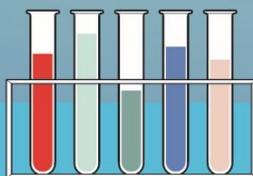




# Hablando de Ciencia en **EMAVI**

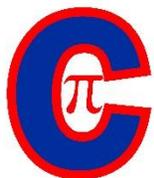


ISSN en línea: En trámite  
4ª. Edición, 2021-2 (noviembre)



## **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  
**CR. Oscar Mauricio Gómez Muñoz**

Subdirección  
**CR. Jorge Andrés Henao Bohórquez**

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**  
Jennifer J. García Saldarriaga

**© 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”

4ª. Edición, 2021-2 (noviembre)  
PDF Digital  
Santiago de Cali, Valle del Cauca, 2021.

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

**Palabras clave**

Gravedad e ingravidez, cálculo diferencial, cálculo diferencial, GeoGebra, Matemática y Epidemiología

---

**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.

---

**ORGANIZADORES:**

ALBERTO VELEZ RODRIGUEZ  
SANDRA MILENA RAMOS ARTEAGA  
DALILA VICTORIA RINCON

## ÍNDICE

	Pág.
<b>Introducción</b>	5
<b>Agradecimientos</b>	9
<b>Gravedad e Ingravidez Teoría y Experimentos</b>	10
<b>Calculo Diferencial e Integral con GeoGebra</b>	34
<b>Matemática y Epidemiología</b>	54

## INTRODUCCIÓN

“Hablando de Ciencia en EMAVI” corresponde a una socialización de experiencias desarrolladas en Francia, ingravidez simulada-Conferencia julio 29-2021, España, uso de GeoGebra en el desarrollo del cálculo diferencial e integral en un aula de clase-Conferencia agosto 19-2021 y Colombia, en lo referente a la estrecha relación entre la matemática y la epidemiología-Conferencia septiembre 9-2021. El evento es organizado por los profesores SANDRA MILENA RAMOS ARTEAGA, DALILA VICTORIA RINCON y ALBERTO VELEZ RODRIGUEZ, Orientadores de Defensa-Departamento de Ciencias Básicas-Grupo Académico-Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suarez”.

La conferencia “**GRAVEDAD E INGRAVIDEZ TEORIA Y EXPERIMENTOS**”, a cargo del Doctor **MAURICIO ANTONIO HOYOS HOYOS PhD. HDR**, se llevó a cabo con un total de 190 asistentes incluidos Alféreces, Cadetes y Docentes de EMAVI. Fue presentada por el señor mayor **GUILLERMO ENRIQUE CASTELLANOS SANDOVAL**, jefe Sección Calidad Educativa-Grupo académico-Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suarez”. El conferencista expone una serie de explicaciones acerca de la sensación extraña que experimenta un ser humano al caer por efecto de la atracción de la tierra y el estado de ingravidez que experimentan los astronautas en el espacio mediante, la presentación de experiencias en aviones, torres de caída libre y cohetes sonda con el fin de simular la ingravidez. Se abordan los conceptos teóricos de gravedad e ingravidez y se presentan ejemplos que ilustran el aprovechamiento de la ingravidez en experimentos de física y de

biología. En el siglo 17 Isaac Newton propuso que la atracción que ejerce la tierra sobre los cuerpos está ligada a un efecto de masa, cantidad de materia. La gravedad se presenta finalmente como una fuerza de atracción entre cuerpos con masa en reposo. La gravedad depende de los planetas puesto que ellos tienen diferentes masas. Como a toda fuerza se le opone otra igual, a la gravedad se le opone la fuerza centrífuga de un objeto en órbita. Al anularse las dos fuerzas los objetos quedan gobernados por su sola inercia. En el espacio, los astronautas están en ingravidez porque la atracción terrestre es compensada por la fuerza centrífuga del vehículo que los transporta.

La conferencia " **CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL CON GEOGEBRA**" a cargo del Doctor **AGUSTÍN CARRILLO DE ALBORNOZ TORRES**, se llevó a cabo con un total de 181 asistentes incluidos Alféreces, Cadetes, docentes de EMAVI y docentes de la Universidad autónoma de Occidente. Fue presentada por los profesores SANDRA MILENA RAMOS ARTEAGA, DALILA VICTORIA RINCON, ALBERTO VELEZ RODRIGUEZ, Orientadores de defensa-Departamento de Ciencias Básicas-Grupo académico-Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suarez". El conferencista muestra las opciones que ofrece GeoGebra para desarrollar el cálculo diferencial e integral en un aula de clase, aplicaciones que se deducen de los contenidos tales como áreas encerradas entre dos o más curvas, cálculo de longitudes de una curva, volumen generado por una superficie de revolución. Se utiliza la vista gráfica y algebraica, vista CAS y la vista 3D. Finalmente, se resuelven diferentes problemas del cálculo en los que

además de los cálculos necesarios, se dispone de las representaciones que GeoGebra ofrece.

La conferencia " **MATEMÁTICA Y EPIDEMIOLOGIA** a cargo de la Doctora **PAULA ANDREA GONZÁLEZ PARRA** ", se llevó a cabo con un total de 297 asistentes incluidos Alféreces, Cadetes, estudiantes y docentes de la Universidad Autónoma de Occidente-Cali, docentes EMAVI. Fue presentada por el señor mayor **GUILLERMO ENRIQUE CASTELLANOS SANDOVAL**, jefe Sección Calidad Educativa- Grupo Académico-Grupo académico-Escuela Militar de Aviación "Marco Fidel Suarez". Con la aparición del COVID- 19, ha crecido en la población el interés en los modelos matemáticos que representan las enfermedades infecciosas. Es común escuchar hablar acerca del número reproductivo básico, el pico de la epidemia, las políticas de mitigación de la enfermedad. La conferencista presenta las ideas básicas de epidemiología y muestra que a través de un modelo matemático es posible hacer predicciones y sugerir la forma en que las políticas de control deben ser implementadas. Además, presenta una comparación entre modelos continuos y discretos en epidemiología y finalmente muestra un modelo de propagación del COVID-19 comparando sus resultados con los datos estadísticos de la ciudad Santiago de Cali.

El Grupo Académico bajo la dirección de la señora teniente coronel YADIRA CARDENAS POSSO, el departamento de Ciencias Básicas con la coordinación de la señora teniente

## HABLANDO DE CIENCIA EN EMAVI – MEMORIAS

MAGDA YOULIETH ECHEVERRIA DIAZ, los profesores DALILA VICTORA RINCON, SANDRA MILENA RAMOS ARTEAGA Y ALBERTO VELEZ RODRIGUEZ se complacen en presentar las memorias del ciclo de conferencias del evento “Hablando de Ciencia en EMAVI”-2021-2.

### **ORGANIZADORES:**

ALBERTO VELEZ RODRIGUEZ  
SANDRA MILENA RAMOS ARTEAGA  
DALILA VICTORIA RINCON

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecimientos especiales a la Sección Recursos educativos por el diseño y elaboración oportuna de los afiches de divulgación y las notas de estilo, mil gracias, señora Inés Mellizo Vidal.

A los conferencistas, por su participación en las conferencias y elaborando resúmenes extendidos que forman parte de memorias.

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

A la señora teniente MAGDA YOULIETH ECHAVERRÍA DÍAZ, Coordinador Educativo Ciencias Básicas-Grupo académico-Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”.

Mil gracias todos.



FUERZA AÉREA COLOMBIANA  
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN "MARCO FIDEL SUÁREZ"  
GRUPO ACADÉMICO - PROGRAMA CIENCIAS BÁSICAS



# Hablando de Ciencia en **EMAVI**



Conferencia:

**"GRAVEDAD E INGRAVIDEZ TEORIA Y EXPERIMENTOS"**

Conferencista:

PhD MAURICIO ANTONIO HOYOS HOYOS

Enlace:

<https://lobby.sar.ruav.edu.co/#/32OUVWLT5JMD>

**29** JUEVES  
JULIO  
2021 | 10:00  
A.M.

**“GRAVEDAD E INGRAVIDEZ TEORÍA Y EXPERIMENTOS”**



**PhD. HDR Mauricio Antonio Hoyos Hoyos**

**Institute Français e petrole**

Licenciado en física: Universidad Pedagógica nacional de Bogotá. Máster en astrofísica: Université Paris7 Paris, Francia. Máster en física de campos y partículas, Université Paris6 Paris, Francia. Máster en Reología y transferencia de masa y de calor (equivalente: Ingeniería de procesos) Universidad Paris 7. Doctorado en física Univesité Paris7. Paris: especialidad Acústica y mecánica de fluidos. Post-doctorado: Institute Français e petrole: estudio de explotación petrolera con ultrasonidos. Investigador permanente desde 1990: Centro Nacional de la Investigación científica CNRS: Laboratoire de physique et Mécanique des milieux Hétérogènes, Ecole Superieure de physique et Chimie Industrielles.

Actualmente: Investigador Clase excepcional, CNRS. Investigaciones: ciencias separativas, química analítica, biofísica, acústica, nanotecnología, física espacial,

microgravedad. Creador de la star-up: Aenitis technologies ([www.aenitis.fr](http://www.aenitis.fr)) para la separación de células sanguíneas.

**ORGANIZADORES:**

ALBERTO VELEZ RODRIGUEZ  
SANDRA MILENA RAMOS ARTEAGA  
DALILA VICTORIA RINCON

**“GRAVEDAD E INGRAVIDEZ TEORÍA Y EXPERIMENTOS”**

**Postdoctorado Mauricio Antonio Hoyos Hoyos**

**Institute Français e petrole**

No parece ser posible saber cómo experimenta un bebe el encuentro con la gravedad. Esa sensación extraña de caer y de estar atraído por lo que llamamos el piso. En el siglo 17 Isaac Newton propuso que la atracción que ejerce la tierra sobre los cuerpos está ligada a un efecto de masa, es decir cantidad de materia. La gravedad se presenta finalmente como una fuerza de atracción entre cuerpos con masa en reposo. El hecho de que todos los planetas tienen diferente masa, la atracción gravitacional o gravedad es diferente. Como a toda fuerza se le puede oponer otra igual, a la gravedad se le puede oponer por ejemplo la fuerza centrífuga y al anularse las fuerzas los objetos quedan gobernados por su sola inercia. En el espacio, los astronautas están en ingravidez porque la atracción terrestre es compensada por la fuerza centrífuga del vehículo que los transporta.

Con el fin de simular la ingravidez, experiencias en aviones, torres de caída libre y cohetes sonda son realizados. En esta charla abordaré los conceptos teóricos de gravedad e ingravidez y daré ejemplos de cómo se aprovecha la ingravidez en experimentos de física y de biología.

## **Micro-gravedad y experimentación**

**Mauricio Hoyos**

**Laboratorio de física y mecánica de la materia heterogénea**

**CNRS París-Francia**

Objetos como naves espaciales o satélites artificiales, girando alrededor de la tierra, sufren una fuerza centrífuga de igual magnitud de la gravedad terrestre a esa altura (alrededor de 400 km por la estación espacial internacional), manteniéndose así en equilibrio estable a una distancia constante. Como las dos fuerzas se compensan, la fuerza neta en el interior de la estación es cero y los astronautas no están sometidos a ninguna fuerza de volumen y flotan como todo en la estación. Esto complica la actividad científica y cotidiana de los astronautas.

Pero en ningún sitio estable sobre la superficie terrestre es posible experimentar la ingravidez. Es entonces necesario simularla utilizando dispositivos específicos. Interesémonos a lo que llamamos gravedad.

Desde el punto de vista de la física clásica, la gravedad es una aceleración. Es decir, un cuerpo acelera cuando su velocidad aumenta con el tiempo. Un cuerpo que cae en el vacío sobre la superficie terrestre aumenta su velocidad 9.81 m/s cada segundo. Si el

cuerpo se suelta, como el caso de un ascensor al que se le rompe el cable, si parte de velocidad  $V=0\text{m/s}$ , en un segundo caerá ya con una velocidad de  $9,81\text{m/s}$  que es equivalente a  $588\text{m/minuto}$  o sea a  $3,5\text{km/h}$ . Rápidamente adquiere velocidades inmensas. Una persona que cae del primer piso de la torre Eiffel, toma 8 segundos cayendo, esto quiere decir que al llegar al suelo tiene una velocidad de alrededor de  $35\text{ km/h}$ , suficiente para matarse con el golpe. Eso sería en el vacío es decir sin encontrar ninguna resistencia del aire. Esta resistencia en realidad frena a un individuo en caída libre y pasaría como en el caso de paracaidistas que saltan de un avión y abren el paracaídas después de un cierto tiempo. La fuerza de fricción del aire anula la fuerza generada por la gravedad y la fuerza neta sobre el cuerpo del paracaidista que cae libremente es cero. Es decir, no hay aceleración y cae a velocidad constante. En este caso el paracaidista se encuentra en ingravidez. Una caída libre de cualquier cuerpo simula la ingravidez. Ahora veamos más claro en un ascensor. Si el ascensor es el del “Empire State Building”, la caída sería vertiginosa, una persona en el ascensor caería con la misma velocidad que el ascensor y flotaría con respecto a las paredes del ascensor. Tanto el individuo como el ascensor acelerarían de la misma manera y tendrían en todo momento la misma velocidad, es decir La velocidad relativa ascensor-individuo es cero. Velocidad cero con respecto a las paredes del ascensor o velocidad constante como en el caso del paracaidista que aún no ha abierto el paracaídas, es equivalente a decir que no hay fuerza ejerciéndose sobre el individuo. Esto nos explica cómo debemos simular la ingravidez o la gravedad reducida en la tierra. Poder predecir el comportamiento fisiológico del cuerpo humano, así como el funcionamiento de diversos aparatos en las

naves espaciales y en la estación espacial internacional, ha sido fundamental para el avance aeroespacial. simular la ingravidez ha podido permitir avances fundamentales. Actualmente hay 3 tipos de dispositivos para simular la ingravidez o la gravedad reducida, decimos gravedad reducida porque eliminarla totalmente durante un largo periodo es extremadamente complicado:

Los 3 tipos de dispositivos son:

- **Torres de caída libre** (drop tower) utilizadas para experimentos de corta duración, entre 4 y 5 segundos de microgravedad. Se estudian aleaciones de metales, combustión, y otros campos de la física de la materia.

- **Cohetes sonda**: La agencia espacial europea ESA maneja una base de lanzamiento de satélites en Kiruna en el norte de Suecia. Estos cohetes transportan experimentos donde la ingravidez o la microgravedad puede llegar a periodos de 7 minutos donde se pueden realizar test más rigurosos de funcionamiento de diversos experimentos que deben ser embarcados en la estación espacial internacional. Por ejemplo, la cristalización de proteínas, comportamiento de medios dispersados, suspensiones, emulsiones, espumas, también combustión, evaporación, condensación etc.

**- Vuelos parabólicos.**

Aquí estaremos estamos concernidos con el trabajo en microgravedad o gravedad reducida en vuelos parabólicos.

**¿Cómo obtener gravedad reducida en vuelos parabólicos?**

Lo que llamamos ingravidez es el hecho de anular todas las fuerzas que se ejercen sobre un objeto masivo. Así, si el objeto se desplaza con a la coordenada vertical respecto a la tierra a velocidad constante, la gravedad será eliminada. Gracias a la mecánica Newtoniana sabemos que todo cuerpo que es lanzado verticalmente hacia arriba es desacelerado por la gravedad hasta alcanzar una velocidad cero y luego comenzará a caer acelerando a  $9,81\text{m/s}^2$ . La resistencia del aire frenará un poco el objeto disminuyendo simplemente la aceleración. Como ya lo mencionamos dos objetos cayendo o subiendo simultáneamente lo harán con la misma **velocidad y a la misma aceleración, esto quiere decir que su desplazamiento relativo es cero así que estos objetos no experimentan ninguna fuerza relativa**. Cualquier pequeña perturbación de uno de los objetos dará la impresión de una fuerza desestabilizadora análoga a una fuerza de gravedad. Ya que el cuerpo perturbado (perturbar significa aquí variación de la velocidad relativa) sentirá una atracción o una repulsión del objeto adyacente. De esa forma se obtiene la gravedad reducida o la ingravidez en la tierra por medio de una manipulación específica en un avión de línea.

Se utiliza para esto el avión llamado 0 G (un Airbus A310) de la sociedad Novespace filial del CNES (Centre National d'Etudes Spatiales francés). Para reducir la sensación de gravedad en individuos que viajan en este avión utilizado principalmente para la experimentación científica, aun cuando ya hay nuevas opciones desde hace varios años de experimentar la ingravidez para el público no científico. Sigamos entonces con la experimentación en el avión. Para efectuar las parábolas el airbus se sitúa a una altura de 10000 pies, En posición horizontal. Es decir, en posición tal que la gravedad afecta todo dentro del avión, situación normal de un avión de línea. El avión al estar volando a velocidad cero con respecto a la coordenada vertical (con respecto a la tierra), no sufre fuerzas en esa dirección ya que la gravedad esta compensada por la sustentación del aire. El avión no está en caída libre. Si lo estuviera, aceleraría a  $9.8\text{m/s}^2$ , los pasajeros del avión caerían al mismo tiempo y el desplazamiento relativo de los pasajeros con respecto a las paredes del avión seria nulo, es decir los pasajeros flotarían con respecto al avión lográndose la sensación de ingravidez. Queremos recalcar que la gravedad no se elimina en este proceso, se elimina la sensación de gravedad, o sea, la fuerza Sobre los cuerpos y todo dentro del avión.

Sin duda, esta forma de generar la gravedad reducida resulta un poco peligrosa y a pesar de que sería interesante para los experimentos, frenar un avión en caída libre permitiendo dejar ilesos a sus ocupantes es tarea imposible y arriesgada por el momento. La solución por la que se ha optado es lanzar el avión en un movimiento parabólico similar al que seguiría un cuerpo cualquiera que se desplaza en las dos componentes, vertical y

horizontal. En el vacío, sin fricción del aire, un cuerpo lanzado con un ángulo cualquiera con respecto a la horizontal efectuara un movimiento llamado parabólico, es decir describirá una parábola. El movimiento parabólico lo podemos descomponer en dos movimientos: uno horizontal a velocidad constante y otro vertical donde la gravedad actúa como ya descrito. Si un avión con sus ocupantes efectúa un movimiento parabólico y los ocupantes también con respecto al avión. Habrá esa sensación de ingravidez en los ocupantes si éstos también son lanzados simultáneamente. Para lograr esto el avión cero G, a una altura específica, alrededor de 10 000 pies, toma una inclinación bastante pronunciada y cuando el ángulo límite de 45 grados es alcanzado, apaga los motores dejando el avión a la merced de la gravedad y de la velocidad inicial. Como cuando lanzamos una piedra, el avión sube y avanza en forma parabólica y sus ocupantes a causa de la inercia son propulsados igualmente. Como los dos movimientos son equivalentes, tanto los ocupantes como todos objetos dejados en libertad de movimiento flotarán con respecto al avión. Tanto sólidos como líquidos reaccionarán como si no tuvieran densidad diferente a la del aire.

Pero controlar el avión en movimiento parabólico no es tarea fácil. Si se apagan los motores, o las turbinas, el avión describirá una trayectoria que no sería parabólica ya que la resistencia del aire actúa en contra de cualquier movimiento, tanto la componente vertical como la horizontal, variarían. El caso de los ocupantes es diferente. En el avión el aire es transportado con los pasajeros y la fricción del aire con los pasajeros es mínima. Eso quiere decir que los pasajeros vistos desde un sistema de referencia fuera del avión

fijo en la tierra, “sí describirán” un movimiento muy cerca de una parábola perfecta. Entonces es al avión de acompañar esa trayectoria para que la sensación de ingravidez sea la mejor posible. Entonces las turbinas no pueden ser apagadas por completo, deben ser reducidas al mínimo necesario para contrabalancear la resistencia del aire, que en las dos componentes se manifiesta por un ángulo mínimo que debe mantener el avión (ver figura 1).

El avión esta conducido por 3 pilotos durante el periodo parabólico. Un piloto controla la posición X-Y o sea la horizontal, el otro controla la posición vertical. Y el tercero controla los motores. Esta situación es delicada ya que los pilotos estarán sometidos también a la ingravidez y deben al mismo tiempo controlar los parámetros de vuelo. Con el fin de obtener una duración máxima del periodo de ingravidez, la velocidad y el ángulo de ataque, o sea el ángulo del avión a partir del cual los motores bajan de régimen y se entra en gravedad reducida, deben estar cuidadosamente calculados. El ángulo es independiente de las condiciones meteorológicas y de la densidad del aire a la altura determinada. Esto hace que el tiempo en gravedad reducida sea corto, alrededor de 25 segundos. Por esto, se hacen varias parábolas en una salida del avión, en general 31 parábolas. El avión va en posición horizontal a la velocidad de crucero, y en un momento se inclina hasta alcanzar 47 grados, en ese proceso una fuerza centrífuga de 1.8 gravedades, opera sobre todo lo que se encuentra dentro del avión, el ángulo de 45 grados permite obtener la parábola más larga que dura 25 segundos, en los cuales la gravedad reducida es la de mejor calidad. La campaña de vuelos parabólicos dura 3 días,

cada día el avión realiza 31 parábolas que permiten a los experimentadores hacer varios experimentos y probar la reproductibilidad de estos.

### **¿Qué se siente físicamente en microgravedad?**

Primero que todo debemos pensar que estamos acostumbrados a sentir nuestro cuerpo y, digámoslo en términos fuertes, somos esclavos de la gravedad. Nos sentimos en permanencia atraídos a la tierra, nos pesan los brazos, las piernas, la cabeza y caemos ineluctablemente cada vez que nos desequilibramos o que no tenemos apoyo en el piso. La gravedad es una fuerza de volumen que afecta cada átomo del cuerpo y se siente en permanencia durante toda nuestra existencia. Hay momentos cuando flotamos en el agua que podemos sentir una sensación de ligereza sin gravedad. La fuerza de flotación o fuerza de Arquímedes más la fuerza de fricción viscosa generada por el rozamiento entre el agua y nuestro cuerpo, balancean la gravedad y sea, nos hundimos a velocidad constante, sea flotamos en una posición estable experimentando una sensación de no tener peso.

La diferencia con la ingravidez experimentada en el avión en vuelo parabólico es que en el agua podemos nadar o sea apoyarnos en el medio líquido y equilibrar nuestra posición. En el vuelo parabólico flotamos en el aire y es imposible utilizarlo para equilibrarnos y la posición inestable predomina, (la fricción del aire es despreciable en comparación con la

fricción del agua). En el avión estaremos a la merced de la inercia. Es decir, cualquier desplazamiento permanece hasta que algo lo modifica. Todo objeto, dice la ley de la inercia, permanecerá, en reposo o en movimiento a velocidad constante si ninguna fuerza cambia su estado. Es difícil comenzar el periodo de microgravedad de 25 segundos en una posición estable sin ningún movimiento, o sea es difícil controlar los movimientos. Es necesario servirse de las barras de contención que posee el avión como lo muestra la Figura 2, para manejar la posición dentro del avión y poder trabajar en la experimentación.

La sensación de tener masa, pero no peso es algo que marca la experiencia en ingravidez así sea corta.

El avión A310 está preparado para efectuar 31 parábolas durante 2 horas y media. Cuando se realizan experimentos científicos, los experimentadores deben estar cerca de sus experimentos y efectuar tareas que en tierra a **1g** son relativamente simples, pero en ingravidez controlar los movimientos de las manos, de los brazos y de las piernas no es evidente haciendo los experimentos difíciles de realizar.

También, el avión no puede ser controlado perfectamente, durante los 25 segundos que dura la parábola, los pilotos no logran mantener la gravedad a un valor de cero, o sea en parábola perfecta. En realidad, el avión vibra por razones inerciales y además la fricción del aire cambia en permanencia considerando la geometría compleja del avión y las

variaciones (fluctuaciones) de densidad del aire. Hay efectos hidrodinámicos más complicados como la capa límite viscosa, etc., que no podemos tratar en este texto.

### **Ejemplos de experimentos realizados en el avión A320 de Novespace.**

A continuación, describiré de manera concisa algunos experimentos que se pueden realizar en gravedad reducida. Para una campaña de vuelos parabólicos, la empresa Novespace selecciona 12 experimentos propuestos por diferentes equipos de investigación franceses o europeos. Novespace alquila igualmente el avión a instituciones de investigación como el centro nacional de estudios espaciales francés (CNES) o a la agencia espacial europea (ESA), o la agencia espacial japonesa. Actualmente hay al año por lo menos una campaña de unas 15 parábolas para turistas que quieran tener la sensación de ingravidez.

Pero volvamos a los experimentos. Hay experimentos de física química y biología. En lo que me concierne, yo trabajo en física de fluidos y en biofísica. Uno de los experimentos consistía en aislar los efectos del flujo hidrodinámico de la acción de la gravedad. Cuando un objeto es arrastrado por un líquido, por ejemplo, piedras por un río, la fuerza ejercida por el fluido hace que las piedras no sigan la corriente, sino que se desvíen y tengan trayectorias fluctuantes y deriven en direcciones perpendiculares a la corriente del río. A escalas microscópicas esto sucede en la sangre con los glóbulos rojos, los blancos y las plaquetas fluyendo en las arterias en las venas y en los capilares. Pero en permanencia

la gravedad hace que muchos de estos efectos a nivel microscópico se eclipsen porque las células sanguíneas sedimentan ya que su densidad es mayor que la densidad del plasma sanguíneo. El objetivo es observar sin gravedad el flujo sanguíneo a nivel microscópico, en celdas micro fluídicas, o sea celdas del diámetro de una arteriola o de un capilar, algunos cientos de micra (una micra es una milésima de milímetro). De esta forma se pueden cuantificar los efectos hidrodinámicos que desvían las células sanguíneas de la trayectoria promedio de la sangre en un punto determinado del cuerpo. Es importante ya que el comportamiento de las células sanguíneas, es decir su velocidad, su trayectoria y su interacción con las paredes de las venas o arterias, gobierna la acción biológica o fisiológica de las células.

El objetivo es: conociendo el valor de la fuerza de gravedad, medir la fuerza que desvía las células de su trayectoria, ello permite comprender la hidrodinámica del flujo sanguíneo. Una forma que tenemos de simular el flujo sanguíneo es utilizando microesferas de poliestireno del tamaño de los glóbulos rojos, o sea de 5 micras de diámetro. Las observamos con un microscopio y medimos las trayectorias.

**Tenemos también** aplicaciones ligadas a la biomedicina para la inyección de medicamentos. Las moléculas específicas pueden ser ligadas a un micro robot que las puede transportar a través del flujo sanguíneo y llegar al sitio específico donde debe actuar. Por ejemplo, un tumor canceroso. El micro robot es un cilindro metálico de oro o de platino de unas micras de largo y de decimas de micra de diámetro. Nosotros en

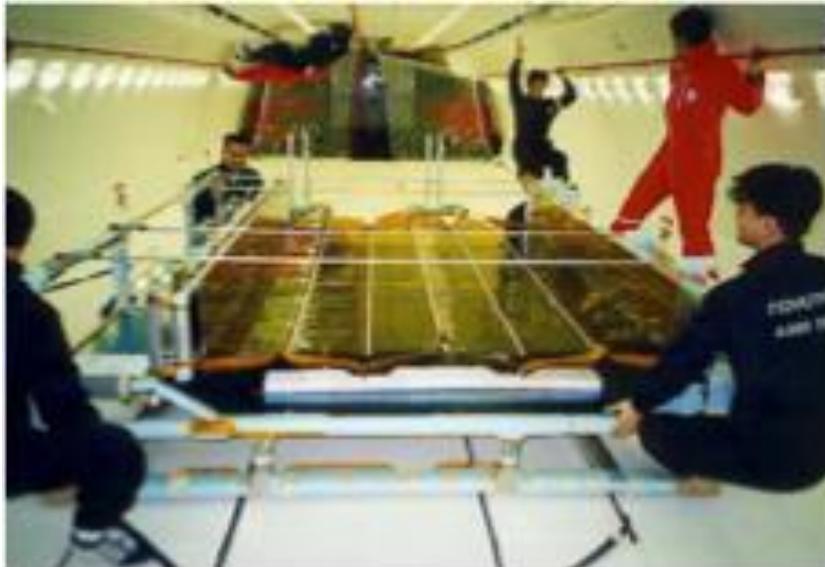
nuestro laboratorio descubrimos que estos nano-cilindros metálicos pueden ser guiados por ultrasonidos de manera muy selectiva, apuntándole al blanco adecuado que debe ser tratado con una droga específica. El estudio de la propulsión de nano robots es complicado ya que la densidad del oro es alrededor de 19 veces la del agua y en micro celdas o celdas micro fluídicas. La sedimentación de estos nano objetos es muy rápida. Manipular en ingravidez los nano cilindros permite comprender la interacción de los ultrasonidos con dichos objetos. Durante su travesía en el cuerpo humano, estos objetos flotan y al mismo tiempo se desplazan a velocidad constante ya que la viscosidad de la sangre elimina el efecto de la gravedad. Los ultrasonidos actuarían solos, eso justifica los experimentos en ingravidez. Todos los experimentos de biofísica en ingravidez en el avión A320, por ejemplo, los efectos sobre la visión, el equilibrio, el control de los movimientos etc., son pertinentes para la supervivencia de los astronautas de la estación espacial internacional. Experimentos de combustión, producción de gas, burbujas, ebullición, son fundamentales para los lanzamientos de cohetes. Un efecto muy importante en ingravidez es que la tensión superficial domina y todo liquido toma forma de gotas. Esto complica por ejemplo apagar un incendio como ya ha sido el caso (estación espacial MIR hace varios años). Otro aspecto es que las llamas de un incendio aquí en la tierra suben porque el aire caliente es menos denso que el aire normal, es un efecto gravitacional.

En ingravidez, una llama no sube, queda haciendo combustión sobre el objeto que se está quemando. Toca entonces repensar todos los protocolos de seguridad en

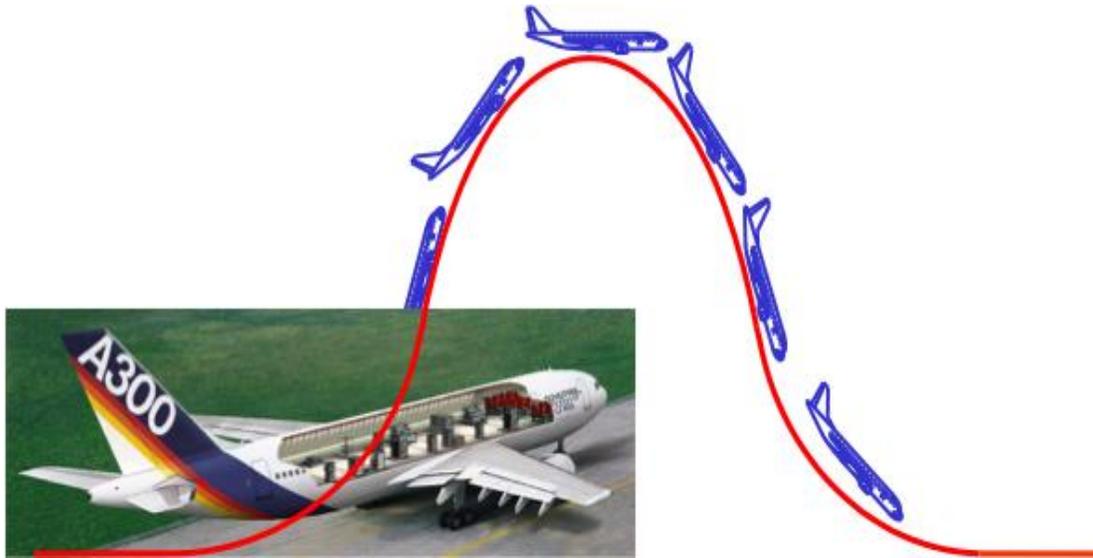
ingravidez. Los vuelos parabólicos permiten comprender una buena parte de cómo proceder en la estación espacial y yendo más lejos, como manejar la vida en otros planetas.

El tema de la utilización de la ingravidez artificial es muy extenso. El avión de Novespace es el más utilizado para experimentos científicos en ingravidez. Hay unos vuelos parabólicos que la NASA utiliza donde la prioridad es experimentar las sensaciones el cuerpo humano en ingravidez. Los experimentos del Airbus Zero G Francés consagrados al comportamiento humano, y a la biología son innumerables y bastante interesantes pero difíciles de resumir sin mencionar un contexto histórico de viajes espaciales.

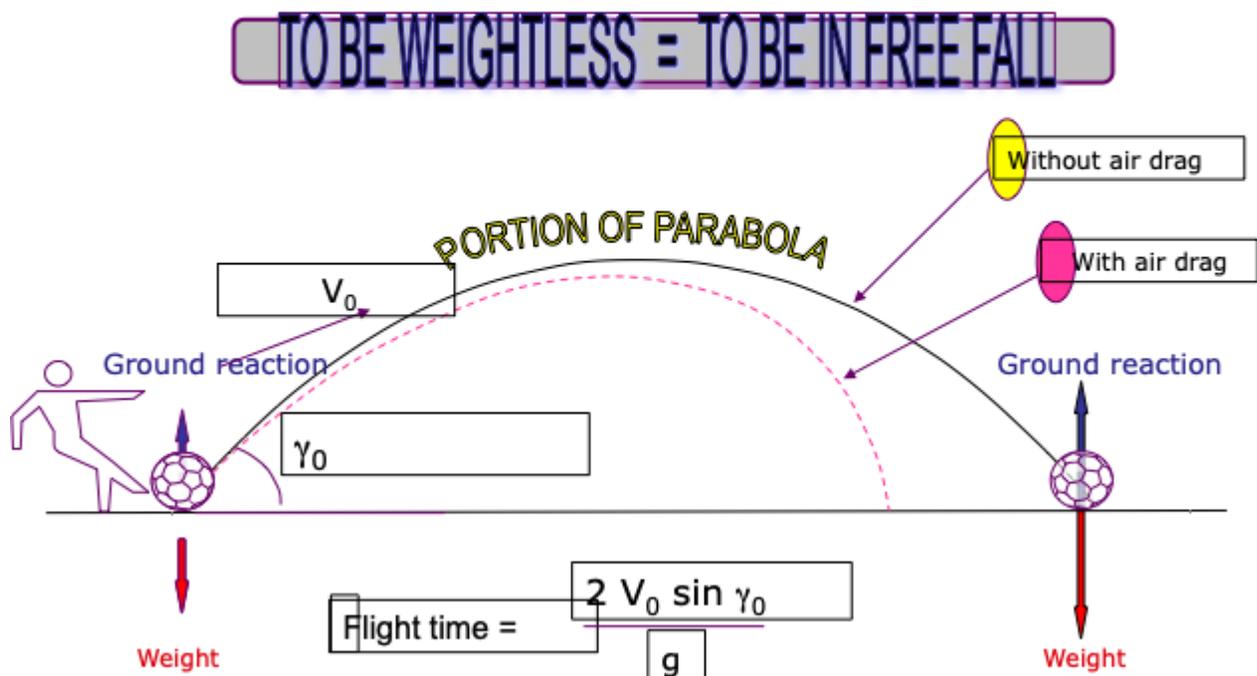
Este corto resumen tiene como objetivo generar una curiosidad sobre el tema y motivar vocaciones en ciencias espaciales.



Experimento típico en microgravedad dentro del avión



### Theory – Flight path



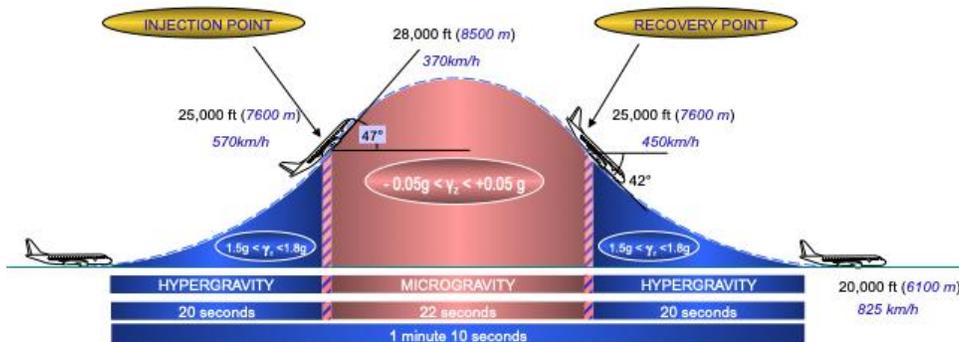
**ORGANIZADORES:**  
ALBERTO VELEZ RODRIGUEZ  
SANDRA MILENA RAMOS ARTEAGA  
DALILA VICTORIA RINCON

Trayectoria parabólica del avión y de un objeto lanzado con un ángulo específico.  
Se observan las trayectorias sin rozamiento del aire y con rozamiento (en rojo exagerada con respecto a la realidad).



Avión cero G de Novespace con un ángulo de inclinación de 45°

## PROFIL DE VOL



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

**Perfil de vuelo durante una de las 93 parábolas de una campaña de vuelos. Los parámetros de altura velocidad y el periodo de gravedad reducida están bien especificados.**

## Bibliografía

- ¿Que es la microgravedad? (2020). A. Riveiro. Obtenido de [https://nam10.safelinks.protection.outlook.com/?url=https%3A%2F%2Fwww.youtube.com%2Fwatch%3Fv%3D\\_LMHRaaW3hY&data=04%7C01%7CAlberto.velez%40emavi.edu.co%7Ccc7fc43bd6af47875acd08d9c3f2641b%7C0de2575f24a34230a15caa4abd1cf369%7C0%7C0%7C637756269030775282%](https://nam10.safelinks.protection.outlook.com/?url=https%3A%2F%2Fwww.youtube.com%2Fwatch%3Fv%3D_LMHRaaW3hY&data=04%7C01%7CAlberto.velez%40emavi.edu.co%7Ccc7fc43bd6af47875acd08d9c3f2641b%7C0de2575f24a34230a15caa4abd1cf369%7C0%7C0%7C637756269030775282%2F)
- Acoustin Manipulation of Dense Nanorods in Microgravity. (2020). *Springer Link*. Obtenido de [https://nam10.safelinks.protection.outlook.com/?url=https%3A%2F%2Flink.springer.com%2Farticle%2F10.1007%2Fs12217-020-09835-7&data=04%7C01%7CAlberto.velez%40emavi.edu.co%7Ccc7fc43bd6af47875acd08d9c3f2641b%7C0de2575f24a34230a15caa4abd1cf369%7C0%7C0%7C637756269030775282%](https://nam10.safelinks.protection.outlook.com/?url=https%3A%2F%2Flink.springer.com%2Farticle%2F10.1007%2Fs12217-020-09835-7&data=04%7C01%7CAlberto.velez%40emavi.edu.co%7Ccc7fc43bd6af47875acd08d9c3f2641b%7C0de2575f24a34230a15caa4abd1cf369%7C0%7C0%7C637756269030775282%2F)
- AirZero* G. (24 de 06 de 2017). Obtenido de [https://nam10.safelinks.protection.outlook.com/?url=https%3A%2F%2Fwww.airzerog.com%2Ffr%2Fprestations-science%2F&data=04%7C01%7CAlberto.velez%40emavi.edu.co%7Ccc7fc43bd6af47875acd08d9c3f2641b%7C0de2575f24a34230a15caa4abd1cf369%7C0%7C0%7C637756269030775282%](https://nam10.safelinks.protection.outlook.com/?url=https%3A%2F%2Fwww.airzerog.com%2Ffr%2Fprestations-science%2F&data=04%7C01%7CAlberto.velez%40emavi.edu.co%7Ccc7fc43bd6af47875acd08d9c3f2641b%7C0de2575f24a34230a15caa4abd1cf369%7C0%7C0%7C637756269030775282%2F)
- Amaro, J. E. (21 de 3 de 2006). *universidad de granada*. Obtenido de <https://www.ugr.es/~amaro/radiactividad/tema1/node15.html>
- Apostolopoulos, I. D., & Mpesiana, T. A. (2020). Covid-19: automatic detection from x-ray images utilizing transfer learning with convolutional neural networks. *Physical and Engineering Sciences in Medicine, 1*.
- Arteaga Valdes, E., Medina Mendieta, J., & Del Sol Martinez, J. (2019). El GeoGebra: Una herramienta tecnologia para aprender Matematica en la Secundaria Basica haciendo matematica. Cuba: Revista Conrado.
- Bart, J., & Rutten, J. (1997). A tutorial on (Co)algebras and (Co)induction. *EATCS bulletin*, 222-259.
- Boden, M. A. (1994). *Filosofia de la inteligencia artificial*. Mexico: Fondo de Cultura Economica.
- Bradford, J., Williams, C., & DelPozzo, S. (2020). *Nano-Microsatellite Market Forecast*. Recuperado el 10 de 05 de 2021, de <https://a3space.org/wp-content/uploads/2020/02/Nano-Microsatellite-Market-Forecast-2020.pdf>
- Broncano, F. (2000). *Mundos artificiales. Filosofia del cambio tecnologico*. Mexico D. F., Mexico: Paidos.
- Bruner, J. (1997). *La educacion: puerta de la cultura*. Madrid, España: Visor.
- Buduma, N., & N., N. L. (2017). *Fundamentals of Deep Learning*. O'Reilly Media.
- Cid Manzano, R., & Cid Vidal, X. (2010). *Acercándonos al LHC*. Obtenido de [https://www.lhc-closer.es/taking\\_a\\_closer\\_look\\_at\\_lhc/1.standard\\_model/idioma/es\\_ES](https://www.lhc-closer.es/taking_a_closer_look_at_lhc/1.standard_model/idioma/es_ES)
- Comisión Colombiana del Océano. (8 de 02 de 2015). *CCO - Programa Antártico Colombiano*. Obtenido de <http://www.cco.gov.co/programa-antartico-colombiano.html>

- Correa, J. (2016). *Propuesta de sensor remoto para un satélite pequeño (CubeSat) de observación de la tierra desarrollado por la Escuela Militar de Aviación de la Fuerza Aérea Colombiana*.
- CubeSat Design Specifications*. (1999). Obtenido de [https://static1.squarespace.com/static/5418c831e4b0fa4ecac1bacd/t/56e9b62337013b6c063a655a/1458157095454/cds\\_rev13\\_final2.pdf](https://static1.squarespace.com/static/5418c831e4b0fa4ecac1bacd/t/56e9b62337013b6c063a655a/1458157095454/cds_rev13_final2.pdf)
- Cubesat Requeriments and Constraints [en línea]*. (25 de 05 de 2021). Obtenido de <http://www.isispace.nl/cubesats/#requirements-constraints>
- CubeSats. ISIS Innovative Solutions in Space*. (2015). Recuperado el 25 de 05 de 2021, de <http://www.isispace.nl/cubesats/>
- Database, N. Nanosatellite Database. Nanosats.eu*. (25 de 05 de 2021). Recuperado el 25 de 05 de 2021, de <http://www.nanosats.eu/>
- Debenham, J. K. (1989). *Knowledge System Desing*. New York, USA: Prentice Hall International.
- Departamento Estratégico de Comunicaciones. (01 de 02 de 2020). *FAC*. Obtenido de Una nueva travesía de la Fuerza Aérea Colombiana al continente blanco: <https://www.fac.mil.co/una-nueva-traves%C3%ADa-de-la-fuerza-a%C3%A9rea-colombiana-al-continente-blanco>
- Departamento Estratégico de Comunicaciones. (05 de 03 de 2020). *Fuerza Aérea Colombiana*. Obtenido de IV Campaña Antártica de la Fuerza Aérea en su recta final: <https://www.fac.mil.co/iv-campa%C3%B1a-ant%C3%A1rtica-de-la-fuerza-a%C3%A9rea-en-su-recta-final>
- Du, X., Xuechen, J., Rechberger, S., Perea, J. D., Meyer, M., Kazerouni, N., . . . Ameri, T. (2017). Crystallization of sensitizers controls morphology and performance in Si-/C-PCPDTBT- sensitized P3HT:ICBA ternary blends. *Macromolecules*, 2415-2423. doi:10.1021/acs.macromol.6b02699.
- Dumy, G., Hoyos, M., & Aider, J.-L. (2019). *Observation fo Selective Optical Manipulation of Particles in Acoustic Levitation* (Vol. 146). The Journal of the Acoustical Society of America (ASA). doi:<https://doi.org/10.1121/1.5139640>
- Enokuchi, A., & Nagai, M. (2015). *Remote Sensing by University of Tokyo's Pico-Satellite Project "PRISM"*. *Researchgate*. Recuperado el 10 de 05 de 2021, de [https://www.researchgate.net/publication/268268345\\_REMOTE\\_SENSING\\_BY\\_UNIVERSITY\\_OF\\_TOKYO%27S\\_PICO-SATELLITE\\_PROJECT\\_PRISM](https://www.researchgate.net/publication/268268345_REMOTE_SENSING_BY_UNIVERSITY_OF_TOKYO%27S_PICO-SATELLITE_PROJECT_PRISM)
- Esionwus, C. a. (2021). *Comprehensive List of CubeSat Misions. Academia.edu*. Recuperado el 08 de 05 de 2021, de [https://www.academia.edu/7787703/List\\_of\\_CubeSat\\_Missions.pdf](https://www.academia.edu/7787703/List_of_CubeSat_Missions.pdf)
- Felipe, A. (26 de Febrero de 2017). *Historia-Biografía.com*. Obtenido de <https://historia-biografia.com/democrito/#:~:text=Biograf%C3%ADa%20de%20Dem%C3%B3crato,cerca%20de%20la%20isla%20Tasos>.
- Física cuántica en la red*. (08 de 2014). Obtenido de <http://www.fisicacuántica.es/los-modelos-atómicos-primitivos/>
- Fong, B., & Spivak, D. (2019). *An Invitation to Applied Category Theory*. Cambridge University Press.
- Francis (th)E mule Science's News*. (19 de junio de 2011). Obtenido de <https://francisthemulenews.wordpress.com/2011/07/19/la-evidencia-experimental-de-la-existencia-de-los-gluones/>
- Garzon Torres, N. M., & Torres Soler, L. C. (2012). *Inteligencia artificial. Una aproximación*. Berlin: Academica Española, Berlin.
- GEECT-Grupo Europeo sobre Etica de la Ciencia y las Nuevas Tecnologías Inteligencia artificial, robótica y sistemas autónomos. (2018). *Declaración sobre Inteligencia artificial, robótica y sistema "autónomos"*. Luxemburgo: Comisión Europea.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning. Cymbolix*.

- Gunter's Space Page*. (s.f.). Obtenido de [http://space.skyrocket.de/doc\\_sat/CubeSat.htm](http://space.skyrocket.de/doc_sat/CubeSat.htm)
- Gustafson, C., & Janson, S. (2021). *Think Big, Fly Small*. Recuperado el 02 de 05 de 2021, de <https://www.yumpu.com/en/document/read/54286428/think-big-fly-small>
- Haykin, S. (2009). *Neural networks and learning machines* (third ed.). Pearson. Prentice Hall.
- Hugh R., W. (1999). *Spikes, Decisions, and Actions: The Dynamical Foundations of Neuroscience*. Oxford University Press.
- Hurtado Lopez, J. (2017). *Análisis de la dinámica de los modelos neuronales de toma de decisiones. Doctorado thesis, Universidad Nacional*. Manizales, Colombia.
- INICIOS DE LA FÍSICA MODERNA HASTA LA ACTUALIDAD*. (05 de 2015). Obtenido de <http://www.quimicas.net/2015/05/el-modelo-atómico-de-thomson.html>
- INICIOS DE LA FÍSICA MODERNA HASTA LA ACTUALIDAD*. (28 de 06 de 2017). Obtenido de <http://fenomenoselectricosoyalum.blogspot.com/2017/06/modelo-atómico-de-thomson.html>
- Kandel, E. R., Schwartz, J. H., Jessell, T. M., Siegelbaum, S. A., & Hudspeth, A. J. (2013). *Editors. Principles of Neural Science* (Fifth ed.). McGraw Hill Medical.
- Langner, S., Häse, F., Perea, J. D., Stubhan, T., Hauch, J., Aspuru-Guzik, A., & Brabec, C. J. (2020). Beyond Ternary OPV: High-Throughput Experimentation and Self-Driving Laboratories Optimize Multicomponent Systems. *Advanced Materials*.
- Launched Missions - PolySat*. (2021). Recuperado el 20 de 05 de 2021, de <https://www.polysat.org/launched>
- Lautman, A. (2011). *Ensayos sobre la dialéctica, estructura y unidad de las matemáticas modernas*. Universidad Nacional de Colombia.
- Lehman, C. D., Yala, A., Schuster, T., Dontchos, B., Bahl, M., Swanson, K., & Barzilay, R. (2019). *Mammographic breast density assessment using deep learning. Clinical implementation Radiology* (1 ed., Vol. 290). doi:10.1148/radiol.2018180694
- Lu L, Z. Y., Carneiro, G., & Yang, L. (2017). *Deep Learning and Convolutional Neural Networks for Medical Image Computing*. Springer.
- Manual de GeoGebra*. (s.f.). Obtenido de <https://wiki.geogebra.org/es/Manual>
- Martinez, F. (s.f.). *La tribología: Ciencia y técnica para el mantenimiento (tema III)*. Mexico: Limusa.
- NASA's Cubesat Launch Initiative*. (2021). Recuperado el 18 de 05 de 2021, de [http://www.nasa.gov/directorates/heo/home/CubeSats\\_initiative](http://www.nasa.gov/directorates/heo/home/CubeSats_initiative)
- Nebendahl, D. (1988). *Sistemas expertos*. Siemens, Alemania: Marcombo.
- Nguyen, H. T., Walker, C. L., & Walker, E. A. (2000). *A First Course in Fuzzy Logic* (4ta ed.). London: Chapman-Hall CRP Press, INC.
- OCDE. (2003). *La comprensión del cerebro. Hacia una nueva ciencia del aprendizaje*. Mexico: Universidad Católica Silvia Henríquez .
- Perea Ospina, J. D. (16 de julio de 2019). *Encyclopedia of Physical Organic Chemistry*. (J. W. Zerong Wang, Ed.) *American chemical Society*(ISBN 978-1-118-47045-9).
- Perea, J. D. (2019). *Solubility and Miscibility of Organic Semiconductors for Efficient and Stable Organic Solar Cells Investigated via Machine Learning and Quantum Chemistry Methods. Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg*. Baviera, Alemania.
- Ramirez Moreno, D. F., & Hurtado Lopez, J. (2014). *Modelamiento y simulación de circuitos sanápticos sensoriomotores. Introducción a la neurobiología computacional*. Cali: Universidad Autónoma de Occidente.

- Remote sensors Earthdata. Earthdata.nasa.gov.* (2021). Recuperado el 05 de 05 de 2021, de <https://earthdata.nasa.gov/user-resources/remote-sensors>
- Rich, E., & Knight, K. (2003). *Artificial Intelligence*. Mexico: MxGraw Hill.
- Rincón, S., Cárdenas, L., & Tulcán, C. (2020). *Informe de comisión proyecto final*. Santiago de Cali: CITAE.
- Ruiza, M., Feranadez, T., & Tamaro, E. (2004). *Biografías y vida. La enciclopedia biográfica en línea*. Obtenido de Biografía de Empedocles de Agrigento: <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/e/empedocles.htm>
- Rumelhart D., H. G., & Williams, R. (s.f.). *Learning Representation by Back- Propagating Errors* (Vol. 323). Nature.
- Satellite Missions Directory - Earth Observation Missions.* (2021). Recuperado el 06 de 05 de 2021, de <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions>
- Sección Estratégica de Prensa Fuerza Aérea Colombiana. (26 de 05 de 2020). *FAC*. Obtenido de Fuerza Aérea Colombiana prende motores hacia la Antártica: <https://www.fac.mil.co/fuerza-a%C3%A9rea-colombiana-prende-motores-hacia-la-ant%C3%A1rtica>
- Selva, D., & Krejci, D. (2021). *A Survey and Assessment of the Capabilities of CubeSat for Earth Observation*. Recuperado el 05 de 02 de 2021, de <http://systemarchitect.mit.edu/docs/selva12b.pdf>
- Silva G., A. (2011). *The need for the emergence of mathematical neuroscience: beyond computation and simulation*. Obtenido de *Frontiers in computational neuroscience*, 5, 51: <https://doi.org/10.3389/fncom.2011.00051>
- Small Satellites Project Group. SGAC Space Generation Advisory Council.* (2021). Recuperado el 05 de 02 de 2021, de <https://spacegeneration.org/projects/small-satellites>
- Small Spacecraft Technology State of the Art.* (2015). Recuperado el 15 de 05 de 2021, de NAA Mission Design Division Ames Research Center, Moffett Field, California: [http://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/small\\_spacecraft\\_technology\\_state\\_of\\_the\\_art\\_2015\\_tagged.pdf](http://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/small_spacecraft_technology_state_of_the_art_2015_tagged.pdf)
- Speretta, S., Perez, S., T., B., Carvajal, G., J., M., A., W., . . . Gill, E. (2016). *Cubesats to pocketqubes: Opportunities and Challenges. In Proceedings of the 67th International Astronautical Congress (IAC): Guadalajara, Mexico*. Recuperado el 12 de 05 de 2021, de [IAC-16-B4.7.5\_A]IAF: [http://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/small\\_spacecraft\\_technology\\_state\\_of\\_the\\_art\\_2015\\_tagged.pdf](http://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/small_spacecraft_technology_state_of_the_art_2015_tagged.pdf)
- Spivak, D., & Schultz, P. (2019). *Temporal Type Theory*. Springer.
- Stan., A. (2013). *Remote sensing for GIS managers. Redlands, Calif.:ESRI Press*. Recuperado el 15 de 05 de 2021, de [Begin your CubeSat Mission with the CubeSat Kit: http://www.CubeSatkit.com/](http://www.CubeSatkit.com/)
- Structural Subsystem.* (s.f.). Obtenido de [http://www.ae.utexas.edu/courses/ase463q/design\\_pages/spring03/cubesat/web/Paper%20Sections/6.0%20Structural%20Subsystem.pdf](http://www.ae.utexas.edu/courses/ase463q/design_pages/spring03/cubesat/web/Paper%20Sections/6.0%20Structural%20Subsystem.pdf)
- Swartwout, M. (2016). *CubeSats and Mission Success: A Look at the Numbers*. Recuperado el 07 de 05 de 2021, de [http://mstl.atl.calpoly.edu/~workshop/archive/2016/Spring/Day%201/Session%202/1\\_MichaelSwartwout.pdf](http://mstl.atl.calpoly.edu/~workshop/archive/2016/Spring/Day%201/Session%202/1_MichaelSwartwout.pdf)
- Swartwout, M. (2021). *CubseSats Database. Saint Luis University*. Recuperado el 20 de 05 de 2021, de <https://sites.google.com/a/slu.edu/swartwout/home/CubeSat-database>
- Thomas Klügel, K. H. (2014). *Earth and space observation at the German Antarctic Receiving Station O'Higgins. Polar Record*, Published online by Cambridge University Press.
- Thomas, H. (1999). *Sistemas tecnológicos. Contribuciones a una teoría general de la artificialidad*. Buenos Aires: Aike Editoriales.

- Thome, K. (2003). Inflight intersensor radiometric calibration using vicarious approaches. *Post-launch calibration of satellite sensors*.
- Torres Soler, L. C. (2017). *Cretividad y complejidad en el aula*. . Mexico.
- Torres, J. (2015). *lifeder.com*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/modelo-atómico-de-schrodinger/>
- Trappendberg, , T. P. (2002). *Fundamentals of computational neuroscience*. Oxford: Oxford University Press.
- Triana, J., Bautista, S., & Diaz, F. (2015). *Identification of Design Considerations for Small Satellite Sensing Systems in Low Earth Orbit*. Recuperado el 30 de 09 de 2016, de <http://www.jatm.com.br/ojs/index.php/jatm/article/viewFile/405/384>
- Tulcan, T. (2020 ). Participación del CITAE en la IV Campaña Antártica FAC. *Boletín N 9 Centro de Investigación en Tecnologías Aeroespaciales* , Enero - Marzo 2020 .
- Turban, E. (1992). *Expert Systems And Applied Artificial Intelligence*. New York: MacMillan.
- Ulloa, N. (7 de 7 de 2017). <https://nataliaulloam.wordpress.com/>. Obtenido de <https://nataliaulloam.wordpress.com/2017/07/07/charles-thomson-camara-de-niebla/>
- Unworth, B., & Lelks, P. I. (1 de agosto de 1998). Growing Tissues in Microgravity. *Nature Medicine*. Obtenido de <https://nam10.safelinks.protection.outlook.com/?url=https%3A%2F%2Fwww.nature.com%2Farticles%2Fnm0898-901&data=04%7C01%7CAlberto.velez%40emavi.edu.co%7Ccc7fc43bd6af47875acd08d9c3f2641b%7C0de2575f24a34230a15caa4abd1cf369%7C0%7C0%7C637756269030785279%7CU>
- Wilson, H. (2004). *Spikes, decisions and actions. The dynamical foundations of neuroscience*. Oxford.
- Winston, P. H. (1999). *Artificial Intelligence*. (t. edition, Ed.) Addison Wesley.
- Zerong, W., & Willie, J. (2017). *Encyclopedia of Physical Organic Chemistry* (primera ed.). (Z. W. Sons, Ed.) Alemania: Wiley.
- Zhao, D., Yao, F., Wang, L., Zheng, L., Gao, Y., Ye, J., . . . Gao, R. (2020). A comparative study on the clinical features of COVID-19 pneumonia to other pneumonias. *Clinical Infections Deseases*.
- Zum Gahr, K. (1987). *Microstructure and wear of materials Tribology series*. (E. S. B.V., Ed.) 10.



# FUERZA AÉREA COLOMBIANA

## ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN "MARCO FIDEL SUÁREZ"

### GRUPO ACADÉMICO - PROGRAMA CIENCIAS BÁSICAS



# Hablando de Ciencia en *EMAVI*



Función

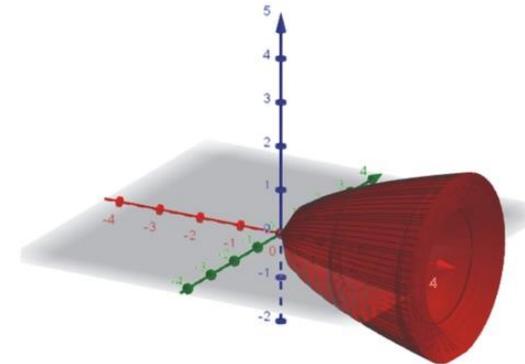
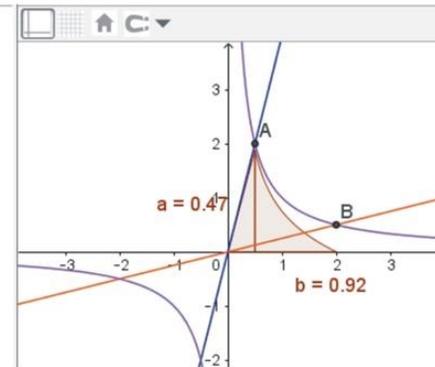
- $f(x) = 4x$
- $g(x) = \frac{x}{4}$
- $h(x) = \frac{1}{x}$

Número

- $a = 0.47$
- $b = 0.92$

Punto

- $A = (0.5, 2)$
- $B = (2, 0.5)$

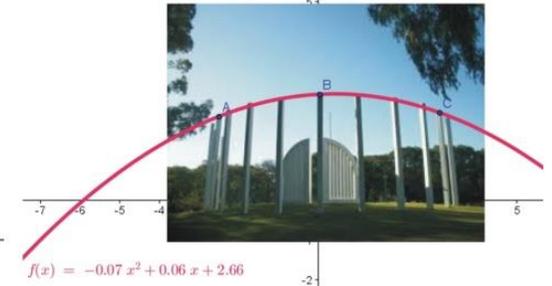
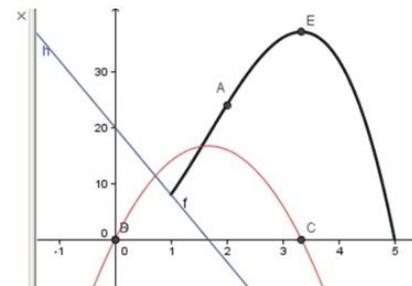


Objetos Libres

- $s(x) = -2x^2 + 10x^2$

Objetos Dependientes

- $A = (2, 24)$
- $B = (0, 0)$
- $C = (3.33, 0)$
- $D = (0, 0)$
- $E = (3.33, 37.04)$
- $a = 16$
- $b = -4$
- $f(x) = -2x^2 + 10x^2$
- $g(x) = -6x^2 + 20x$
- $h(x) = -12x + 20$



Conferencia:

## "CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL CON GEOGEBRA"

Conferencista:

AGUSTIN CARRILLO DE ALBORNOZ TORRES

Enlace:

<https://lobby.sar.ruav.edu.co/#/35I6QOQHGDH>

**19** JUEVES  
**AGOSTO** | 10:00  
**2021** | A.M.

**“CALCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL CON GEOGEBRA”**



**Doctor Agustín Carrillo de Albornoz Torres**

**Universidad de Granada, España**

Licenciado en Matemáticas por la Universidad de Granada, profesor de Educación Secundaria desde 1984, Catedrático de Educación Secundaria de Matemáticas, destinado en la actualidad la Universidad de Córdoba (España).

Ha impartido cursos de formación para el profesorado, tanto presenciales como a distancia, sobre distintos aspectos relacionados con la enseñanza de las matemáticas y sobre la utilización de las TIC como recurso didáctico en Centros de Formación del Profesorado de toda España, así como en distintas Universidades.

Participo en el programa de formación a distancia de la Sociedad Andaluza de Educación Matemática THALES siendo tutor en cursos sobre software libre aplicado a las matemáticas, geometría dinámica, cálculo simbólico o calculadoras gráficas y científicas desde el curso 2001-02 hasta la actualidad, tutorizando cursos en todas las ediciones.

**ORGANIZADORES:**

ALBERTO VELEZ RODRIGUEZ  
SANDRA MILENA RAMOS ARTEAGA  
DALILA VICTORIA RINCON

En 2009 participó en la creación del Instituto GeoGebra de Andalucía, del que actualmente es su director.

Ha coordinado e impartido cursos de formación convocados por la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI), entre ellos el curso de formación de tutores, el curso de formación a distancia para el profesorado de Matemáticas (Ñandutí), curso de formación docente sobre TIC y Matemáticas, Primeros pasos con GeoGebra como recurso didáctico (ediciones para Primaria y Secundaria) y el curso de especialización en matemáticas para el profesorado de Secundaria.

Durante este año 2015 coordinó el curso online de formación de formación docente para el profesorado de matemáticas convocado por el Ministerio de Educación de Ecuador, organizado por el Centro de Altos Estudios Universitarios de la OEI, con más de 2300 participantes, siendo tutor además de varias aulas.

Ha publicado varios libros en la Editorial Ra-Ma sobre las posibilidades didácticas de programas de cálculo simbólico (DERIVE, MATHEMATICA, MAPLE) y de geometría dinámica (CABRI GÉOMÈTRE, GeoGebra), así como artículos en revistas como SUMA, EPSILON o UNIÓN entre otras, relacionados con las aplicaciones de las TIC a la enseñanza de las matemáticas.

Participante como ponente en distintos congresos regionales y nacionales sobre enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. Con participación en congresos en Bolivia, Chile, Colombia, Cuba, Uruguay, Argentina, Perú, Brasil, Ecuador, República Dominicana, Puerto Rico y El Salvador, impartiendo conferencias y cursos. También coordinó distintos congresos

nacionales y regionales, participando además en el comité científico, coordinador del VIII Congreso Iberoamericano de Educación matemática (CIBEM), celebrado en julio de 2017 en Madrid, siendo además secretario del comité científico. Coordinador de distintos encuentros y congresos de carácter nacional e internacional sobre el uso de GeoGebra como recurso didáctico, entre ellos se encuentran las cinco ediciones celebradas del Día GeoGebra Iberoamericano organizado por la Organización de Estados Iberoamericanos.

Coordino el Proyecto de incorporación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación al aula en el Instituto de Secundaria Jándula de Andújar (Jaén) desde su aprobación en el curso 2003-04 por la Consejería de Educación de la Junta de Andalucía, siendo este centro uno de los pioneros en Andalucía en la incorporación de las TIC.

Nombrado embajador de GeoGebra por el Instituto Internacional de GeoGebra, único europeo de los once nombrados en la actualidad en todo el mundo.

Secretario general de la Federación Iberoamericana de Sociedades de Profesores de Matemáticas (FISEM) y secretario general de la Federación Española de Sociedades de Profesores de Matemáticas (FESPM).

## **CÁLCULO DIFERENCIAL E INTEGRAL CON GEOGEBRA**

Differential and integral calculus with GeoGebra.

**Agustín Carrillo de Albornoz Torres**

### **Resumen:**

Entre las opciones que ofrece GeoGebra se encuentran aquellas que permiten trabajar el cálculo diferencial e integral, a las que hay que añadir todas las aplicaciones que de estos contenidos se deducen, entre otras el cálculo de áreas encerradas entre dos o más curvas, así como el cálculo de longitudes de una curva o el volumen engendrado por una superficie de revolución.

Utilizando tanto la vista gráfica y algebraica, como la vista CAS y también la vista 3D, resolveremos distintos problemas en los que además de los cálculos necesarios, disponemos de las representaciones que GeoGebra ofrece.

**Palabras clave:** derivación, integración, áreas, volumen.

## **Introducción.**

Las distintas opciones que GeoGebra ofrece a través de las vistas que pone a disposición de los usuarios facilitarán el desarrollo de cualquier contenido matemático en los niveles educativos desde Educación Primaria hasta la Educación Superior.

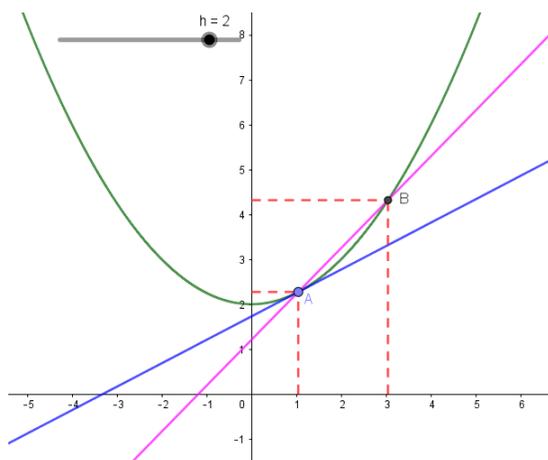
A continuación, describiré cómo utilizar este software para exponer los contenidos del cálculo diferencial e integral, con actividades que faciliten la comprensión de los contenidos abordados.

## **Cálculo diferencial.**

Un primer uso que se puede dar a GeoGebra será que ayude en la representación de distintos conceptos, a veces difíciles de entender o complicados de dibujar, como ocurre con el concepto de derivada de la función en un punto o el concepto del área encerrada bajo una función que requiere de la representación de las sumas inferiores y superiores.

Para representar el valor de la derivada de una función en un punto A, bastará con introducir la expresión de la función y situar el punto A sobre ella. A continuación, se crea un nuevo punto B en la función, trazando la recta que pasa por los puntos A y B. Si previamente se traza la recta tangente a la función por el punto A, para lo que bastará

con utilizar la herramienta **Tangentes**  , se podrá observar que al aproximar el punto B al punto A, la recta secante tiende a coincidir con la tangente.

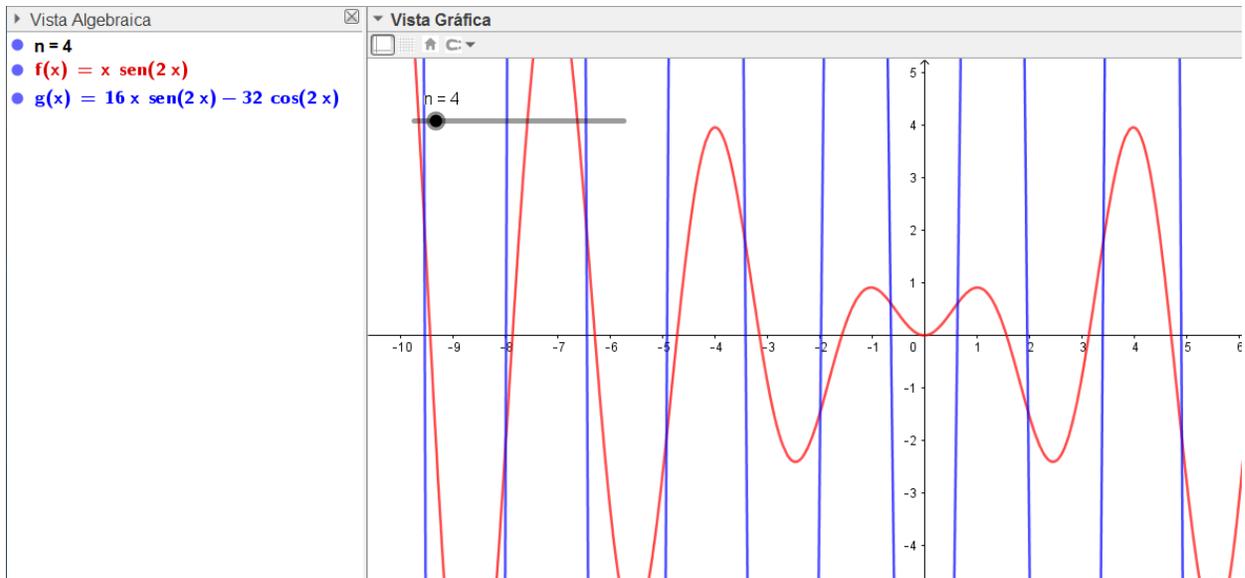


Para relacionar la representación con el concepto del valor de la derivada de la función en un punto, se puede definir el punto B a partir de un deslizador  $h$  y de las coordenadas del punto A. En este caso,  $B = (x(A) + h, f(x(A) + h))$ , siendo  $x(A)$  la abscisa del punto A y  $f$  la función.

Como es lógico, GeoGebra ofrece los comandos necesarios para obtener el valor anterior, así como la expresión de la derivada de cualquier orden de una función. Para ello, bastará con escribir en la línea de entrada  $f'$ ,  $f''$ ,  $f'''$ , ..., o Derivada ( $f$ ,  $n$ ) para obtener la primera, segunda, tercera, etc., o la derivada de orden  $n$  cuando  $n$  se incluye como argumento y se usa el comando **Derivada**. Aparecerá la expresión de la función derivada en la vista algebraica y su representación en la vista gráfica.

Si lo que deseamos obtener es el valor de la derivada de una función en el punto  $x=a$ , habrá que escribir  $f'(a)$  o Derivada (f, x, a).

Combinando un deslizador con la orden que permite obtener la derivada enésima, podremos tener en cualquier momento la derivada de cualquier orden de una función. Para ello, definimos un deslizador de tipo entero que tome valores entre 1 y cualquier valor. Este deslizador será  $n$ , que determina el orden de la derivada que deseamos obtener. Una vez definida la función  $f$ , bastará ejecutar el comando Derivada (f, n),  $n$  como variable, no como valor, de manera que al cambiar el valor del deslizador irán apareciendo las sucesivas expresiones y representaciones de las derivadas de  $f$ . Si se desea cambiar la función, bastará con hacer un doble clic sobre la función  $f$ , en la vista algebraica o en la gráfica, para definir una nueva función. En la imagen siguiente aparece la derivada de orden 4 de la función  $f(x)=x \text{ sen } x$ .



A veces será necesario recurrir a la vista CAS para resolver problemas como el que describimos a continuación.

### Ejemplo 1.

Sea  $f(x) = x^3 + a x^2 + b x + c$ , una función que corta al eje X en  $x = 1$ , y tiene un punto de inflexión en  $(3, 2)$ . Halla  $a$ ,  $b$  y  $c$ .

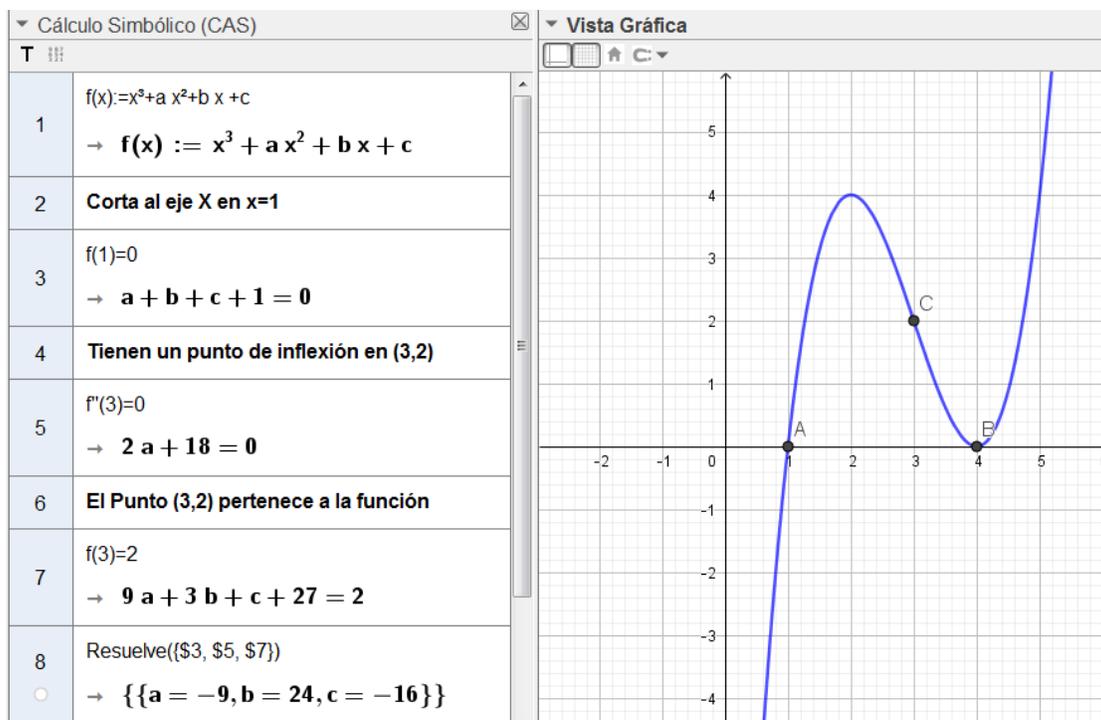
En la vista CAS definimos la función, aplicando a continuación las condiciones que establece el enunciado, de manera que logremos un sistema de tres ecuaciones cuyas incógnitas sean  $a$ ,  $b$  y  $c$ .

La función corta al eje X en  $x=1$ , por lo que el punto  $(1, 0)$  será un punto de la función, por lo que la primera ecuación será  $f(1) = 0$ .

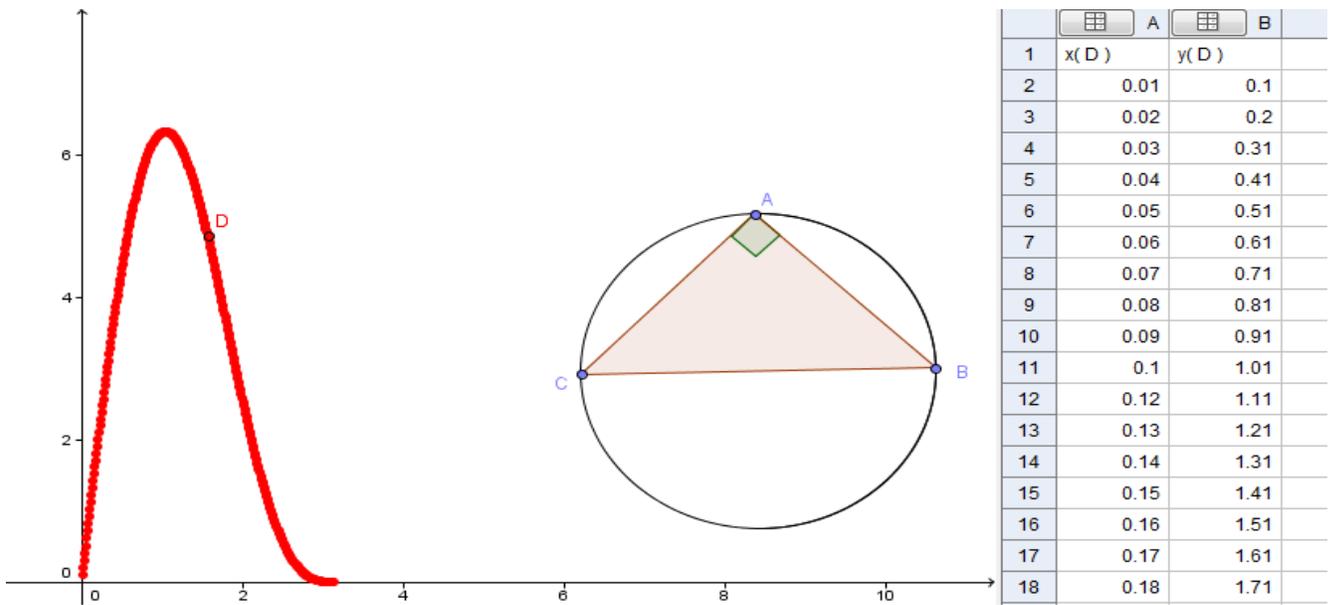
Como tiene un punto de inflexión en el punto  $(3, 2)$  significa que la segunda derivada de  $f$  en  $x=3$  será igual a 0. Por tanto, la segunda ecuación será  $f''(3) = 0$ .

Y como  $(3, 2)$  es también un punto de la función, tendremos que  $f(3)=2$  que será la tercera ecuación buscada.

Ya solo queda resolver el sistema de ecuaciones lineales formado por las tres ecuaciones, para lo que utilizaremos el comando **Resuelve**, cuyos resultados aparecen en la imagen siguiente:

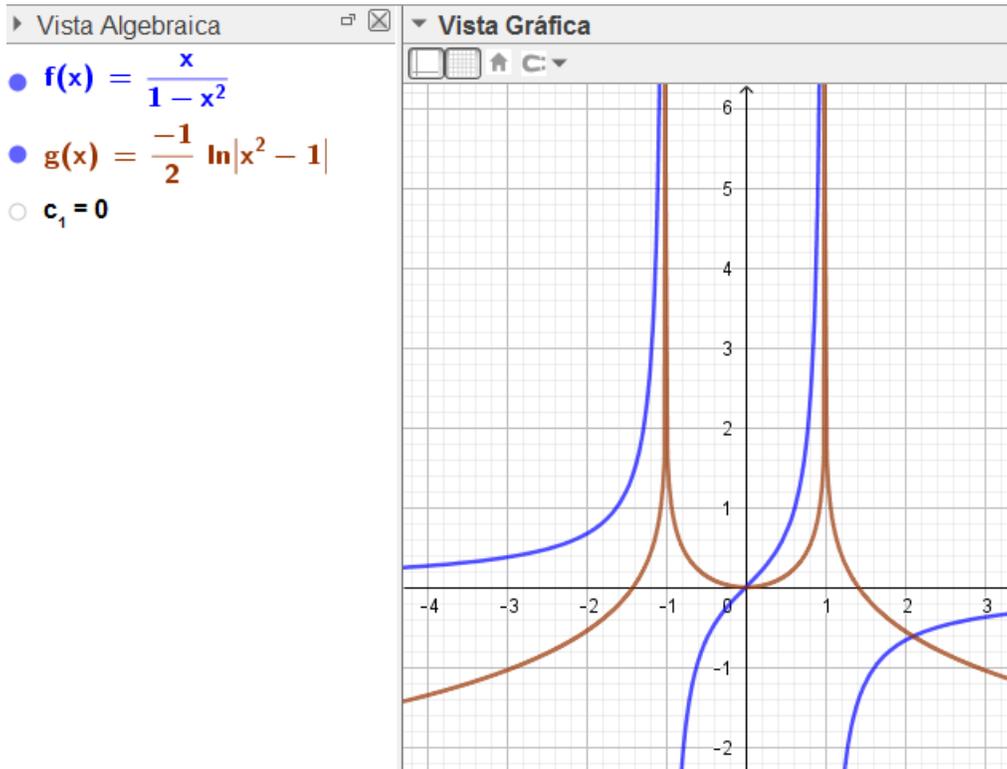


Las opciones que ofrece GeoGebra permitirán resolver cualquier problema que requiera la representación de una función o de sus derivadas, por ejemplo en aquellos problemas sobre velocidad instantánea cuyo valor devuelve la primera derivada o aceleración que devolverá la segunda derivada; así como problemas de máximos y mínimos, en los que se pueden combinar la representación gráfica y la tabla de valores, como ocurre en la imagen siguiente en la que se pide encontrar el mayor triángulo isósceles inscrito en una circunferencia.



**Cálculo integral.**

De manera similar se obtendrá la integral indefinida, para lo que bastará con escribir la función, ejecutando el comando **Integral**. Aparecerá la expresión de la integral y su representación.

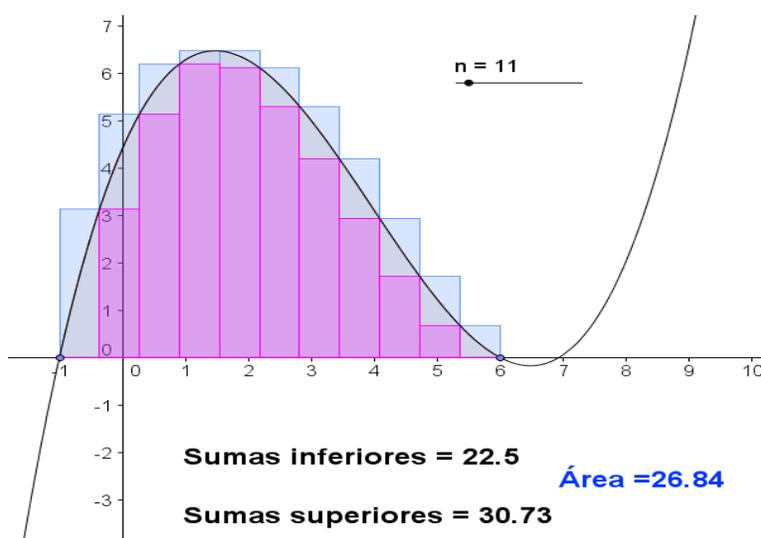


Si la integral se desea obtener con respecto a una variable diferente de  $x$ , será necesario incluirla como argumento en el comando: Integral (función, variable).

De manera similar se obtendrá el valor de una integral definida, para lo que solo hay que añadir como argumentos el límite inferior y superior: Integral (f, a, b).

Como he indicado anteriormente, GeoGebra permitirá representar conceptos difíciles de dibujar como es el caso de las sumas inferiores y superiores de una función en un intervalo, que permiten definir el concepto de área bajo una curva.

Supongamos una función  $f$  y un deslizador entero  $n$  que representará el número de subintervalos en el que se dividirá el intervalo  $[a, b]$  en el que se desea obtener el área bajo la curva. Bastará utilizar los comandos **Suma Inferior** y **Suma Superior** cuya sintaxis es similar: **Suma Inferior** ( $f, a, b, n$ ) o **Suma Superior** ( $f, a, b, n$ ).



Observaremos que al aumentar el valor del deslizador  $n$ , el número de rectángulos irá cambiando y los valores de las sumas inferiores y superiores se acercarán al valor del área que se puede obtener con el comando **Integral**.

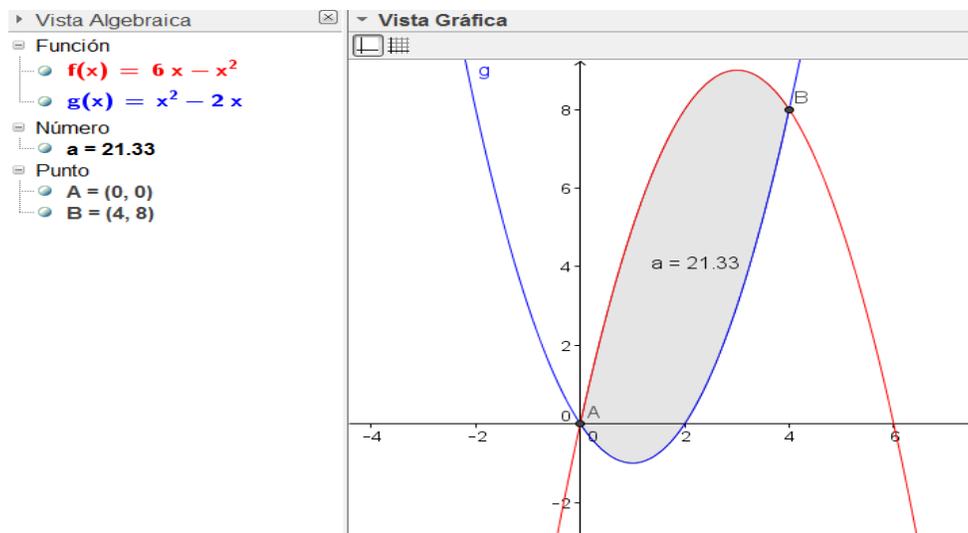
Con este mismo comando será posible resolver cualquier problema de cálculo de áreas, como el propuesto en el ejemplo siguiente.

## Ejemplo 2.

Determina el área encerrada entre las curvas  $y=6x-x^2$  e  $y=x^2-2x$ .

En primer lugar, definimos las dos funciones para que aparezca el área que se desea obtener. Los puntos de corte de las dos funciones se pueden obtener utilizando la

herramienta **Intersección**  o si se desean valores exactos, usando el comando **Resuelve** en la vista CAS. Estos valores serán los límites de integración, por lo que ya solo queda usar el comando Integral para obtener la diferencia de áreas o emplear la opción **Integral Entre** para que devuelva el valor del área encerrada entre las dos curvas. En el ejemplo que aparece en la imagen siguiente, bastaría con ejecutar Integral Entre (f, g, 0,4).



Observemos que, al realizar los cálculos en la vista algebraica, el resultado aparece en forma aproximada, pero si accedemos a la vista CAS para realizarlos, el resultado aparecerá en forma exacta.

Cualquier proceso que requiera el cálculo de una integral, como el ejemplo anterior o el cálculo de la longitud de una curva o un volumen, bastará con aplicar el comando anterior, así como para calcular una integral doble o triple.

De forma breve han quedado expuestas algunas de las opciones que ofrece GeoGebra para resolver cualquier problema que requiera del cálculo diferencial o integral, por lo que solo queda profundizar y practicar para aprovechar las posibilidades que pone a nuestra disposición para promover un cambio en la forma de enseñar matemáticas en las que la visualización, la manipulación e interacción y sobre todo la experimentación y el descubrimiento serán sus principales características.



- CubeSat Design Specifications.* (1999). Obtenido de [https://static1.squarespace.com/static/5418c831e4b0fa4ecac1bacd/t/56e9b62337013b6c063a655a/1458157095454/cds\\_rev13\\_final2.pdf](https://static1.squarespace.com/static/5418c831e4b0fa4ecac1bacd/t/56e9b62337013b6c063a655a/1458157095454/cds_rev13_final2.pdf)
- Cubesat Requeriments and Constraints [en linea].* (25 de 05 de 2021). Obtenido de <http://www.isispace.nl/cubesats/#requirements-constraints>
- CubeSats. ISIS Innovative Solutions in Space.* (2015). Recuperado el 25 de 05 de 2021, de <http://www.isispace.nl/cubesats/>
- Database, N. Nanosatellite Database. Nanosats.eu.* (25 de 05 de 2021). Recuperado el 25 de 05 de 2021, de <http://www.nanosats.eu/>
- Debenham, J. K. (1989). *Knowledge System Desing.* New York, USA: Prentice Hall International.
- Departamento Estratégico de Comunicaciones. (01 de 02 de 2020). *FAC.* Obtenido de Una nueva travesía de la Fuerza Aérea Colombiana al continente blanco: <https://www.fac.mil.co/una-nueva-traves%C3%ADa-de-la-fuerza-a%C3%A9rea-colombiana-al-continente-blanco>
- Departamento Estratégico de Comunicaciones. (05 de 03 de 2020). *Fuerza Aerea Colombiana.* Obtenido de IV Campaña Antártica de la Fuerza Aérea en su recta final: <https://www.fac.mil.co/iv-campa%C3%B1a-ant%C3%A1rtica-de-la-fuerza-a%C3%A9rea-en-su-recta-final>
- Du, X., Xuechen, J., Rechberger, S., Perea, J. D., Meyer, M., Kazerouni, N., . . . Ameri, T. (2017). Crystallization of sensitizers controls morphology and performance in Si-/C -PCPDTBT- sensitized P3HT:ICBA ternary blends. *Macromolecules*, 2415-2423. doi:10.1021/acs.macromol.6b02699.
- Dumy, G., Hoyos, M., & Aider, J.-L. (2019). *Observation fo Selective Optical Manipulation of Particles in Acoustic Levitation* (Vol. 146). The Journal of the Acoutical Society of America (ASA). doi:<https://doi.org/10.1121/1.5139640>
- Enokuchi, A., & Nagai, M. (2015). *Remote Sensing by University of Tokyo's Pico-Satellite Proyect "PRISM". Researchgate.* Recuperado el 10 de 05 de 2021, de [https://www.researchgate.net/publication/268268345\\_REMOTE\\_SENSING\\_BY\\_UNIVERSITY\\_OF\\_TOKYO%27S\\_PICO-SATELLITE\\_PROJECT\\_PRISM](https://www.researchgate.net/publication/268268345_REMOTE_SENSING_BY_UNIVERSITY_OF_TOKYO%27S_PICO-SATELLITE_PROJECT_PRISM)
- Esionwus, C. a. (2021). *Comprehensive List of CubeSat Misions. Academia.edu.* Recuperado el 08 de 05 de 2021, de [https://www.academia.edu/7787703/List\\_of\\_CubeSat\\_Missions.pdf](https://www.academia.edu/7787703/List_of_CubeSat_Missions.pdf)
- Felipe, A. (26 de Febrero de 2017). *Historia-Biografia.com.* Obtenido de <https://historia-biografia.com/democrito/#:~:text=Biograf%C3%ADa%20de%20Dem%C3%B3crto,cerca%20de%20la%20isla%20Tasos>.
- Fisica cuantica en la red.* (08 de 2014). Obtenido de <http://www.fisicacuantica.es/los-modelos-atomicos-primitivos/>
- Fong, B., & Spivak, D. (2019). *An Invitation to Applied Category Theory.* Cambridge University Press.
- Francis (th)E mule Science's News.* (19 de junio de 2011). Obtenido de <https://francisthemulenews.wordpress.com/2011/07/19/la-evidencia-experimental-de-la-existencia-de-los-gluones/>
- Garzon Torres, N. M., & Torres Soler, L. C. (2012). *Inteligencia artificial. Una aproximacion.* Berlin: Academica Española, Berlin.
- GEECT-Grupo Europeo sobre Etica de la Ciencia y las Nuevas Tecnologias Inteligencia artificial, robotica y sistemas autotnomos. (2018). *Declaracion sobre Inteligencia artificial, robótica y sistema "autónomos".* Luxemburgo: Comision Europea.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning. Symbolix.*
- Gunter's Space Page.* (s.f.). Obtenido de [http://space.skyrocket.de/doc\\_sat/CubeSat.htm](http://space.skyrocket.de/doc_sat/CubeSat.htm)

- Gustafson, C., & Janson, S. (2021). *Think Big, Fly Small*. Recuperado el 02 de 05 de 2021, de <https://www.yumpu.com/en/document/read/54286428/think-big-fly-small>
- Haykin, S. (2009). *Neural networks and learning machines* (third ed.). Pearson. Prentice Hall.
- Hugh R., W. (1999). *Spikes, Decisions, and Actions: The Dynamical Foundations of Neuroscience*. Oxford University Press.
- Hurtado Lopez, J. (2017). *Análisis de la dinámica de los modelos neuronales de toma de decisiones. Doctorado thesis, Universidad Nacional*. Manizales, Colombia.
- INICIOS DE LA FÍSICA MODERNA HASTA LA ACTUALIDAD. (05 de 2015). Obtenido de <http://www.quimicas.net/2015/05/el-modelo-atómico-de-thomson.html>
- INICIOS DE LA FÍSICA MODERNA HASTA LA ACTUALIDAD. (28 de 06 de 2017). Obtenido de <http://fenomenoselectricosyalum.blogspot.com/2017/06/modelo-atómico-de-thomson.html>.
- Kandel, E. R., Schwartz, J. H., Jessell, T. M., Siegelbaum, S. A., & Hudspeth, A. J. (2013). *Editors. Principles of Neural Science* (Fifth ed.). McGraw Hill Medical.
- Langner, S., Häse, F., Perea, J. D., Stubhan, T., Hauch, J., Aspuru-Guzik, A., & Brabec, C. J. (2020). Beyond Ternary OPV: High-Throughput Experimentation and Self-Driving Laboratories Optimize Multicomponent Systems. *Advanced Materials*.
- Launched Missions - PolySat. (2021). Recuperado el 20 de 05 de 2021, de <https://www.polysat.org/launched>
- Lautman, A. (2011). *Ensayos sobre la dialéctica, estructura y un idad de las matemáticas modernas*. Universidad Nacional de Colombia.
- Lehman, C. D., Yala, A., Schuster, T., Dontchos, B., Bahl, M., Swanson, K., & Barzilay, R. (2019). *Mammographic breast density assessment using deep learning. Clinical implementation Radiology* (1 ed., Vol. 290). doi:10.1148/radiol.2018180694
- Lu L, Z. Y., Carneiro, G., & Yang, L. (2017). *Deep Learning and Convolutional Neural Networks for Medical Image Computing*. Springer.
- Manual de GeoGebra. (s.f.). Obtenido de <https://wiki.geogebra.org/es/Manual>
- Martinez, F. (s.f.). *La tribología: Ciencia y técnica para el mantenimiento (tema III)*. Mexico: Limusa.
- NASA's Cubesat Launch Initiative. (2021). Recuperado el 18 de 05 de 2021, de [http://www.nasa.gov/directorates/heo/home/CubeSats\\_initiative](http://www.nasa.gov/directorates/heo/home/CubeSats_initiative)
- Nebendahl, D. (1988). *Sistemas expertos*. Siemens, Alemania: Marcombo.
- Nguyen, H. T., Walker, C. L., & Walker, E. A. (2000). *A First Course in Fuzzy Logic* (4ta ed.). London: Chapman-Hall CRP Press, INC.
- OCDE. (2003). *La comprensión del cerebro. Hacia una nueva ciencia del aprendizaje*. Mexico: Universidad Católica Silvia Henríquez .
- Perea Ospina, J. D. (16 de julio de 2019). Encyclopedia of Physical Organic Chemistry. (J. W. Zerong Wang, Ed.) *American chemical Society*(ISBN 978-1-118-47045-9.).
- Perea, J. D. (2019). *Solubility and Miscibility of Organic Semiconductors for Efficient and Stable Organic Solar Cells Investigated via Machine Learning and Quantum Chemistry Methods. Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg*. Baviera, Alemania.
- Ramirez Moreno, D. F., & Hurtado Lopez, J. (2014). *Modelamiento y simulación de circuitos sinápticos sensoriomotores. Introducción a la neurobiología computacional*. Cali: Universidad Autónoma de Occidente.

- Remote sensors Earthdata. Earthdata.nasa.gov.* (2021). Recuperado el 05 de 05 de 2021, de <https://earthdata.nasa.gov/user-resources/remote-sensors>
- Rich, E., & Knight, K. (2003). *Artificial Intelligence*. Mexico: MxGraw Hill.
- Rincón , S., Cárdenas , L., & Tulcán , C. (2020). *Informe de comisión proyecto final* . Santiago de Cali: CITAE
- Ruiza, M., Feranadez, T., & Tamaro, E. (2004). *Biografías y vida. La enciclopedia biográfica en línea*. Obtenido de Biografía de Empedocles de Agrigento: <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/e/empedocles.htm>
- Rumelhart D., H. G., & Williams, R. (s.f.). *Learning Representation by Back- Propagting Errors* (Vol. 323). Nature.
- Satellite Missions Directory - Earth Observation Missions.* (2021). Recuperado el 06 de 05 de 2021, de <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions>
- Sección Estratégica de Prensa Fuerza Aérea Colombiana. (26 de 05 de 2020). *FAC*. Obtenido de Fuerza Aérea Colombiana prende motores hacia la Antártica: <https://www.fac.mil.co/fuerza-a%C3%A9rea-colombiana-prende-motores-hacia-la-ant%C3%A1rtica>
- Selva, D., & Krejci, D. (2021). *A Survey and Assessment of the Capabilities of CubeSat for Earth Observation*. Recuperado el 05 de 02 de 2021, de <http://systemarchitect.mit.edu/docs/selva12b.pdf>
- Silva G., A. (2011). *The need for the emergence of mathematical neuroscience: beyond computation and simulation*. Obtenido de *Frontiers in computational neuroscience*, 5, 51: <https://doi.org/10.3389/fncom.2011.00051>
- Small Satellites Project Group. SGAC Space Generation Advisory Council.* (2021). Recuperado el 05 de 02 de 2021, de <https://spacegeneration.org/projects/small-satellites>
- Small Spacecraft Technology State of the Art.* (2015). Recuperado el 15 de 05 de 2021, de NAA Mission Design Division Ames Research Center, Moffett Field, California: [http://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/small\\_spacecraft\\_technology\\_state\\_of\\_the\\_art\\_2015\\_tagged.pdf](http://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/small_spacecraft_technology_state_of_the_art_2015_tagged.pdf)
- Speretta, S., Perez, S., T. , B., Carvajal, G., J., M., A., W., . . . Gill, E. (2016). *Cubesats to pocketqubes: Opportunities and Challenges. In Proceedings of the 67th International Astronautical Congress (IAC): Guadalajara, Mexico*. Recuperado el 12 de 05 de 2021, de [IAC-16-B4.7.5\_A]IAF: [http://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/small\\_spacecraft\\_technology\\_state\\_of\\_the\\_art\\_2015\\_tagged.pdf](http://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/small_spacecraft_technology_state_of_the_art_2015_tagged.pdf)
- Spivak, D., & Schultz, P. (2019). *Temporal Type Theory*. Springer.
- Stan., A. (2013). *Remote sensing for GIS managers. Redlands, Calif.:ESRI Press*. Recuperado el 15 de 05 de 2021, de Begin your CubeSat Mission with the CubeSat Kit: <http://www.CubeSatkit.com/>
- Structural Subsystem.* (s.f.). Obtenido de [http://www.ae.utexas.edu/courses/ase463q/design\\_pages/spring03/cubesat/web/Paper%20Sections/6.0%20Structural%20Subsystem.pdf](http://www.ae.utexas.edu/courses/ase463q/design_pages/spring03/cubesat/web/Paper%20Sections/6.0%20Structural%20Subsystem.pdf)
- Swartwout, M. (2016). *CubeSats and Mission Success: A Look at the Numbers*. Recuperado el 07 de 05 de 2021, de [http://mstl.atl.calpoly.edu/~workshop/archive/2016/Spring/Day%201/Session%202/1\\_MichaelSwartwout.pdf](http://mstl.atl.calpoly.edu/~workshop/archive/2016/Spring/Day%201/Session%202/1_MichaelSwartwout.pdf)
- Swartwout, M. (2021). *CubeSats Database. Saint Luis University*. Recuperado el 20 de 05 de 2021, de <https://sites.google.com/a/slu.edu/swartwout/home/CubeSat-database>
- Thomas Klügel, K. H. (2014). Earth and space observation at the German Antarctic Receiving Station O'Higgins. *Polar Record*, Published online by Cambridge University Press.

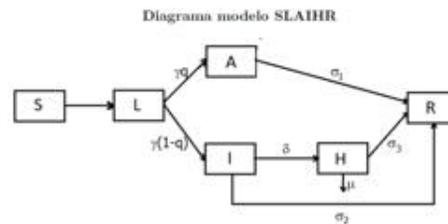
- Thomas, H. (1999). *Sistemas tecnológicos . Contribuciones a una teoría general de la artificialidad* . Buenos Aires: Aike Editoriales.
- Thome, K. (2003). Inflight intersensor radiometric calibration using vicarious approaches. *Post-launch calibration of satellite sensors*.
- Torres Soler, L. C. (2017). *Cretividad y complejidad en el aula* . Mexico.
- Torres, J. (2015). *lifeder.com*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/modelo-atómico-de-schrodinger/>
- Trappenberg, , T. P. (2002). *Fundamentals of computational neuroscience*. Oxford: Oxford University Press.
- Triana, J., Bautista, S., & Diaz, F. (2015). *Identification o fDesign Considerations for Small Satellite Sensing Systems in Low Earth Orbit*. Recuperado el 30 de 09 de 2016, de <http://www.jatm.com.br/ojs/index.php/jatm/article/viewFile/405/384>
- Tulcan, T. (2020 ). Participación del CITAE en la IV Campaña Antártica FAC. *Boletín N 9 Centro de Investigación en Tecnologías Aeroespaciales* , Enero - Marzo 2020 .
- Turban, E. (1992). *Expert Systems And Applied Artificial Intelligence*. New York: MacMillan.
- Ulloa, N. (7 de 7 de 2017). <https://nataliaulloam.wordpress.com/>. Obtenido de <https://nataliaulloam.wordpress.com/2017/07/07/charles-thomson-camara-de-niebla/>
- Unworth, B., & Lelks, P. I. (1 de agosto de 1998). Growing Tissues in Microgravity. *Nature Medicine*. Obtenido de <https://nam10.safelinks.protection.outlook.com/?url=https%3A%2F%2Fwww.nature.com%2Farticles%2Fnm0898-901&data=04%7C01%7CAlberto.velez%40emavi.edu.co%7Ccc7fc43bd6af47875acd08d9c3f2641b%7C0de2575f24a34230a15caa4abd1cf369%7C0%7C0%7C637756269030785279%7CU>
- Wilson, H. (2004). *Spikes, decisions and actions. The dynamical foundations of neuroscience*. Oxford.
- Winston, P. H. (1999). *Artificial Intelligence*. (t. edition, Ed.) Addison Wesley.
- Zerong, W., & Willie, J. (2017). *Encyclopedia of Physical Organic Chemistry* (primera ed.). (Z. W. Sons, Ed.) Alemania: Wiley.
- Zhao, D., Yao, F., Wang, L., Zheng, L., Gao, Y., Ye, J., . . . Gao, R. (2020). A comparative study on the clinical features of COVID-19 pneumonia to other pneumonias. *Clinical Infections Diseases*.
- Zum Gahr, K. (1987). *Microstructure and wear of materials Tribology series*. (E. S. B.V., Ed.) 10.



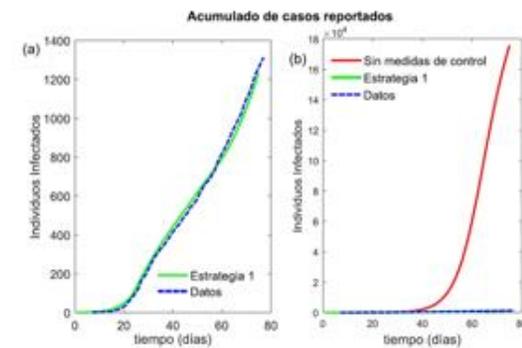
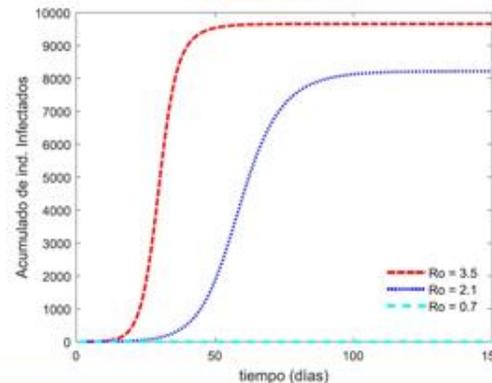
FUERZA AÉREA COLOMBIANA  
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN “MARCO FIDEL SUÁREZ”  
GRUPO ACADÉMICO - PROGRAMA CIENCIAS BÁSICAS



# Hablando de Ciencia en **EMAVI**



Tamaño final de la epidemia



Modelo discreto SIR



$$\begin{aligned} S_{t+1} &= S_t G_t \\ I_{t+1} &= S_t(1 - G_t) + (1 - \sigma) I_t \\ R_{t+1} &= R_t + \sigma I_t \end{aligned}$$



Conferencia:

## “MATEMÁTICA Y EPIDEMIOLOGÍA”

Conferencista:

**Doctora PAULA ANDREA GONZÁLEZ PARRA**  
Universidad Autónoma de Occidente-Cali

Enlace:

<https://lobby.sar.ruav.edu.co/#/3MH1DKHHTHV9>

# 9

**JUEVES**  
septiembre  
**2021**

**10:00**  
horas

**“MATEMATICA Y EPIDEMIOLOGIA”**



**Doctora Paula Andrea González Parra**

**Universidad Autónoma de Occidente-Cali**

Licenciada en matemática y física de la universidad del Valle

Maestría en matemáticas de la universidad del Valle

Maestría y PhD en Ciencias Computacionales de la Universidad de Texas en El Paso.

Profesora de tiempo completo de la universidad Autónoma de Occidente desde 2006.

Profesora de EMAVI entre el 2005 y el 2006

Actualmente hace parte del grupo de modelación y simulación de la Universidad Autónoma de Occidente.

Algunas de sus publicaciones son las siguientes:

Paula Andrea González-Parra, Carlos Castillo-Chávez, Modelos discretos en epidemiología, Influenza H1N1, COVID-19 pandemias del siglo XXI – Aceptado para publicación Programa Editorial Universidad Autónoma de Occidente.

Carlos Castillo-Chávez, Elmer De La pava, Paula A. González-Parra, et al «Modelos de la propagación de enfermedades infecciosas» Colombia 2015. Programa Editorial Universidad Autónoma de Occidente.

Paula A González Parra, Martine Ceberio, Sunmi Lee and Carlos Castillo-Chávez. “Optimal Control for a Discrete time Influenza Model.” *Advances in Computational Biology. Advances in Intelligent System and Computing* 232. Proceedings of the 2nd Colombian Congress on Computational Biology and Bioinformatics (CCBCOL). Vol. 232, 2014, pp 231-237.

Eli Fenichel, Carlos Castillo-Chávez, Graziano Ceddia, Gerardo Chowell, Paula A. González-Parra, Leticia Velázquez et al. “Adaptive human behavior in epidemiological models.” *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Vol. 108, No 15. April 2011.

Paula A González-Parra, Sunmi Lee, Leticia Velázquez, and Carlos Castillo-Chávez. “A note on the use of optimal control on a discrete time model of influenza dynamics.” *Mathematical Biosciences and Engineering*, Vol. 8, No. 1, January 2011.

Paula A González-Parra, Raúl Quintero. “Un modelo de VIH-SIDA con reinfección” *Matemáticas Enseñanza Universitaria*. 2002.

Dirección de tesis de maestría:

Modelo matemático para el control biológico del gusano barrenador de la caña de azúcar en el Valle del Cauca (*diatraea SACCHARALIS*). Alberto Vélez Rodríguez, Martín Hernán Granada Duque. Universidad EAFIT 2017.

**“MATEMATICA Y EPIDEMIOLOGIA”**

**Doctora Paula Andrea González Parra**

Con la aparición del COVID- 19, ha crecido en la población general el interés en los modelos matemáticos de las enfermedades infecciosas. Es común escuchar sobre el número reproductivo básico, el pico de la epidemia, las políticas de mitigación de la enfermedad, entre otras. Se quiere en esta charla presentar algunas ideas básicas de epidemiología y mostrar como a través de un modelo matemático es posible hacer predicciones, sugerir la forma en que las políticas de control deben ser implementadas, entre otras. Se presentará una comparación entre modelos continuos y discretos en epidemiología y se mostrará un modelo de propagación del COVID-19 comparando los resultados del modelo con datos estadísticos de la ciudad de Santiago de Cali.

**ORGANIZADORES:**

ALBERTO VELEZ RODRIGUEZ  
SANDRA MILENA RAMOS ARTEAGA  
DALILA VICTORIA RINCON

## **MATEMÁTICA Y EPIDEMIOLOGÍA**

***Paula Andrea González-Parra***

***Universidad Autónoma de Occidente***

***Cali – Colombia***

### **ABSTRACT**

En este artículo se presentan algunas ideas básicas de epidemiología, en particular de modelos discretos en epidemiología. Se quiere mostrar como a través de un modelo matemático es posible describir el comportamiento de una enfermedad infecciosa, hacer predicciones, sugerir la forma en que las políticas de control deben ser implementadas, entre otras. Se presentará un modelo de influenza y un modelo de propagación del COVID-19 para el cual, se comparan los resultados del modelo con datos estadísticos de la ciudad de Santiago de Cali.

### **INTRODUCCIÓN**

A través de los años, los modelos matemáticos han permitido estudiar la dinámica de transmisión de las enfermedades infecciosas. En particular, con la aparición del COVID-19 a finales del año 2019, se despertó en la población general el interés por los modelos epidemiológicos, se hizo común hablar de número reproductivo básico, pico de la epidemia, inmunidad de rebaño entre otras.

Los modelos matemáticos han sido de gran utilidad para entender el desarrollo y evolución de

una epidemia, estos permiten analizar el impacto de las posibles medidas de control, predecir cuantas personas podrían llegar a infectarse y pueden ayudar a diseñar políticas de control con el fin de mitigar los efectos y disminuir el número de individuos infectados.

En este artículo se presenta un modelo discreto de tipo SIR, es decir, la población total se divide en susceptibles, infectados y recuperados. Se presentan además un modelo de Influenza y un modelo de COVID-19. Para el modelo de COVID – 19 se presentan resultados de algunas simulaciones numéricas utilizando datos de la ciudad de Santiago de Cali.

### **Modelos Discretos en epidemiología**

En 1906, W.H Hamer propuso el primer modelo de tiempo discreto para estudiar la propagación del sarampión, Hamer propuso lo que hoy conocemos como el principio de acción de masas, el cual afirma que el número de nuevos individuos infectados por una enfermedad infecciosa depende del producto entre los individuos susceptibles y los infecciosos.

Por su parte, en 1927, Kermack y McKendrick propusieron un modelo compartamental basado en el flujo de individuos entre diferentes clases [1, 2, 3, 4]. El modelo propuesto era un modelo de tipo continuo donde la población total es dividida en susceptibles, infectados y recuperados. Este modelo fue propuesto con el objetivo de estudiar la peste Bubónica, conocida como la gran peste de Londres, en la que el 20 % de su población perdió la vida a causa de esta enfermedad.

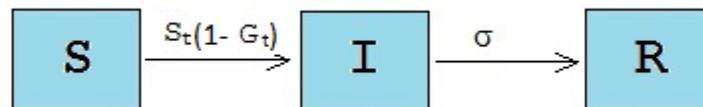
El interés en el uso de modelos discretos para estudiar la dinámica de transmisión de enfermedades infecciosas se ha incrementado en los últimos años [1, 5, 6, 7, 8] siendo los

modelos continuos los más utilizados.

Una de las grandes ventajas de los modelos discretos es que los resultados obtenidos de un modelo discreto son más fáciles de comparar con los datos experimentales ya que estos vienen dados en tiempo discreto (días, semanas, meses, etc.) Otra ventaja de los modelos discretos es su implementación desde el punto de vista computacional, cuando se tiene un modelo continuo es necesario hacer una discretización para poder realizar simulaciones numéricas, lo que no es necesario con los modelos discretos que ya están definidos en tiempo discreto.

Se presenta a continuación el modelo discreto SIR, es decir, la población total es dividida en susceptibles (individuos sanos que pueden contraer la enfermedad), Infecciosos (individuos que han contraído la enfermedad y pueden transmitirla) y recuperados. Para este modelo se siguen las ideas presentadas en [20, 21], no se tienen en cuenta cambios demográficos en la población, es decir, no se consideran nacimientos ni muertes por causas naturales.

En el modelo denotamos por  $S_t, I_t$ , y  $R_t$  el número de susceptibles, infectados y recuperados en el tiempo  $t$ , para  $t$  en el intervalo  $[0, n]$ , donde  $n$  representa el tiempo final de un brote único de la enfermedad. El siguiente diagrama representa el flujo e individuos entre uno y otro compartimento.



**Figura 1**

La fracción de individuos susceptibles al tiempo  $t$  que permanecen susceptibles en el tiempo  $t + 1$  está dado por la función

$$G_t = \exp\left(-\beta \frac{I_t}{N}\right)$$

donde  $\beta$  representa la probabilidad de una nueva infección, por tanto, los individuos que eran susceptibles y se infectaron en el tiempo  $t + 1$  está dado por  $1 - G_t$ . Tenemos entonces que el número de individuos susceptibles en el día  $t + 1$  está dado por la ecuación

$$S_{t+1} = S_t G_t$$

Se asume que la probabilidad de que un individuo se recupere de manera natural está dada por  $\sigma$  (por generación) y no se consideraron muertes debidas a la enfermedad, por tanto, el número de individuos infectados el día  $t + 1$  está dado por

$$I_{t+1} = S_t(1 - G_t) + (1 - \sigma)I_t$$

Ahora, el número de individuos recuperados el día  $t + 1$  está dado por

$$R_{t+1} = R_t + \sigma I_t$$

Así pues, el modelo discreto SIR está dado por el sistema de ecuaciones en diferencias

$$\begin{aligned} S_{t+1} &= S_t G_t \\ I_{t+1} &= S_t(1 - G_t) + (1 - \sigma) I_t \\ R_{t+1} &= R_t + \sigma I_t. \end{aligned}$$

Este modelo básico puede ser modificado teniendo en cuenta las características propias de una enfermedad, así, por ejemplo, en el caso de la influenza podemos considerar que un porcentaje de la población es asintomática, es decir a pesar de que contraen la enfermedad no desarrollan síntomas y además cierto porcentaje de la población recibe tratamiento, se asume que las personas que reciben tratamiento se recuperan más rápido que aquellas personas que

no lo reciben. Tanto los asintomáticos (A) como los individuos que reciben tratamiento (T) pueden transmitir la enfermedad, se propone un modelo SAITR [7] dado por el siguiente sistema de ecuaciones en diferencias:

$$\begin{aligned}
 S_{t+1} &= S_t G_t \\
 A_{t+1} &= q S_t (1 - G_t) + (1 - \sigma_1) A_t \\
 I_{t+1} &= (1 - q) S_t (1 - G_t) + (1 - \tau_t) (1 - \sigma_1) (1 - \delta) I_t \\
 T_{t+1} &= (1 - \sigma_2) T_t + \tau_t (1 - \sigma_1) (1 - \delta) I_t \\
 R_{t+1} &= R_t + \sigma_1 A_t + \sigma_1 (1 - \delta) I_t + \sigma_2 T_t
 \end{aligned}$$

Donde  $G_t$  se obtiene a partir de la expresión (1) y considerando que los individuos asintomáticos y tratados reducen su probabilidad de transmitir la enfermedad, esta reducción la denotamos por  $m$  y  $\rho$  respectivamente. Consideramos además el distanciamiento social como una medida de control, así pues  $x_t$  representa una disminución en el número de contactos por día. Tenemos entonces que la fracción de individuos susceptibles al tiempo  $t$  que permanecen susceptibles en el tiempo  $t + 1$  está dado por la función

$$G_t = \exp \left( -\beta (1 - x_t) \frac{I_t + mA_t + \rho T_t}{N_t} \right)$$

En el modelo dado  $q$  representa la fracción de individuos que contraen la enfermedad, pero no desarrolla síntomas (asintomáticos),  $\sigma_1$  y  $\sigma_2$  representan la probabilidad de recuperación natural y de recuperación al recibir tratamiento respectivamente. La fracción de individuos que reciben tratamiento está dada por  $\tau_t$  y la tasa de mortalidad debido a la enfermedad está dada por  $\delta$ .

El número reproductivo básico  $R_0$  se define como el número casos secundarios producidos por un único individuo infectado en una población de individuos susceptibles. Para calcularlo asume

que no hay medidas de control, es decir  $x_t = 0$  y  $\tau_t = 0$ , y se tiene en cuenta la relación del tamaño final de la epidemia [1, 7 ç], Así que  $R_0$  está dado por

$$R_0 = \beta \left( \frac{(1 - q)}{1 - (1 - \sigma_1)(1 - \delta)} + m \frac{q}{\sigma_1} \right).$$

El valor de  $R_0$  permite determinar si se da o no un brote epidémico ( $R_0 > 1$ ) o si la enfermedad tiende a desaparecer ( $R_0 < 1$ ).

A continuación, se propone un modelo de propagación del COVID-19 en el cual teniendo en cuenta la dinámica de transmisión de la enfermedad se considera que los individuos tienen un periodo latente o de incubación en el que aún no son infecciosos, adicionalmente se considera que un porcentaje de los individuos infectados no desarrollan síntomas o presentan síntomas muy leves.

### **Modelo de propagación del COVID-19**

Se propone un modelo discreto de tipo SLAIHR; es decir, la población total es dividida en susceptibles (S), expuestos o latentes (L), asintomáticos (A), infectados (I), hospitalizados (H) y recuperados. La siguiente gráfica muestra una representación de la dinámica de la enfermedad.

Diagrama modelo SLAIHR

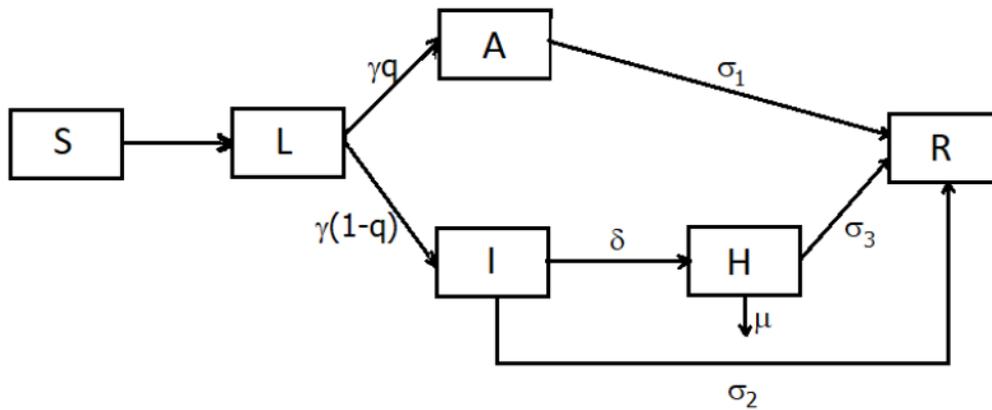


Figura 2

Se considera que una fracción  $q$  de los individuos infectados no desarrollan síntomas y que una fracción  $\delta$  de los individuos infectados presentan complicaciones y requieren hospitalización. En este modelo no se consideran nacimientos ni mortalidad por causas diferentes a la enfermedad.

Teniendo en cuenta que los asintomáticos, infectados y hospitalizados son individuos capaces de transmitir la enfermedad, se tiene que el número de nuevos individuos infectados está dado por

$$G_t = \rho \frac{A_t + mI_t + \epsilon H_t}{N_t}$$

Donde  $N$  denota la población total,  $m$  y  $\epsilon$  representan una reducción en el número de nuevos casos producidos por los individuos infectados y hospitalizados, considerando que estos individuos son aislados y por tanto reducen sus contactos y la probabilidad de transmitir la enfermedad, mientras que los individuos asintomáticos al no darse cuenta de que son

portadores del virus siguen una vida social normal.

El modelo está dado por el sistema de ecuaciones en diferencias

$$\begin{aligned}
 S_{t+1} &= S_t(1 - G_t) \\
 L_{t+1} &= qS_tG_t + (1 - \gamma)L_t \\
 A_{t+1} &= \gamma qL_t + (1 - \sigma_1)A_t \\
 I_{t+1} &= \gamma(1 - q)L_t + (1 - \sigma_2)(1 - \delta)I_t \\
 H_{t+1} &= (1 - \sigma_2)\delta I_t + (1 - \sigma_3)(1 - \mu)H_t \\
 R_{t+1} &= R_t + \sigma_1A_t + \sigma_2I_t + \sigma_3(1 - \mu)H_t.
 \end{aligned}$$

Teniendo en cuenta que  $\gamma$  es la fracción de individuos que estaban en periodo latente y pasan a ser infecciosos,  $\delta$  es la fracción de individuos que desarrollan síntomas severos y deben ser hospitalizados,  $\mu$  es la mortalidad debido a la enfermedad. La probabilidad de recuperarse para los individuos asintomáticos, infecciosos (con síntomas) y hospitalizados está dada por  $\sigma_1, \sigma_2$  y  $\sigma_3$  respectivamente.

Considerando las medidas de control implementadas por el gobierno, tales como, cuarentena obligatoria, cierre de escuelas, cancelación de eventos públicos entre otros, se introduce en el modelo la función de distanciamiento social  $x_t$  que mide la forma en que los individuos reducen sus contactos por día, así pues, se toma

$$G_t = \rho(1 - x_t) \frac{A_t + mI_t + \epsilon H_t}{N_t}$$

Dado que estas medidas se modificaron para permitir poco a poco la reapertura de algunos sectores de la economía, la función de distanciamiento social se define por medio de una función a trozos [¿]

$$x_t = \begin{cases} 0, & \text{if } t \leq n_1 \\ a_1 & \text{if } n_1 \leq t \leq n_2 \\ a_2 & \text{if } n_2 \leq t \leq n_3 \\ a_3 & \text{if } n_3 \leq t \leq n_4 \\ \vdots & \\ 0 & \text{if } t \geq n_j \end{cases}$$

Se presentan a continuación resultados de algunas simulaciones numéricas realizadas con el software Matlab, teniendo en cuenta los siguientes valores de los parámetros

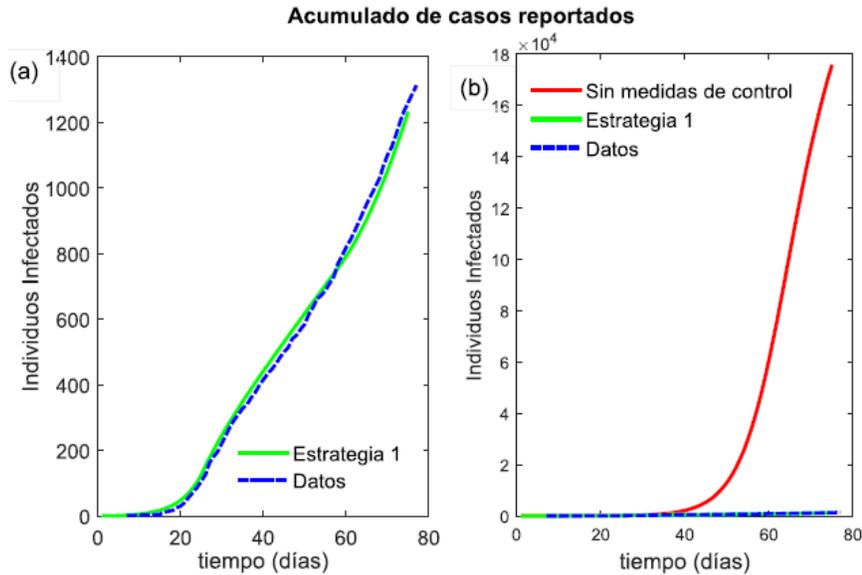
Parametro	Valor	Definición
$\frac{1}{\gamma}$	14	Tiempo esperado en estado latente
$\sigma_1$	$\frac{1}{15}$	Prob. de recuperarse para los indiv. asintomáticos
$\sigma_2$	$\frac{1}{15}$	Prob. de recuperarse para los indiv. infectados sintomáticos
$\sigma_3$	$\frac{1}{5}$	Prob. de recuperarse para los indiv. hospitalizados
$\delta$	0,03	Fracción de individuos infectados que son hospitalizados
$q$	0,9	Fracción de individuos infectados que son asintomáticos
$\rho$	0,9	Tasa de susceptibilidad
$m$	0,8	Reducción de la transmisibilidad para los indiv. infec.
$\epsilon$	0,2	Reducción de la transmisibilidad para los indiv. hosp.
$\mu$	0,0536	Mortalidad

Los valores de los parámetros en la función distanciamiento social considerada en estas simulaciones están dados por:

$$x_t = \begin{cases} 0, & \text{if } t \leq 25 \\ 0,92 & \text{if } 25 \leq t \leq 57 \\ 0,78 & \text{if } 58 \leq t \leq 72 \\ 0,5 & \text{if } t \geq 72 \end{cases}$$

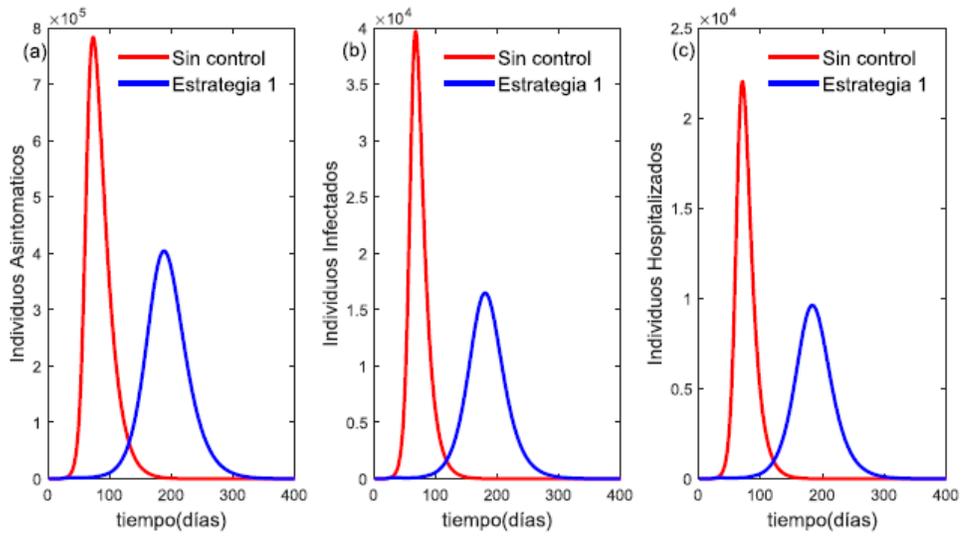
La figura 3 muestra el impacto de la Estrategia 1, es decir, el aislamiento preventivo obligatorio que se implementó en Colombia entre marzo 25 y abril 20 de 2020, se muestran los resultados para los primeros 70 días de la epidemia. La Figura 3a muestra una comparación entre los resultados del modelo y datos de la ciudad de Cali tomados del

Instituto Nacional de Salud [] hasta el 10 de mayo. La figura 3b presenta una comparación de cómo pudo ser la situación si no se hubieran tomado medidas de control



**Figura 3**

La Figura 4 muestra una comparación entre la curva de individuos asintomáticos, infectados y hospitalizados considerando las medidas de control (curva azul) y suponiendo que no se hubieran tomado medidas de control (curva roja). Se observa que las medidas de control hacen que el pico de la epidemia (punto más alto de la curva), se traslade aproximadamente 100 días. Se observa además que el número máximo de individuos infectados se reduce en aproximadamente en 42%.



**Figura 4**

## Bibliografía

- ¿Que es la microgravedad? (2020). A. Riveiro. Obtenido de [https://nam10.safelinks.protection.outlook.com/?url=https%3A%2F%2Fwww.youtube.com%2Fwatch%3Fv%3D\\_LMHRaaW3hY&data=04%7C01%7CAlberto.velez%40emavi.edu.co%7Ccc7fc43bd6af47875acd08d9c3f2641b%7C0de2575f24a34230a15caa4abd1cf369%7C0%7C0%7C637756269030775282%](https://nam10.safelinks.protection.outlook.com/?url=https%3A%2F%2Fwww.youtube.com%2Fwatch%3Fv%3D_LMHRaaW3hY&data=04%7C01%7CAlberto.velez%40emavi.edu.co%7Ccc7fc43bd6af47875acd08d9c3f2641b%7C0de2575f24a34230a15caa4abd1cf369%7C0%7C0%7C637756269030775282%2F&data=04%7C01%7CAlberto.velez%40emavi.edu.co%7Ccc7fc43bd6af47875acd08d9c3f2641b%7C0de2575f24a34230a15caa4abd1cf369%7C0%7C0%7C63775626903077)
- Acoustin Manipulation of Dense Nanorods in Microgravity. (2020). *Springer Link*. Obtenido de <https://nam10.safelinks.protection.outlook.com/?url=https%3A%2F%2Flink.springer.com%2Farticle%2F10.1007%2Fs12217-020-09835-7&data=04%7C01%7CAlberto.velez%40emavi.edu.co%7Ccc7fc43bd6af47875acd08d9c3f2641b%7C0de2575f24a34230a15caa4abd1cf369%7C0%7C0%7C63775626903077>
- AirZero* G. (24 de 06 de 2017). Obtenido de <https://nam10.safelinks.protection.outlook.com/?url=https%3A%2F%2Fwww.airzerog.com%2Ffr%2Fprestations-science%2F&data=04%7C01%7CAlberto.velez%40emavi.edu.co%7Ccc7fc43bd6af47875acd08d9c3f2641b%7C0de2575f24a34230a15caa4abd1cf369%7C0%7C0%7C63775626903077>
- Amaro, J. E. (21 de 3 de 2006). *universidad de granada*. Obtenido de <https://www.ugr.es/~amaro/radiactividad/tema1/node15.html>
- Apostolopoulos, I. D., & Mpesiana, T. A. (2020). Covid-19: automatic detection from x-ray images utilizing transfer learning with convolutional neural networks. *Physical and Engineering Sciences in Medicine, 1*.
- Arteaga Valdes, E., Medina Mendieta, J., & Del Sol Martinez, J. (2019). El GeoGebra: Una herramienta tecnologia para aprender Matematica en la Secundaria Basica haciendo matematica. Cuba: Revista Conrado.
- Bart, J., & Rutten, J. (1997). A tutorial on (Co)algebras and (Co)induction. *EATCS bulletin*, 222-259.
- Boden, M. A. (1994). *Filosofia de la inteligencia artificial*. Mexico: Fondo de Cultura Economica.
- Bradford, J., Williams, C., & DelPozzo, S. (2020). *Nano-Microsatellite Market Forecast*. Recuperado el 10 de 05 de 2021, de <https://a3space.org/wp-content/uploads/2020/02/Nano-Microsatellite-Market-Forecast-2020.pdf>
- Broncano, F. (2000). *Mundos artificiales. Filosofía del cambio tecnologico*. Mexico D. F., Mexico: Paidós.
- Bruner, J. (1997). *La educacion: puerta de la cultura*. Madrid, España: Visor.
- Buduma, N., & N., N. L. (2017). *Fundamentals of Deep Learning*. O'Reilly Media.
- Cid Manzano, R., & Cid Vidal, X. (2010). *Acercándonos al LHC*. Obtenido de [https://www.lhc-closer.es/taking\\_a\\_closer\\_look\\_at\\_lhc/1.standard\\_model/idioma/es\\_ES](https://www.lhc-closer.es/taking_a_closer_look_at_lhc/1.standard_model/idioma/es_ES)
- Comisión Colombiana del Océano. (8 de 02 de 2015). *CCO - Programa Antártico Colombiano*. Obtenido de <http://www.cco.gov.co/programa-antartico-colombiano.html>
- Correa, J. (2016). *Propuesta de sensor remoto para un satelite pequeño (CubeSat) de observacion de la tierra desarrollado por la Escuela Militar de Aviacion de la Fuerza Aerea Colombiana*.
- CubeSat Design Specifications*. (1999). Obtenido de [https://static1.squarespace.com/static/5418c831e4b0fa4ecac1bacd/t/56e9b62337013b6c063a655a/1458157095454/cds\\_rev13\\_final2.pdf](https://static1.squarespace.com/static/5418c831e4b0fa4ecac1bacd/t/56e9b62337013b6c063a655a/1458157095454/cds_rev13_final2.pdf)
- Cubesat Requeriments and Constraints [en linea]*. (25 de 05 de 2021). Obtenido de <http://www.isispace.nl/cubesats/#requirements-constraints>
- CubeSats. ISIS Innovative Solutions in Space*. (2015). Recuperado el 25 de 05 de 2021, de <http://www.isispace.nl/cubesats/>

**ORGANIZADORES:**

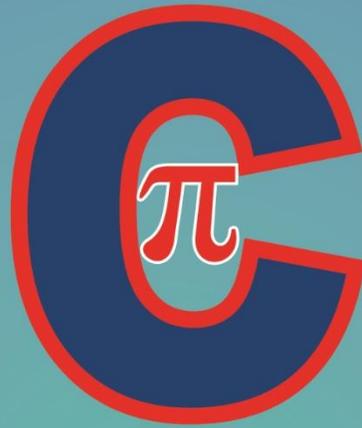
ALBERTO VELEZ RODRIGUEZ  
SANDRA MILENA RAMOS ARTEAGA  
DALILA VICTORIA RINCON

- Database, N. *Nanosatellite Database. Nanosats.eu.* (25 de 05 de 2021). Recuperado el 25 de 05 de 2021, de <http://www.nanosats.eu/>
- Debenham, J. K. (1989). *Knowledge System Desing.* New York, USA: Prentice Hall International.
- Departamento Estratégico de Comunicaciones. (01 de 02 de 2020). *FAC.* Obtenido de Una nueva travesía de la Fuerza Aérea Colombiana al continente blanco: <https://www.fac.mil.co/una-nueva-traves%C3%ADa-de-la-fuerza-a%C3%A9rea-colombiana-al-continente-blanco>
- Departamento Estratégico de Comunicaciones. (05 de 03 de 2020). *Fuerza Aerea Colombiana.* Obtenido de IV Campaña Antártica de la Fuerza Aérea en su recta final: <https://www.fac.mil.co/iv-campa%C3%B1a-ant%C3%A1rtica-de-la-fuerza-a%C3%A9rea-en-su-recta-final>
- Du, X., Xuechen, J., Rechberger, S., Perea, J. D., Meyer, M., Kazerouni, N., . . . Ameri, T. (2017). Crystallization of sensitizers controls morphology and performance in Si/C-PCPDTBT- sensitized P3HT:ICBA ternary blends. *Macromolecules*, 2415-2423. doi:10.1021/acs.macromol.6b02699.
- Dumy, G., Hoyos, M., & Aider, J.-L. (2019). *Observation fo Selective Optical Manipulation of Particles in Acoustic Levitation* (Vol. 146). The Journal of the Acoustical Society of America (ASA). doi:<https://doi.org/10.1121/1.5139640>
- Enokuchi, A., & Nagai, M. (2015). *Remote Sensing by University of Tokyo's Pico-Satellite Project "PRISM". Researchgate.* Recuperado el 10 de 05 de 2021, de [https://www.researchgate.net/publication/268268345\\_REMOTE\\_SENSING\\_BY\\_UNIVERSITY\\_OF\\_TOKYO%27S\\_PICO-SATELLITE\\_PROJECT\\_PRISM](https://www.researchgate.net/publication/268268345_REMOTE_SENSING_BY_UNIVERSITY_OF_TOKYO%27S_PICO-SATELLITE_PROJECT_PRISM)
- Esionwus, C. a. (2021). *Comprehensive List of CubeSat Misions. Academia.edu.* Recuperado el 08 de 05 de 2021, de [https://www.academia.edu/7787703/List\\_of\\_CubeSat\\_Missions.pdf](https://www.academia.edu/7787703/List_of_CubeSat_Missions.pdf)
- Felipe, A. (26 de Febrero de 2017). *Historia-Biografia.com.* Obtenido de <https://historia-biografia.com/democrito/#:~:text=Biograf%C3%ADa%20de%20Dem%C3%B3crato,cerca%20de%20la%20isla%20Tasos>.
- Fisica cuantica en la red.* (08 de 2014). Obtenido de <http://www.fisicacuantica.es/los-modelos-atomicos-primitivos/>
- Fong, B., & Spivak, D. (2019). *An Invitation to Applied Category Theory.* Cambridge University Press.
- Francis (th)E mule Science's News.* (19 de junio de 2011). Obtenido de <https://francisthemuleneews.wordpress.com/2011/07/19/la-evidencia-experimental-de-la-existencia-de-los-gluones/>
- Garzon Torres, N. M., & Torres Soler, L. C. (2012). *Inteligencia artificial. Una aproximacion.* Berlin: Academica Española, Berlin.
- GEECT-Grupo Europeo sobre Etica de la Ciencia y las Nuevas Tecnologías Inteligencia artificial, robotica y sistemas autónomos. (2018). *Declaracion sobre Inteligencia artificial, robótica y sistema "autónomos".* Luxemburgo: Comision Europea.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning. Cymbolix.*
- Gunter's Space Page.* (s.f.). Obtenido de [http://space.skyrocket.de/doc\\_sat/CubeSat.htm](http://space.skyrocket.de/doc_sat/CubeSat.htm)
- Gustafson, C., & Janson, S. (2021). *Think Big, Fly Small.* Recuperado el 02 de 05 de 2021, de <https://www.yumpu.com/en/document/read/54286428/think-big-fly-small>
- Haykin, S. (2009). *Neural networks and learning machines* (third ed.). Pearson. Prentice Hall.
- Hugh R., W. (1999). *Spikes, Decisions, and Actions: The Dynamical Foundations of Neuroscience.* Oxford University Press.

- Hurtado Lopez, J. (2017). *Análisis de la dinámica de los modelos neuronales de toma de decisiones*. Doctorado thesis, Universidad Nacional. Manizales, Colombia.
- INICIOS DE LA FÍSICA MODERNA HASTA LA ACTUALIDAD. (05 de 2015). Obtenido de <http://www.quimicas.net/2015/05/el-modelo-atómico-de-thomson.html>
- INICIOS DE LA FÍSICA MODERNA HASTA LA ACTUALIDAD. (28 de 06 de 2017). Obtenido de <http://fenomenoselectricosoyalum.blogspot.com/2017/06/modelo-atómico-de-thomson.html>.
- Kandel , E. R., Schwartz, J. H., Jessell, T. M., siegelbaum, S. A., & Hudspeth, A. J. (2013). *Editors. Principles of Neural Science* (Fifth ed.). McGraw Hill Medical.
- Langner, S., Häse, F., Perea, J. D., Stubhan, T., Hauch, J., Aspuru-Guzik, A., & Brabec, C. J. (2020). Beyond Ternary OPV: High-Throughput Experimentation and Self-Driving Laboratories Optimize Multicomponent Systems. *Advanced Materials*.
- Launched Missions - PolySat*. (2021). Recuperado el 20 de 05 de 2021, de <https://www.polysat.org/launched>
- Lautman, A. (2011). *Ensayos sobre la dialéctica, estructura y un idad de las matemáticas modernas*. Universidad Nacional de Colombia.
- Lehman, C. D., Yala, A., Schuster, T., Dontchos, B., Bahl, M., Swanson, K., & Barzilay, R. (2019). *Mammographic breast density assessment using deep learning*. *Clinical implementation Radiology* (1 ed., Vol. 290). doi:10.1148/radiol.2018180694
- Lu L, Z. Y., Carneiro, G., & Yang, L. (2017). *Deep Learning and Convolutional Neural Networks for Medical Image Computing*. Springer.
- Manual de GeoGebra*. (s.f.). Obtenido de <https://wiki.geogebra.org/es/Manual>
- Martinez, F. (s.f.). *La tribología: Ciencia y tecnica para el mantenimiento (tema III)*. Mexico: Limusa.
- NASA's Cubesat Launch Initiative. (2021). Recuperado el 18 de 05 de 2021, de [http://www.nasa.gov/directorates/heo/home/CubeSats\\_initiative](http://www.nasa.gov/directorates/heo/home/CubeSats_initiative)
- Nebendahl, D. (1988). *Sistemas expertos*. Siemens, Alemania: Marcombo.
- Nguyen, H. T., Walker, C. L., & Walker, E. A. (2000). *A First Course in Fuzzy Logic* (4ta ed.). London: Chapman-Hall CRP Press, INC.
- OCDE. (2003). *La comprensión del cerebro. Hacia una nueva ciencia del aprendizaje*. Mexico: Universidad Católica Silvia Henríquez .
- Perea Ospina, J. D. (16 de julio de 2019). Encyclopedia of Physical Organic Chemistry. (J. W. Zerong Wang, Ed.) *American chemical Society*(ISBN 978-1-118-47045-9.).
- Perea, J. D. (2019). *Solubility and Miscibility of Organic Semiconductors for Efficient and Stable Organic Solar Cells Investigated via Machine Learning and Quantum Chemistry Methods*. *Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg*. Baviera, Alemania.
- Ramirez Moreno, D. F., & Hurtado Lopez, J. (2014). *Modelamiento y simulacion de circuitos sanápticos sensoriomotores. Introduccion a la neurobiología computacional*. Cali: Universidad Autónoma de Occidente.
- Remote sensors Earthdata*. *Earthdata.nasa.gov*. (2021). Recuperado el 05 de 05 de 2021, de <https://earthdata.nasa.gov/user-resources/remote-sensors>
- Rich, E., & Knight, K. (2003). *Artificial Intelligence*. Mexico: MxGraw Hill.
- Rincón , S., Cárdenas , L., & Tulcán , C. (2020). *Informe de comisión proyecto final* . Santiago de Cali: CITAE .
- Ruiza, M., Feranadez, T., & Tamaro, E. (2004). *Biografías y vida. La enciclopedia biografica en linea*. Obtenido de Biografía de Empedocles de Agrigento: <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/e/empedocles.htm>

- Rumelhart D., H. G., & Williams, R. (s.f.). *Learning Representation by Back- Propagting Errors* (Vol. 323). Nature.
- Satellite Missions Directory - Earth Observation Missions*. (2021). Recuperado el 06 de 05 de 2021, de <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions>
- Sección Estratégica de Prensa Fuerza Aérea Colombiana. (26 de 05 de 2020). *FAC*. Obtenido de Fuerza Aérea Colombiana prende motores hacia la Antártica: <https://www.fac.mil.co/fuerza-a%C3%A9rea-colombiana-prende-motores-hacia-la-ant%C3%A1rtica>
- Selva, D., & Krejci, D. (2021). *A Survey and Assessment of the Capabilities of CubeSat for Earth Observation*. Recuperado el 05 de 02 de 2021, de <http://systemarchitect.mit.edu/docs/selva12b.pdf>
- Silva G., A. (2011). *The need for the emergence of mathematical neuroscience: beyond computation and simulation*. Obtenido de *Frontiers in computational neuroscience*, 5, 51: <https://doi.org/10.3389/fncom.2011.00051>
- Small Satellites Project Group. SGAC Space Generation Advisory Council*. (2021). Recuperado el 05 de 02 de 2021, de <https://spacegeneration.org/projects/small-satellites>
- Small Spacecraft Technology State of the Art*. (2015). Recuperado el 15 de 05 de 2021, de NAA Mission Design Division Ames Research Center, Moffett Field, California: [http://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/small\\_spacecraft\\_technology\\_state\\_of\\_the\\_art\\_2015\\_tagged.pdf](http://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/small_spacecraft_technology_state_of_the_art_2015_tagged.pdf)
- Speretta, S., Perez, S., T. , B., Carvajal, G., J., M., A., W., . . . Gill, E. (2016). *Cubesats to pocketqubes: Opportunities and Challenges*. In *Proceedings of the 67th International Astronautical Congress (IAC): Guadalajara, Mexico*. Recuperado el 12 de 05 de 2021, de [IAC-16-B4.7.5\_A]IAF: [http://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/small\\_spacecraft\\_technology\\_state\\_of\\_the\\_art\\_2015\\_tagged.pdf](http://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/small_spacecraft_technology_state_of_the_art_2015_tagged.pdf)
- Spivak, D., & Schultz, P. (2019). *Temporal Type Theory*. Springer.
- Stan., A. (2013). *Remote sensing for GIS managers. Redlands, Calif.:ESRI Press*. Recuperado el 15 de 05 de 2021, de *Begin your CubeSat Mission with the CubeSat Kit*: <http://www.CubeSatkit.com/>
- Structural Subsystem*. (s.f.). Obtenido de [http://www.ae.utexas.edu/courses/ase463q/design\\_pages/spring03/cubesat/web/Paper%20Sections/6.0%20Structural%20Subsystem.pdf](http://www.ae.utexas.edu/courses/ase463q/design_pages/spring03/cubesat/web/Paper%20Sections/6.0%20Structural%20Subsystem.pdf)
- Swartwout, M. (2016). *CubeSats and Mission Sucess: A Look at the Numbers*. Recuperado el 07 de 05 de 2021, de [http://mstl.atl.calpoly.edu/~workshop/archive/2016/Spring/Day%201/Session%202/1\\_MichaelSwartwout.pdf](http://mstl.atl.calpoly.edu/~workshop/archive/2016/Spring/Day%201/Session%202/1_MichaelSwartwout.pdf)
- Swartwout, M. (2021). *CubseSats Database. Saint Luis University*. Recuperado el 20 de 05 de 2021, de <https://sites.google.com/a/slu.edu/swartwout/home/CubeSat-database>
- Thomas Klügel, K. H. (2014). *Earth and space observation at the German Antarctic Receiving Station O'Higgins. Polar Record*, Published online by Cambridge University Press.
- Thomas, H. (1999). *Sistemas tecnológicos . Contribuciones a una teoría general de la artificialidad* . Buenos Aires: Aike Editoriales.
- Thome, K. (2003). *Inflight intersensor radiometric calibration using vicarious approaches. Post-launch calibration of satellite sensors*.
- Torres Soler, L. C. (2017). *Cretividad y complejidad en el aula* . Mexico.
- Torres, J. (2015). *lifeder.com*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/modelo-atómico-de-schrodinger/>
- Trappenberg, , T. P. (2002). *Fundamentals of computational neuroscience*. Oxford: Oxford University Press.

- Triana, J., Bautista, S., & Diaz, F. (2015). *Identification of Design Considerations for Small Satellite Sensing Systems in Low Earth Orbit*. Recuperado el 30 de 09 de 2016, de <http://www.jatm.com.br/ojs/index.php/jatm/article/viewFile/405/384>
- Tulcan, T. (2020). Participación del CITAE en la IV Campaña Antártica FAC. *Boletín N 9 Centro de Investigación en Tecnologías Aeroespaciales*, Enero - Marzo 2020.
- Turban, E. (1992). *Expert Systems And Applied Artificial Intelligence*. New York: MacMillan.
- Ulloa, N. (7 de 7 de 2017). <https://nataliaulloam.wordpress.com/>. Obtenido de <https://nataliaulloam.wordpress.com/2017/07/07/charles-thomson-camara-de-niebla/>
- Unworth, B., & Lelks, P. I. (1 de agosto de 1998). Growing Tissues in Microgravity. *Nature Medicine*. Obtenido de <https://nam10.safelinks.protection.outlook.com/?url=https%3A%2F%2Fwww.nature.com%2Farticles%2Fnm0898-901&data=04%7C01%7CAlberto.velez%40emavi.edu.co%7Ccc7fc43bd6af47875acd08d9c3f2641b%7C0de2575f24a34230a15caa4abd1cf369%7C0%7C0%7C637756269030785279%7CU>
- Wilson, H. (2004). *Spikes, decisions and actions. The dynamical foundations of neuroscience*. Oxford.
- Winston, P. H. (1999). *Artificial Intelligence*. (t. edition, Ed.) Addison Wesley.
- Zerong, W., & Willie, J. (2017). *Encyclopedia of Physical Organic Chemistry* (primera ed.). (Z. W. Sons, Ed.) Alemania: Wiley.
- Zhao, D., Yao, F., Wang, L., Zheng, L., Gao, Y., Ye, J., . . . Gao, R. (2020). A comparative study on the clinical features of COVID-19 pneumonia to other pneumonias. *Clinical Infections Diseases*.
- Zum Gahr, K. (1987). Microstructure and wear of materials Tribology series. (E. S. B.V., Ed.) 10.



*Hablando de  
Ciencia en  
EMAVI*

