



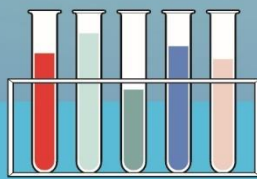
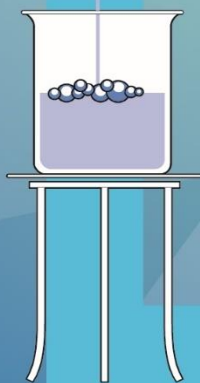
# Hablando de Ciencia en **EMAVI**



ISSN en línea: En trámite  
2ª. Edición, 2019-2 (noviembre)

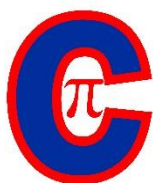


## Hablando de Ciencia en **EMAVI**



## **Depto Ciencias Básicas**

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



*Hablando de  
Ciencia en  
EMAVI*



---

## HABLANDO DE CIENCIA EN EMAVI

ISSN en línea: En trámite

---

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

Dirección  
**BG. Alfonso Lozano Ariza**

Subdirección  
**CR. Ned Yasnó Roncancio**

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”

2ª. Edición, 2019-2 (noviembre)  
PDF Digital

Santiago de Cali, Valle del Cauca, 2019

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.

---

**Idioma**

Español e inglés

---

#### ORGANIZADORES:

ALBERTO VELEZ RODRIGUEZ  
SANDRA MILENA RAMOS ARTEAGA  
DALILA VICTORIA RINCON

---

**Palabras clave**

Matemáticas, modelos matemáticos, capacidades espaciales, ciencia, solitones, pensamiento lateral, economía digital, innovación y creatividad, evolución estelar.

---

**Categoría/ Temática**

Ciencias Básicas, Memorias, Conferencias.

---

**Detalle de la publicación**

---

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

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

---

## ÍNDICE

	<b>Pág.</b>
<b>Introducción</b>	5
<b>Agradecimientos</b>	9
<b>Claves para aprender las matemáticas</b>	10
<b>Algunas aplicaciones de modelos matemáticos en pesca</b>	17
<b>Prospectiva de capacidades espaciales en la Antártica</b>	29
<b>La ciencia detrás del invento para cambiar la historia</b>	43
<b>Solitones en la naturaleza</b>	50
<b>La Pensamiento lateral y economía digital</b>	69
<b>Innovación y creatividad: Hilo de araña y sus aplicaciones</b>	84
<b>Muerte de una estrella</b>	97

## **INTRODUCCIÓN**

El segundo ciclo de conferencias del evento “Hablando de Ciencia en EMAVI” se desarrolló entre el 4 de julio y el 22 de octubre de 2019. Se contó con la presencia de invitados de reconocida trayectoria nacional e internacional quienes compartieron sus experiencias en temas propios de su área de conocimiento. Cabe destacar el interés especialmente evidenciado en los cadetes asistentes a cada una de las conferencias lo que nos motiva y compromete a continuar realizando esfuerzos para consolidar un espacio real de reflexión académica en la escuela. Las conferencias estuvieron dirigidas en principio a los cadetes y presentaron las siguientes propuestas.

La conferencia “**CLAVES PARA APRENDER MATEMÁTICAS**” por parte del Ingeniero civil JULIO ALBERTO RÍOS GALLEGO, YouTuber y Edutuber conocido internacionalmente como “JULIOPROFE” por sus publicaciones en los canales “julioprofe” y “julioprofenet” de YouTube, presenta la problemática que existe en América Latina sobre deserción estudiantil, muestra algunas aplicaciones y trucos para hacer matemáticas, resalta la importancia de las matemáticas en el desempeño profesional, ofrece recomendaciones especiales a los estudiantes sobre cómo mejorar su aprendizaje de matemáticas y física y finalmente hace un recuento sobre la evolución del proyecto educativo de JULIOPROFE y los logros que ha obtenido.

La conferencia “**ALGUNAS APLICACIONES DE MODELOS MATEMÁTICOS EN PESCA**” por parte de la Doctora ERICA CRUZ RIVERA, docente de la Universidad del Valle, presenta un avance del inmenso potencial económico del país por su condición geográfica que lo privilegia con zonas costeras en los dos océanos, muestra la importancia de constituir una industria sólida de la pesca que podría convertirse en un musculo del engranaje económico de nuestra nación en la medida en que se aproveche de manera sustantiva dicha riqueza con políticas serias de conservación de especies a lo largo del tiempo. Enfatiza además acerca de la necesidad de apoyo y fomento a la investigación de parte del gobierno nacional y la empresa privada y la concientización de las comunidades para conservar el equilibrio de las especies marinas. Finalmente concluye que la pesca sostenible es una práctica necesaria y que da lugar al desarrollo

de líneas de investigación pesquera motivando el surgimiento de modelos matemáticos enfocados a ecosistemas marinos.

La conferencia **“PROSPECTIVA DE CAPACIDADES ESPACIALES EN LA ANTARTICA”** por parte de la mayor SONIA RUTH RINCON URBINA, oficial de la Fuerza Aérea Colombiana, presenta los avances del proyecto PROSPECTIVA DE CAPACIDADES ESPACIALES EN LA ANTARTICA según los cuales la Fuerza Aérea Colombiana a través de la tecnología adquirida con el nanosatélite FACSAT en órbita requiere replicar las capacidades de la estación de monitoreo y control en el área de la Antártica con el fin de aprovechar eficientemente la órbita polar en la cual se encuentra.

La conferencia **“LA CIENCIA DETRÁS DEL INVENTO PARA CAMBIAR LA HISTORIA”** por parte del Ingeniero Mecánico WIESNER ALFONSO OSORIO OCAMPO, presenta el invento **“Generador de energía eléctrica a partir de combustión de hidrógeno obtenido por electrólisis solar”** ganador del concurso *Una idea para cambiar la historia*. Expone el soporte teórico del proyecto a partir de la electrólisis del agua, rompimiento de los enlaces que mantienen unidos al átomo de oxígeno con los átomos de hidrógeno mediante la aplicación de una corriente eléctrica para obtener un gas combustible conocido como oxihidrógeno (HHO) y oxidante, el oxidante es el encargado de iniciar una reacción en cadena que permite romper los enlaces de las moléculas de hidrógeno, liberando energía y generando agua. Finalmente explica que la máquina inventada utiliza esta energía para hacer rotar un eje y generar electricidad.

La conferencia **“SOLITONES EN LA NATURALEZA”** por parte del doctor JOSÉ RAÚL QUINTERO HENAO, docente de la UNIVERSIDAD DEL VALLE, muestra que algunas formaciones naturales corresponden a representaciones matemáticas cuyas interpretaciones físicas permiten visualizar una gran variedad de aplicaciones. Define un solitón como una onda solitaria cuya amplitud, forma y velocidad se conservan después de una colisión con otro solitón. Finalmente señala que la importancia del estudio de los solitones radica en la forma natural que aparecen en diferentes medios tales como Láseres, Genética, Galaxias, Fluidos, comunicaciones, entre otros.

La conferencia **“PENSAMIENTO LATERAL Y ECONOMIA DIGITAL”** por parte del magister JAIR ABADIA CORREA, docente de la ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN “MARCO FIEDEL SUÁREZ”, presenta el pensamiento lateral como un tipo de pensamiento creativo que busca resolver problemas sin seguir pautas lógicas usadas normalmente. Señala que el pensamiento lateral se apoya en ideas que se salen de lo habitual, busca caminos alternativos de resolución, evita las ideas preconcebidas y deja volar la imaginación. Finalmente, afirma que la Economía Digital busca fortalecer las industrias utilizando las tendencias tecnológicas del mundo, impactando los procesos de las empresas, su existencia en el mercado y su relación con los clientes.

La conferencia **“INNOVACIÓN Y CREATIVIDAD: HILO DE ARANA Y SUS APLICACIONES”** por parte de la doctora GLADIS MIRIAM APARICIO ROJAS, docente de la UNIVERSIDAD AUTONOMA DE OCCIDENTE CALI, define la innovación como una acción continua a lo largo del tiempo que abarca diferentes campos del desarrollo humano, potenciando la generación de nuevas ideas, nuevos desarrollos o mejorando los ya existentes. Señala que para temas de innovación el hilo de araña de diversas especies ha sido bastante estudiado en los últimos años, debido a sus excelentes propiedades mecánicas y térmicas, resaltando buen grado de deformación, buena elasticidad y alta resistencia. Expone que los Trabajos realizados con hilos provenientes de arañas de la especie *Nephila Clavipes*, recolectados de su hábitat natural en el Vivero de la Universidad Autónoma de Occidente de Cali, han permitido desarrollar una nueva membrana conductora, cuya aplicación principal se centra en las baterías del estado sólido, haciéndolas más compatibles con el medio ambiente y aumentando su vida útil. Finalmente, afirma que Más allá de ver el hilo de araña como un desecho orgánico, podría ser mirado como un material multifuncional con aplicaciones potenciales de alcance internacional cuyo potencial impacta diferentes sectores industriales, entre los cuales se encuentran el militar, el sector médico, el sector eléctrico.

La conferencia **“MUERTE DE UN ESTRELLA”** por parte del físico JORGE ELIECER MURILLO BALLESTEROS, docente de la ESCUELA MILITAR DE AVIACION “MARCO FIEDEL SUÁREZ”, ilustra la evolución a manera informativa de una estrella masiva hasta llegar a convertirse en un agujero negro (“muerte de una estrella”). Muestra que las estrellas evolucionan

## HABLANDO DE CIENCIA EN EMAVI – MEMORIAS

como cualquier ser vivo. Finalmente indica que el estadio final de una estrella masiva se presenta cuando se convierte en un agujero negro, objeto exótico predicho por la teoría general de la relatividad de Einstein.

El grupo académico a la cabeza del señor teniente coronel Fabián Andrés Salazar Ospina y el departamento de Ciencias Básicas bajo la orientación de la señora teniente Magda Julieth Echeverría Díaz se complacen en entregar las memorias del segundo ciclo de conferencias del evento “Hablando de Ciencia en EMAVI” a la familia de la Fuerza Aérea Colombiana.

### **ORGANIZADORES:**

ALBERTO VELEZ RODRIGUEZ  
SANDRA MILENA RAMOS ARTEAGA  
DALILA VICTORIA RINCON



## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecimientos especiales a la Sección Recursos educativos SERED bajo la dirección del señor suboficial C3 Bedoya González Cristian Camilo. El apoyo oportuno de Jaime Rosero, Inés Mellizo y Camilo Villegas permitió llevar a cabo las conferencias de la mejor manera posible.

Agradecimiento a la sección de extensión e internacionalización SEXIN a cargo del señor teniente Luis Alfonso Durango Quintero. Sentimos la colaboración irrestricta y en todo momento de parte de la señora María del Pilar Ampudia Daza asesora de la sección.

Agradecimiento a todos los conferencistas quienes sin más afán personal que el académico prepararon, dictaron sus charlas y colaboraron en la elaboración de las presentes memorias con la presentación de sus resúmenes.

Señora teniente coronel YADIRA CARDENAS POSSO Jefe Sección Planeación-Grupo académico-Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suarez” mil gracias.

### **ORGANIZADORES:**

ALBERTO VELEZ RODRIGUEZ  
SANDRA MILENA RAMOS ARTEAGA  
DALILA VICTORIA RINCON



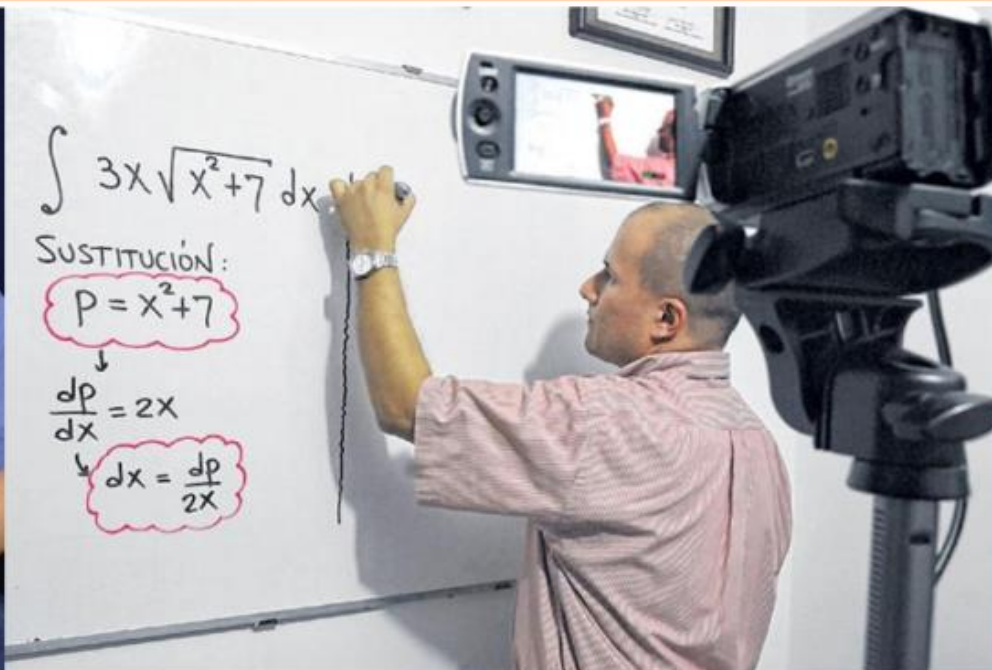
# FUERZA AÉREA COLOMBIANA

## ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN "MARCO FIDEL SUÁREZ"

### GRUPO ACADÉMICO



# Hablando de Ciencia en EMAVI



Conferencia:

# "CLAVES PARA APRENDER MATEMÁTICAS"

Conferencista:

Ing. JULIO ALBERTO RÍOS GALLEGO "julioprofe"

**04** julio / Jueves / 2019

Organiza: Depto Ciencias Básicas

Aula Máxima  
Capitán Andrés Serrano Lemus



**“CLAVES PARA APRENDER MATEMÁTICAS”**



**Perfil Profesional:**

Julio Alberto Ríos Gallego, ingeniero civil de la Universidad del Valle y especialista en docencia universitaria. Conocido internacionalmente como Julioprofe, comenzó a enseñar matemáticas y física a los 17 años, trabajó como profesor en varias instituciones y desde 2009 comparte sus conocimientos y experiencia docente, a través de videos que publica en los canales “Julioprofe” y “Julioprofenet” de YouTube.

Su aporte académico ha sido destacado por medios como CNN y BBC Noticias, por entidades como el Banco Interamericano de Desarrollo, y en 2018 recibió el Premio Mejores Líderes de Colombia por parte de la Revista Semana y Telefónica.

Actualmente su canal “Julioprofe” es uno de los de mayor audiencia en la plataforma de YouTube, en lo que se refiere a videotutoriales de matemáticas y física en idioma español.

**ORGANIZADORES:**

ALBERTO VELEZ RODRIGUEZ  
SANDRA MILENA RAMOS ARTEAGA  
DALILA VICTORIA RINCON

## CLAVES PARA APRENDER MATEMÁTICAS

Julio Alberto Ríos Gallego

Dentro del aprendizaje de las matemáticas se definen cualquier cantidad de mitos que los estudiantes acogen como excusa para justificar su bajo rendimiento, su desinterés, las dificultades no superadas o cualquier otra razón que justifique la falta de compromiso y/o motivación en el proceso de aprendizaje del campo del conocimiento tan importante en la formación de toda persona que aspire a desempeñarse en diversos áreas tales como el de la ingeniería, la medicina, las ciencias empresariales, las ciencias sociales y otras.

Se podría decir que existe la numerofobia, la aritmofobia, o la matefobia como rechazos de los estudiantes al campo de los números. Las principales consecuencias a estos mitos son: la frustración, el desinterés y lo más grave, abandono de sus estudios, fenómeno denominado deserción.

De acuerdo con datos del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), en América Latina el 60% de quienes comienzan el bachillerato se gradúan. Y aproximadamente el 50% de la fuerza laboral en la región no cuenta con estudios secundarios. Se puede plantear la siguiente pregunta problematizadora (Banco Interamericano de Desarrollo (BID), 2019):

¿Por qué los adolescentes latinoamericanos dejan la escuela?

La deserción académica, por encima incluso, del factor económico es debido al “desinterés” que se ve reflejado en un aula de clase, cuando el estudiante realiza una de las preguntas más perturbadoras para cualquier docente: “¿Profe, para qué me servirá todo esto?”

A manera de ejemplo, se muestra una situación muy común respecto de uno de tantos contenidos en el álgebra básica como la factorización de un Trinomio de la forma  $x^2 + bx + c$  tales como:

$$\begin{aligned}x^2 - 10x + 24 &= (x - 6)(x - 4) \\ \text{Tan}^2\theta - 10\text{Tan}\theta + 24 &= (\text{Tan}\theta - 6)(\text{Tan}\theta - 4)\end{aligned}$$

Temas que son los fundamentales para el ingreso a la universidad (Julioprofe, s.f.).

Después de analizar estos ejemplos de la matemática básica, se observa la manera en que un tema específico, como lo es la factorización para grado 8°, evoluciona durante los siguientes años e incluso en los primeros semestres de alguna carrera profesional, donde alguno de sus requisitos sea un curso básico de matemáticas.

Sin embargo, aun sabiendo que esto va a ocurrir, el estudiante persiste en considerar inútil los contenidos de la matemática que él no relaciona con su entorno.

Para ello es importante potencializar el conocimiento a partir de aplicaciones que estén en la imaginación del estudiante, en su realidad y en su cotidianidad. A manera de ejemplo, se presenta la siguiente situación:

Cierto tipo de pintura reflectiva de aluminio rinde 200 g/m<sup>2</sup>. ¿Qué cantidad se requiere para impermeabilizar una cubierta rectangular de 600 centímetros de largo y 4,5 metros de ancho?



**Figura 1. Obrero impermeabilizando la losa de un edificio**

En el momento que se presenta la imagen del obrero de la construcción impermeabilizando la losa de un edificio (figura 1), para el estudiante esta situación se hace real y el problema que se plantea corresponde a una necesidad de realizar la compra de una cantidad determinada de pintura.

En la actualidad los jóvenes debido a las tecnologías no realizan cálculos mentales; parecen esclavos de los teléfonos o calculadoras que resuelven infinidad de operaciones, pero con la sorpresa que ni las aplicaciones las manejan adecuadamente. Para solucionar este problema se debe retornar al cálculo mental como herramienta que vigoriza y da agilidad a la mente. Para ello se presenta un ejemplo de esta situación:

**¿Cuál es el 12% de 25?**

Si se deseara resolver este problema sin la utilización de una calculadora o dispositivo móvil, se tendría que analizar lo siguiente:

$$x \% de y = y \% de x$$

$$x \% de y = \frac{x}{100} * y$$

$$x \% de y = \frac{x}{100} * y = \frac{x}{100} * \frac{y}{1}$$

$$x \% de y = \frac{xy}{100} = \frac{yx}{100} = \frac{y}{100} * \frac{x}{1}$$

$$x \% de y = \frac{y}{100} * x = y \% de x$$

$$12 \% de 25 = 25 \% de 12$$

$$12 \% de 25 = \frac{1}{4} * 12 = \frac{12}{4} = 3$$

En este ejemplo se puede observar que para solucionarlo se requiere de un procedimiento algebraico, tema que también genera apatía entre los estudiantes. Situación a la cual los docentes se tienen que enfrentar día a día en las aulas de clase, buscando nuevas estrategias para cautivar la atención y gusto por estos temas.

Para aprender matemáticas se requiere compromiso, afianzar la teoría de la información vista en clase, por medio de la practica constante, a través de ejercicios desarrollados por el estudiante que permitan poner a prueba su aprendizaje.

Para estudiar matemáticas o cualquier otra área del conocimiento se debe buscar las condiciones físicas apropiadas (lugar iluminado, cómodo, etc), además mantener el orden, pulcritud, dedicar el tiempo suficiente al estudio y solicitar ayuda oportuna en caso de ser necesario.

Aprovechar al máximo los recursos disponibles, como textos o libros, recursos digitales tales como programas para computador, aplicaciones para teléfonos móviles e incluso, libros en formato digital o pdf.

### **Conclusiones**

- Se debe despertar el interés por las matemáticas, mostrando a los jóvenes sus aplicaciones en diversos campos del conocimiento.
- El compromiso del docente en las aulas de clases es motivar y mostrar que las matemáticas tienen alto grado de aplicabilidad en los diferentes campos del conocimiento y en diario vivir.
- Reconocer el manejo adecuado de las matemáticas permitirá tener mayores opciones de conseguir logros profesionales, tan importantes en el desarrollo de la vida de las personas.
- Abandonar el miedo hacia las matemáticas, respetarlas, pero tratar de dominarlas desde el trabajo serio y propositivo.

### **Bibliografía**

Banco Interamericano de Desarrollo (BID). (2019). *BID mejorando vidas*. Obtenido de <https://publications.iadb.org/es/publicacion/13847/que-hace-el-bid-en-educacion>

Julioprofe. (s.f.). Obtenido de [www.julioprofe.net](http://www.julioprofe.net)





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



# Hablando de Ciencia en **EMAVI**

Conferencia:

## ALGUNAS APLICACIONES DE MODELOS MATEMÁTICOS EN PESCA

Conferencista:

**Ph.D. ERICA CRUZ RIVERA**

Organiza: *Depto Ciencias Básicas*

**01** agosto  
2019  
Jueves

10:00 horas  
Auditorio  
Walter Baer



## “ALGUNAS APLICACIONES DE MODELOS MATEMATICOS EN PESCA”



### **Perfil Profesional:**

Erica Cruz Rivera matemática y Magister en Ciencias matemáticas de la Universidad del Valle, realizó sus estudios Doctorales en Ciencias Matemáticas como Becaria de la convocatoria 617-2 de COLCIENCIAS. Culminó sus estudios recibiendo la distinción de tesis laureada por su trabajo de investigación. En su trayectoria profesional e investigativa ha participado en proyectos de investigación a nivel nacional e internacional, destacando sus aportes a la investigación en la publicación de artículos en revistas científicas internacionales indexadas por COLCIENCIAS en la categoría A1. La Doctora Cruz ha participado como ponente en eventos de alto reconocimiento matemático tales como

- *X Congreso Latinoamericano de Biología Matemática (X SOLABIMA 2017).*

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

- *International Conference on Applied Mathematics and Informatics (ICAMI 2017).*
- *International Congress on Industrial and Applied Mathematics 2019 (ICIAM 2019).*

Entre otros. Además de su participación en escuelas y eventos como el International Congress of Mathematicians (ICM 2018), el Congreso Latinoamericano de Matemáticos (CLAM 2016) y el Congreso Colombiano de Matemáticas.

Sus intereses académicos e investigativos se desarrollan en el campo de las matemáticas aplicadas relacionados con el estudio de problemas de control óptimo aplicados a modelos bio-económicos.

# ALGUNAS APLICACIONES DE MODELOS MATEMÁTICOS EN PESCA

Erica Cruz Rivera – Universidad del Valle

## Resumen

Desde hace algunas décadas se han implementado modelos matemáticos para el análisis y estudio de problemas reales, en particular es de gran interés modelar el comportamiento de poblaciones marinas sometidas a la explotación y consumo por parte del hombre, así como el estudio del comportamiento y los cambios que puede tener el hábitat natural de especies marinas las cuales se ve afectada por contaminación, cambio climático, pesca sin control, entre otros. En este texto se mostrarán algunas características de modelos biomatemáticos orientados al estudio, la conservación y la pesca sostenible.

Palabras clave: Modelos biomatemáticos, función de crecimiento, especies marinas, biomasa, ecosistemas, explotación, función de recolección, esfuerzo de pesca, pesca sostenible

## Introducción.

Los océanos cubren las tres cuartas partes de la superficie de la Tierra, son habitados por un importante número de especies las cuales son fundamentales para la conservación de la vida en el planeta. Es de conocimiento que los ecosistemas Marinos se ven afectados en gran medida por la contaminación, el cambio climático, la introducción de especies, la explotación de recursos sin ningún tipo de control y las malas prácticas pesqueras, entre otros (Clark, 1990) (Cruz-Rivera &

Vasilieva, Aplicacion de modelos bio-economicos al desarrollo de nuevas estrategias de pesca (Doctoral dissertation), 2019) (Gajardo, Peña-Torres, & Raimirez C, 2011) (Soto & Quiñones, 2013). Es necesario desarrollar políticas de pesca sostenible para garantizar la supervivencia de especies no comerciales y especies comerciales (Cruz-Rivera & Vasilieva, Aplicacion de modelos bio-economicos al desarrollo de nuevas estrategias de pesca (Doctoral dissertation), 2019). La conservación de especies es importante al igual que la economía que se desarrolla a través de la captura de especies comerciales, se debe considerar que la pesca es fuente de ingreso para las industrias de países pesqueros, como por ejemplo en América del Sur Perú, Chile, al igual que para comunidades costeras que encuentran en la pesca un medio de alimentación y supervivencia (Cruz-Rivera & Vasilieva, Aplicacion de modelos bio-economicos al desarrollo de nuevas estrategias de pesca (Doctoral dissertation), 2019) (Soto & Quiñones, 2013).

Es de notar que el crecimiento de las líneas de investigación pesquera ha motivado el desarrollo y la implementación de modelos matemáticos enfocados en ecosistemas teniendo como objetivo la conservación de especies, en particular especies marinas, así como la utilidad económica de estos recursos (Clark, 1990) (Cruz-Rivera , Ramirez C, & Vasilieva, Catch-to-stock dependence: The case of small pelagic fishery with bounded harvesting effort., 2019) (Cruz-Rivera & Vasilieva, Aplicacion de modelos bio-economicos al desarrollo de nuevas estrategias de pesca (Doctoral dissertation), 2019) (Gajardo, Peña-Torres, & Raimirez C, 2011) (Soto & Quiñones, 2013).

En la literatura se pueden encontrar artículos y libros dedicados al análisis de modelos biomatemáticos y bioeconómicos algunos más simples que otros, que proporcionan resultados que son de gran ayuda para establecer lineamientos en la conservación y sostenibilidad de recursos pesqueros (Clark, 1990) (Gajardo, Peña-Torres, & Raimirez C, 2011).

## Modelos.

En la década de 1950 se dio a conocer un modelo bioeconómico, este es el modelo clásico de Gordon-schaefer (Clark, 1990).

$$x'(t) = F(x(t)) - h(t), \quad x(0) = x_0, \quad t > 0. \quad (1)$$

Donde

- $x(t)$  representa el nivel de la población de la especie en el tiempo  $t$  (biomasa).
- $F(x)$  representa el crecimiento biológico del recurso pesquero en el tiempo  $t$ .
- $h(t)$  representa la recolección del recurso pesquero.

Dentro de las funciones de crecimiento biológico  $F(x)$  en poblaciones de especies marinas, son de interés las funciones que tienen las siguientes propiedades (Clark, 1990) (Cruz-Rivera & Vasilieva, Aplicación de modelos bio-económicos al desarrollo de nuevas estrategias de pesca (Doctoral dissertation), 2019):

- $F$  es una función estrictamente cóncava.
- $F(x) > 0$  para todo  $x \in (0, K)$ .
- $F(0) = F(K)$ , donde  $K$  es la capacidad de carga o constante de saturación, es decir la cantidad de individuos que el hábitat puede sostener, teniendo en cuenta las necesidades básicas disponibles en el entorno.

Dentro de las funciones de crecimiento biológico que cumplen con las propiedades mencionadas anteriormente se encuentran [3]:

- La función Logística  $F_1(x) = ax(1 - \frac{x}{K})$ .
- La función Gompertz  $F_2(x) = ax \ln(\frac{K}{x})$ .
- La función Smith  $F_3(x) = \frac{ax(K-x)}{K+bx}$ .

Continuando con modelos matemáticos utilizados en pesca, hacemos énfasis en el modelo Logístico el cual es un modelo muy utilizado como función de crecimiento de poblaciones, este fue desarrollado por Pierre Francois Verhulst (1804-1849). (Clark, 1990).

$$\frac{dy}{dx} = ax\left(1 - \frac{x}{K}\right) \quad (2)$$

En donde

- $a$  representa el índice de crecimiento.

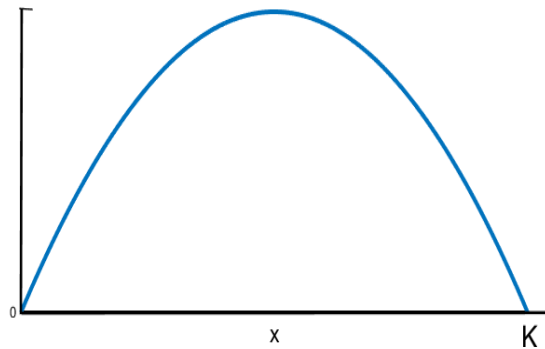


Figura 1.

- $a\left(1 - \frac{x}{K}\right)$  representa el índice per cápita de crecimiento.
- $K$  es la capacidad de carga.

La Figura 1 representa la función Logística.

Un cálculo después de integrar adecuadamente la ecuación diferencial (2) muestra que la solución con  $0 \leq x_0 \leq K$  está dada por

$$x(t) = \frac{Kx_0}{(K-x_0)e^{-at}+x_0}, \quad \text{con } x(0) = x_0. \quad (3)$$

Y la curva logística se muestra en la Figura 2. En donde  $\lim_{n \rightarrow \infty} x(t) = K$ .

Es decir, que la capacidad de carga se alcanza asintóticamente independiente del valor inicial, con  $0 \leq x_0 \leq K$ .

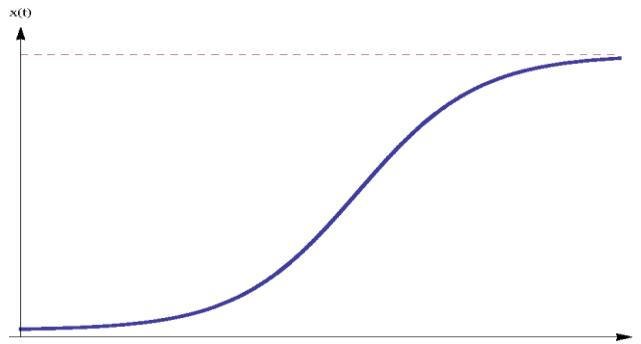


Figura 2.

La ecuación diferencial (2) describe el crecimiento biológico básico que tienen dos puntos fijos correspondientes a la solución de la ecuación  $\Phi(x) = 0$ , donde

$$\Phi(x) = ax \left(1 - \frac{x}{K}\right) = 0$$

Al evaluar los puntos fijos, en este caso están dados por  $x^{1*} = 0$  y  $x^{2*} = K$ , en el Jacobiano en una dimensión  $J(x) = \Phi'(x)$ , observamos que el punto  $x^{1*}$  es inestable puesto que  $J(x^{1*}) = a > 0$  y que  $x^{2*}$  es un punto estable ya que  $J(x^{2*}) = -r < 0$ . Este análisis describe la dinámica biológica natural de una especie, cuya función de crecimiento es de tipo logístico (Cruz-Rivera & Vasilieva, Aplicacion de modelos bio-economicos al desarrollo de nuevas estrategias de pesca (Doctoral dissertation), 2019).



La actividad humana y económica induce una dinámica biológica que se diferencia de la que naturalmente habría surgido sin estas intervenciones, por lo que es oportuno preguntarse. ¿Cómo afecta la estabilidad del equilibrio biológico la intervención humana y los intereses económicos? Para modelar la explotación del recurso pesquero se introduce la función de recolección  $h(t)$ , el cual depende de la población  $x(t)$ , la función tradicional se define como (Clark, 1990).

$$h(t) = Nqu(t)x(t) \quad (4)$$

Donde

- $N$  es el número de unidades utilizadas para la pesca, como buques, barcos, etc.
- $u(t)$  es el esfuerzo de pesca.
- $q$  es una constante llamada coeficiente de capturabilidad, la cual se puede representar como la eficiencia que tiene un barco pesquero promedio.

Se puede observar que la ecuación (4) implica que es posible obtener la misma captura con diferentes niveles de esfuerzo y biomasa. Hay una limitante en esta función puesto que  $q$  es considerado constante para un periodo de tiempo determinado, de donde no es posible obtener  $q$  sin una estimación independiente de la biomasa. Por otro lado, aunque no es sencillo de realizar existen enfoques más sofisticados para la evaluación de las poblaciones de peces (Clark, 1990).

Como se mencionó anteriormente, es importante considerar cual es la función de recolección que se debe usar, esta depende de la especie a capturar, varios autores proponen usar una función de producción tipo Cobb-Douglas (Clark, 1990) (Cruz-Rivera , Ramirez C, & Vasilieva, Catch-to-stock dependence: The case of small pelagic fishery with bounded harvesting effort., 2019) (Cruz-Rivera & Vasilieva, Aplicacion de modelos bio-economicos al desarrollo de nuevas estrategias de

pesca (Doctoral dissertation), 2019) (Gajardo, Peña-Torres, & Raimirez C, 2011) para modelar la recolección

$$h(u, x) = q(u, x)ux = u^\alpha x^\beta \quad \text{con} \quad q(u, x) = u^{\alpha-1} x^{\beta-1} \quad (5)$$

Donde el parámetro no negativo  $\alpha$  se expresa como la productividad (o rendimiento) de la captura marginal respecto a los cambios del esfuerzo de la pesca, si el parámetro  $\alpha=1$  implica una productividad marginal de captura constante por unidad de esfuerzo de pesca, mientras que el parámetro  $\beta$  mide que tan sensible son los rendimientos de las capturas con respecto a los cambios marginales en el nivel de la población (Cruz-Rivera , Ramirez C, & Vasilieva, Catch-to-stock dependence: The case of small pelagic fishery with bounded harvesting effort., 2019) (Cruz-Rivera & Vasilieva, Aplicacion de modelos bio-economicos al desarrollo de nuevas estrategias de pesca (Doctoral dissertation), 2019) (Gajardo, Peña-Torres, & Raimirez C, 2011). Esta función se utiliza cuando la especie a capturar tiene características importantes que no se consideran en los modelos tradicionales, como es el caso especies pelágicas. Los peces pelágicos pequeños (entre los cuales se pueden encontrar la anchoa, el arenque, la sardina, el capelán entre otros) se caracterizan por tener una alta tasa de reproducción y un ciclo de vida bastante corto. Las poblaciones de peces pelágicos presentan de forma recurrente ciclos fuertes de abundancia y escasez, de tal forma que exhiben un patrón de comportamiento distintivo que los hace particularmente vulnerables a las capturas. Estas especies se reproducen en grandes cantidades, y tienden a agruparse en cardúmenes, lo cual las hace muy vulnerables respecto a las capturas (Clark, 1990) (Cruz-Rivera , Ramirez C, & Vasilieva, Catch-to-stock dependence: The case of small pelagic fishery with bounded harvesting effort., 2019) (Gajardo, Peña-Torres, & Raimirez C, 2011).

Las características mencionadas en especies pelágicas pequeñas implican que los pescadores pueden lograr una captura casi constante por unidad de esfuerzo (CPUE) en cualquier momento, siendo muy difícil establecer los momentos de escasez. Es por esta razón que las funciones de recolección tradicionales no son adecuadas para las capturas de este tipo de poblaciones marinas (Clark, 1990) (Cruz-Rivera , Ramirez C, & Vasilieva, Catch-to-stock dependence: The case of small pelagic fishery with bounded harvesting effort., 2019) (Gajardo, Peña-Torres, & Raimirez C, 2011).

Esto es de gran motivación para el estudio de modelos de poblaciones desde un enfoque bioeconómico a través de un problema de control óptimo, dado que es posible describir la dinámica biológica poblacional simultáneamente con modelos (intereses) económicos a través de un problema de optimización, que puede definir pautas en términos de políticas de conservación y que también permita beneficios económicos en la extracción de un recurso biológico renovable (Clark, 1990) (Cruz-Rivera , Ramirez C, & Vasilieva, Catch-to-stock dependence: The case of small pelagic fishery with bounded harvesting effort., 2019) (Cruz-Rivera & Vasilieva, Aplicacion de modelos bio-economicos al desarrollo de nuevas estrategias de pesca (Doctoral dissertation), 2019).

### **Agradecimientos.**

Convocatoria 617-2 Doctorados Nacionales COLCIENCIAS. Al Posgrado en Ciencias Matemáticas de la Universidad del Valle.

## **Bibliografía**

Clark, C. (1990). *Mathematical bioeconomics*.

Cruz-Rivera, E., Ramirez, C. H. & Vasilieva, O. (2019). Catch-to-stock dependence: The case of small pelagic fishery with bounded harvesting effort. *Natural Resource Modeling*, 32(e12193).

Cruz-Rivera, E. & Vasilieva, O. (2019). *Aplicacion de modelos bio-economicos al desarrollo de nuevas estrategias de pesca (Doctoral dissertation)*.

Gajardo, P., Peña-Torres, J., & Ramirez C, H. (2011). Harvesting economic models and catch-to-biomass dependence: The case of small pelagic fish. 32(1)(e12193), 268-296.

Soto, D. & Quiñones, R. (2013). Cambio climático, pesca y acuicultura en américa latina: Potenciales impactos y desafíos para la adaptación. *FAO Actas de Pesca y Acuicultura (FAO) spa(29)*.



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



# Hablando de Ciencia en EMAV



## CONFERENCIA "PROSPECTIVA DE CAPACIDADES ESPACIALES EN LA ANTÁRTICA"

Resultado de imagen para antartica



CONFERENCISTA

Mayor SONIA RUTH RINCON URBINA

**29 DE AGOSTO 2019**  
**AUDITORIO**  
**TC. WALTER BAER**  
**10:00 HORAS**

## “PROSPECTIVA DE CAPACIDADES ESPACIALES EN LA ANTARTICA”



### **Perfil Profesional:**

Mayor Sonia Ruth Rincón Urbina Ingeniera Metalurgia con énfasis en Materiales compuestos de la Universidad Industrial de Santander.

Especialista en Logística Aeronáutica

MPhil Manufactura Aeroespacial Universidad de Cranfield.

Jefe del centro de investigación en tecnologías aeroespaciales de la fuerza aérea colombiana.

Con conocimientos en:

- Degradación y control corrosión

### **ORGANIZADORES:**

ALBERTO VELEZ RODRIGUEZ  
SANDRA MILENA RAMOS ARTEAGA  
DALILA VICTORIA RINCON

- Ensayos no destructivos y caracterización de materiales
- Experiencia aplicada a la integridad de estructuras aeronáuticas
- Aplicación de normas internacionales para estandarización de procesos de producción e inspección
- Conocimiento en calificación y certificación aeronáutica, habilidad en ensayos físico, mecánicos, químicos y fisicoquímicos de laboratorio
- Experiencia en modelamiento y simulación (Abaqus) por elementos finitos de estructuras logísticas
- Gerencia de proyectos, estructuración y liderazgo de proyectos en la generación, modificación, ejecución y control de planes, basados en metodologías adecuadas de trabajo
- Facilidades en el desarrollo de operación en post del mejoramiento.

# **PROSPECTIVA DE CAPACIDADES ESPACIALES EN LA ANTÁRTICA**

**MY. Sonia Rincón, Te Lorena Cárdenas, TS. Carlos Tulcán**

**Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez”**

## **Resumen**

Evidenciar la necesidad de solucionar las deficiencias de comunicación presentadas entre el FACSAT-1 y la estación terrena ubicada en la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suárez” – EMAVI. Junto con la iniciativa del Programa Antártico Colombiano nos permite hablar de prospectivas de capacidad espaciales en la Antártica.

El FACSAT-1 es el primer satélite puesto en órbita por parte de la Fuerza Aérea Colombiana (FAC) el 28 de noviembre de 2018 desde la India y el cual se monitorea desde la Estación Terrena en Cali, donde se tiene un tiempo de conexión hasta de 3 veces por día durante 10 minutos, la cual podría ser mejorada con la instalación de una estación terrena en la Antártica gracias al incremento del número de veces que pasa al día por esta ubicación (hasta 15 veces).

Por lo cual se presenta una propuesta para evaluar temporalmente su activación en el territorio estratégico y pacífico en la Antártica. Base para el planteamiento de una metodología de tipo exploratoria-descriptiva enfocada a la definición de las características de un prototipo de sistema de comunicaciones que permitirá evaluar las capacidades espaciales de la FAC en la Antártica.

**Palabras clave:** FACSAT-1, Antártida, Estación Terrena, Comunicaciones Satelitales



## **Introducción**

Lograr reducir el tiempo de adquisición de una imagen tomada por el FACSAT-1, la cual debe ser de libre acceso, permitirá consolidar en menor tiempo una base de datos de imágenes con las que se desarrollen estudios temporales de áreas investigadas, permitiendo al país crecer en las competencias de operaciones satelitales, comunicaciones, análisis y procesamiento de data.

Mediante el análisis de funcionamiento, calidad de señal y de datos obtenidos de la estación terrena temporal en la Antártica, la FAC podrá activar sus capacidades en comunicaciones satelitales.

La implementación de una estación terrena temporal en la Antártida optimizará la capacidad de adquisición de imágenes del FACSAT-1, lo cual permitirá crear una base de datos para realizar estudios geográficos, cartográficos y demás, que permitan las imágenes descargadas del satélite de la FAC.

## **ESTACIÓN TERRENA FACSAT-1**

Tal como lo describe (Kein, 2004) un sistema terrestre es una estación en tierra fija o móvil alrededor del globo que está conectada por varios enlaces de datos, permitiendo el comando y seguimiento de sistemas satelitales; recibiendo y procesando los datos de emisión y telemetría y distribuyendo la información entre los operadores y usuarios de la información.

El FACSAT-1 es un nanosatélite cuya carga útil es una cámara de 30 m por píxel, tiene su estación terrena en la ciudad de Cali en la Escuela Militar de aviación que gracias a una antena Yagui permite el seguimiento y monitoreo de este. Desde esta estación terrena es posible hacerle seguimiento al satélite si este pasa a un radio no mayor a 2800 km alrededor de la estación, teniendo en cuenta las posibles interferencias que generan sistemas de barreras naturales o artificiales.

Por la ubicación geográfica esta estación terrena permite la comunicación con el satélite máximo tres veces por día con un promedio aproximado de 10 minutos; pases en los cuales se cargan planes de vuelo para adquisición de fotografías, descarga de datos, telemetría entre otras funciones para el adecuado funcionamiento del FACSAT-1. (Comando general de Fuerzas militares colombia, 2018).

La vida útil de FACSAT-1 es menor a cinco años, por lo cual es impajaritable aprovechar su potencial para el beneficio de la ciencia y cada pase en donde se logre comunicación con una Estación Terrena es un aporte de datos para los operadores y usuarios.

Actualmente existen cuatro operadores de la estación terrena de FACSAT-1, quienes son los encargados de monitorear el satélite y establecer comunicación con él cuándo se aproxima al rango de comunicación de la antena (Ilustración 1).



Ilustración 1. Estación Terrena FACSAT-1

### **Estación Terrena en la Antártida**

La localización es un factor que determina la accesibilidad de los satélites según su órbita (las cuales se muestran en la Figura 2), por ejemplo, las estaciones que se encuentran cercanas a la línea del ecuador tienen mayor facilidad para acceder a los dispositivos que giran con órbita ecuatorial o que sean geoestacionarios, mientras que las que se encuentran más cercanas a los polos, se comunican de una mejor manera con los satélites de órbita polar, FACSAT-1 sigue una órbita polar.



Ilustración 2. Orbitas satelitales

El número de pasadas se puede predecir para un satélite específico, empleando software tal como *Gpredict*; evidenciando que la Antártica tiene una excelente localización para la órbita polar del satélite, sobre ella FACSAT-1 pasa 15 veces promedio en un día con una elevación constante mayor a  $80^\circ$ .

En la Tabla 1, se presenta una comparación de las características operacionales, entre la locación actual de la estación terrena del FACSAT-1 y la Antártica.

Las características de operación y de ambiente permiten establecer a la Antártica, como una alternativa para el establecimiento de una estación terrena, por las políticas que facilitan el desarrollo científico, el apoyo internacional, el clima seco con bajas precipitaciones, la delgada ionósfera presente, la cantidad de veces que pasan los satélites con órbita polar y la gran elevación en cada pasada. (Comando general de Fuerzas militares colombia, 2018)

Tabla 1. Comparativa de características entre Colombia y la Antártica

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>COLOMBIA</b>	<b>ANTÁRTICA</b>
No. Pases al día	1 – 3 veces	14-15 veces
Promedio de Elevación	30	80
Tiempo promedio de comunicación al día	25 min	3 horas 7 min
Operabilidad	Baja	Alta*
Efectos por ionósfera	Alto	Bajo
Efectos por mal clima	Alto	Bajo
* Hay mayor tiempo de operación, sin embargo, no se dispone en todo momento de personal		

Fuente: a partir de Conozca el FACSAT-1

## **PROGRAMA ANTÁRTICO COLOMBIANO (PAC)**

Proyecto país que busca materializar los intereses nacionales, mediante el posicionamiento de Colombia en el Sistema del Tratado Antártico como un actor con capacidad para incidir en la administración sostenible de este territorio. (Comision colombiana del oceano CCO, 2015)

- Permitiendo determinar las interconexiones con los mares y costas de Colombia
- Aportando a la conservación de los ecosistemas marinos-costeros
- Fomentando directa e indirectamente el desarrollo de la población colombiana, especialmente la población costera.

- Fomentando directa e indirectamente el desarrollo de la población colombiana, especialmente la población costera.

## **PARTICIPACIÓN DE LA FAC EN EL PAC**

La fuerza aérea Colombia ha participado en el Programa Antártico Colombiano a través de:

- Apoyo logístico del equipo C-130 Hércules para el cubrimiento de 3 visitas de alto nivel a la Antártica.
- Apoyo logístico para el traslado de material y científicos del PAC y de otros Programas Antárticos Nacionales en las Expediciones IV y V
- Desarrollo de proyectos de investigación sobre fisiología, energía eólica y radiometría en 3 de 5 expediciones científicas.
- Participación en POLAR 2018 con los proyectos sobre turbina eólica y radiometría.

Y actualmente se suma para la VI expedición colombiana a la Antártida con cinco proyectos de ciencia y tecnología incluyendo el de perspectiva de capacidades espaciales en la Antártida.

Por medio del PAC se ha fortalecido la imagen de Colombia, permitiendo una proyección nacional como país comprometido con la protección, conservación y uso sostenible de la Antártica, adicionalmente Colombia se ha convertido en un actor con capacidades para

realizar ciencia de nivel, con fuerzas armadas capacitadas para el desarrollo de operaciones navales, aéreas y terrestres en otras latitudes.

## **OBJETIVOS DEL PROYECTO**

Particularmente para el proyecto “Prospectiva de capacidades espaciales en la Antártida” los objetivos están enfocados en:

- Definir los requisitos funcionales del sistema de recepción y transmisión para comunicación con el FACSAT-1 en la Antártica.
- Construir los componentes del sistema de comunicaciones de la estación terrestre temporal del FACSAT-1
- Implementar un protocolo técnico de comunicaciones para adquirir datos del satélite.
- Activar las capacidades en comunicaciones satelitales de la Fuerza Aérea Colombiana en la Antártica.

## **METODOLOGÍA**

Se realizará una metodología de tipo exploratoria - descriptiva, mediante la cual se definen las características del modelo de los sistemas: mecánico, correspondiente a antena y su anclaje, motor-reductor y estructura de soporte; electrónico, que comprende LNA y control de los motores; y comunicaciones, en el cual se da el manejo de señales y protocolos de enlace o comunicación entre la Estación Terrena Temporal y el FACSAT-1.

Debido a las bajas temperaturas que se presentan en la Antártica, los equipos de comunicaciones que van a ser instalados en esta condición tan adversa deben tener las características técnicas que le permitan soportar este entorno para un correcto funcionamiento. Para ello, se ha establecido que la instalación temporal de la estación terrena se desarrollará entre los meses de diciembre del 2019 a marzo de 2020.

Los resultados esperados con base en los objetivos del proyecto se enfocan en:

- Para el diseño de conexión por radio se tendrá en cuenta un desarrollo exploratorio para la definición de los factores críticos, a tener en cuenta en el diseño mecánico y electrónico, que dan los lineamientos de construcción.
- Se realiza un procedimiento descriptivo de los sistemas para identificar sus componentes, partes y restricciones; su definición se realizará en función de los requisitos identificados en el objetivo anterior. En esta etapa se definen los materiales, geometrías, acoples, procesos de manufactura requeridos para cumplir con los requisitos establecidos, lo cual permite progresar de un diseño básico a un diseño detallado con las especificaciones técnicas.
- A partir de una aproximación descriptiva se establecerán las maneras en que la adquisición de datos satelitales en la Antártica se realiza con la diferencia correlativa de la adquisición realizada en la Estación Terrena en la Escuela Militar de Aviación – EMAVI.

## **IMPLICACIONES ÉTICAS Y AMBIENTALES**



El Gobierno Nacional ha implementado materialización de dividendos ambientales, sociales y económicos en el postconflicto, con un enfoque de abordar las problemáticas territoriales de deficiencia en el desarrollo local, articulación y coordinación de intervenciones e inversiones de recursos de la nación y de cooperación internacional. (DNP, 2015) (United Nations, s.f.).

Siguiendo este lineamiento se creó el CONPES 3850, (DNP, 2015) en el cual la iniciativa interinstitucional articulada y coordinada Fondo Colombia en Paz busca maximizar los dividendos ambientales, económicos y sociales de la paz; promocionar el desarrollo rural sostenible; conservar la biodiversidad; disminuir el efecto del cambio climático; transformar el campo; tener crecimiento verde; y seguridad, justicia y democracia, para fortalecer el Estados de derecho. Para ello se definen tres lineamientos: i) Definición de un marco institucional de coordinación para la operación y financiación de la paz; ii) Mejorar la focalización geográfica y la priorización temática de inversiones públicas y cooperación internacional; y iii) Fortalecimiento del monitoreo, reporte y verificación del impacto de las acciones e inversiones realizadas. De estos se resalta el Lineamiento 2: Mejorar la focalización geográfica y la priorización temática de las inversiones públicas y de cooperación internacional, que intenta focalizar la inversión con la cual hacer uso eficiente de los limitados recursos y generar efectos visibles para las comunidades, gobiernos y cooperantes.

Las variables que podrían atenderse con el desarrollo del presente proyecto gracias a la mejora en las capacidades satelitales de la Fuerza Aérea Colombiana incluyen:

- Deforestación: mayor número de hectáreas deforestadas como porcentaje de su cobertura boscosa
- Áreas degradadas: presencia de áreas sin cobertura vegetal y que requieran procesos de restauración, debido al desarrollo de actividades ilícitas u otras que han generado un deterioro
- Áreas protegidas: tienen alto porcentaje de área bajo figuras de protección del Sistema.

## Bibliografía

- Comando general de Fuerzas militares colombiana. (11 de 2018). *Fuerza aerea colombiana pone en orbita el FACSAT-1*. Obtenido de su primer satélite de observación - CGFM.:
- <http://www.cgfm.mil.co/2018/11/29/fuerza-aerea-colombiana-pone-en-orbita-el-facsat-1-su-primer-satelite-de-observacion/>
- Comision colombiana del oceano CCO. (8 de 02 de 2015). *Programa Antartico Colombiano*. Obtenido de <http://www.cco.gov.co/programa-antartico-colombiano.html>
- DNP. (2015). *Conpes 3850 Fondo Colombia en Paz*. Obtenido de Consejo Nacional de Política Económica y Social: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Económicos/3850.pdf> In
- Kein, W. (2004). *Scientific satellite ground station at 2GHz in urban enviroment*. Doctor Thesis. Institute fur Nachrichtentechnik und Hochfrequenztechnik.
- United Nations. (s.f.). *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development*, vol. 16301. Obtenido de General Assemblu 70 session: <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>



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



# Hablando de Ciencia en EMAVI



Conferencia:

**"La Ciencia detrás del Invento para Cambiar la Historia"**



Conferencista: *Ingeniero Mecánico*  
**WIESNER ALFONSO OSORIO OCAMPO**

Organiza: **Depto Ciencias Básicas**

septiembre  
**05** 2019  
Jueves

**10:00 horas**  
Auditorio  
Walter Baer

## “LA CIENCIA DETRÁS DEL INVENTO PARA CAMBIAR LA HISTORIA”



### **Perfil Profesional:**

Wiesner Osorio ingeniero mecánico de la Universidad Autónoma de Occidente y docente del SENA.

El ingeniero Osorio realizó un proyecto Generador de energía eléctrica a partir de combustión de hidrógeno obtenido por electrólisis solar, con el cual participó en el concurso 'Una idea para cambiar la historia' del canal History Channel, en el que participaron más de 5000 inventos, dentro de esta convocatoria se presentaron 5.841 ciudadanos de Latinoamérica. Este inventor caleño llenó de orgullo a Colombia a mediados del año 2014 resultando ganador del concurso. Hoy en día cuenta con su propia empresa denominada Mas Solar.

## LA CIENCIA DETRÁS DEL INVENTO PARA CAMBIAR LA HISTORIA



Daniel Pérez-Moscote, investigador del Centro de Electricidad, Electrónica y

Telecomunicaciones del SENA

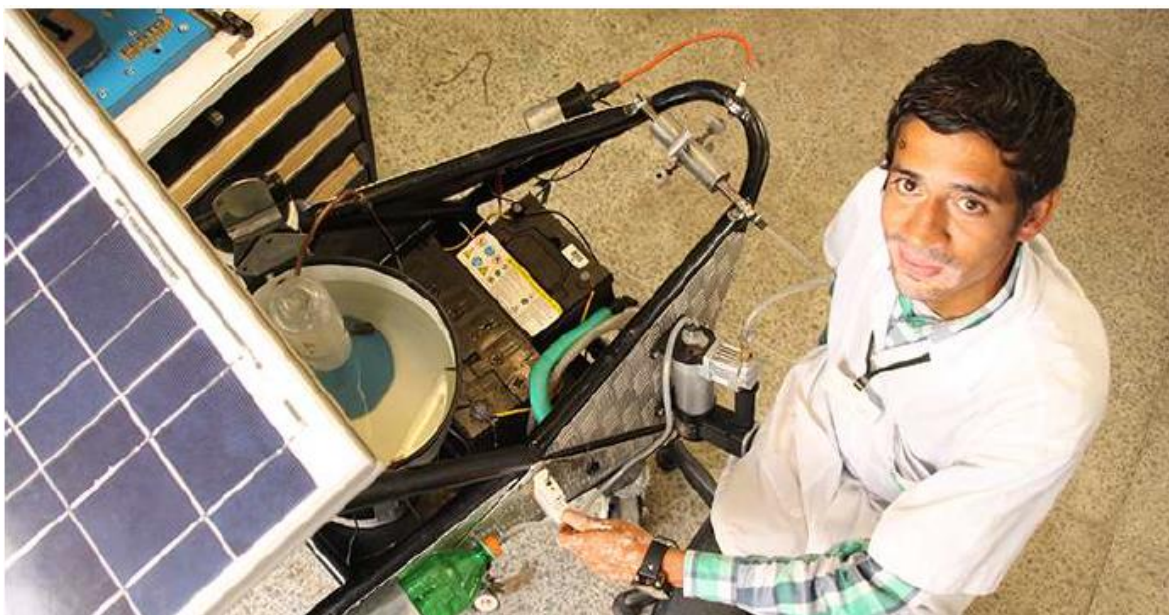
### Resumen

Su proyecto Generador de energía eléctrica a partir de combustión de hidrógeno obtenido por electrólisis solar. Esto quiere decir que mediante la luz del sol y el agua podemos obtener un sistema de combustión que puede hacer rotar un equipo y generar energía eléctrica como lo hacen las grandes centrales hidráulicas. Este apenas es un prototipo, pero la idea es algún día llegar a aplicarlo a gran escala. La idea obedece a una investigación que se desarrolló desde hace más de 4 años. Todo inició desde el proceso de la electrólisis, que hace 5 años me causó mucha impresión. Este consiste en hacer fluir una corriente eléctrica por medio de una celda para hacer la división de la molécula del agua que contiene dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. De esta manera se hace una separación de estos enlaces atómicos de tal forma que podemos obtener un gas que es combustible y que podemos manipular de forma segura.

## **Introducción.**

A mediados de diciembre del año 2014 el inventor caleño Wiesner Osorio llenó de orgullo a Colombia al ser el ganador del concurso 'Una idea para cambiar la historia' del canal History Channel, en el que participaron más de 5000 inventos.

Curioso, ingenioso, trabajador y apasionado por lo que hace; Wiesner, de 32 años, es una fuente de inspiración para los futuros inventores que están buscando como solucionar los problemas de la humanidad. Detrás de todas las aplicaciones del invento de Osorio, que se enfocan en la reducción de la contaminación, el ahorro del consumo de gasolina y en el alcance de la electricidad para toda la población, hay toda una base científica encargada de su funcionamiento.

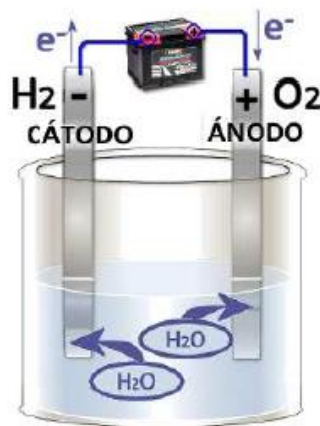


**Entonces, no sería interesante saber ¿Cuál es la ciencia que explica tan fascinante y prometedor invento? (Osorio Ocampo, 2014)**

Para entender mejor la ciencia del proyecto, descompongamos el nombre de éste, “Generador de energía eléctrica por combustión de HHO obtenido mediante electrólisis solar fotovoltaica”, en dos partes.

En la primera, nos enfocaremos en entender el término “electrólisis solar fotovoltaica”.  
(Montoya, 2015)

Para entender el concepto de electrólisis del agua, debemos pensar en su estructura molecular ( $H_2O$ ) y en sus constituyentes: el hidrógeno ( $H_2$ ) y el oxígeno ( $O$ ). En este proceso se rompen los dos enlaces que mantienen unidos al oxígeno con los dos hidrógenos, al aplicar una corriente. Esta última proporciona la energía suficiente para esta ruptura, obteniendo como resultado un gas combustible, compuesto de hidrógeno y oxígeno conocido como oxihidrógeno (HHO).



La corriente es suministrada una batería. En el electrodo negativo (Cátodo) ocurre la reducción del hidrogeno y en el positivo (Ánodo) la oxidación del oxígeno. Imagen: [fisicayquimicavarques.com](http://fisicayquimicavarques.com)

En la máquina de Osorio, la energía para la electrolisis proviene de baterías alimentadas por paneles solares. Estos últimos absorben la radiación solar para generar un flujo de electrones (corriente), que se puede almacenar en baterías.

Para Daniel Pérez-Moscote, investigador del Centro de Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones del SENA y experto en energías renovables, lo que está haciendo Wiesner es “aportar una solución energética limpia”, ya que el método de obtención del hidrógeno está basado en el uso de energía solar.

**Ahora que sabemos cómo se obtiene el combustible (HHO), hablaremos de la otra parte del nombre: “Generador de energía eléctrica por combustión de HHO”**

Utilizada en los automóviles, plantas termoeléctricas y calentadores, la combustión es sinónimo de calor, explosiones y compuestos muy delicados, los cuales pueden explotar con una pequeña chispa. Pero más allá de lo anterior, esta reacción química requiere de un oxidante, ya que de lo contrario no ocurriría.

En este invento el hidrógeno es el combustible y el oxígeno el oxidante, ambos presentes en el oxihidrógeno obtenido en la electrolisis. El oxidante es importante ya que, una vez se le



aplique la suficiente energía, es el encargado de iniciar una reacción en cadena que permite romper los enlaces de las moléculas de hidrógeno, liberando la energía de estos y generando agua como producto. Por último, la maquina utiliza esta energía para hacer rotar un eje y generar electricidad.

Según Pérez-Moscote, la ventaja de producir electricidad a partir de la combustión del oxihidrógeno, en vez de utilizar la generada directamente por los paneles, radica en que este gas puede ser almacenado y transportado, para luego producir electricidad cuando y donde se desee, mientras que la proveniente del sol es una fuente intermitente y con potencial variable que depende de la ubicación.

## **Bibliografía**

Osorio Ocampo, W. A. (2014). *Una idea para cambiar la historia*. Obtenido de <https://unaidea.historyplay.tv/>



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



# Hablando de Ciencia en EMMAVI



Conferencia:

## "SOLITONES EN LA NATURALEZA"



Conferencista:

Ph.D. JOSÉ RAÚL QUINTERO HENAO

Organiza: Depto Ciencias Básicas

septiembre

12 2019  
Jueves

10:00 horas

Auditorio  
Walter Baer

## “SOLITONES EN LA NATURALEZA”



### **Perfil Profesional:**

José Raúl Quintero Henao Ph. D. de Maryland University (College Park-USA), Magíster en matemáticas y Matemático de la Universidad del Valle. En la actualidad es Profesor Titular del Departamento de Matemáticas de la Universidad del Valle, con distinciones académicas como Profesor Honorario 2013 y Profesor Distinguido 2010. Desde el año 2014, fue designado como Miembro Académico Correspondiente de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. En el año 2011, el Profesor J. Quintero fue reconocido por la Sociedad Colombiana de Matemáticas como Premio Nacional de Matemáticas 2011. El profesor J. Quintero es par evaluador de la Comisión Nacional de Acreditación (CNA) del Ministerio de Educación Nacional y ha participado como revisor para un gran número de revistas especializadas internacionales en matemáticas. Durante su trayectoria investigativa, el Profesor J. Quintero ha publicado 39 artículos en revistas internacionales, ha participado como ponente invitado en más de 35 eventos internacionales y ha sido profesor visitante en distintos institutos de investigación (Impa, ICTP, Max Planck Institute (Leipzig-Alemania), IMECC (U. Campinas Brasil), Hausdorff Center for Mathematics (Bonn-Alemania). El

Profesor J. Quintero ha dirigido 10 tesis de maestría y 3 tesis de doctorado. En la actualidad, el Profesor J. Quintero es el director de grupo de Investigación Ecuaciones Diferenciales Parciales y Geometría (Categoría A).

# Solitones en la Naturaleza

José R. Quintero Henao

## Resumen

Una onda solitaria es una onda de traslación localizada que se desplaza a través de un medio. Este tipo de ondas aparecen de forma natural cuando se logra un balance entre los efectos no lineales y dispersivos (lo que significa que la velocidad de las ondas depende de la longitud de la onda). En adelante, llamaremos solitón a una onda solitaria que se comporta como una partícula, en el siguiente sentido:

1. Mantiene su forma cuando se mueve a velocidad constante.
2. En la interacción de solitón con otro solitón, éste emerge de la colisión sin cambios, excepto posiblemente por un cambio de fase.

En otras palabras, un solitón es una onda solitaria cuya amplitud, forma y velocidad se conservan después de una colisión con otro solitón.

Es importante resaltar que los solitones aparecen de forma natural en diferentes medios: Láseres, Genética, Galaxias, Fluidos (superficial o interno), Comunicaciones, entre otros.

**Palabras clave:** Onda solitaria, solitón, dispersión.

## Introducción.

Hace doscientos años, mientras realizaba experimentos para determinar el diseño más eficiente de embarcaciones utilizadas para viajar a lo largo de canales estrechos, un joven ingeniero escocés y arquitecto naval llamado John Scott Russell (1808-1882) hizo un

descubrimiento científico extraordinario mientras realizaba experimentos en la unión de canales en Hermiston (Escocia) cerca del campus Riccarton de la Universidad Heriot-watt (Edimburgo): un fenómeno que describió como la gran onda de traslación.



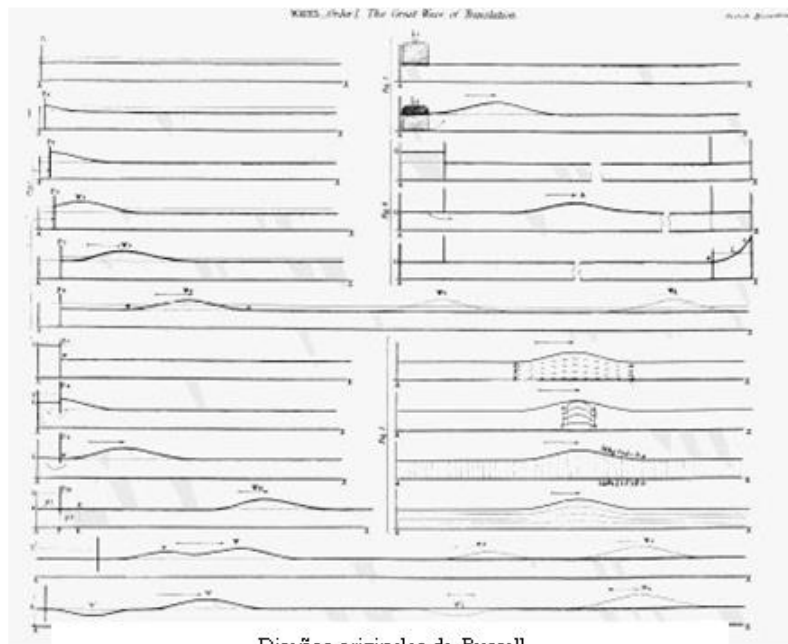
John Scott Russell (Wikipedia)

“I was observing the motion of a boat which was rapidly drawn along a narrow channel by a pair of horses, when the boat suddenly stopped - not so the mass of water in the channel which it had put in motion; it accumulated round the prow of the vessel in a state of violent agitation, then suddenly leaving it behind, rolled forward with great velocity, assuming the

form of a large **solitary elevation**, a rounded, smooth and well-defined heap of water, which continued its course along the channel apparently **without change of form or diminution of speed...**”



Scott Russell dedicó varios años a reproducir la onda de traslación construyendo canales de 30 pies con el propósito de probar sus diferentes teorías.



Diseños originales de Russell

En particular, J. Russell encontró que existía una relación estrecha entre la velocidad de la onda, la profundidad del canal y la amplitud de las ondas dada por

$$c^2 = g(h + a)$$

donde c representa la velocidad de traslación, h representa la profundidad del canal y a es la amplitud de la onda.

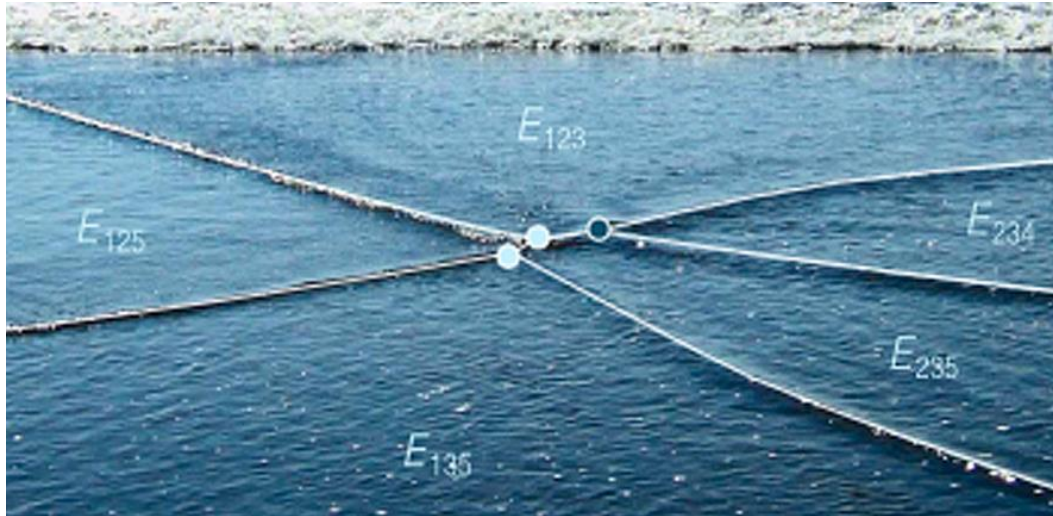
Estas son algunas de las propiedades experimentales de estas ondas especiales descubiertas por Scott Russell

- Viaja a grandes distancias sin cambiar su forma
- Viaja a una velocidad que depende de su tamaño
- Tiene un ancho que depende de la profundidad del agua.
- En la interacción de una onda de traslación con otra onda, ésta emerge de la colisión sin cambios, excepto posiblemente por un cambio de fase
- las ondas grandes superan a las ondas más pequeñas.



Whale Lighthouse -Wikipedia



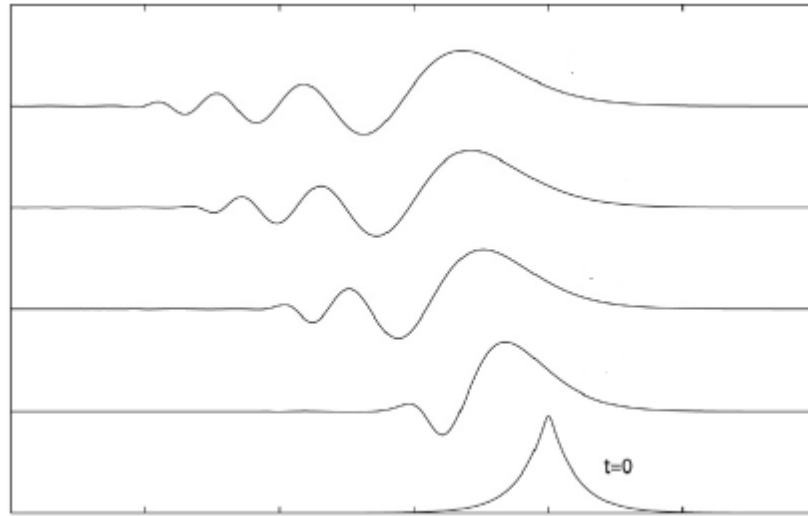


Soliton-Loyola Univeristy Chicago

En el área de la dinámica de fluidos, esta onda permanente se conoce como la onda solitaria de J. S. Russell. Durante algún período de tiempo, muchos científicos no creyeron en la existencia de la onda solitaria de S. Russell. El trabajo experimental de S. Russell parecía contrastar con las teorías de hidrodinámica de Isaac Newton y Daniel Bernoulli. George Biddell Airy y George Gabriel Stokes tuvieron dificultades para aceptar las observaciones experimentales de Russell dado que los modelos para ondas de agua existentes no podían explicar este tipo de soluciones de las ondas solitarias de Russell. Es importante señalar que los modelos para describir la propagación de ondas en la superficie del agua incluían esencialmente dos ecuaciones: a) Ecuación lineal dispersiva de la forma

$$\partial_t u + \partial_x(A(g, h)u) = 0,$$

la cual no tiene soluciones de onda viajera pues un análisis sencillo muestra que si se inicia con un dato inicial tipo pulso en  $t=0$  como en la gráfica se puede observar que la solución resultante no es un pulso.



b) Ecuación no lineal no dispersiva de la forma

$$\partial_t u + \partial_x \left( \sqrt{gh} \left( u + \frac{3}{4h} u^2 \right) \right) = 0.$$

En este caso, se puede ver que si se inicia con un dato inicial tipo pulso en  $t=0$  como en la gráfica, entonces la solución necesariamente explota en tiempo finito en el sentido en que el perfil deja de ser una función en tiempo finito como se observa en la siguiente gráfica abajo.



Scott Russell nunca abandonó el tema de las ondas solitarias, pero continuó con lo que su descripción principal del trabajo implicaba: construir barcos. Utilizó su investigación sobre las ondas para diseñar una proa de barco especial, que se basaba en la forma de una onda sinusoidal versada, que podría manejar mejor la resistencia al agua.

**Una formulación apropiada algunos años después: Boussinesq, Rayleigh, Korteweg,  
de Vries (1871-1895)**



Onda permanente Canal de Edimburgo-Julio 1995

Hacia el final de su vida, la onda permanente de J. S. Russell todavía fue criticada por los científicos y estaba en bancarota. Joseph Valentin Boussinesq, un protegido de Adhémar Jean Claude Barré de Saint-Venant conocido por sus contribuciones al campo de la dinámica de fluidos, no descartó a J. S. Russell como otros en ese momento. En cambio,

sometió cada aspecto de las olas y las mareas al análisis matemático. En 1872, J. Boussinesq intentó explicar las ondas de aguas poco profundas, lo que condujo a una ecuación que demostró que las ondas solitarias son teóricamente posibles. Incluso mencionó a J. S Russell en su artículo sobre el tema en 1877. Lord Rayleigh desarrolló independientemente teorías similares sobre las olas y también apoyó a J. S. Russell.

En 1895, Diederik Korteweg y Gustav de Vries ampliaron el trabajo de J Boussinesq derivando una ecuación que demuestra que las ondas solitarias son teóricamente posibles.

La ecuación de KdV no introduce disipación, lo que significa que puede usarse para describir ondas que viajan largas distancias mientras conservan su forma y velocidad. La ecuación también es más simple que la versión de Boussinesq y ofrece una mejor solución.

$$\partial_t u + \partial_x \left( \sqrt{gh} \left( u + \frac{3}{4h} u^2 + \frac{h^2}{6} \partial_{xx} u \right) \right) = 0,$$

cuya solución explícita de tipo onda viajera de velocidad  $c$  de la forma  $u(x, t) = v(x - ct)$  viene dada por

$$v(y) = \alpha (\operatorname{sech}(\beta y))^2, \quad \beta = \sqrt{\frac{3\alpha}{4h^2}}$$

Por lo tanto, la solución de onda viajera tiene la forma,

$$u(x, t) = \alpha (\operatorname{sech}(\beta(x - ct)))^2$$

La ecuación KdV es uno de los modelos clásicos más importantes en el estudio de algunas ecuaciones modelo para describir la propagación de ondas de agua largas con ondas de gravedad de pequeña amplitud en la superficie del agua en un canal.

### **Investigación moderna en solitones**

Fue solo hasta la década de 1960 y el advenimiento de las computadoras modernas que la importancia del descubrimiento de Russell en física, electrónica, biología y especialmente en fibra óptica comenzó a entenderse, lo que condujo a la teoría general moderna del solitón.

En este tiempo, dos físicos matemáticos de la Universidad de Princeton, Norman Zabusky y Martin Kruskal descubrieron la existencia de una especie de ondas que llamaron *ondas solitrónicas*, cuyo comportamiento es similar al comportamiento de una partícula. Más exactamente, cuando una de estas ondas choca con otra, estas ondas no cambian de forma ni de velocidad, sino que cambian un poco en amplitud y queda un residuo oscilatorio. En este momento, el nombre *onda solitrónica* ya estaba en uso en la industria de las patentes. Como consecuencia de esto, llamaron a estas ondas como *solitones*, lo que estaba de acuerdo con el nombre de partículas elementales, como electrones, protones, neutrones, etc. Es importante señalar que los solitones ya no se pensaban solo en el contexto de las ondas de agua, con la investigación de aplicaciones para óptica, acústica y otras áreas. M. Kruskal, junto con los investigadores Gardner, Greene y Miura. Estos investigadores desarrollaron la transformación de dispersión inversa en 1967. Este método puede usarse para encontrar la

solución exacta de la ecuación de KdV y también demuestra las colisiones elásticas entre ondas, observadas originalmente por Krustal y Zabusky.

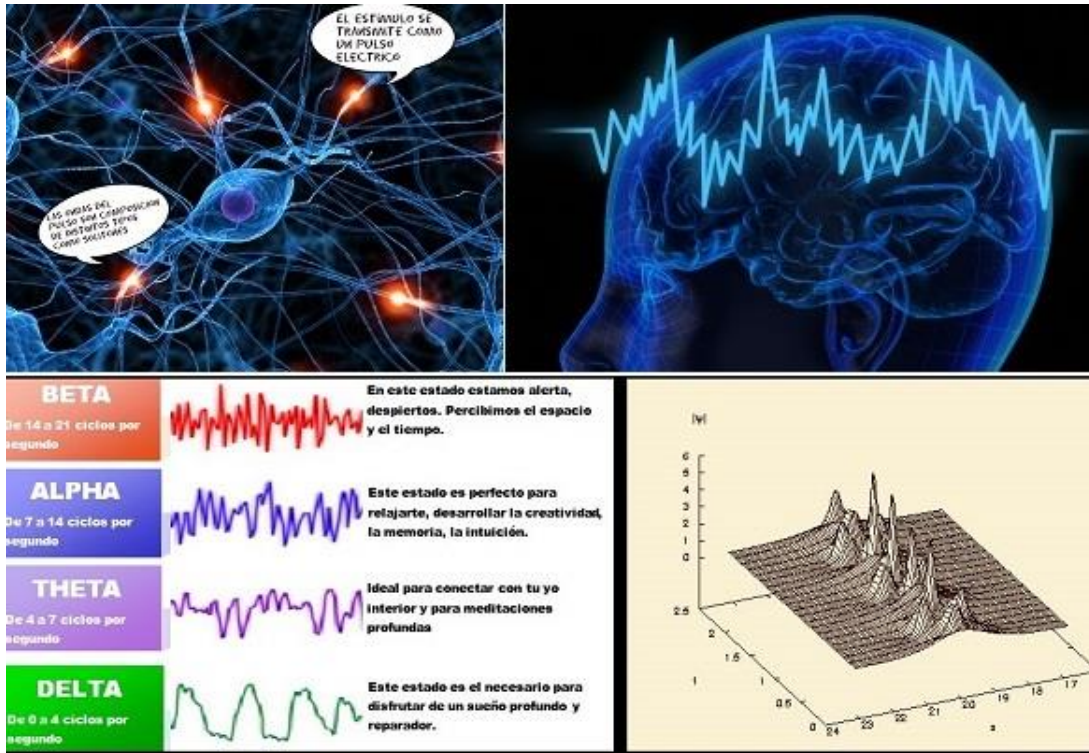
Matemáticamente, un solitón es una solución de una ecuación en derivadas parciales la cual representa una onda solitaria viajera localizada que se comportan como una partícula: mantiene su forma cuando se mueve a velocidad constante y en la interacción de solitón con otro solitón, éste emerge de la colisión sin cambios, excepto posiblemente por un cambio de fase.

### **Algunos Ejemplos de Solitones en la Naturaleza**

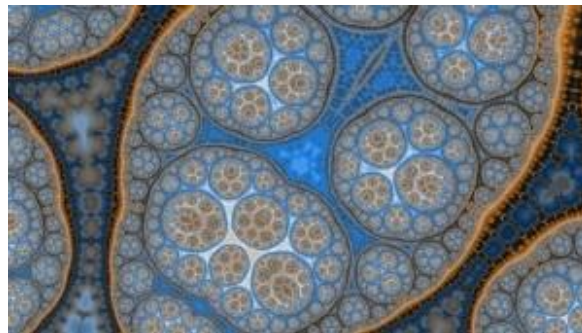
Los solitones aparecen de forma completamente natural en distintos medios como fluidos, láseres, a nivel celular, a nivel del DNA e inclusive en galaxias.

#### *En el cuerpo humano*

En el cuerpo humano la actividad de las neuronas tiene como una de sus funciones la de tomar las señales externas (por ejemplo, acústicas, visuales) para convertirlas en señales eléctricas que se transmiten a través de éstas. En algunos casos, estas señales resultan ser ondas de tipo solitón. En la fotografía de la derecha se observa una señal de neuroactividad con superposición caótica de solitones.

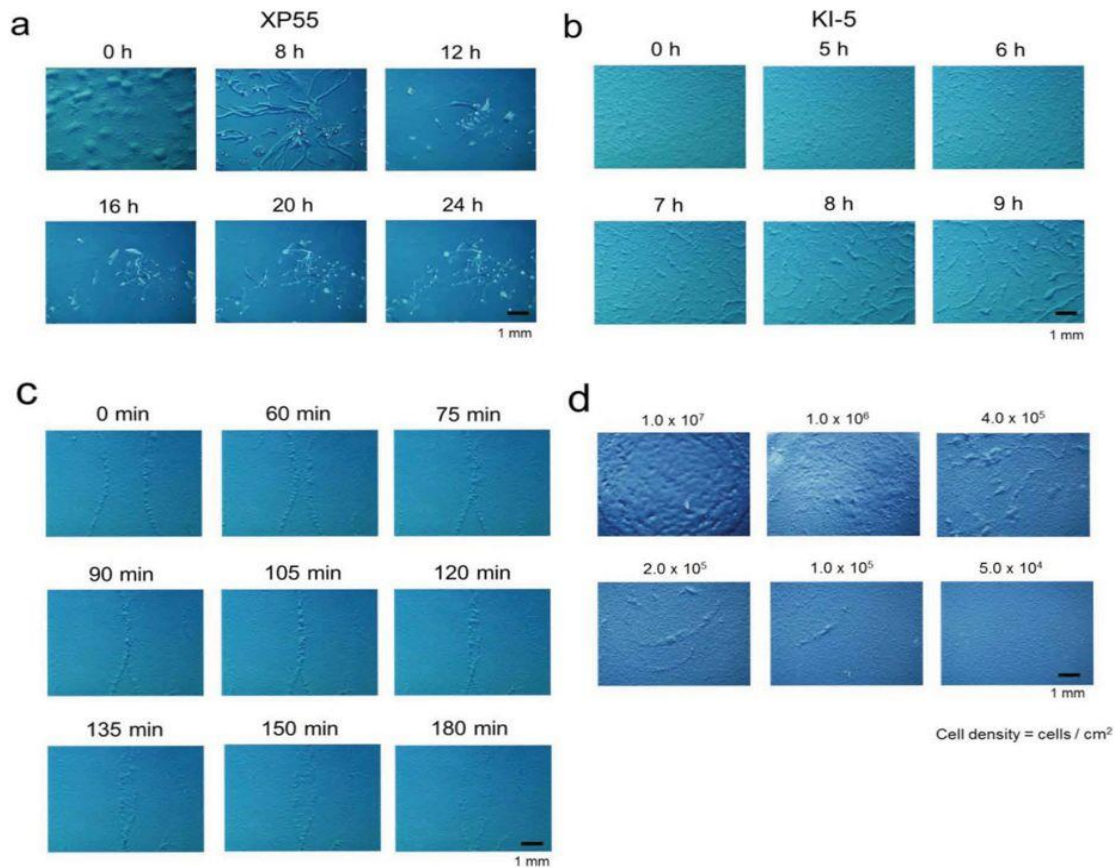


*En genética*



El sistema genético de los organismos vivos también opera en niveles de ondas y es capaz de transferir datos a través de ondas electromagnéticas y acústicas en forma de solitones.

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



Scientific Report: H. Kuwayama, S. Ishida. [Biological soliton in multicellular movement](#). 2013

En el caso del DNA se considera que las ondas solitarias, podrían tener un rol fundamental en el proceso de transcripción del ADN, afectando la apertura de la doble cadena necesaria para que la ARN polimerasa tenga la habilidad de hacer copias del código genético.

### *En olas del mar*

Los solitones pueden apreciarse en las olas del mar en el caso por ejemplo de aguas poco profundas. Las fotos abajo fueron tomadas en el estrecho de Gibraltar. Cuando el viento sopla, las olas del mar toman la forma de solitones que tiene un pico (picón). En las fotos inferiores son del mar del Caribe se observa la colisión de dos solitones.

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

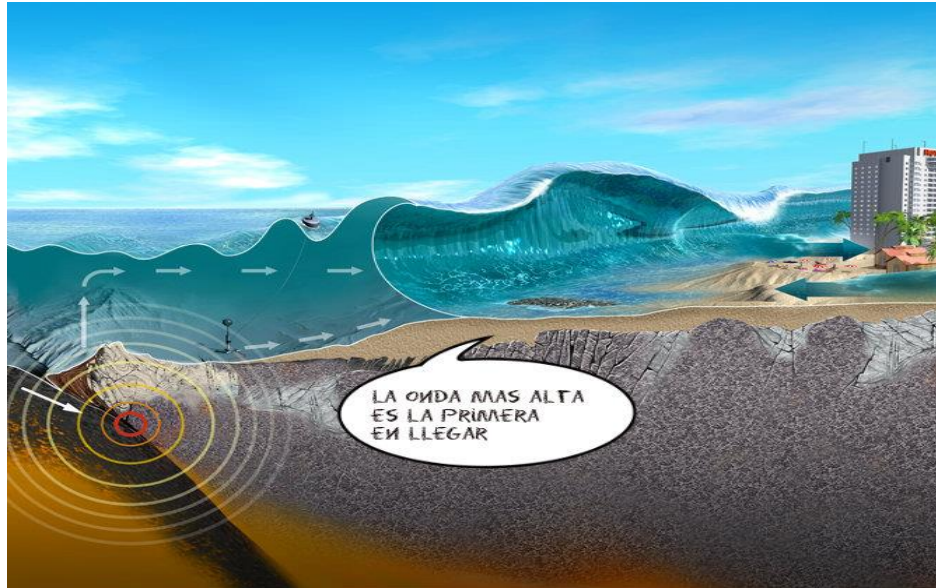




### *Tsunamis*

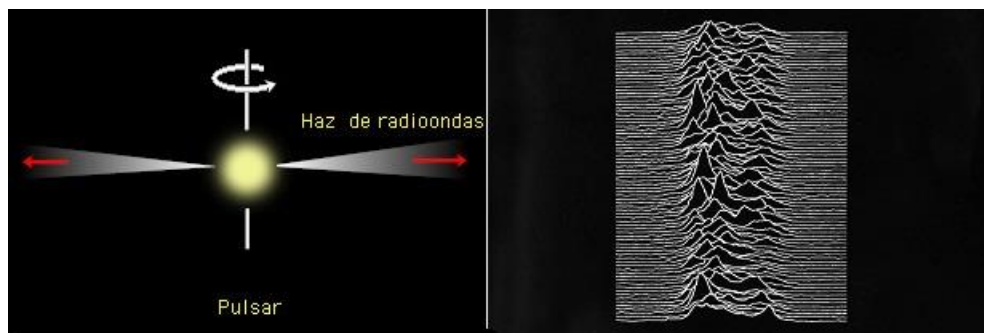
Los tsunamis surgen de un efecto de propagación de ondas solitónicas. Entre los mecanismos tenemos entre otros: a) existen varias ondas, de diferentes alturas. b) el efecto no lineal propaga las ondas con una velocidad proporcional a su altura. Por lo tanto, cuanto mayor sea la altura de la cresta, mayor será la velocidad con la que se propagan las ondas.

Por eso, los tsunamis son impredecibles. La primera onda que llega es la de mayor altura y la devastadora. El efecto de propagación surge empezando por las ondas más grandes hasta llegar a las menores.



*En galaxias*

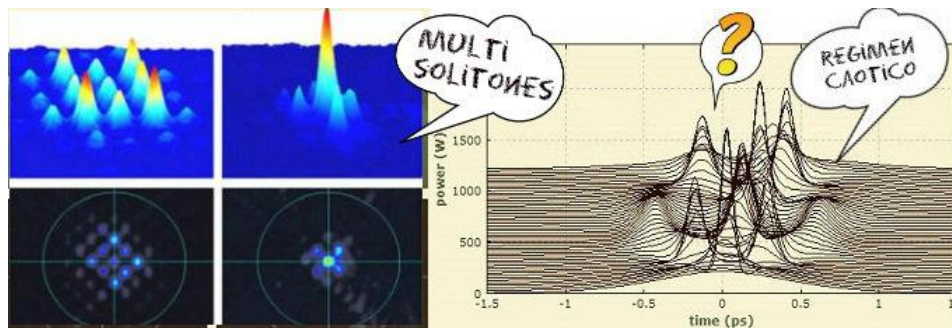
Un púlsar es una estrella de neutrones que emite radiación periódica. Los púlsares poseen un intenso campo magnético que induce la emisión de estos pulsos de radiación electromagnética a intervalos regulares relacionados con el periodo de rotación del objeto. Las ondas emitidas son solitones. La primera señal registrada de radiación pulsar se corresponde con la foto de la derecha. La imagen fue popularizada como portada del disco *Unknown pleasures* del grupo post-punk Joy Division.



Las estrellas de neutrones que giran tan rápidamente se expanden en su ecuador debido a esta velocidad vertiginosa. Esto también implica que estas estrellas tengan un tamaño de unos pocos miles de metros, entre 10 y 20 kilómetros.

### *En láseres*

A nivel de un laboratorio, los físicos pueden producir solitones a partir de condiciones específicas en la luz. Por ejemplo, la luz de un láser al atravesar un medio con un determinado índice de refracción produce un efecto no lineal, en el que la dispersión y el efecto Kerr puedan compensarse, generando de esta forma solitones y multisolitones.



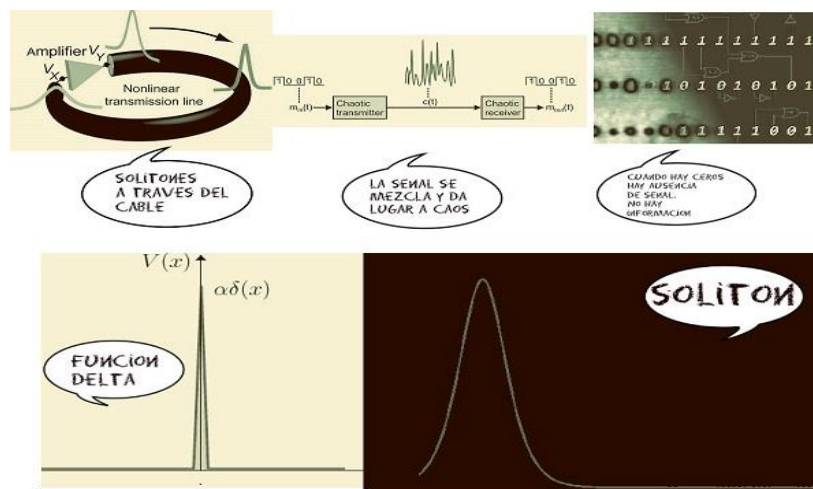
Esta aplicación tiene un impacto directo los mecanismos de transmisión de señales simultánea vía solitones.

### **Un ejemplo importante en Comunicaciones: Solitones en fibras ópticas**

Las fibras ópticas son soportes para enviar información a través de internet. Las fibras ópticas están constituidas por cables con recubrimientos de diferentes índices de refracción que ayudan al transporte sin pérdidas energéticas y con gran eficacia. En este caso, los índices de refracción juegan un papel importante en la velocidad de propagación de la onda,

dependiendo de su frecuencia, lo que puede dar lugar a la existencia de solitones. La información enviada a través de fibra óptica también puede tener carácter de solitón.

Desde el punto de vista histórico, A. Hasegawa del laboratorio de AT&T en 1973 fue la primera persona en sugerir la existencia de solitones en fibras ópticas debido a un balance entre la dispersión y los efectos no lineales. Los solitones en fibras ópticas fueron descritos por las ecuaciones de Manakov. La primera observación experimental de la propagación de una solución sobre una fibra óptica se realizó en 1987. En 1988 se transmitió solitones sobre 4.000 kilómetros. En 1991, un grupo de investigación de la compañía telefónica Bell transmitió sin error un solitón a 2.5 gigabits por segundo por más de 14.000 kilómetros. En 1998, se pudo transmitir 1 terabit por segundo utilizando solitones ópticos de diferentes longitudes de onda. Desde el 2001, el uso práctico de los solitones es una realidad. La importancia de los solitones en comunicaciones se debe a que éstos incrementan la rata de transmisión y la distancia entre estaciones repetidoras, además que la estabilidad inherente de los solitones hace posible transmisión de información minimizando el uso de repetidores e incrementando altamente la capacidad de transmisión de información.



## **Bibliografía**

- Boussinesq, J. (1871). *Boussinesq, J. (1871). Théorie de l'intumescence liquide, appelée onde solitaire ou de translation, se propageant dans un canal rectangulaire* (Vol. 72). Comptes Rendus de l'Académie des Sciences.
- Korteweg D., J., & de Viris, G. (1895). On the Change of Form of Long Waves advancing in a Rectangular Canal and on a New Type of Long Stationary Waves. *Philosophical Magazine. 5th Series*, 39((240)), 422-443.
- Kuwayama H, I. (2013). Biological solitón in multicelular movement. . *Scientific Report*.
- Lord, R. (1876). On waves. *Philosophical Magazine, Series 5.1 (4)*, 257-279.
- Montoya, O. (2015). *Modelos Benney-Luke de Orden Superior. Tesis de Doctorado Universidad del Valle*.
- Sardon, C. (s.f.). *Solitones, las ondas solitarias*. Obtenido de Blog Matematicas y sus fronteras: <http://www.madrimasd.org/blogs/matematicas>



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



# Hablando de Ciencia en **EMAVI**



Conferencia:

## **"Pensamiento Lateral y Economía Digital"**

Conferencista:

**JAIR ABADÍA CORREA**

Organiza: **Depto Ciencias Básicas**

septiembre

**26** 2019  
Jueves

10:00 horas  
Auditorio  
**Walter Baer**



## “PENSAMIENTO LATERAL Y ECONOMIA DIGITAL”



### **Perfil Profesional:**

Jair Abadía Correa Ingeniero Electrónico y Telecomunicaciones. Universidad del Cauca.

Maestría en Gestión en Informática y Telecomunicaciones. Universidad ICESI.

Ingeniero certificado Microsoft.

Ingeniero certificado Cisco.

Con 21 años de Experiencia laboral en el sector Empresarial. Carvajal S.A. y con más de 30 años en docencia universitaria. EMAVI-PIINF- años

## EL PENSAMIENTO LATERAL Y ECONOMÍA DIGITAL

Jair Abadía Correa1

Correo-e: [jair.abadia@emavi.edu.co](mailto:jair.abadia@emavi.edu.co)

### **Resumen.**

*La digitalización de los sectores económicos en Colombia es fundamental para mejorar la productividad y acelerar el crecimiento económico, por lo tanto, es necesario promover la transformación digital para lograr el desarrollo del país. Los pilares fundamentales para lograr esta transformación son la ciencia, la tecnología y la innovación, entendiendo que se deben cerrar brechas de talento humano para minimizar los rezagos en materia de economía digital, las organizaciones deben adoptar tecnologías digitales avanzadas como la: robótica, Internet de las Cosas, Blockchain, Inteligencia Artificial, Big Data, etc. para ofrecer mejores niveles de bienestar para los usuarios.*

*El pensamiento lateral fue definido por Edward de Bono en *The Use of Lateral Thinking*, 1967, como “método de pensamiento que nos permite mirar el problema con otra perspectiva y producir ideas que están fuera del patrón de pensamiento habitual”. El objetivo es promover conceptos/ideas usando un camino diferente al lógico y/o pensamiento vertical, el poder del pensamiento lateral se usa para la creación de nuevas ideas, totalmente alineado con la innovación, busca destruir sistemas tradicionales y construir con base a diferentes supuestos alejados de lo tradicional.*

*En este documento se busca introducir a los lectores en la importancia de utilizar las tecnologías digitales para mejorar la economía de un país, teniendo en cuenta que las tecnologías son el medio para lograr la transformación, pero es la innovación del ser humano para usar esas tecnologías la que permite alinearse con la economía digital que promueve el gobierno colombiano. Primero se describe economía digital, así como pensamiento lateral, después se describe y referencian la relación de economía digital y pensamiento lateral, finalmente se presentan algunos ejemplos de la aplicación de pensamiento lateral y economía digital.*

**Palabras claves:** *Economía Digital, Pensamiento Lateral, Política Digital, Economía Naranja.*



**Abstract.**

*The digitalization of economic sectors in Colombia is essential to improve productivity and accelerate economic growth, therefore, it is necessary to promote digital transformation to achieve the country's development. The fundamental pillars to achieve this transformation are science, technology and innovation, understanding that human talent gaps must be closed to minimize lags in digital economy, organizations must adopt advanced digital technologies such as: robotics, Internet of Things, Blockchain, Artificial Intelligence, Big Data, etc. to offer better levels of well-being for users.*

*Lateral thinking was defined by Edward de Bono in *The Use of Lateral Thinking*, 1967, as "a method of thinking that allows us to look at the problem from another perspective and produce ideas that are outside the usual thought pattern." The objective is to promote concepts / ideas using a different path to the logical and / or vertical thinking, the power of lateral thinking is used to create new ideas, fully aligned with innovation, seeks to destroy traditional systems and build based on different assumptions Away from the traditional.*

*This document seeks to introduce readers to the importance of using digital technologies to improve the economy of a country, taking into account that technologies are the means to achieve transformation, but it is the innovation of the human being to use these technologies. which allows to align with the digital economy promoted by the Colombian government. First, digital economy is described, as well as lateral thinking, then the relationship of digital economy and lateral thinking is described and referenced, finally some examples of the application of lateral thinking and digital economy are presented.*

**Keywords:** *Digital Economy, Lateral Thinking, Digital Policy, Orange Economy*

## **1 Introducción**

El pensamiento creativo es un término que describe un enfoque nuevo para enfrentarse a situaciones. El pensamiento lateral es un término creado por Edward de Bono (1970) que describe un conjunto de enfoques y técnicas para abordar problemas de forma novedosa, considerando que pueden ser ideas muy simples pero muy poderosas para dar solución a problemas.

En la actualidad cuando las organizaciones se enfocan a transformación digital, alineado a la economía digital, se necesitan líderes con pensamiento lateral, quienes adoptan un enfoque creativo e innovador para lograr los objetivos. Generalmente estos líderes se encuentran en empresas de alta tecnología de rápido movimiento.

Según Sloane, (2017), el líder lateral está enfocado en motivar el equipo para encontrar nuevas y mejores formas de hacer las cosas, busca cambiar las reglas, cambiar socios o cambiar el enfoque del problema, este líder usa más tiempo buscando nuevas iniciativas estratégicas en lugar de resolver situaciones operativas o cotidianas, ve la tecnología como un medio para hacer las cosas de manera completamente diferente.

La economía digital es la que impulsa a nivel mundial el avance económico y social. Según García, Ferreira, Romero (2019), las innovaciones gracias a tecnologías emergentes como: IoT (internet de las cosas), Big Data, Blockchain, ciberseguridad, nuevos modelos de negocios, inteligencia artificial, redes sociales, etc. están modificando los sistemas económicos, gobiernos, ciudades e incluso industrias básicas como la agricultura, medicina, educación, aeronáutica, logística, etc.

## **2 Metodología**

En este artículo se presenta las características y beneficios de pensamiento lateral, luego se presentan las características y beneficios de economía digital, economía naranja, seguidamente se presenta la relación entre pensamiento lateral y economía digital, se plantean algunas posibles direcciones futuras.

## **Pensamiento lateral. Características y beneficios.**

La mente humana, dependiendo de la persona elabora un pensamiento lógico o creativo. Algunas personas tienen un raciocinio que no les permite innovar, están acostumbrados a dar soluciones a problemas de forma limitada, no buscan soluciones alternativas a las que normalmente se utilizan, a este tipo de pensamiento se le denomina pensamiento vertical (hemisferio izquierdo del cerebro), mientras otras personas buscan soluciones novedosas, diferentes, creativas, innovadoras a este pensamiento se le denomina lateral.

El pensamiento lateral fue un término definido por el psicólogo Edward de Bono en 1967 en su obra titulada *El uso del pensamiento lateral*. Bono explica que es un tipo de pensamiento, llamado también pensamiento creativo, en donde se buscan diferentes alternativas para dar solución a un problema determinado, evitando solo usar ideas comunes ya preestablecidas (hemisferio derecho del cerebro).

El pensamiento lateral se fundamenta en la teoría de que para lograr excelentes soluciones se deben analizar diferentes perspectivas. La teoría se aliena más en pensar en lo que podría ser que en lo que realmente es. De Bono identifica y explica las siguientes cuatro características de pensamiento lateral:

- **Comprobar suposiciones:** el pensamiento vertical ve respuestas fehacientes, pero no las considera las más adecuadas y para evitar esto hay que tener una mente abierta.
- **Hacer la pregunta correcta:** es lo más importante en el proceso de la resolución de conflictos. Se deben formular las preguntas generales para detectar el problema. Una vez obtenidas las respuestas, se realizan otras preguntas un poco más específicas hasta llegar aquella cuya respuesta sea la solución.
- **Creatividad:** como siempre se está acostumbrado a observar los problemas desde un mismo punto de vista, entonces resulta un poco más difícil abordarlos desde otro

ángulo y haciendo uso de la creatividad. La imaginación es un componente esencial del pensamiento lateral.

• **Pensamiento lógico:** para desarrollar bien el pensamiento creativo es necesario afirmar dos aspectos claves, el análisis lógico y la deducción. Sin estos elementos, el pensamiento lateral se resumiría entonces en ideas excéntricas alejadas de la realidad.

Bono, sugiere usar las siguientes técnicas de ejercicios para desarrollar el pensamiento lateral:

Generación de relaciones al azar

Relacionar el problema o tema que se requiere solucionar con una palabra que se escoja.

Desafío de ideas: la razón de las cosas

La recomendación es usar la pregunta ¿por qué?, y buscar respuestas abiertas evitando respuestas evidentes.

Inversión

Con esta técnica se busca encontrar lo contrario del problema para lograr una solución.

Analogías

Se comparan ideas racionales o críticas, buscando generar nuevas opciones para solucionar problemas

Provocación y movimiento

Esta técnica busca generar ideas que parecen ser ridículas para generar nuevas ideas innovadoras partiendo de las anteriores. El movimiento se fundamenta en ejecutar una metodología sistemática para evolucionar desde la provocación hasta la idea innovadora.

Acertijos

El ingeniero británico Paul Sloane, publicó un libro de acertijos para el entrenamiento del pensamiento lateral, él considera que quienes resuelven acertijos logran resolver situaciones complejas. Los niveles de dificultad de ellos van de lo sencillo a lo difícil. Un ejemplo de un acertijo del libro es: Una mujer deja su licencia de conducir en casa. No se detuvo en un semáforo en rojo, ignoró la señal de dirección prohibida y anduvo en dirección contraria por casi tres horas. Un policía de tránsito observó toda la situación, pero no hizo nada, ¿por qué?

El policía de tránsito no pudo hacer nada porque la mujer no estaba conduciendo su vehículo. Es decir, el hecho de mencionar que dejó la licencia es solo un factor distractor para hacer pensar a la persona que la mujer se estaba desplazando en un vehículo y no a pie.

### **Economía digital. Características y beneficios.**

Según Pérez, S. S. (2019), la economía digital implica la interacción de personas, dispositivos, datos y procesos usando una red de comunicación global como internet, a esta interacción algunos referentes mundiales de tecnología como Cisco, lo definen como Internet de todo (IoE). Es importante resaltar que datos estadísticos de OCED, muestran que el 50% de las personas en el mundo usan Internet, el 53% utilizan dispositivos móviles y un 30% utilizan redes sociales, por lo tanto, es fundamental concientizar a la humanidad de la importancia de la economía digital y como esta funciona de tal manera que se pueda aprovechar su valor para mejorar la calidad de vida.

Según Telefónica, F. (2019) las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC's) proporcionan los medios necesarios para procesar, administrar y distribuir la información usando computadores, teléfonos móviles, tablets, Smart TV, Smart watch, consolas de videojuegos, etc, permitiendo así que la economía digital se expanda rápidamente y se conozca de sus beneficios.

A continuación, se relacionan las características más destacadas que permiten comprender el funcionamiento de la economía digital:

#### **Conocimiento**

El corazón de la economía digital es el conocimiento, los recursos como dispositivos, tecnologías, capital, trabajo son complementos que permiten proveer valor a la comunidad.

#### **Digitalización**

En un contexto de política digital, economía digital, es fundamental disponer de la información de manera inmediata, independientemente donde esta se encuentre almacenada, lo que implica la necesidad de disponer la información en forma digital.

#### **Virtualización**

Según, Microsoft, la virtualización crea un entorno informático simulado, o virtual, en lugar de un entorno físico. A menudo, incluye versiones de hardware, sistemas operativos,

dispositivos de almacenamiento, etc., generadas por un equipo. Al crear varios recursos a partir de un único equipo o servidor, la virtualización mejora la escalabilidad y las cargas de trabajo, al tiempo que permite usar menos servidores y reducir el consumo de energía, los costos de infraestructura y el mantenimiento. La virtualización se divide en cuatro categorías principales, la virtualización de escritorio, la de red, la de software. Y la virtualización de almacenamiento, que combina varios recursos de almacenamiento en red en un solo dispositivo de almacenamiento accesible por varios usuarios.

### **Molecularización**

Según Sastre (2019), es un cambio en la estructura tradicional de trabajo a formas flexibles de trabajo. Esta característica invita a las organizaciones a trabajar por áreas de producción, control y colaborativamente en lugar de producción en masa. La tecnología está basada en sistemas orientados a objetos para reutilizar software, buscando que las organizaciones se adapten rápidamente a los cambios y así ser más productivas y eficientes buscando ofrecer valor a los usuarios e impactando la calidad de vida.

### **Desintermediación**

El uso de la tecnología minimiza el uso de intermediarios para compartir información y productos. Una de las tecnologías disruptivas que más se está expandiendo en este ámbito es blockchain.

### **Convergencia**

La economía digital se fundamenta en las soluciones donde converge la computación, las comunicaciones y los contenidos.

### **Innovación**

Las tecnologías son medios para lograr implementar la economía digital, pero lo fundamental para lograr que la economía digital ofrezca valor a sus usuarios es la creatividad, la innovación y es aquí donde se necesita aplicar pensamiento lateral.

### **Prosumidores**

Esta característica destaca que hoy en día no necesariamente están separados los productores de los consumidores, por el contrario en la economía digital y economía naranja aparece el perfil de productores y consumidores de contenido digital al tiempo. Los consumidores personalizan los productos 4

y también participan de la producción de lo que compran.

### **Inmediatez**

Se busca que la utilizar tecnología los productos se puedan entregar de forma inmediata, en muchos casos usando virtualización, transacciones en línea, computación en la nube, etc.

### **Globalización**

Se relaciona con un contexto sin fronteras, donde las organizaciones logran trabajo colaborativo integrando conocimiento local, nacional e internacional fortaleciendo la globalización.

### **Discordancia**

Como es natural, van a existir personas que no se acostumbran a el uso de la tecnología y se refleja un rechazo al cambio, mientras que otras personas, generalmente jóvenes van a aprovechar los beneficios de las tecnologías.

### **Economía naranja.**

Según (BID, 2019), el término economía naranja viene de que el color naranja está relacionado con la cultura, la creatividad y la personalidad. El presidente de Colombia, Dr. Duque ha impulsado este concepto desde que se unió al Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Es coautor de “The Orange Economy: An Infinite Opportunity”. Este modelo económico, también conocido como “economía creativa”, se basa en la creación de riqueza a través del “talento, la creación de redes y el patrimonio cultural”

La economía naranja puede dividirse en tres categorías principales:

Industrias culturales que ofrecen bienes y/o servicios que pueden ser reproducidos y distribuidos en masa (libros, periódicos, revistas, bibliotecas, películas, televisión, fotografía, radio). Bellas artes (danza, ópera, moda, diseño, museos, arquitectura, gastronomía).

Nuevos medios y software de contenido (videojuegos, desarrollo de software, publicidad).

### **Relación entre pensamiento lateral y economía digital.**

Según (Schwab, K., y Davis, 2018) la tecnología está modificando las relaciones humanas, el trabajo, las economías, las formas de gobernar, por lo tanto, los profesionales deben tener

habilidades digitales para proporcionar nuevas tecnologías, administrarlas y generar nuevos campos laborales.

Según (Niño-Gutiérrez, 2019) para la socioformación es fundamental emprender proyectos para el desarrollo social sostenible con base en el pensamiento lateral. El pensamiento lateral y creativo (De Bono, 2010) se refiere a un término para denominar a todos los caminos alternativos creativos.

Por lo tanto, es prioritario motivar a los profesionales pasar del pensamiento vertical, tradicional al pensamiento lateral y creativo con el propósito de generar ideas y/o soluciones innovadoras a los problemas usando las tecnologías digitales, que en un principio parecen ser descabelladas, pero que finalmente se llevan a la práctica con excelentes resultados.

### **Posibles direcciones futuras.**

A continuación se listan algunas aplicaciones tecnológicas que están evolucionando con la economía digital, según reporte de Actividades Económicas de octubre del 2019, en el link <https://www.actividadeseconomicas.org/2018/06/economia-digital.html>.

### **Ciudades inteligentes**

Las ciudades inteligentes usan las TICs para mejorar la toma de decisiones, la eficiencia de las operaciones, la prestación de los servicios urbanos y su competitividad. Por ejemplo, ciudades con infraestructura integrada a sensores inalámbricos que sirven para analizar datos y optimizar procesos en líneas de electricidad, tuberías de agua, calles, edificaciones.

### **Programas de bike-sharing (bicicletas compartidas)**

Plataformas que permiten a las personas prestar bicicletas públicas en cualquier parte para usar en sus desplazamientos diarios usando solo una aplicación de smartphone o tarjeta. Son comunes en varias ciudades de todo el mundo y cada vez se vuelven más populares. En Colombia ya se tiene el servicio para patinetas.

### **Plataformas de freelancing**

Lugares en donde se puede demandar trabajo muy específico y ofertar habilidades laborales. Permiten el trabajo flexible entre personas en todo el mundo. Ejemplo de estas plataformas son Freelancer o Workana, Zolvers

### **Internet de las cosas**



El Internet de las cosas son ecosistemas en donde las aplicaciones y servicios están guiados por los datos recogidos por dispositivos que detectan e interactúan con el mundo físico. Esto permite crear soluciones a la medida como reguladores de luz, dispositivos médicos avanzados, sensores de condiciones de la carreteras y tráfico, etc.

#### Maquinaria inteligente

Maquinarias con capacidades tradicionales, pero también con sensores o dispositivos que permiten optimizar la producción o reducir los costos de reparación y mantenimiento.

### **3. Resultados**

La economía digital es un modelo que muestra directrices a las organizaciones para cumplir con los objetivos que impactan el desempeño y capacidad para cumplir con las necesidades de los clientes como costos de producción, intermediarios, eficiencia en producción y distribución y comunicación.

Con la transformación digital se espera impactar con mayor énfasis los siguientes sectores de la economía: Salud, Comercial, Diseño y manufacturas, Relaciones públicas, Turismo, Educación, Entretenimiento, Transporte, Energético, Pesquero, Agrícola

La economía digital aporta facilitando a la forma como los agentes interactúan produciendo grandes cambios sociales. Modifica la forma de comunicación, interacción, uso del tiempo, creencias, intereses, etc.

La economía digital, puede generar desempleo, cuando la tecnología permite automatizar procesos, causado por que se reemplaza la mano de obra.

Actualmente se vive una situación de cambio continuo, por lo tanto, según Levano-Francia, Sanchez, Guillén (2019), Martínez Ruiz, X. (2019) el sector de la educación debe alinearse a estrategias dinámicas que permitan a los profesionales buscar diferentes alternativas para dar solución a un problema, es por ello la necesidad de motivar la pensamiento lateral o

creativo que involucra acciones como: sustituir, combinar, adaptar, modificar o determinar otros usos, eliminar o minimizar y reordenar o invertir logrando desarrollar ideas y conceptos a través de la creatividad alcanzando la innovación.

#### **4 Discusión**

La forma de realizar los procesos de pensamientos permite alcanzar objetivos o metas propuestas, es por ello que las organizaciones actualmente, cuando van a seleccionar personal hacen pruebas de desarrollo del pensamiento lateral, esta es una habilidad que le permite a una persona para enfrentar situaciones críticas y buscar diferentes alternativas innovadoras y creativas para encontrar soluciones.

Es importante resaltar que el pensamiento vertical y el pensamiento lateral no se debe considerar como opuestos, por el contrario, el pensamiento lateral es complemento del vertical.

Las tecnologías están impactando los sectores económicos del país y del mundo, pero se desconoce el alcance que la digitalización tiene en la economía. En portafolio de septiembre 7 del 2018 Juan Manuel Wilches, Comisionado Experto, explicó “En Colombia no existía como tal una forma de consolidar toda la información que permitiera ver los avances en temas digitales. Este índice tiene como finalidad medir de alguna manera cómo nos estamos comportando desde el punto de vista digital y ayudar a la toma de decisiones enfocadas en aplicar las tecnologías”. Según Wilches, este índice está compuesto por cuatro dimensiones que son: invirtiendo en infraestructura inteligente, empoderando la sociedad, desencadenando la creatividad e innovación y creando crecimiento y empleo.

#### **5 Conclusiones**

De acuerdo con la información de portafolio, en septiembre 7 del 2018, el expresidente, Juan Manuel Santos, se enfocó en fortalecer la economía digital. En el 2017, en Colombia se firmó el Decreto 1413 sobre servicios ciudadanos digitales, el cual dio inicio al Viceministerio de Economía Digital en Colombia.

La Economía Naranja es un modelo económico que comenzó a promulgar el Dr. Iván Duque en el 2018 desde la campaña presidencial, con este modelo se quiere fortalecer las industrias creativas apoyando el talento y la creatividad con el fin de mejorar la rentabilidad.

La economía digital, se fundamenta en tres componentes, que son: Infraestructura tecnológica, e-busines que hace énfasis en los procesos empresariales soportados en tecnologías y plataformas online y e-commerce permitiendo negocios usando internet.

Según, Looor,Gema (2019),se puede concluir que estos dos modelos de economía son complementarios que permiten mejorar los negocios, logrando con la economía digital innovar desde las características y beneficios de la economía naranja y masificar la economía naranja basados en la economía digital. Una buena estrategia para lograr esa innovación y creatividad es usar técnicas de pensamiento lateral.

La transformación digital implica un estudio detallado para cada organización, no existe un plan único de implementación de economía digital, esto depende de cada tipo de negocio, por lo tanto, es necesario tener personal líder especializado que puedan estudiar la empresa, buscar y ofrecer diferentes alternativas innovadoras que permitan ofrecer nuevos bienes y servicios.

## **BIBLIOGRAFÍA**

De Bono, E. (2010). *Lateral thinking: a textbook of creativity*. Penguin UK.

García, J. A. T., Ferreira, C. P., & Romero, J. C. R. (2019). Industria 4.0 y transformación digital: nuevas formas de organización del trabajo. *Estudios financieros. Revista de trabajo y seguridad social: Comentarios, casos prácticos: recursos humanos*, (1), 27-54.

González, R. L. H., & Nuchera, A. H. (2019). Dinámica de la gestión de la innovación de servicios y co-creación en empresas del sector economía digital. *Contaduría y administración*, 64(1), 8. interamericano de Desarrollo, B., Márquez, I. D., & Restrepo, P. F. B. (2013). *La economía naranja: una oportunidad infinita*. Inter-American Development Bank.

Levano-Francia, L., Sanchez Diaz, S., Guillén- Aparicio, P., Tello-Cabello, S., Herrera-Paico, N., & Collantes-Inga, Z. (2019). Competencias digitales y educación. *Propósitos y Representaciones*, 7(2), 569- 588.

Loor, P., & Gema, M. (2019). *Pertinencia de la economía naranja en la ciudad de Guayaquil, período 2013-2017* (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Económicas).

Martínez Ruiz, X. (2019). Presentación. La industria 4.0 y las pedagogías digitales: aporías e implicaciones para la educación superior. *Innovación educativa (México, DF)*, 19(79), 7-12.

Niño-Gutiérrez, N. S. (2019). El desarrollo social sostenible, la socioformación y las personas. In En L. G. Juárez-Hernández (Coord.), *Memorias del Quinto Congreso Internacional en Socioformación y Sociedad del Conocimiento (CISFOR-2019)*. Congreso conducido por el Centro Universitario CIFE, Cuernavaca, México. Retrieved from <https://cife.edu.mx/recursos>

Pérez, S. S. (2019). El impacto de la economía digital en el tradicional concepto de establecimiento permanente. *Diario La Ley*, (9337), 2. Sastre-Centeno, J. M., & Galiana, E.

I. (2019). La economía colaborativa: un nuevo modelo económico. *CIRIEC-España, revista de economía pública, social y cooperativa*, (94), 219-250.

Schwab, K., y Davis, N. (2018). *Shaping the Future of the Fourth Industrial Revolution*. London: Penguin Books.

Sloane, P. (2017). *The Leader's Guide to Lateral Thinking Skills: Unlock the Creativity and Innovation in You and Your Team*. Kogan Page Publishers.

Telefónica, F. (2019). *Sociedad digital en España 2018*. Fundación Telefónica.  
<https://economyatic.com/pensamiento-lateral/>

<https://www.directobogota.com/single-post/2019/06/26/Econom%C3%ADa-naranja-y-Econom%C3%ADa-digital-%C2%BFcu%C3%A1l-necesita-el-pa%C3%ADs>

<https://www.portafolio.co/economia/indice-para-medir-la-digital-en-colombia-520856>

<https://www.weforum.org/agenda/2015/01/how-korea-is-transforming-into-a-creative-economy/>

<https://www.actividadeseconomicas.org/2018/06/economia-digital.html#tema3>

<https://www.actividadeseconomicas.org/2018/06/economia-digital.html>



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



# Hablando de Ciencia en **EMAVI**



**Conferencia:** **Innovación y creatividad:**  
**Hilo de araña y sus aplicaciones**



**Conferencista:**  
**GLADIS MIRIAM APARICIO ROJAS**

**Organiza: Depto Ciencias Básicas**

**octubre**  
**22** 2019  
Martes

**11:30 horas**  
Aula Máxima  
"Capitán Andrés  
Serrano Lemus"



## “INNOVACION Y CREATIVIDAD: HILO DE ARAÑA Y SUS APLICACIONES”



### **Perfil Profesional:**

Gladis Miriam Aparicio Física, Magister en Física y Doctora en Ciencias-Física de la Universidad del Valle. Actualmente se desempeña como docente e Investigadora de la Universidad Autónoma de Occidente, donde es directora del grupo de investigación en nuevos solidos con aplicación industrial (GINSAI) y directora científica del laboratorio de investigación en análisis térmico. Su trayectoria en el estudio de solidos iónicos es de más de 25 años y se caracteriza por estudiar y proponer nuevos materiales que propendan por ser soluciones a problemáticas del entorno regional y nacional. Entre sus méritos se destaca el ser la “Ganadora del premio nacional al inventor colombiano 2014” y del “Premio de la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI) 2014” por desarrollar un material que aumenta la vida útil de los celulares y que a la vez es compatible con el medio ambiente por utilizar el hilo de araña como uno de sus componentes principales. Sus trabajos y reconocimientos también la llevaron a ser conferencista TEDx, a ser declarada Mente brillante Mundial 2015, por la Organización el “Ser Creativo” de Madrid España y a

representar a Colombia como Jueza por Colombia del concurso “Una idea para cambiar la Historia” de History Channel.

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



## **Innovación y Creatividad: Hilo de Araña y Sus Aplicaciones**

**Gladis Miriam Aparicio, Facultad de Ciencias Básicas y Ambientales, Universidad**

**Autónoma de Occidente**

**22 octubre de 2019 11:30 am, EMAVI.**

### **Resumen**

La innovación es una acción continua a lo largo del tiempo y abarca diferentes campos del desarrollo humano, potenciando la generación de nuevas ideas, nuevos desarrollos o mejorando los ya existentes; para temas de innovación el hilo de araña de diversas especies ha sido bastante estudiado en los últimos años, debido a sus excelentes propiedades mecánicas y térmicas, resaltando buen grado de deformación, buena elasticidad y alta resistencia. La seda de araña es de naturaleza orgánica, compuesta de proteínas y en su estructura posee propiedades similares a hilos metálicos o poliméricos. El uso del Hilo de araña podría tener ventajas en algunas áreas del conocimiento como la medicina, la nanoelectrónica, el sector automotriz, el sector textil, en energías renovables y áreas afines. Trabajos realizados con hilos provenientes de arañas de la especie *Nephila Clavipes*, recolectados de su hábitat natural en el Vivero de la Universidad Autónoma de Occidente de Cali, han permitido desarrollar una nueva membrana conductora, cuya aplicación principal se centra en las baterías del estado sólido, haciéndolas más compatibles con el medio ambiente y aumentando su vida útil. Más allá de ver el hilo de araña como un desecho orgánico, podría ser un material multifuncional con aplicaciones potenciales de alcance internacional cuyo potencial impacta diferentes sectores industriales, entre los cuales se encuentran el militar, el sector médico, el sector eléctrico, etc.

## Introducción

Los Arácnidos son una clase de artrópodos quelicerados que están descritos en más de 70.000 especies. Son el grupo zoológico con mayor éxito después de los insectos y los vertebrados amniotas, la adaptación de esta especie ha logrado tal desarrollo que han llegado hasta el medio aéreo.

El hilo de araña de diversas especies ha sido bastante estudiado en los últimos años, debido a sus excelentes propiedades mecánicas y térmicas, resaltando buen grado de deformación, buena elasticidad y alta resistencia (Du, y otros, 2006, pág. 19). Varios estudios han mostrado que sus propiedades dependen en gran manera del sitio geográfico donde se encuentre la araña, la temperatura, el grado de hidratación, la forma de extracción y la rata de deformación del hilo (Du, y otros, 2006, págs. 24-27). Existen algunos reportes sobre sus propiedades térmicas, algunos autores como Cunniff (Ellison, y otros, 2002), han reportado la variación del diámetro de los hilos producidos por la especie *Néphila Clávipes* en función de la velocidad de extracción de éste, y los resultados se encuentran consignados en la tabla 1.

Velocidad de extracción (cm/s)	Diámetro medio ( $\mu\text{m}$ )	Diámetro mínimo ( $\mu\text{m}$ )	Diámetro máximo ( $\mu\text{m}$ )
1.5	2.45	2.19	3.01
3.1	4.49	3.97	4.85
6.1	3.60	2.23	5.36
12.2	4.31	2.95	6.29

**Tabla 1.** Diámetro de las fibras de hilo de araña *Néphila Clávipes* como función de la velocidad de extracción (Bruschi, y otros, 2010).

Otros autores se han centrado en el estudio de las propiedades mecánicas del hilo de araña y existe un buen conjunto de datos reportados por Zemlin (Cunniff P. , y otros, 1994), Denny (Frank y & Jovicic, 2004) y Work (Schneider, Herberstein, De Crespigny, Ramamurthy , & Elgar, 2000) los cuales se resumen en la tabla 2.

<b>Especie Arácnida</b>	<b>Hilo con extracción controlada (C). Hilo producido de forma natural (N).</b>	<b>Tenacidad (Mpa)</b>	<b>Alargamiento (%)</b>	<b>Módulo Inicial (GPa)</b>
Néphila Clávipes	C	972	18.1	12.7
	N	875	16.7	10.9
Argiope Aurantia	C	1350	20.0	9.7
	N	798	20.6	9.9
Néphila Cruentata	N	505	19.9	3.6
Parawixla Audax	N	504	21.2	3.1
Argiope Argentata	N	436	17.2	4.0
Valores Máximos	C/N	2042	39.7	31.8

**Tabla 2.** Resumen de las propiedades mecánicas para hilo de araña de diferentes especies, obtenidos por Zemlin (Cunniff P. , y otros, 1994) y (Calvert. , 1988).

## **Nephila Clavipes**

Concentrándose en la especie *Nephila Clávipes* debido a que es inofensiva y se encuentra en grandes cantidades en el Valle del Cauca, Colombia, se puede conocer que las arañas producen 7 tipos de hilos diferentes, dependiendo de la aplicación que va a tener dentro de la red o de su vivencia; en la fabricación de cada uno de los hilos intervienen diversas glándulas y proteínas en diferentes porcentajes, aspectos que han sido estudiados por D. Saravanan (Frank y & Jovicic, 2004) y se resumen en la tabla 3.

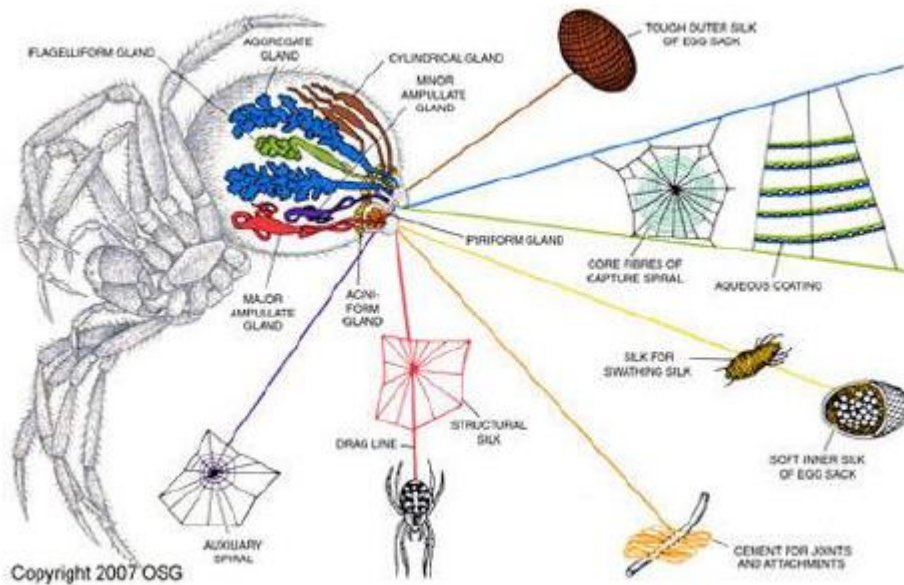
Entre todos los especímenes arácnidos, la *Néphila Clavipes* produce el hilo más resistente de todos, su estiramiento puede alcanzar un 135% de su tamaño original y su resistencia es tan alta que es 5 veces más resistente que el acero y ocho veces más resistente que el Nylon.

En cuanto a su anatomía, las hembras alcanzan tamaños de casi 5 cm en su cuerpo, sin tener en cuenta la envergadura de sus patas, el macho alcanza milímetro de tamaño y debido a esta condición, el macho debe vivir en la red que teje la hembra y alimentarse de lo que esta caza. Los machos están en mayor riesgo debido a su tamaño porque muchas veces son víctimas de la hembra una vez cumplen con su función reproductiva.

Tipo de Hilo	Glándula	Hilera Utilizada	Función	Composición de aminoácidos
Hilo de Arrastre	Ampolleta principal	Anterior/ Mediana	Marco de red, Radios	Glicina (37%), Alanina (18%), pequeñas cadenas (62%), polar (26%)
Hilo Viscoso	Flageliforme	Posterior	Capturar a sus presas, espirales centrales.	Glicina (44%), Prolina (21%), pequeñas cadenas laterales (56%), polar (17%)
Tipo pégame-nto	Agregado	Posterior	Captura de presas, Adhesión.	Glicina (14%), Prolina (11%), Cola polar (49%), pequeñas cadenas laterales (27%),
Menor	Ampolleta menor	Anterior/ Mediana	Marco de la red.	Glicina (43%), Alanina (37%) pequeñas cadenas laterales (85%), polar (26%)
Capullo	Cilíndrica	Mediana/ Posterior	Reproducción.	Serina (28%), Alanina (24%), pequeñas cadenas laterales (61%), Polar (50%)
Embala-je	Aciniforme	Mediana/ Posterior	Envolver la presa capturada.	Serina (15%), Glicina (13%), Alanina (11%), pequeñas cadenas laterales (40%), Polar (47%)
Adhesi-ón	Piriforme	Anterior	Adhesión	Serina (15%), cadenas laterales (32%), polar (58%)

**Tabla 3.** Hilos, Tipos de glándulas y sus funciones.

La resistencia del hilo de araña se debe básicamente a que cuando una glándula (figura 1) se activa, dispara el hilo en solución a través de varios orificios de tal manera que al salir se entrelazan formando a escala micrométrica lazos altamente resistentes.



**Figura 1.** Glándulas productoras de Hilo de Araña.

### **Aplicaciones del Hilo de Araña *Néphila Clavipes*:**

En cuanto aplicaciones se puede apreciar que en Madagascar se utilizó en la industria textil, con la elaboración un hermoso vestido (Figura 2) para el cuál utilizaron alrededor de 1200 especímenes con 80 personas haciendo recolección a diario del hilo durante 5 años y que en Japón se le dio uso en la industria musical cuando un empresario diseño las cuerdas para un violín a partir del hilo de araña (Figura 3) obteniendo sonidos más limpios y profundos.



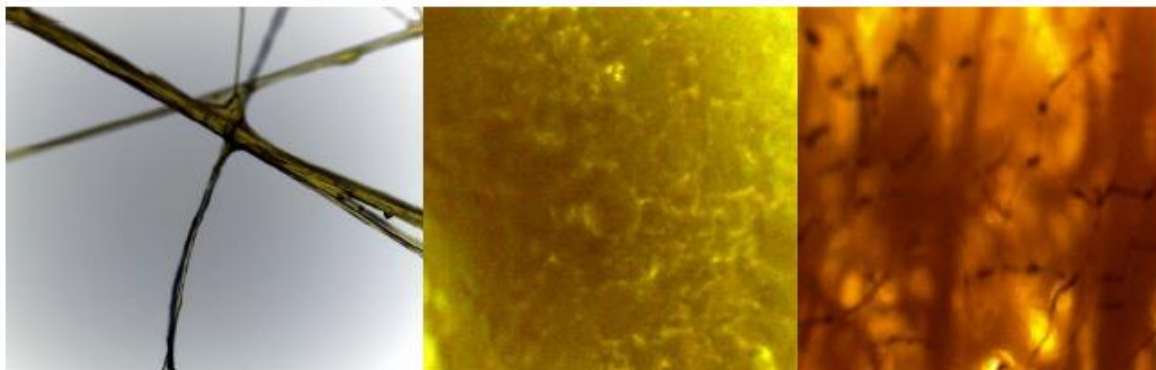
**Figura 2.** Vestido a base de Hilo de Araña de la araña especie Especie Nephila Clávipes.



**Figura 3.** Violín con cuerdas de hilo de Nephila Clavipes

En el año 2014 el introducir hilo de araña de la especie Néphila Clávipes en polímeros electrolitos, me otorgó el premio nacional al inventor colombiano en la categoría

investigación y el premio de la OMPI al mejor inventor. Los resultados mostraron que el hilo de araña mejora las propiedades mecánicas de las membranas y los valores de conductividad que se alcanzan son competitivos con los de las membranas más comercialmente utilizadas.



**Figura 4.** Hilo de araña ampliado 40 veces al microscopio, membranas conductoras con hilo de araña.

Entre las posibilidades de aplicación están la industria militar para chalecos antibalas, el sector agrícola para fotosíntesis artificial, el sector médico para regeneración celular.

## **Bibliografía**

- Cunniff, P., Fossey, S., Averbach, M., Song, J., Kaplan, D., & Adams, W. (1994). Mechanical and Thermal properties of Dragline Silk from the Spider *Nephila Clavipes*. *Polymers for Advanced Tecnologies*, 5, 401-410.
- Numata, K., Subramanian, B., Currie , H., & Kaplan, D. (2010). *Bioengineered Silk Proteinbased Gene Delivery Systems. Biomaterials. Vol. 30 (29),. 5775 - 5784.*
- Paletta, C., Huang,, D., Dehghan , K., & Kell, C. (1999). The Use of Tissue Expanders in Staged Abdominal Wall Reconstruction. *Annals of Plastic Surgery. Vol. 42, 259-265.*
- Simmons, A., Michal , C., & Jelenski., L. (1996). Molecular Orientation and Two-Component Nature of the Crystalline Fraction of Spider Dragline Silk. *Science., 271, 84-87.*
- Work., R. (1976). Force-Elongation Behavior of Web Fibers and Silks Forcibly Obtained from Orb-Web-Spinning Spiders. *Textile Research Journal, 46, 485 - 492.*



- Bisgaard, T., Bay Nielsen, M., Christensen, I., & Kehlet, H. (2007). Risk of Recurrence 5 Years or More After Primary Lichtenstein Mesh and Sutured Inguinal Hernia Repair. *British Journal of Surgery*, *94*, 1038–1040.
- Boussinesq, J. (1871). *Boussinesq, J. (1871). Théorie de l'intumescence liquide, appelée onde solitaire ou de translation, se propageant dans un canal rectangulaire* (Vol. 72). Comptes Rendus de l'Académie des Sciences.
- Bruschi, M., Pirri, G., Giuliani, A., Nicoletto, S., Baster, I., & Scorciapino et al. (2010). Synthesis Characterization, Antimicrobial Activity and LPS-Interaction Properties of SB041, a Novel Dendrimeric Peptide with Antimicrobial Properties. *Peptides*, *31*(8), 1459-1467.
- Calvert, P. (1988). *Encyclopedia Materials. Science engineering Biological Macromolecules*. Pergamon Press.
- Cunniff, P., Fossey, S., & Auerbach, M. (s.f.). Mechanical and Thermal Properties of Dragline Silk From the Spider *Nephila clavipes*. *Polymers for Advanced Technologies*, *5*, 19.
- Da Silva, A., Tabares, M., Politano, F., Coutinho, F., & Rocha, C. (1997). Polymer Blends Based on Polyolefin Elastomers and Polypropylene. *Journal of Applied Polymer Science*, *66*, 2005-2014.
- Du, N., Liu, X., Narayanan, J., Lian, L., Min Lim, M., & Li, D. (2006). Design of Superior Spider Silk: From Nanostructure to Mechanical Properties. *Biophysical Journal*, *91*, 4528-4535.
- Ellison, M., Abbott, A., Palmer, J., Lickfield, G., Marcotte, B., Latour, F., . . . Wood, A. (2002). Biomimetic Manufacturing of Fibers. National Textile Center Research Briefs. *Materials Competency: NTC Project: M98-CL05*.
- Franky, K., & Jovicic, J. (2004). Modeling of Mechanical Properties and Structural Design of Spider Web. *Biomacromolecules*, *5* (3), 780-785.
- Hayashi, C., Shipley, N., & Lewis, R. (1999). Hypotheses that Correlate the Sequence, Structure and Mechanical Properties of Spider Silk Proteins. *International Journal of Biological Macromolecules*, *24*, 271-275.
- Hinman, M. B., A., J. J., & Lewis, R. V. (2000). Synthetic Spider Silk: a Modular Fiber. *Trends Biotechnology*, *18*(N9), 374-379.
- Kaplan, D. L., Adams, W. W., Viney, C., & Farmer, B. L. (1994). Silk: Biology, structure, Properties and Genetics. En *In silk Polymers-Material Science and Biotechnology* (Vol. 544, págs. 2-16). Washington, USA: American Chemical Society.
- Kuwayama H, I. (2013). Biological soliton in multicellular movement. *Scientific Report*.
- Nagle, Saff y Snider. (2005). *Ecuaciones diferenciales y problemas con valor en frontera* (Cuarta ed.). PEARSON.
- Nicholson, J. (2006). *The Chemistry of Polymers* (3 Edition ed.). RSC Paperbacks.

- Schneider, J., Herberstein, F., De Crespigny, F., Ramamurthy, S., & Elgar, M. (2000). Sperm Competition and Small Size Advantage for Males of the Golden Orb-Web Spider *Nephila Edulis*. *Journal of Evolutionary Biology*, *13*, 939-946.
- Simmons, A., Ray, E., & Jelinsky, L. (1994). Solid-State <sup>13</sup>C NMR of *Nephila Clavipes* Dragline Silk Establishes Structure and Identity of Crystalline Regions. *Macromolecules*, *Vol. 27*, 5235–5237. .
- Tirrell, D. (1996). Putting a New Spin on Spider Silk. *Science*, *27*, 39-40.
- Venturelli, M., Uherek, P., Cifuentes, V., Folch, O., Felmer, E., & Valentin, H. (s.f.). Hernia Inguinal: Conceptos Actuales. Cuadernos de Cirugía (Valdivia). *Valdivia*. Obtenido de <<http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?script=s>
- Vollrath, F., & Knight, D. (2001). Liquid Crystalline Spinning of Spider Silk. *Nature.*, *410*, 541-548.
- Vollrath, F. (2000). Strength and Structure of Spiders' Skills. *Reviews in Molecular Biochtechnology*, *74*, 67-83.
- Xu, M., & Lewis, R. (1990). Structure of a Protein Superfiber: Spider Dragline Silk. *Proceedings of National Academy Sciences of the United States of America*, *87*, 7120-7124.
- Zemlin, J. (1968). Technical Report TR69-29-CM (AD684333), Us Army Natick Laboratories. Massachusetts.



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



# Hablando de Ciencia en EMAVI



Conferencia:

## "MUERTE DE UNA ESTRELLA"



Conferencista:  
Físico **JORGE ELIEGER MURILLO BALLESTEROS**

Organiza: **Depto Ciencias Básicas**

**08** agosto  
2019  
Jueves

10:00 horas  
Auditorio  
Walter Baer

## “MUERTE DE UNA ESTRELLA”



### **Perfil Profesional:**

Jorge Eliecer Murillo Ballesteros, físico de la Universidad del Valle.

Con amplia experiencia en docencia universitaria. En la actualidad se desempeña como Profesor de planta del Departamento de Ciencias Básicas de la Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suarez”, EMAVI, profesor hora catedra en el Departamento de física de la Universidad del Valle y de la Universidad Nacional de Palmira. Cuenta con 7 años como docente en la EMAVI.

Dentro de su trayectoria esta la labor docente en diferentes universidades de la ciudad de Cali, dentro de ellas está la Universidad Autónoma de Occidente.

# MUERTE DE UNA ESTRELLA

JORGE ELIECER MURILLO BALLESTEROS

## Resumen

En este documento pretende ilustrar la como es la evolución de una estrella hasta llegar a su “muerte”. Básicamente lo que se muestra es la evolución de una estrella masiva hasta llegar a convertirse en un agujero negro. Esta transición no se hace detalladamente, pues se necesitarían muchas páginas (libro) para ello. Las estrellas evolucionan como cualquier ser vivo; nacen, crecen, mueren y se reproducen. El fin último de una estrella masiva es un agujero negro, objeto exótico predicho por la teoría general de la relatividad de Einstein.

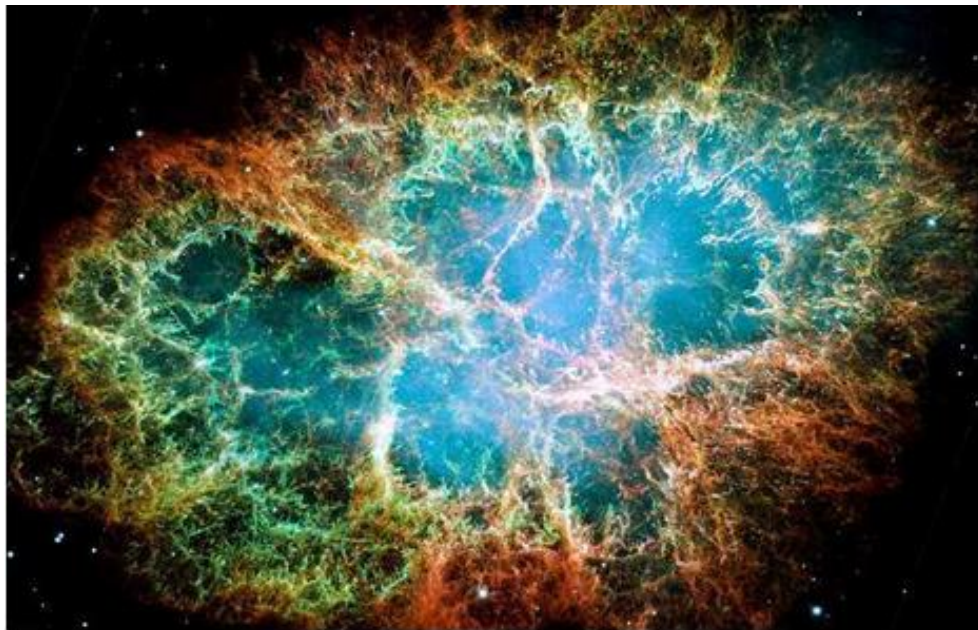
## Introducción

Los agujeros negros, estos exóticos objetos predichos por la teoría general de la relatividad de Einstein, han sido desde que se predijo su existencia objeto de múltiples especulaciones y estudio por la Astrofísica. Pero en realidad, ¿Qué es un agujero negro? Parafraseando a Stephen Hawking, *“Es una región del espacio tiempo donde la gravedad es tan fuerte que ni la luz puede escapar. Por lo tanto, aquella región que no emite radiación se ve negra”*. También se podría decir que es la última fase de una estrella masiva, es decir, la muerte de una estrella.

Para poder hablar de la muerte de una estrella, hay que hablar de su nacimiento. Una estrella tal como lo dijo Pumba en la película *el Rey león*, de Disney al responder a la pregunta lanzada por Timón, (*¿Qué son esas luces que brillan en cielo?*). “Son gases que se queman a millones de kilómetros de distancia de nosotros”.

### **Evolución estelar**

Una estrella se forma por el colapso gravitacional de nubes de gas y polvo, estas nubes de gas son llamadas *nebulosas*. Un ejemplo de estas es, la *Nebulosa Orión* y la *Nebulosa Cangrejo* entre otras. A las nebulosas también se les conoce como las *guarderías cósmicas*, pues ahí donde nacen y evolucionan las estrellas.



<https://www.astromia.com/fotouniverso/nebulosacangrejo.htm>

Fig. 1. La nebulosa del Cangrejo es un remanente de supernova. Se trata de los restos procedentes de la explosión de una estrella masiva que fue presenciada por astrónomos chinos y árabes en 1054. A la nebulosa del Cangrejo se la conoce también como M1, NGC 1952, Taurus A y Taurus X.

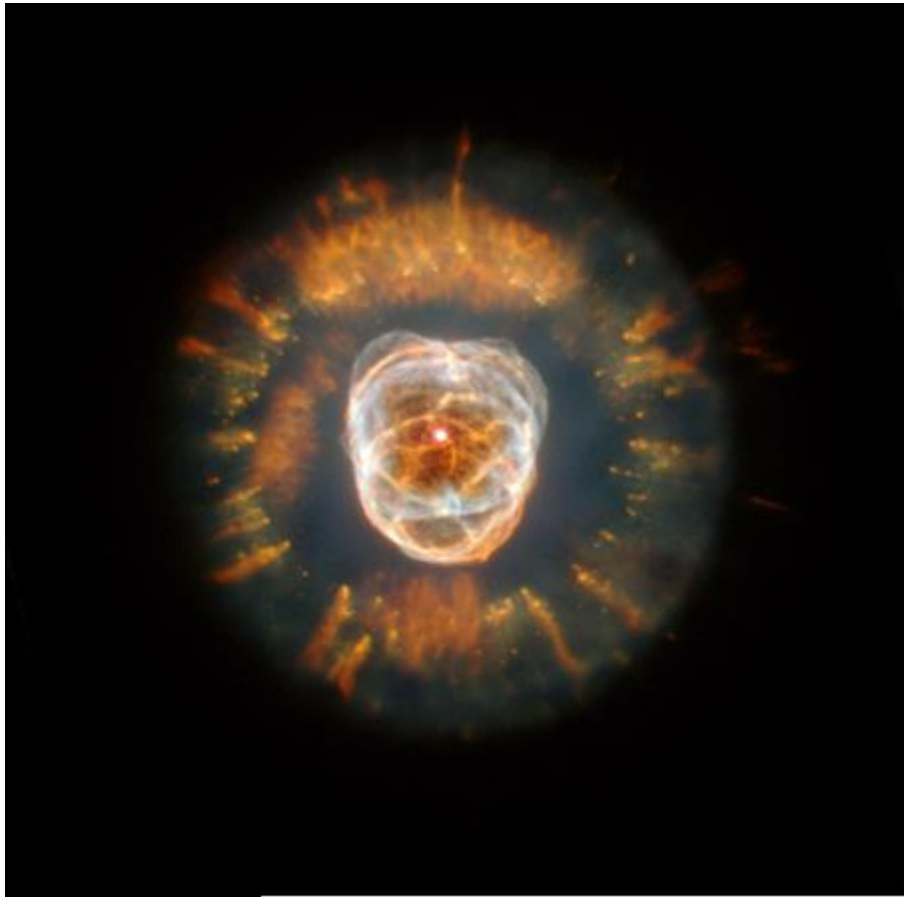
En estas grandes nubes errantes de gas y polvo, el gas no está uniformemente distribuido, es decir, existen pequeñas regiones donde hay mayor concentración de gas, por lo tanto, la gravedad empieza a realizar su trabajo. El gas empieza a precipitarse hacia aquel punto donde hay mayor densidad. Por conservación del momentum angular, esta nube empieza a girar alrededor de este punto. El colapso gravitacional hace que la densidad del gas siga aumentando, pero este colapso no es para siempre, va a llegar un momento en que la presión hacia el interior va a ser tan grande que la “nube” de gas se enciende. Es decir, el gas “*busca*” un mecanismo para mantenerse estable (contrarrestar el colapso gravitacional), y este es, el aumento de la temperatura. Se empiezan a dar reacciones termonucleares con liberación de energía. Esto es, el aumento de la presión al interior de la del gas colapsado hace que la “*estrella*” comience a brillar. Ya se tiene una protoestrella. Y es así como nace la estrella.

Este equilibrio entre el colapso gravitacional que trata de contraer la estrella (Big crunch) y el incremento de la temperatura, que trata de hacer explotar la estrella, permanece durante varios miles de millones de años. El tiempo que dura el equilibrio depende de la masa, de la estrella.

El mecanismo mediante el cual se mantiene el equilibrio en la estrella es la “quema de combustible”. Este combustible se obtiene al convertir hidrogeno en helio, esta es una reacción termonuclear. En esta reacción se fusionan cuatro núcleos de hidrogeno para obtener uno de helio. Esta reacción es una reacción exotérmica. Es decir, se libera energía calórica, es ahí donde se enciende la estrella y aumenta la presión hacia el exterior. En esta etapa es la que se encuentra nuestro sol. En una estrella que posea una masa como la de nuestro sol el proceso de nacimiento hasta que se forma la estrella puede durar alrededor de unos cien millones de años. Para una estrella cuya masa sea de unas quince veces la masa de nuestro sol, el tiempo se reducirá a unos cien mil años, esto debido al inmenso campo gravitacional quien es el responsable de acelerar el proceso.

A manera de conclusión hasta aquí se podría decir que el tiempo de vida de una estrella es inversamente proporcional a la masa de esta.





<https://images.app.goo.gl/9H42daeqQUt3X8GU6>

Fig. 2. Nebulosa planetaria: Nebulosa del esquimal

Una vez que todo el hidrogeno se ha convertido en helio, si la masa que dio origen a la estrella no es lo suficientemente grande (alrededor de unas ocho masas solares) empieza la etapa de quemar el helio y convertirlo en oxígeno y carbono. La estrella se convierte entonces en una gigante roja y se infla, (esta es la muerte que le espera a nuestro sol) en esta etapa el tamaño de la estrella supera en cientos de veces su tamaño original. Y expele su capa exterior dejando atrás un núcleo frio. Si este núcleo frio tiene una masa entre un décimo y un noveno de la masa del sol, entonces se

convierte en una enana blanca. La estrella se ha convertido entonces en una *nebulosa planetaria*. Es decir, una nebulosa planetaria es el cadáver de una estrella de una masa aproximada a la de nuestro sol. El proceso de convertirse en nebulosa planetaria tiene una duración unas cuantas decenas de miles de años.

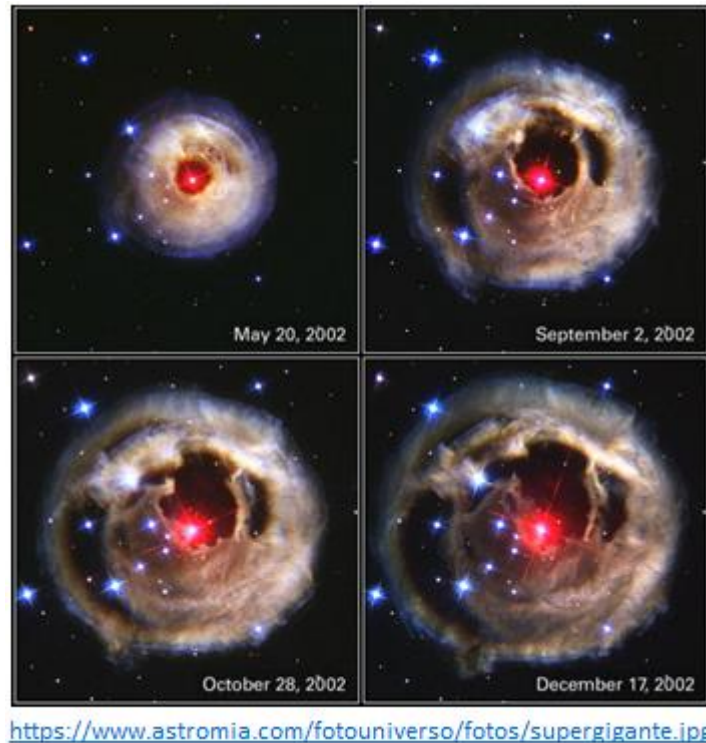


Fig. 3. Super gigante roja. El Telescopio Espacial Hubble ha obtenido estas imágenes del expansivo halo de luz que rodea a la estrella V838 Monocerotis, una supergigante roja bastante insólita. Se encuentra a unos 20.000 años-luz, hacia la constelación de Monoceros (el Unicornio). En plena explosión llegó a superar en 600.000 veces la luminosidad de nuestro Sol. De hecho, se transformó en una de las

estrellas más brillantes de toda la Vía Láctea, hasta que su brillo decayó de nuevo

Si la masa de la estrella supera cierto valor crítico (de un poco más de diez masas solares), el colapso gravitacional seguirá empujando la masa de la estrella hacia el centro de esta, para estabilizarse la estrella comienza otro ciclo de quema de combustible, ahora el combustible es el oxígeno y el carbono que se queman para dar origen al hierro y otros elementos más pesados. Dado que en el proceso de convertir carbono en hierro se absorbe energía, entonces la estrella evoluciona en una supergigante roja.

Si la masa de la supergigante roja es de unas quince masas solares, esta no podrá contrarrestar el tirón gravitacional (implosión) y se producirá una explosión para tratar de detener el colapso, esto debido a la presión de degeneración de los electrones. A esta explosión se le conoce como de explosión de “nova”. Lo que realmente sucede es que el núcleo de la estrella se ha contraído y ha quedado envuelto por una “cascara” o envoltura que es la que explota, arrojando grandes cantidades de materia y energía al espacio, quedando el núcleo desnudo de la estrella. A este núcleo se le llama *enana blanca*, y es una estrella visible a plena luz del día. Si la masa de esta enana blanca no es tan grande se enfriará y se convertirá en una nebulosa y este será su fin último.

Ahora bien, si la masa de la enana blanca sigue siendo “grande” (alrededor de 1.4 veces la masa de nuestro sol), a este valor de masa se le llama *límite de Chandrasekhar*, ya no hay nada que detenga el colapso gravitacional de la estrella, y se generara una estrella de neutrones de aproximadamente 10 km de radio que girara muy rápidamente y formara algo que se llamara *pulsar*.



<http://hubblesite.org/newscenter/newsdesk/archive/releases/2002/24/image/a>

Fig. 4. Púlsar de la [Nebulosa del Cangrejo](#). Esta imagen combina imágenes del [telescopio espacial Hubble](#) (rojo), e imágenes en rayos X obtenidas por el [Telescopio Chandra](#) (azul).

Entonces podemos decir que un pulsar es una estrella de neutrones que gira muy rápidamente. Si el núcleo de la estrella de neutrones es demasiado denso (una masa de entre 1.5 a 3.5 veces la masa

del sol, en un radio de aproximadamente 12 km), este colapsara y se formara un agujero negro, pero antes la estrella se deshace de su envoltura en una violenta explosión, llamada explosión de “supernova”, dejando al desnudo el agujero negro.

## **Agujeros negros**

Lo dicho anteriormente ilustra el ciclo de vida de una estrella masiva hasta formar un agujero negro. Hay que decir que el colapso gravitacional crea y genera un campo gravitacional tan intenso alrededor de la estrella de neutrones que hace que ni la luz pueda escapar de ahí, por lo tanto, hay que decir que lo que se observa una región oscura, donde antes existió una estrella. En palabras de Einstein, *Un agujero negro, es una región del espacio – tiempo, donde este se encuentra tan deformado (radio de curvatura muy grande), que ni tan siquiera a la luz le es posible escapar de ahí.*



Ilustración de un agujero negro. NASA / JPL

[https://www.elespanol.com/ciencia/investigacion/20170417/209229214\\_0.html](https://www.elespanol.com/ciencia/investigacion/20170417/209229214_0.html)

Fig. 5. Ilustración de un agujero negro

Un agujero negro se divide en dos partes: la región exterior y la región interior, la frontera que separa a estas dos regiones se llama el “*horizonte de sucesos*”. El horizonte de sucesos es el punto de no retorno una vez que este se cruza. Esto es, a una nave espacial que pudiera soportar el intenso campo gravitacional en las inmediaciones del agujero, le sería imposible dar vuelta atrás una vez que haya cruzado el horizonte de sucesos. Al radio del horizonte de sucesos se conoce como, *radio de Schwarzschild*.

De acuerdo con lo citado anteriormente, ¿si ni siquiera la luz puede escapar de la región donde se encuentra el agujero negro como podemos verlo? La respuesta a esta pregunta es muy sencilla, los agujeros negros se pueden observar de manera indirecta. Esto es, por los efectos que producen en sus inmediaciones. De acuerdo con observaciones se ha detectado que muchas estrellas forman sistemas binarios. Es decir, estrellas tienen una compañera y estas giran en torno a un punto común llamado *centro de masa*. Se han observado estrellas que giran en torno a un punto pero su compañera no es visible, de ahí que estos sistemas binarios fueron los primeros candidatos a albergar un agujero negro. Además de lo anterior, también se ha observado un abultamiento en el ecuador de estas estrellas, y esto se debe a un intenso campo gravitacional que “tira” se está estrella tratando de despedazarla.

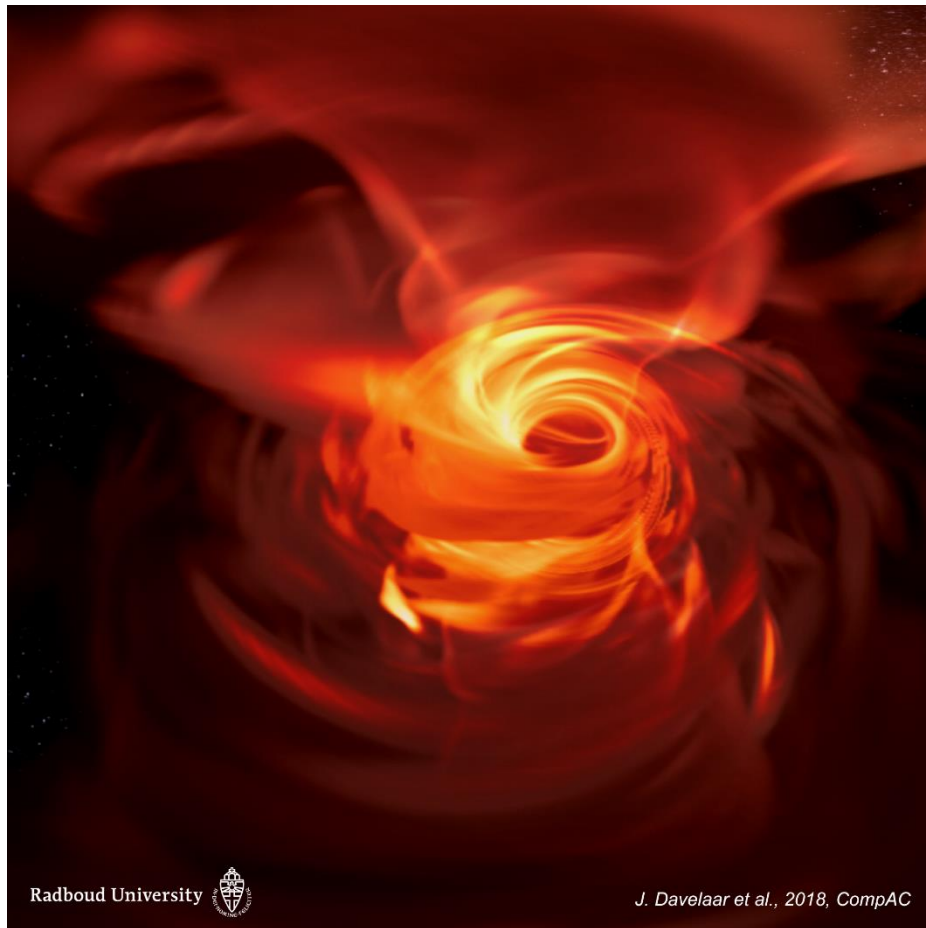


Fig. 6. Simulación de un agujero negro

También se han detectado en el espacio grandes cantidades de gas que se precipitan hacia una región a gran velocidad, emitiendo en esta carrera grandes cantidades de radiación electromagnética. Esta región hacia la cual se dirige el gas parece albergar un agujero negro.

Otra forma de “ver” un agujero negro es una espectacular predicción hecha por Stephen Hawking, la cual dice que un agujero negro no es tan negro, pues los agujeros negros radian. A esta radiación predicha por Hawking se conoce con el nombre de *radiación Hawking*.

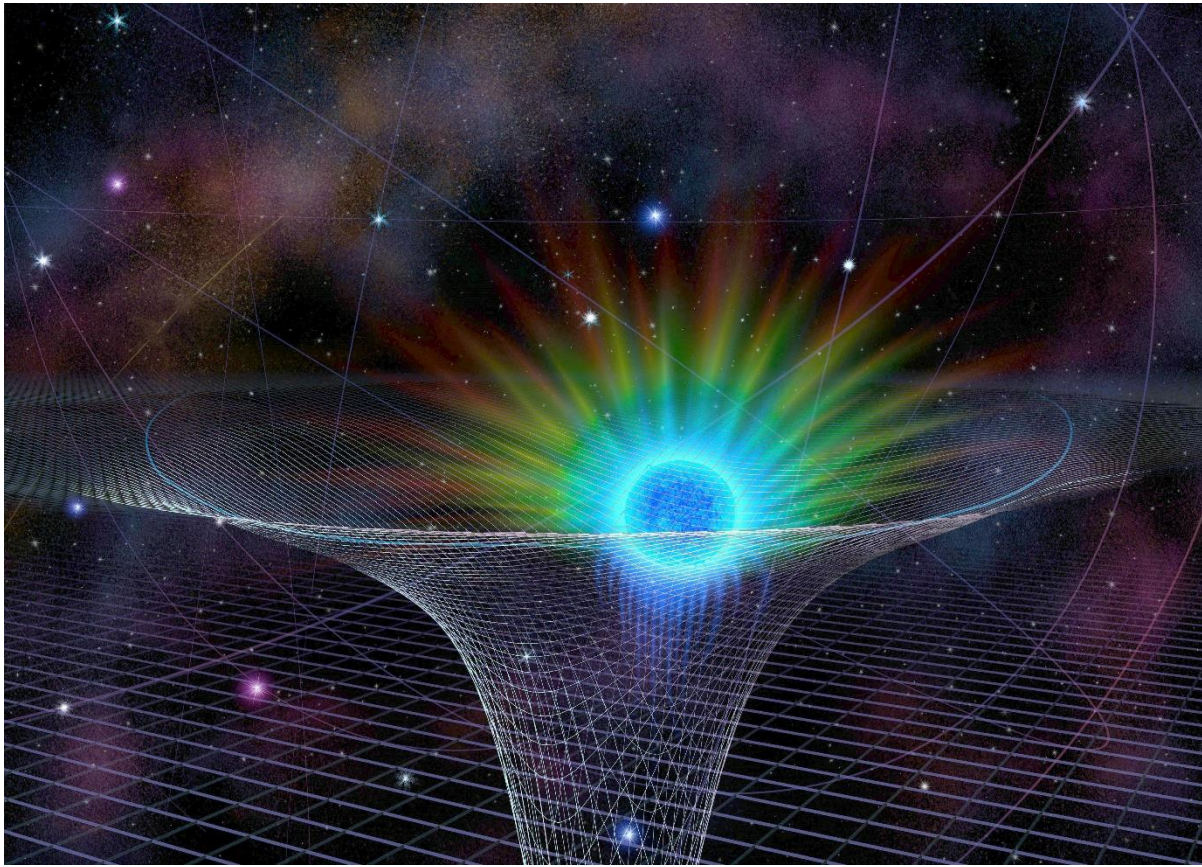


Fig. 7. Una estrella conocida como S0-2 (el objeto azul y verde en la representación de este artista) se acerca al agujero negro supermasivo situado en el centro de la Vía Láctea en 2018. Representación artística de Nicolle Fuller / National Science Foundation

La radiación Hawking, es un efecto netamente mecánico – cuántico, debido al intenso campo gravitacional en las inmediaciones del agujero negro. El espacio “vacío” alrededor del agujero negro fluctúa debido a la gran energía del campo gravitacional, estas fluctuaciones del vacío dan origen a partículas y antipartículas algunas de las cuales son absorbidas por el agujero y otras son expulsadas al exterior, pareciendo, así como si proviniesen o fueran expulsadas por el agujero.



Otras formas de cómo se puede detectar indirectamente un agujero negro es por medio de: *lentes gravitacionales* y *ondas gravitacionales*. Pero esto es parte de otro artículo.

## Conclusiones

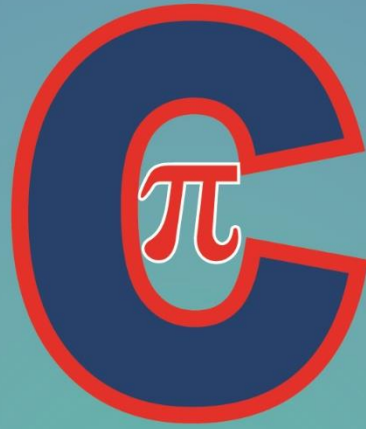
Las conclusiones más importantes serían

- Las estrellas son *entes vivos*, pues tienen un todo un proceso de evolución desde su nacimiento hasta su muerte
- El fin último de una estrella, así como su evolución depende de la masa.
- Las estrellas son los grandes hornos donde se *cocinan* los elementos químicos, pues es ahí donde a partir de reacciones termonucleares se convierte hidrógeno en helio, carbono y se crean elementos más pesados.

## . Referencias

- Logran fotografiar por primera vez el agujero negro del centro de nuestra galaxia. (2018, 28 febrero). Recuperado 13 agosto, 2019, de (Villareal, 2018/2019)
- Hawking, & Sanz, J. G. (2018). La teoría del todo: el origen y el destino del Universo. Buenos Aires, Argentina: Debate. (Hawking & Sanz, 2018)
- Hawking, S. W. (2002). El universo en una cáscara de nuez. Barcelona, España: Crítica.

- Hawking, S. W., & Pineda, E. (2008). Breve historia del tiempo / A Brief History of Time: Un Compañero Del Lector / a Reader's Companion. México, México: Editorial Planeta Mexicana Sa De cv. (Hawking & Pineda, 2008)
- Nebulosa del Cangrejo M1, NGC 1952. (s.f.). Recuperado 13 agosto, 2019, de (Taurus & Taurus, 1952 (s.f.) recuperado 2019)News Releases. (s.f.). Recuperado 13 agosto, 2019, de <https://hubblesite.org/news/news-releases>
- Un agujero negro supermasivo refrenda a Einstein. (s.f.). Recuperado 13 agosto, 2019, de [https://www.tendencias21.net/Un-agujero-negro-supermasivo-refrenda-a-Einstein\\_a45389.html](https://www.tendencias21.net/Un-agujero-negro-supermasivo-refrenda-a-Einstein_a45389.html)
- Relativistic redshift of the star S0-2 orbiting the Galactic center supermassive black hole. Tuan Do et al. Science, 16 Aug 2019:eaav8137. DOI: 10.1126/science.aav8137



*Hablando de  
Ciencia en  
EMAVI*

