista de História*, 179, 1-33.
- Videira, A. (2004). Pensando no Brasil: O nacionalismo entre os físicos brasileiros no período entre 1945 e 1955. 5, n. 18, 71-98.
- Videira, A. (2020). Videira, A. A. P. Herique Morize and the eclipse of may 1919: the National Observatory of Brazil, the solar corona and pure science. *Journal of Astronomical History and Heritage*, 23, 335.
- Videira, A. (2022). *Ciência e universidade na cidade do Rio de Janeiro na década de 1920. In: Marieta de Moraes Ferreira. (Org.). 1922 o passado no presente - Permanências e transformações.* Rio de Janeiro: FGV Editoria.
- Videira, A. (2022). *Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência. In: José Szwako; José Luiz Ratton. (Org.).* Editora de Pernambuco.
- Viera, & Videira, A. (2014). Carried by History: Cesar Lattes, Nuclear Emulsions, and the Discovery of the Pi-meson. *Physics in Perspective*, 16, 3-36.
- Viera, C., & Videira, A. (2007). História e Historiografia da Física no Brasil. *Fenix*, 4, 1-27.



FUERZA AÉREA COLOMBIANA
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN
"MARCO FIDEL SUÁREZ"

GRUPO ACADÉMICO

PROGRAMA
CIENCIAS BÁSICAS



Hablando de Ciencia en **EMAVI**



Conferencia:

**"CONOZCAMOS A SPACEX, LA COMPAÑÍA
QUE TOMÓ AL ESPACIO POR SORPRESA"**

Conferencista:

MANUEL ALEJANDRO DÍAZ ZAPATA

Enlace:

<https://lobby.sar.ruav.edu.co/#/4LKINZAM54JQ>

27 octubre 2022 **10:00**
jueves horas

“CONOZCAMOS A SPACEX, LA COMPAÑÍA QUE TOMO AL ESPACIO POR SORPRESA”



Manuel Alejandro Diaz Zapata

Magíster

email: Manuel.diaz-zapata@inria.fr

Realiza el segundo año de estudios doctorales en Informática y sus aplicaciones, en el Instituto Nacional de Investigación en Informática y Automatización (INRIA) en Grenoble (Francia) y en el Instituto Nacional de Ciencias Aplicadas (INSA) de Lyon (Francia). Como miembro externo del Seminario de Astronomía ASTERIÓN de la Universidad Autónoma de Occidente (Cali), el Magister DIAZ ha realizado diferentes charlas en este espacio, abordando temas como: SpaceX, el telescopio James Webb, el ‘Mars Helicopter’, entre otros.

ORGANIZADORES:

ALBERTO VELEZ RODRIGUEZ
SANDRA MILENA RAMOS ARTEAGA
DALILA VICTORIA RINCON

CONOZCAMOS A SPACEX, LA COMPAÑÍA QUE TOMÓ AL ESPACIO POR SORPRESA

Manuel Alejandro Diaz Zapata

Resumen

Space Exploration Technologies, conocida como SpaceX, es la compañía que lidera el sector de la exploración espacial actualmente. En este artículo se describe de manera general cuál ha sido la historia de desarrollo de los diferentes modelos para lanzamiento que han sido creados, algunas de sus características técnicas, como también los diferentes logros que esta empresa ha logrado gracias a su carácter innovador en el sector aeroespacial.

Palabras clave: Exploración espacial, cohetes, propulsor Merlin, propulsor Raptor, Starship.

ORGANIZADORES:

ALBERTO VELEZ RODRIGUEZ
SANDRA MILENA RAMOS ARTEAGA
DALILA VICTORIA RINCON

Introducción

Ubicada en la ciudad de Hawthorne, en el estado de California de los Estados Unidos de América, Space Exploration Technologies Corporation, mejor conocida como SpaceX es la empresa que lidera en la actualidad el negocio de lanzamientos espaciales de manera privada.

Fundada en 2002 por Elon Musk, SpaceX fue creada con el objetivo principal de abaratar los costos de lanzamiento espacial de tal manera que la raza humana pueda ver factible la colonización de otros cuerpos espaciales como Marte y la luna Titán de Júpiter. Actualmente se encuentra dirigida por Gwynne Shotwell, quien desde su fundación ha sido la persona clave detrás de la alta relevancia que SpaceX ha ganado en la exploración espacial, lanzamiento de satélites privados, como también en su incursión en el negocio de las telecomunicaciones.



Gwynne Shotwell (izquierda) y Elon Musk (derecha).

Crédito: Comando Norte de los EE.UU.

Hasta la actualidad, SpaceX ha desarrollado cuatro tipos diferentes de cohetes, dos cápsulas espaciales y seis motores a propulsión. A continuación, hablaremos de cada uno de ellos para entender un poco la historia de desarrollo, como también el panorama actual de las capacidades de lanzamiento de SpaceX.

Falcon 1 - Los inicios de SpaceX

El cohete Falcon 1 fue el primer vehículo de lanzamiento desarrollado por SpaceX. Con una altura de 21 metros y un diámetro de 1.7 metros, fue el primer cohete de combustible líquido creado totalmente de manera privada en el mundo capaz de entrar en órbita alrededor del planeta Tierra.

Siendo una plataforma de lanzamiento desechable, no contaba con la capacidad de aterrizar como serían posibles futuros vehículos de la familia Falcon. Ésta era una plataforma de lanzamiento de dos etapas que utilizaba queroseno (también conocido como RP-1) como combustible junto con oxígeno líquido como oxidante para su propulsión en los motores Merlin y Kestrel. En el Falcon 1, el motor Merlin 1C era el encargado de brindar los 454 kN de propulsión de la primera etapa durante 169s de combustión. Luego, el motor Kestrel disponible en la segunda etapa, con 31 kN de empuje y 378s de combustión era el encargado de asegurar que la carga fuera colocada en órbita.

Se estima que el costo de desarrollo de este cohete estuvo entre los 90 y 100 millones de dólares. Fue utilizado para cinco diferentes lanzamientos desde 2006 hasta su retiro en 2009 cuando fue reemplazado por la plataforma Falcon 9.

Dentro de las cinco misiones realizadas por el Falcon 1 solo 2 fueron exitosas. Las primeras tres misiones fallaron por diversas causas relacionadas con fallos de motor. Luego, en septiembre del 2008, como preparación a la misión de RazakSAT, el Falcon 1 logra colocar en órbita un simulador de masa de 165 kg. Su último vuelo sucedió el 14 de julio de 2009, en el cual logró poner en órbita baja el satélite malasio RazakSAT para observación terrestre desde una lanzadera ubicada en las Islas Marshall.

Falcon 9 - El 'workhorse' de SpaceX

Debido a la baja carga útil y naturaleza desechable del cohete Falcon 1, SpaceX comenzó a desarrollar el que se convertiría en su vehículo principal e insignia (en inglés: 'workhorse'), el cohete llamado Falcon 9.

Este vehículo, mucho más grande que su predecesor, fue diseñado para que su primera etapa fuera totalmente reusable. Esta meta del reuso de una primera etapa, fue un plan ambicioso, pero clave, de SpaceX para lograr reducir sus costos de lanzamiento.

El nombre Falcon 9 le fue dado debido a los nueve motores Merlin que brindan propulsión a su primera etapa. Con una altura de 71 metros y un diámetro de 3.6 metros, el Falcon 9 superó en creces el tamaño de su predecesor.

La ambición principal de SpaceX durante el desarrollo del Falcon 9, era crear un sistema cuya primera etapa fuera modular y reutilizable. El cumplir estos dos requerimientos, aseguraban que los costos de lanzamiento, que para vehículos de este tamaño son extremadamente elevados, pudieran ser disminuidos de tal manera que no solo agencias estatales tuvieran acceso a las posibilidades de colocar objetos en órbita alrededor del planeta.

Desde su concepción, el diseño de este cohete ha pasado por 4 diferentes iteraciones. Donde la versión actual, llamada Falcon 9 Block 5 Full Thrust, ha estado en servicio desde mayo del 2018. Los nueve motores Merlin (versión Merlin-1D) le brindan a su primera etapa una capacidad de empuje de 7607 kN a nivel del mar, 8227 kN en vacío y 162 segundos de combustión. Aparte, este cohete cuenta con la versión especializada para propulsión en vacío del motor Merlin capaz de entregar 934 kN de empuje durante 397s de combustión para lograr colocar su carga ya sea en órbita baja terrestre (LEO por sus siglas en inglés) u órbita geosíncrona (GEO por sus siglas en inglés), pero también es posible utilizar el Falcon 9 para enviar carga hacia Marte.

Dentro de las configuraciones posibles del Falcon 9, existe la opción de configurar el cohete como un vehículo reutilizable o desechable. Siendo capaz de enviar hasta 22.8 toneladas a LEO, 8.3 toneladas a GEO o 4 toneladas a Marte si no se desea recuperar su primera etapa. En cambio, si se requiere abaratar costos mediante la configuración reusable, el Falcon 9 es capaz de enviar una carga reducida de 10.9 toneladas a LEO o 5.5 toneladas a GEO.

Esta capacidad de lanzar y reutilizar la primera etapa permite abaratar los costos de tal manera que en comparación a otros competidores como United Launch Alliance (ULA), ROSCOSMOS (agencia espacial rusa), e inclusive la misma NASA, SpaceX es capaz de cobrar una fracción del precio por el mismo servicio. Por ejemplo, el precio estimado es de cerca de 55 millones de dólares por astronauta en cada lanzamiento del Falcon 9 en comparación a 80 millones de dólares por astronauta en la cápsula Soyuz de ROSCOSMOS. En cuanto al precio de carga útil, en 2020 el valor era de 4.000 dólares por kilogramo lanzado en el Falcon 9, comparado con los 54.500 dólares (ajustado por inflación) que costaba lanzar un kilogramo durante el programa del transbordador espacial o los 12.000 dólares por kilogramo que cuesta el lanzamiento del Delta IV de ULA (el cual es el cohete actual más cercano en comparación).

Dentro de logros que el cohete Falcon 9 permitió a SpaceX alcanzar, se encuentran los siguientes:

- La primera empresa privada en enviar una nave espacial a la Estación Espacial Internacional (Dragon C2+ — 25 de mayo de 2012)
- La primera empresa privada que envía un satélite a la órbita geosíncrona (SES-8 en el vuelo 7 de Falcon 9 — 3 de diciembre de 2013)
- El primer aterrizaje de la primera etapa de un cohete orbital en tierra (vuelo 20 de Falcon 9 — 22 de diciembre de 2015)
- El primer aterrizaje de la primera etapa de un cohete orbital en una plataforma oceánica (Falcon 9 vuelo 23 — 8 de abril de 2016)
- El primer re-lanzamiento y aterrizaje de una etapa de cohete orbital usado (B1021 en el vuelo 32 de Falcon 9 — 30 de marzo de 2017)
- El primer segundo reuso (tercer vuelo) de una nave comercial de carga (SSO-A: Smallsat Express - vuelo 64 del Falcon 9 — 3 de diciembre de 2018)
- Primera compañía privada que logra enviar humanos en órbita (Crew Dragon Demo-2 — 30 de Mayo de 2019)
- Primera compañía privada que logra enviar humanos a la Estación Espacial Internacional (ISS) (Crew Dragon Demo-2 — 31 de Mayo de 2020)

Falcon Heavy - Probando el modularidad del Falcon 9

Debido a las limitaciones de carga en el Falcon 9, SpaceX decidió comenzar a explorar las posibilidades de entrar en el espacio de los lanzadores de categoría pesada. La categoría de lanzadores de carga pesada es definida por la NASA como cualquier vehículo de lanzamiento capaz de enviar carga entre 20 y 50 toneladas a

LEO. Para esto, y siguiendo los lineamientos de crear plataformas de lanzamiento que fueran económicamente viables, la configuración Falcon Heavy fue propuesta. Compuesto por tres primeras etapas de Falcon 9, el Falcon Heavy es creado utilizando diseños preexistentes, teniendo en cuenta que estas primeras etapas son reutilizables. Falcon Heavy es actualmente el cohete operacional más poderoso del mundo. Con una altura de 70 metros (igual que Falcon 9) y un ancho de 12.2 metros, sus 27 motores Merlin-1D son capaces de generar en total 22.820 kN de empuje a nivel del mar durante 187 segundos. Este nivel de empuje permite al Falcon Heavy, levantar en órbita casi 64 toneladas de carga útil a LEO, más del doble que el siguiente vehículo operacional más cercano (Delta IV Heavy de ULA capaz de levantar 28.7 toneladas a LEO). Su primer vuelo fue el 6 de febrero de 2018, donde solamente dos de las tres primeras etapas lograron aterrizar sin ningún daño.

Se estima que es el cuarto cohete más poderoso de la historia, después del Saturno V (usado en el programa Apollo), Energía Y N1 (desarrollados por la Unión Soviética). Con un costo aproximado de 90 millones de dólares en su configuración reusable, o 150 millones de dólares en su configuración no reusable, ha sido lanzado 3 veces hasta la fecha. Su primer vuelo, el cual fue un vuelo de demostración el 6 de febrero de 2018, lanzó el vehículo privado de Elon Musk en órbita entre el Sol y Marte. Su segundo vuelo el 11 de abril de 2019, puso en órbita el satélite de comunicaciones Arabsat-6A. Y su tercer vuelo el 25 de junio de 2019, fue realizado para cumplir con la certificación del programa de vuelos espaciales de la Fuerza Aérea de los EE. UU.

Starhopper y Starship - La gran apuesta para el futuro de SpaceX

Debido a la meta final de SpaceX, la cual es volver a la humanidad en una especie capaz de vivir en diferentes planetas, fueron diseñadas las plataformas de Starhopper y Starship.

A comparación de los cohetes de la familia Falcon, la idea de SpaceX detrás de los vehículos Starship, es generar una familia de vehículos de lanzamiento de carga superpesada capaces de levantar más de 50 toneladas a LEO a un precio mucho más bajo. Para esto, SpaceX apostó en el diseño de un motor totalmente nuevo llamado Raptor. Desarrollados entre 2012 y 2019, los motores Raptor difieren de los motores Merlin en el uso de metano como combustible en vez de queroseno. La idea detrás de este cambio es motivada por la posible necesidad a futuro de reabastecer los vehículos durante misiones fuera del planeta Tierra. Debido a la disponibilidad de metano en algunos de los planetas y lunas del sistema solar, SpaceX decidió no depender del queroseno como combustible para esta plataforma.

Aún en desarrollo, se espera que la versión final de Starship sea capaz de levantar al menos 100 Toneladas de carga a LEO, lo que lo volvería el cohete más potente de la historia. Con una altura de 118 metros y un diámetro de 9 metros, se espera que su costo de desarrollo sea cercano a los 5.000 millones de dólares. Su primera etapa contará con 31 motores Raptor-capaces de brindar un empuje total de 61800

kN durante 330 segundos, y su segunda etapa contará con 7 motores Raptor-capaces de entregar 13.900 kN de empuje en el vacío. También se ha propuesto que a través de microperforaciones en su fuselaje, Starship pueda usar parte del metano o agua disponible como escudo térmico para su reentrada atmosférica. Hasta el momento de escritura de este artículo, no se han realizado pruebas a nivel orbital con esta plataforma.

ORGANIZADORES:

ALBERTO VELEZ RODRIGUEZ
SANDRA MILENA RAMOS ARTEAGA
DALILA VICTORIA RINCON

Bibliografía

Administration., N. A. (2021). *NASA's management of the Artemis Missions*. National Aeronautics and Space Administration's Office of Inspector General.

Space Exploration Technologies. (2022). Obtenido de SpaceX, About Us. Space Exploration Technologies. <https://www.spacex.com/>

Spudis, P. (22 de Julio de 2012). The Tale of Falcon 1. *Smithsonian Air and Space Magazine*. Obtenido de <https://www.smithsonianmag.com/air-space-magazine/the-tale-of-falcon-1-5193845/>

ORGANIZADORES:

ALBERTO VELEZ RODRIGUEZ
SANDRA MILENA RAMOS ARTEAGA
DALILA VICTORIA RINCON

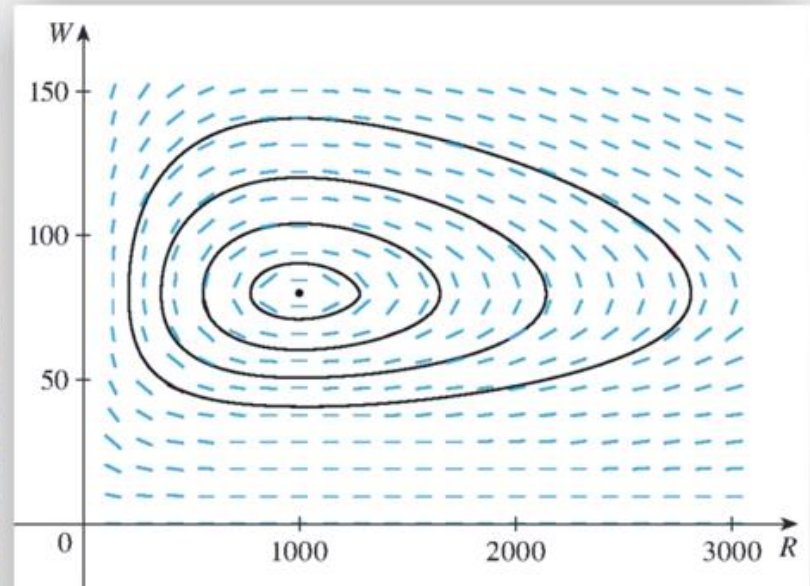


FUERZA AÉREA COLOMBIANA
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN
"MARCO FIDEL SUÁREZ"

GRUPO ACADÉMICO

PROGRAMA
CIENCIAS BÁSICAS

Hablando de Ciencia en **EMAVI**



Retrato fase para el sistema depredador-presa



Conferencia: **"CARRERA ARMAMENTISTA:
Un modelo biológico vs un modelo social"**

Conferencista: **JAIRO ALBERTO VILLEGAS GUTIERREZ**

Enlace: <https://lobby.sar.ruav.edu.co/#/4LKJOQOI7H92>

10 noviembre
jueves 2022 **10:00**
horas



**“CARRERA ARMAMENTISTA:
UN MODELO BIOLÓGICO VS UN MODELO SOCIAL”**



Doctor Jairo A Villegas G

Universidad EAFIT, Medellín

email: javille@eafit.edu.co

Profesor de matemáticas en la universidad EAFIT. Doctor en Ciencias Matemáticas, integrante del Grupo de Investigación en Ciencias Aplicadas de la Escuela de Ciencias Aplicadas e Ingeniería de la universidad EAFIT. El área de investigación es ecuaciones diferenciales parciales utilizando elementos finitos, volúmenes finitos, funciones de base radial, en donde tiene varias publicaciones tales como:

- Meshless Method for the Numerical Solution of Coupled Burgers Equation.
- Taylor-Petrov-Galerkin Method for the Numerical Solution of KdV Equation.
- Bidomain Model solution using the Finite Volume Method.
- Wavelet-Petrov-Galerkin method for the numerical solution of the KdV equation.

**“CARRERA ARMAMENTISTA:
UN MODELO BIOLÓGICO VS UN MODELO SOCIAL”**

Jairo Alberto Villegas Gutiérrez, Universidad EAFIT, Medellín- Colombia

Resumen

Geoméricamente, un sistema dinámico describe el movimiento de los puntos en el espacio a lo largo de las curvas solución definidas por un sistema de ecuaciones diferenciales. Este procedimiento geométrico da una comprensión cualitativa del comportamiento de las soluciones, en lugar de información cuantitativa detallada. La teoría cualitativa de las ecuaciones diferenciales fue creada por Poincaré en varios artículos entre 1880 y 1886 en el estudio “Sobre el problema de los tres cuerpos”. Entre las aplicaciones más importantes e interesantes de los sistemas dinámicos tenemos la interacción entre dos o más poblaciones que ocupan el mismo espacio o ambiente. Por lo tanto, en el modelamiento de fenómenos biológicos la ecuación logística y los modelos de competencia de Lotka–Volterra desempeñan un papel fundamental, pues son el punto de partida para la creación de modelos apropiados para la descripción de nuevos sistemas y procesos. Por ejemplo, el modelo matemático clásico de este tipo es el de presa-depredador desarrollado por Volterra alrededor de 1920 para estudiar las variaciones cíclicas observadas en la población de tiburones y peces que sirven como alimento en el Mar Adriático.

Introducción y contenido

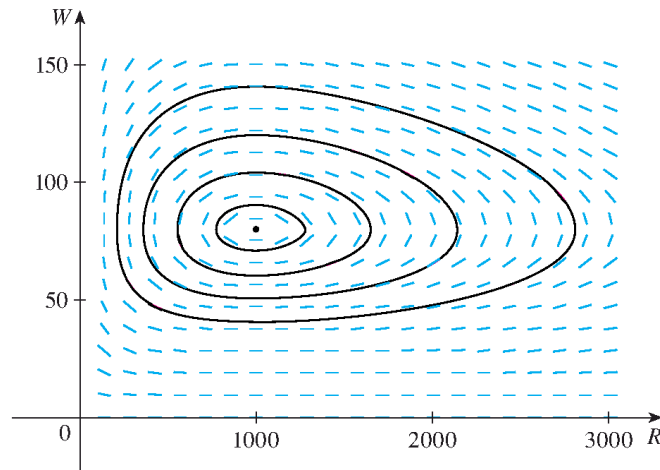
Los sistemas dinámicos presentan puntos de equilibrio que se clasifican como estables o inestables. Esto significa, por ejemplo, en el caso de dos especies en interacción, que la evolución temporal tiende a que las poblaciones de las especies se aproximen al estado de equilibrio con el transcurso del tiempo (estable) o a que se alejen de ese punto (inestable). Este mecanismo puede llevar a la extinción de una de las dos especies o la reducción significativa del tamaño de su población. Estas son las ideas que nos llevan al estudio cualitativo de las ecuaciones diferenciales y al concepto de estabilidad de una solución de equilibrio, cuestión crucial en ciertos fenómenos biológicos que se pueden describir por sistemas bidimensionales de primer orden de la forma

$$\frac{dx}{dt} = P(x, y), \quad \frac{dy}{dt} = Q(x, y), \quad (1)$$

en donde la variable independiente es implícita. Tales sistemas se llaman “sistemas autónomos”.

Se supone que las funciones P y Q son continuas y tienen derivadas parciales continuas en una región R del plano xy , que se llama el “plano fase” del sistema (1). En este caso, en virtud del teorema de existencia y unicidad, dados t_0 y cualquier punto (x_0, y_0) de R , existe una solución única $x = x(t)$, $y = y(t)$ de (1) definida en un intervalo I que contiene a t_0 y satisface las condiciones iniciales

$$x_0 = x(t_0), \quad y_0 = y(t_0) \quad (2)$$



Retrato fase para el sistema depredador-presa

Las ecuaciones $x = x(t)$, $y = y(t)$ describen una curva solución parametrizada en el plano fase. Una de estas curvas solución es una “trayectoria” del sistema (1), y por cada punto de la región R pasa exactamente una trayectoria.

Uno de los modelos matemáticos que trataremos en la charla es el modelo de Richardson que describe la carrera armamentista de dos países que se basan en el “miedo mutuo”. Esto es, una nación se ve incitada a aumentar su arsenal de armas a un ritmo proporcional al nivel de gastos en armamento de su rival. El modelo de Richardson tiene en cuenta restricciones internas dentro de una nación que frenan la acumulación de armas: cuanto más gasta una nación en armas, más difícil es hacer mayores aumentos, porque se vuelve cada vez más difícil desviar los recursos de la sociedad de las necesidades básicas, como alimentos y vivienda, hacia las armas. Richardson también

incorporó a su modelo otros factores que impulsan o frenan la carrera armamentista que son independientes de los niveles de gasto en armas.

La estructura matemática del modelo de Richardson es un sistema de dos ecuaciones diferenciales lineales de primer orden. Si x e y representan la cantidad de capital gastada en armas por dos naciones en el tiempo t , entonces el modelo tiene la forma

$$\begin{aligned}\frac{dx}{dt} &= ay - mx + r \\ \frac{dy}{dt} &= bx - ny + s,\end{aligned}$$

donde las constantes a , b son positivas y miden el miedo mutuo, mientras que las constantes positivas m , n representan factores de proporcionalidad que conducen a la “moderación” y en algunos casos a frenar internamente la carrera armamentista. Las constantes r y s son reales (pueden ser positivas o negativas).

Del modelo biológico depredador-presa se puede deducir otros modelos que conducen a “modelos de guerra” (después de darle interpretaciones apropiadas a los parámetros) que son estudiados por sociólogos o politólogos (véase por ejemplo (Isaza & Campos, Consideraciones cuantitativas sobre la evolución reciente del conflicto, 2009), (Trejos, 2013). (Yafle , 2011) con el propósito de analizar las consecuencias que trae dentro de una nación el desvío de recursos para la acumulación de armas, con fines de enfrentar conflictos internos o externos, en lugar de destinarlos para satisfacer las necesidades

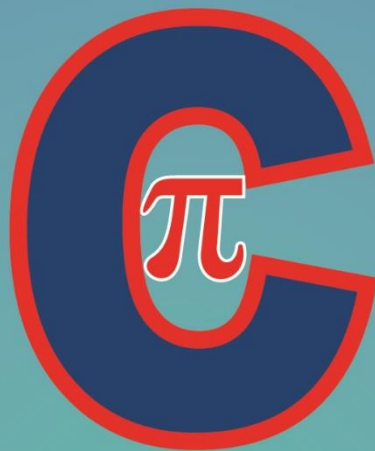
básicas de la sociedad como son alimento, educación y vivienda. No quiere decir que haya modelos exclusivos para estudiar fenómenos sociológicos de conflictos, como guerras, sino adaptaciones de los modelos de competiciones entre especies biológicas o de forma más general, el modelo de Lotka-Volterra. Esta adaptación entre diferentes estructuras lógicas sólo lo permite el lenguaje de la matemática. El modelo Lotka-Volterra, en general, es no lineal y por lo tanto encontrar soluciones analíticas es un “tanto difícil” por lo que hay que recurrir a técnicas numéricas como el Método de Runge-Kutta. Sin embargo, un análisis cualitativo del sistema obtenido del modelo nos permite determinar puntos críticos, estabilidad y periodicidad de las soluciones, encontrar o determinar atractores o fuentes, como también puntos de bifurcación.

ORGANIZADORES:

ALBERTO VELEZ RODRIGUEZ
SANDRA MILENA RAMOS ARTEAGA
DALILA VICTORIA RINCON

Bibliografía

- Boyce , W. E., & DiPrima, R. C. (2002). *Ecuaciones Diferenciales y problemas con valores de frontera*. LIMUSA WILEY.
- Edwards, C. H., & Penney, D. E. (2001). *Ecuaciones Diferenciales* (segunda ed.). Pearson.
- Isaza , J. F., & Campos, D. (enero-abril de 2009). Consideraciones cuantitativas sobre la evolución reciente del conflicto. *Análisis Político*(65), 3-24.
- Isaza, J. F., & Campos, D. (2005). Modelos dinámicos de guerra: El conflicto colombiano. *Revista Académica Colombiana de Ciencias*, XXIX (110), 133-148.
- Nagle, Saff, & Sneider. (2005). *Ecuaciones diferenciales y problemas con valor en frontera* (Cuarta ed.). PEARSON.
- Olinick, M. (2014). Mathematical Modeling in the Social and Life Sciences. *Modelo matemático*, 2(3), 237-258.
- Perko, L. F. (2001). *Differential Equations and Dynamical Systems* (tercera edición ed.). Springer.
- Trejos, L. F. (2013). Una Revisión Teórica de su conflicto armado. *Revista enfoques*, XI, 55-75.
- Yafle , L. (2011). Conflicto armado en Colombia: analisis de las causas económicas, sociales e institucionales de la oposición violenta. *Revista CS ICESI*(8), 187-208.
- Zill, D. G. (2013). *A First Course in Differential Equations* (TERCERA ed.). CENGAGE.



*Hablando de
Ciencia en
EMAVI*

