

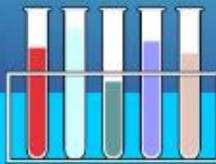


FUERZA AÉREA COLOMBIANA  
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN "MARCO FIDEL SUÁREZ"  
GRUPO ACADÉMICO



**C $\pi$**

*Hablando de  
Ciencia en  
EMAVI*



**Depto Ciencias Básicas**

## INTRODUCCION

“Hablando de Ciencia en EMAVI” se ha constituido en una de las estrategias fuertes que, desde las Ciencias Básicas, responden a la necesidad de integrar los cadetes con actividades propias de la academia, donde reciben información actual acerca de experiencias e investigaciones en temas de interés. Durante este semestre los temas tratados fueron los siguientes: Tecnología computacional para estimar y minimizar riesgos en las soluciones propuestas en un problema de ingeniería (Conferencia nacional, febrero 17 /2022). Avances de la física cuántica en Francia a principios del siglo 20 (Conferencia internacional, abril 21 /2022-Francia). Control biológico del mosquito *Aedes Aegypti*, vector que presenta mayor riesgo de transmisión de arbovirus causantes de enfermedades infecciosas tales como el dengue, Zika, Fiebre amarilla y Chikungunya (Conferencia nacional, mayo 19 /2022)

El evento es organizado por los profesores **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 Suarez”.

La conferencia “**EL USO DE LAS TICs COMO HERRAMIENTA PARA ANALIZAR EL COMPORTAMIENTO DE PARAMETROS EN PROBLEMAS PROPIOS DE LA INGENIERIA**”, a cargo del Doctor **OSWALDO RODRÍGUEZ DIAZ**, decano de la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad Autónoma de Occidente, se llevó a cabo con un total de 200 asistentes incluidos Alféreces, Cadetes y Docentes de EMAVI. Fue presentada por el mayor **JUAN CARLOS ZAMORA CRESPO**, jefe del Programa de

Ingeniería Mecánica-Grupo académico-Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suarez”. La conferencia muestra el uso de tecnología digital tal como GeoGebra, en simulaciones de modelos matemáticos que representan problemas propios de la ingeniería para determinar tendencias o comportamientos y realizar inferencia de las soluciones que resuelven dichos problemas en contextos más realistas.

La conferencia “**LOS ALBORES DE LA TEORIA CUANTICA**” a cargo del Doctora **MARTHA CECILIA BUSTAMANTE DE LA OSSA**, miembro del grupo “Histoire de sciences, histoire des textes” del laboratorio SPHERE (grupo de investigadores que trabajan acerca de Emile Borel), Université Paris, se llevó a cabo con un total de 192 asistentes incluidos Alféreces, Cadetes, docentes de EMAVI y docentes de la Universidad Autónoma de Occidente. Fue presentada por el mayor **JUAN CARLOS ZAMORA CRESPO**, jefe Programa Ingeniería Mecánica-Grupo académico-Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suarez”. La conferencia presenta de manera general el libro: *A l'aube de la théorie des cuanta. Notes inédites d'Emile Borel sur un cours de Paul Langevin au Collège de France (1912-1913)* [En los albores de la teoría cuántica...]. publicado en el año 2020. El libro gira alrededor de los análisis que se hicieron en Francia acerca de los trabajos de Max Planck sobre la radiación térmica (1900) y de Einstein sobre la estructura corpuscular de la luz (1906), que tuvieron lugar en el marco de una serie de cursos que fueron dictados por el físico Frances Paul Langevin en el Collège de France y el cuaderno inédito de notas de clase que perteneció al matemático Emile Borel, alumno de Langevin.

La conferencia “**LA TRANSMISION MATERNA Y LA INCOMPATIBILIDAD CITOPLASMATICA IMPERFECTAS OCASIONADOS POR LA BACTERIA WOLBACHIA EN EL MOSQUITO A. AEGYPTI**” a cargo de la Doctora **DORIS ELENA CAMPO DUARTE**, miembro del grupo “Modelamiento BioMatemático” MoBiMat, (centro de investigación conformado por ANOPI, GEADES, GIMS y el Programa de Vigilancia Epidemiológica del Dengue en Cali) Universidad Autónoma de Occidente-Universidad del Valle, Colombia, se llevó a cabo con un total de 156 asistentes incluidos Alféreces, Cadetes, estudiantes y docentes de la Universidad Autónoma de Occidente-Cali, docentes EMAVI. Fue presentada por el mayor **GUILLERMO ENRIQUE CASTELLANOS SANDOVAL**, jefe Sección Calidad Educativa- Grupo Académico-Grupo académico-Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suarez”. La conferencia presenta el mosquito *Aedes Aegypti* como el vector que presenta mayor riesgo de transmisión de arbovirus causantes de enfermedades infecciosas como el dengue, el Zika, la fiebre amarilla y el chikungunya y la bacteria simbiótica *Wolbachia* como un potencial mecanismo de control biológico para reducir la transmisión del dengue (World Mosquito Program) con el propósito de establecer estrategias óptimas de liberación de huevos y/o mosquitos adultos inoculados con la bacteria.

Los profesores DALILA VICTORA RINCON, SANDRA MILENA RAMOS ARTEAGA Y ALBERTO VELEZ RODRIGUEZ se complacen en presentar las memorias del evento “Hablando de Ciencia en EMAVI” en su versión 2022-1.

## **AGRADECIMIENTOS**

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

A los conferencistas, por su participación en las conferencias y la elaboración de los resúmenes extendidos que nutren las memorias.

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

A la señorita teniente ESTEFANIA SOTO CAÑAS, Coordinador Educativo Ciencias Básicas-Grupo académico-Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suarez”.

Mil gracias a todos.



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

GRUPO ACADÉMICO

PROGRAMA  
CIENCIAS BÁSICAS



# Hablando de Ciencia en EMAVI



Fuente: Ing. Elvira Niño, Departamento de Mecatrónica y Automatización, Email: enino@itesm.mx



[https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSHavsoG6RyXn9Sdm8mqDLdmQoIzOf\\_4YA8g&usqp=CAU](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSHavsoG6RyXn9Sdm8mqDLdmQoIzOf_4YA8g&usqp=CAU)



FIGURE 4. FLIGHT CONTROL SURFACES

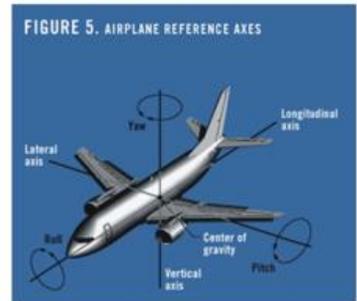


FIGURE 5. AIRPLANE REFERENCE AXES

Fuente: Ing. Elvira Niño, Departamento de Mecatrónica y Automatización, Email: enino@itesm.mx

Conferencia:  
**"EL USO DE LAS TICs COMO HERRAMIENTA PARA ANALIZAR EL COMPORTAMIENTO DE PARAMETROS EN PROBLEMAS PROPIOS DE LA INGENIERIA"**

Conferencista: **DR. OSWALDO RODRIGUEZ DIAZ**

Enlace: <https://lobby.sar.ruav.edu.co/#/445XXVV35H6U>



**17** febrero 2022  
jueves 10:00 horas

**“EL USO DE LAS TICs COMO HERRAMIENTA PARA ANALIZAR EL  
COMPORTAMIENTO DE PARAMETROS EN PROBLEMAS PROPIOS DE LA  
INGENIERIA”**



**Dr. Oswaldo Rodríguez Díaz**

**Universidad Autónoma de Occidente-Cali**

Matemático, Universidad del Valle.

Especialista en Sistemas de Información, Universidad del Valle.

Especialista en Educación Virtual, ILCE – CUAO, México

Magíster en Ciencias Computacionales, ITESM – UNAB, México – Colombia.

Profesor del MEN con plaza Nacional. Seis (6) años

Profesor Hora cátedra en la Universidad del Valle. Cinco (5) años.

Pontificia Universidad Javeriana de Cali. Profesor por ocho (8) años.

Escuela Militar de Aviación “Marco Fidel Suarez”. Pensionado después de veinte (20) años de servicio.

Universidad Autónoma de Occidente, con treinta tres (33) años de servicio como profesor de matemática, jefe del departamento de matemáticas y estadística y actualmente el Decano de la Facultad de Ciencias Básicas.

Autor de libros textos y de capítulos de libros, editor de libros para editoriales reconocidas, con varias publicaciones tipo artículos en revistas nacionales e internacionales.

Línea de interés: La Modelación y la simulación, la Educación Matemática y Tecnología, la evaluación formativa.

Par Académico del CONACES.

Proyecto conjunto MEN – UAO, denominado Plan Padrino.

Miembro fundador del Instituto GeoGebra Cali y de OMUS (Olimpiadas Matemáticas Universitarias del Suroccidente colombiano) en conjunto con colegas de cuatros universidades.

Integrante permanente del Seminario Math Problem Solving (MPS) con el CINVESTAV de México.

# “EL USO DE LAS TICS COMO HERRAMIENTA PARA ANALIZAR EL COMPORTAMIENTO DE PARÁMETROS EN PROBLEMAS PROPIOS DE LA INGENIERÍA”

**Autor(es)\* Oswaldo Rodríguez Díaz**

## **Resumen**

En este artículo se mostrará, cómo se pueden hacer simulaciones de modelos matemáticos para problemas propios de la ingeniería que se representan con problemas de valor inicial y así poder hacer inferencias, tendencias o comportamiento de las soluciones de estos problemas en contextos más realista usando las herramientas que brinda GeoGebra (CAS, deslizadores, etc.), adicionalmente cómo este software de geometría dinámica permite potenciar la dinámica de las clases, desde lo que ofrece como parte de la mochila digital hasta aplicaciones y experiencias concretas en temas relacionados con ecuaciones diferenciales.

Por otro lado, El aprendizaje de las matemáticas se ha convertido en uno de los cuellos de botella de la educación escolar, el cual tiene diversas propuestas de solución, una es GeoGebra que genera motivación hacia el aprendizaje de las matemáticas mediante representaciones digitales que tienen la capacidad de hacer visible lo que es difícil de ver e imposible de imaginar, por lo tanto, la idea es cómo aprovechar las construcciones con este recurso para explicitar los conceptos matemáticos inmersos al integrar lo geométrico, algebraico y numérico entre otros.

**Palabras clave:** Ecuaciones Diferenciales, Mochila digital, Simulaciones.

---

\* Oswaldo Rodríguez Díaz, matemático, especialista en sistemas de información y en Educación Virtual, Magister en Ciencias computacionales, pensionado de la Fuerza Aérea Colombiana y Decano de la Facultad de Ciencias Básicas de la Universidad Autónoma de Occidente.

## **Introducción y contenido.**

En las últimas cuatro décadas la tecnología ha transformado drásticamente gran parte de las dinámicas de la sociedad y las propias habilidades humanas (Tall, 2013). La enseñanza de las matemáticas, aunque no al mismo ritmo, no ha sido la excepción. Se ha venido experimentando una revolución de las estrategias didácticas que acercan con mayor notoriedad la ciencia y los estudiantes a las TIC, lo que ha conllevado a que tomar conciencia de que “Lo verdaderamente importante vendrá a ser su preparación para el diálogo inteligente con las herramientas que ya existen, de las que algunos ya disponen y otros van a disponer en un futuro que ya casi es presente” (De Guzman , 2007).

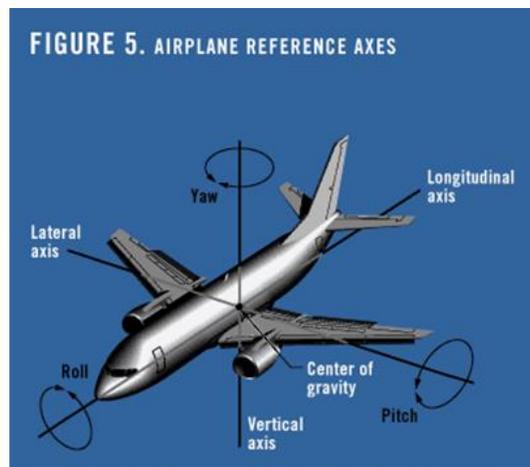
En la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas se mantiene una tensión entre la enseñanza desde lo clásico o tradicional y la mediada con tecnología, al respecto (Harel, 2008, pág. 265) plantea lo siguiente: ¿Por qué enseñamos el algoritmo de la división largo, la fórmula cuadrática, técnicas de integración, y cosas como esas, cuando uno puede realizar operaciones aritméticas, resolver muchas ecuaciones complicadas, e integrar funciones complejas de modo rápido y preciso utilizando tecnología electrónica?, las respuestas típicas que dan los profesores a estos cuestionamientos tienen diversos matices, desde los que reclaman el rigor, los que dicen que siempre se ha hecho así y además muchas generaciones se han formado de esa manera, o se debe hacer así porque se puede dar el caso que no se tenga tecnología o esta falle, o son problemas típicos que se necesitan para resolver problemas del mundo real. En estas respuestas predominan más lo social en el sentido que se debe preparar a los estudiantes para poder usar las matemáticas no solo para los problemas académicos sino también para los propios de la vida diaria, pero estas respuestas no tienen una justificación ni cognitiva ni epistemológica. En la historia de la humanidad, el hombre siempre ha usado

herramientas para calcular y aproximar, desde la regla de cálculo hasta las calculadoras algebraicas de hoy en día, pero son herramientas para hacer cálculo, aproximar la solución de un problema con mayor precisión y por qué no, analizar su comportamiento dado que éstas permiten hacer representaciones matemáticas complejas de muchos modelos o problemas. En (steen, 1998, págs. 7-16), la matemática, desde el punto de vista común, es una disciplina estática basada en fórmulas aprendidas en la aritmética, geometría, álgebra y cálculo, pero fuera de ella continúan creciendo donde la pauta no son los cálculos ni las fórmulas sino la búsqueda abierta de patrones. Desde esta perspectiva, las TICs permiten hacer gráficas con un alto grado de detalle, en el descubrimiento patrones, puede por qué no validar sus propiedades gracia a la potencia que ellas tienen. En el caso de la geometría, según (Klein, 1968), la reactivación y asimilación de las matemáticas de los griegos dieron lugar en el siglo XVI al desarrollo del álgebra simbólica de Vieta, y por medio de la geometría analítica, los matemáticos resolvieron los problemas geométricos al reducirlos a ecuaciones algebraicas (regla y compás es equivalente a ecuaciones algebraicas), lo anterior implicó el papel fundamental del algebra simbólica y por ende el de las TIC equipadas con cálculos simbólicos dado que permitieron hacer cálculos muy complejos, pero estas tecnologías generaron tensiones en el sentido que se deben usar con prudencia (Kaput & Hegedus, 2003) porque pueden privar al estudiante de la oportunidad de desarrolla uno de los modos matemáticos más importante de pensar, la invariancia algebraica.

La idea principal es considerar un problema del quehacer profesional de un ingeniero donde uno de los principales es poder controlar los parámetros propios del problema, para hacerlo se usa la modelación matemática y aprovechando la tecnología digital se podrá simular y hacer inferencias o implicaciones de cambiar los valores de dicho

parámetro. En nuestra vida diaria siempre tenemos sistemas de control, se controla la temperatura y la humedad de casas y edificios, se controla que un auto o un avión se mueva de un lugar a otro en forma segura, en la industria se controla un sinnúmero de variables en los procesos de manufactura, control de calidad de los productos manufacturados, líneas de ensamble automático, control de máquinas-herramienta, tecnología espacial y sistemas de armas, control por computadora, sistemas de transporte, sistemas de potencia, robótica y muchos otros.

Un ejemplo en la parte aeronáutica es poder controlar todas las superficies de un avión en pleno vuelo como se puede ilustrar en las siguientes figuras.



Fuente: Ing. Elvira Niño. Departamento de Mecatrónica y Automatización. Email: enino@itesm.mx

Al tener un modelo matemático como la representación de un problema propio de la ingeniería, se podrá abordar para el análisis de su solución de la siguiente manera:

- Solución analítica. En este camino permite usar la potencia de la matemática para la solución algebraica del problema y poder hacer análisis de acotar los parámetros.

- Solución con tecnología (GeoGebra). Permite encontrar esa solución analítica de una manera más rápida usando los comandos respectivos.
- Usando Campo de dirección. Este tipo de solución permite resolver el problema de manera gráfica aprovechando el concepto de campo de dirección y así implementarlo con tecnología para poder cambiar los parámetros y observar cómo se comporta el modelo.
- Métodos numéricos. Este camino nos permite aproximar la solución de una manera más fina para estimar el valor numérico de un parámetro.
- Análisis Cualitativo. Esta opción es mucho más técnica y permite usar las propiedades del análisis cualitativo para que desde la matemática se puedan identificar y validar tendencias y así encontrar los puntos críticos.

Con este artículo se pretende motivar a los estudiantes para hacer proyectos lo más reales posible que se puedan analizar con las herramientas digitales para controlar parámetros, a manera de ejemplo se le deja al lector la modelación de una tobera y poder controlar la temperatura o el flujo de circulación.



[https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSHavsoG6RyXn9SdmBmqDLdmQoJz0f\\_4YA8g&usqp=CAU](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSHavsoG6RyXn9SdmBmqDLdmQoJz0f_4YA8g&usqp=CAU)



[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/6f/Rocket\\_nozzle\\_V2.jpg/1200px-Rocket\\_nozzle\\_V2.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/6/6f/Rocket_nozzle_V2.jpg/1200px-Rocket_nozzle_V2.jpg)

## **Agradecimientos.**

Al equipo organizador de este espacio porque son necesarios por poder hacer divulgación científica.

## Bibliografía

- De Guzman , M. (2007). Enseñanza de las ciencias y matemática. *Iberoamericana de Educacion*(43), 19-58.
- Harel, G. (2008). What is mathematics? A pedagogical answer to a philosophical question In B. Gold & R. Simons (Eds.). *Proof and other dilemmas: Mathematics and philosophy*.
- Kaput, J., & Hegedus, S. (2003). The effect of SimCalc connected classrooms on student's algebraic thinking. In N. A. Pateman, B. J. Dougherty & J. Zilliox (Eds.) *Proceedings of the 27th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*. En U. o. College of Education (Ed.). Honolulu, Hawaii, U.S.A.
- Klein, J. (1968). *Greek mathematical thought and the origin of algebra* (E. Brann, Trans.). Cambridge, MA Massachussets: Mit Press. (original work published 1934).
- Nagle, Saff, & Sneider. (2005). *Ecuaciones diferenciales y problemas con valor en frontera* (Cuarta ed.). PEARSON.
- steen, L. (1998). *La enseñanza Agradable de las matemáticas*. Mexico, Mexico: Limusa.
- Tall, D. (2013). The Evolution of Technology and the Mathematics of Change and Variation: Using Human Perceptions and Emotions to Make Sense of Powerful Ideas. In S. J. Hegedus & J. Roschelle (Eds.), *The SimCalc Vision and Contributions: Democratizing Access to Important*. (S. Hedeus, & J. Roschelle, Edits.) *The SimCalc Vision and Contributions: Democratizing to Important Mathematics*, 449-461.

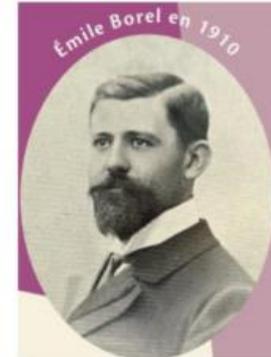


FUERZA AÉREA COLOMBIANA  
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN  
"MARCO FIDEL SUÁREZ"

GRUPO ACADÉMICO

PROGRAMA  
CIENCIAS BÁSICAS

# Hablando de Ciencia en **EMAVI**



Conferencia:

## "LOS ALBORES DE LA TEORÍA CUÁNTICA"

Conferencista:

Doctora MARTHA CECILIA BUSTAMANTE DE LA OSSA

Enlace:

<https://lobby.sar.ruav.edu.co/#/49SO4RW1BH46>



**21** abril  
jueves  
2020  
10:00  
horas



## “EN LOS ALBORES DE LA TEORIA CUANTICA”



**Doctora Martha Cecilia Bustamante de la Ossa**

**Université Paris, Francia**

Licenciada en Física, Universidad Pedagógica Nacional de Bogotá

Máster en astrofísica, Université Paris 7 Denis Diderot

Máster en Historia y epistemología de la ciencia, Université Paris 7 Denis Diderot

Doctora en Historia y epistemología de la ciencia, Université Paris 7 Denis Diderot

Post doctorado, Laboratorio de l'Accélérateur Linéaire d'Orsay, Université Paris-Orsay

Especialización en historia y epistemología de la física contemporánea (siglos 19 y 20).

Actualmente, investigadora en el Laboratorio SPHERE (UMR 7219-CNRS-Université Paris)

## Sus trabajos

M. C. Bustamante ha hecho investigaciones sobre los orígenes, primero de la física de los rayos cósmicos, luego de la física nuclear y de partículas, disciplinas que se desarrollaron después del descubrimiento del átomo en 1910 por el físico químico francés Jean Perrin. M. C. Bustamante ha hecho investigaciones históricas sobre los estudios relativos a la estructura interna de la materia, en particular sobre el descubrimiento de las primeras partículas elementales (década de 1930). Actualmente trabaja sobre uno de los temas que las problemáticas anteriores conllevan: el desarrollo de la teoría cuántica en Francia en la primera mitad del siglo 20. Las investigaciones que hace implican una articulación entre historia de la física (teórica y matemática) e historia de manuscritos científicos. Ha encontrado y analizado varios manuscritos inéditos de físicos y matemáticos franceses de principios del siglo 20. En 2002, el Centro National du Livre, le otorgó una "Bourse de découverte" (beca por el descubrimiento de un manuscrito del matemático Emile Borel). En 2020 publicó el libro: *A l'aube de la théorie des quanta. Notes inédites d'Emile Borel sur un cours de Paul Langevin au Collège de France (1912-1913)* [En los albores de la teoría cuántica...]. En 2021 L'Académie des Sciences, le otorgó el premio Paul Emile Bluetet por todos sus trabajos y en especial por el libro que acababa de publicar. Tiene 30 publicaciones internacionales: artículos, capítulos de libro y dos libros. Dicta cursos a nivel de doctorado y dirige estudiantes, de física y matemáticas, aspirantes a tener el diploma de doctorado. Hace y organiza continuamente conferencias y seminarios. Forma parte del grupo "Histoire de sciences, histoire des textes" del laboratorio SPHERE, et de un grupo de investigadores que trabajan sobre Emile Borel

## “EN LOS ALBORES DE LA TEORIA CUÁNTICA”

**Notas inéditas de Émile Borel sobre un curso de Paul Langevin en el Colegio de  
Francia (1912-1913)**

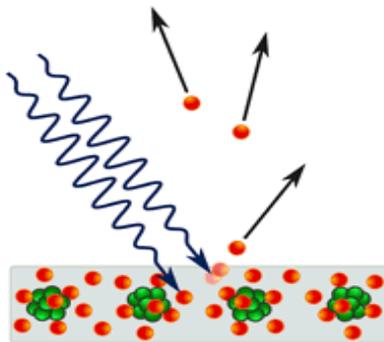
*Martha Cecilia Bustamante De La Ossa*

*Laboratoire SPHERE (UMR 7219-CNRS et Université de Paris)*

*Paris, Campus Grands Moulins, France*

*Courriel : [mcbusta@univ-paris-diderot.fr](mailto:mcbusta@univ-paris-diderot.fr)*

**“LA NATURALEZA ENGAÑA, PERO NO MIENTE “  
(M. C. Bustamante)**



*Efecto fotoeléctrico. Ejemplo de un fenómeno cuántico.*

*Para: “Hablando de ciencia en EMAVI “, 21 abril 2022*

## Resumen

Presento en esta conferencia algunos aspectos relacionados con mi libro publicado en francés en el 2019-2020. Este libro tiene capítulos muy técnicos que no serán desarrollados aquí. Me limito a presentar problemáticas generales. El todo está relacionado con los orígenes de la teoría cuántica, física que con la relatividad constituyó una verdadera revolución en el pensamiento científico moderno.

**Palabras claves:** radiación térmica, cuanta, probabilidades



## EN LOS ALBORES DE LA TEORÍA CUÁNTICA

Notas inéditas de Émile Borel sobre un curso de Paul Langevin en el Colegio de Francia (1912-1913). Este libro fue publicado en francés en el 2019-2020, en Europa por «Brepols», casa editora asociada a la Academia Internacional de historia y Filosofía de la ciencia. Resultado de varios años de investigación, este libro concretiza una

articulación compleja de varias disciplinas: historia de la física, historia de la cultura, historia de textos (manuscritos y documentos científicos). Esta articulación la hizo posible la evolución reciente de esas disciplinas: la historia de la física, reservada antes al solo estudio de las teorías y los conceptos científicos empezó a darle importancia, de un lado, a la idea de que los conceptos científicos evolucionan en función de los contextos culturales, de otro lado, a la escritura científica tal cual se ve a través del análisis de los “borradores” y todos los documentos que hacen parte de la esfera privada del científico. Cada una de estas disciplinas abrió sus fronteras y a través de ello surgieron cuestionamientos y por ende análisis nuevos.

Aquí no voy a presentar el libro en forma detallada. Voy a tratar solo los puntos siguientes:

- I. De cual teoría cuántica se trata
- II. La teoría cuántica de M. Planck (aspectos generales-una física que revolucionó)
- III. Los protagonistas (personas e instituciones en Francia)
- IV. Una libreta de notas
- V. Comentarios finales

I. A partir de la siguiente aclaración puede uno comprender de que trata el libro.

La Teoría cuántica y la teoría de la relatividad (restringida y general-gravitación) son los pilares de la ciencia contemporánea. Son dos grandes teorías científicas que fueron formuladas en la primera mitad del siglo XX. En el libro no se habla de teoría de la relatividad, esta física interviene evidentemente, pero solo en forma muy puntual

(Velocidades relativistas. Transformaciones del tiempo y el espacio). En el libro se habla de teoría cuántica, concretamente de una “cierta teoría cuántica”. Cuando se habla de teoría cuántica, se habla de “un todo” que gira alrededor del concepto de “quanta” (discontinuidad que está relacionada con la “energía”: Estructura granular de la energía). Históricamente la mención “teoría cuántica” implica varias etapas:

- Teoría cuántica de la radiación (M. Planck, 1900) [radiaciones de los cuerpos]
- Teoría cuántica del átomo (N. Bohr, 1913)
- Mecánica ondulatoria (L. de Broglie, 1924) [síntesis: luz y materia]
- Mecánica cuántica (W. Heisenberg, 1926) [Ecuaciones del movimiento de los sistemas de puntos materiales]
- Electrodinámica cuántica (W. Heisenberg, W. Pauli, 1929) [T. cuántica y relatividad. Enormes dificultades técnicas, invención de nuevo formalismo matemático].

Estas etapas históricas de la física cuántica no aparecen en el libro. Los temas tratados en este están relacionados con los orígenes mismos de esta física cuántica: En el libro se habla de la “Corriente cuántica” y de su desarrollo en Francia. Esto cubre desde el punto de vista temporal un período que va de mediados del siglo XIX- al comienzo de la Gran Guerra (mundial 1914-1918).

II. Esta fue una física, teórica y experimental a la vez, que estudiaba la Emisión de calor y de luz por la materia. Se concretizó en una serie de leyes formuladas en momentos diferentes (segunda mitad del siglo XX). Cada una de estas leyes tiene su propia historia.

Ley de Kirchhoff:  $I_v = E_v / A_v$

es una relación entre dos procesos: la emisión (E) y la absorción (A) de radiaciones por los cuerpos materiales. Esta ley es universal. El fenómeno no depende de la naturaleza del cuerpo solo de la temperatura (T)

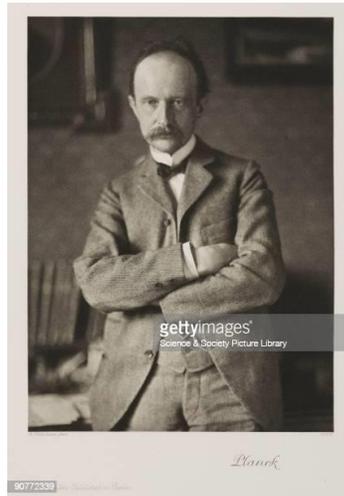
- Ley de Stefan-Boltzmann:  $u = a T^4$

El poder emisivo total del cuerpo [negro] es proporcional a la cuarta potencia de la temperatura absoluta (T)

- Ley de Wien:  $u_v = \nu^3 F(T/\nu)$

Da la distribución de la energía entre las diferentes frecuencias ( $\nu$ )

Esta corriente de investigación alcanza un momento culminante en 1900 con los trabajos de Max Planck en Alemania.



### Max Planck (1858-1947)

Planck propone en 1900 una teoría sobre la radiación térmica y concretamente la ley:

$$u_\nu = (8\pi h\nu^3 / c^3) \cdot 1/e^{h\nu/kT} - 1$$

$E = h\nu$  (paquete de energía);  $h$ : constante de Planck,  $c$ : velocidad de la luz

Contiene y completa las leyes anteriores

- La teoría-ley de Planck
- Es la que marca el momento fundamental. ¿Por qué?

Primero ella resuelve un problema que se tenía en la época: “Catástrofe ultravioleta”.

Las leyes anteriores llevaban en última instancia a la idea de que los cuerpos eran visibles aún de noche, faltaba algo porque eso no era lo que muestra la experiencia.

La ley de Planck resuelve esa contradicción.

Segundo la ley de Planck, es una ley probabilista. Para obtenerla Planck tuvo que pensar en términos de estadística y no solo eso: tuvo que modificar la estadística que había sido formulada por Boltzmann en su estudio sobre los gases (teoría cinética).

Tercero es una ley que contiene un concepto nuevo: concepto de quanta, cuanta de energía, paquete de energía, la energía se absorbe y se emite no en forma continua sino en forma discontinua.

Cuando Planck propone su teoría en 1900, él no se dio cuenta que estaba revolucionando la física.

- La “discontinuidad”: un artificio matemático.

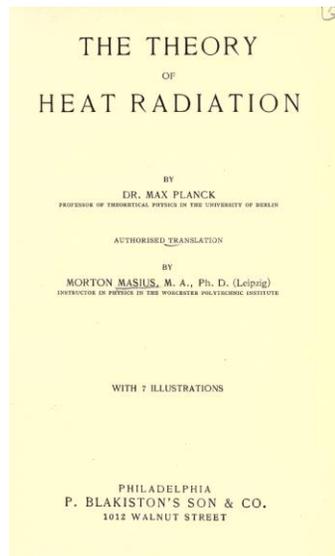
Modificación relacionada con la estadística de Boltzmann.

Publicó sus artículos en una revista alemana<sup>1</sup> y dejó a un lado la investigación sobre el tema. Profesor de física en Berlín, él comenzó a redactar un libro en el cual presenta los cursos que había y seguía haciendo sobre la radiación térmica, sobre los “rayos caloríficos”. Estos cursos los hacía como experto en termodinámica y en teoría electromagnética.

. Varias teorías electromagnéticas existían. El utiliza la teoría del inglés, James Clerk Maxwell.

---

<sup>1</sup> Planck [1900]



El libro de Planck es hoy en día un clásico de la literatura científica<sup>2</sup>

**Un comentador del trabajo de Planck (en 1906):**

Paul Ehrenfest, fisicomatemático (Viena). Uno de los Interlocutores predilectos de Einstein. Uno de sus amigos más próximos.

Por su origen judío. Le fue imposible integrar el medio académico europeo, emigró a Russia.

---

<sup>2</sup> Planck [1906, version Alemana]



Paul Ehrenfest (1880-1933)

Analizó con mucho rigor y detalle los razonamientos de Planck<sup>3</sup>. Su motivación principal:

- Comprender la paradoja que representa la Teoría de Planck:  
Hace coexistir continuidad y discontinuidad (teoría electromagnética-quantum)  
  
Ehrenfest hace sus análisis en términos de probabilidades (habla de “peso estadístico” y otras nociones...). Alumno de Boltzmann, era especialista de “mecánica estadística”.
- Su conclusión fue definitiva:
- La noción de discontinuidad introducida por Planck es una necesidad.
- La teoría física no puede pasarse de ella
- De hecho, en 1905 Einstein propone la teoría del efecto fotoeléctrico (efecto cuántico por excelencia).

---

<sup>3</sup> Ehrenfest [1911]

1911. La comunidad científica de la existencia de la teoría de la radiación térmica de Planck. Tuvo lugar un congreso científico sobre el tema: « Conseil Solvay » : *La théorie du rayonnement et les quanta*.<sup>4</sup>



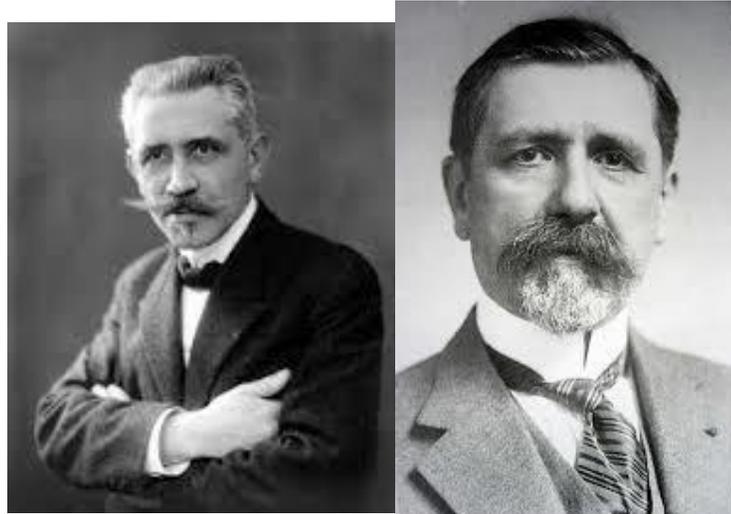
Langevin (de pié, primero a la derecha) seguido de Einstein. Poincaré (sentado a la derecha) seguido por Marie Curie. La crema y nata de la ciencia europea estaba presente Francia y Alemania: los países más representados Anton Lorentz presidió. 20 invitados se reunieron en un hotel de lujo en Bruselas (30 octubre- 3 noviembre) para “Hablar de física”. Hubo una toma de conciencia de que “Algo” estaba pasando en la física. El concepto de quanta está cambiando todo. Paul Langevin: Uno de los activos en las discusiones, era un conocedor excepcional de la nueva física. Esta mención nos permite hablar de quienes fueron los protagonistas de esta física en Francia

---

<sup>4</sup> Bustamante [2012]

### III. Paul Langevin, Físico (teórico y experimentador)

Emile Borel Matemático. Analista y probabilista.



Paul Langevin (1872-1946) Emile Borel (1871-1956)

Los verdaderos protagonistas en el libro *Los albores de la teoría cuántica...*

Encarnan la élite científica que aparece en Francia entre finales del siglo XIX y principios del siglo XX. Graduados en la Escuela Normal Superior. Militaron en favor del Capitán Dreyfus. Militar que la prensa de extrema derecha acusó de traicionar la patria. “Affaire Dreyfus” uno de los momentos más importantes de la historia política e intelectual y sobre todo del “Antisemitismo”.

Paul Langevin: Profesor en el Colegio de Francia. Enseña para todo el mundo. Una institución abierta. Democrática. Langevin tiene dos espacios institucionales para obrar: Colegio de Francia y la Sociedad francesa de física. Su objetivo: explicar la teoría

cuántica, abrir el espacio mental de los oyentes, en general universitarios. Experto en la expresión oral, hacía que el público tuviese la sensación de hacer parte de una revolución. Defensor de la “física einsteniana”, fue uno de los amigos e interlocutores preferidos de Einstein. No hizo ninguna publicación sobre el tema. Desconfiaba de la expresión escrita. Con Langevin todo queda en el salón de clase. Este se convierte en un laboratorio intelectual. Allí, presenta las leyes termodinámicas de la radiación en términos de su teoría preferida: la teoría del electrón.



Langevin (primero a la derecha) en su laboratorio en el Colegio de Francia: tiene muchos estudiantes. Dirige la primera tesis de doctorado que se hizo sobre la física cuántica en Francia



Langevin y Einstein en Paris Langevin (sentado), Einstein (primero a la izquierda)  
Ehrenfest (segundo a la izquierda)

Para Langevin, La nueva Física cuántica y La(s) teoría de la relatividad: Unas teorías para enseñar y explicar. El desarrolla un vocabulario y una retórica propios. Habla de la Física de la discontinuidad: nueva física. Insiste que La discontinuidad invadió la teoría física: electrón, átomo, quanta de energía.

Langevin no estuvo solo en esta aventura de la física cuántica en Francia.

Emile Borel (Profesor de matemáticas, en la Facultad de ciencias), fue también uno de sus protagonistas.



Sentados: de izquierda a derecha, Langevin, Einstein, la condesa de Noailles y el matemático Paul Painlevé. Emile Borel: de pié, segundo (derecha a izquierda)

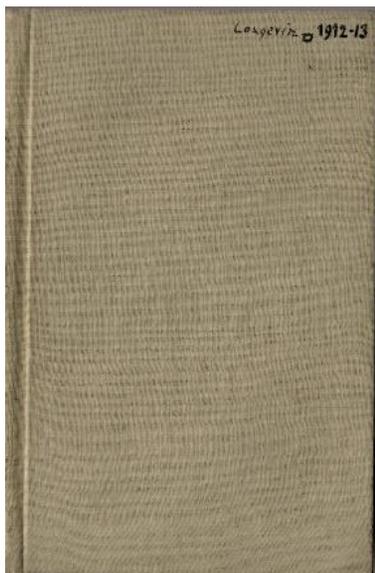
El interés de Borel por esta física responde a varias motivaciones:

1. Era un especialista de las matemáticas de «lo probable» (método estadístico de Boltzmann. Mecánica estadística), estaba dirigiendo la que iba a ser la segunda tesis de doctorado sobre la teoría de Planck en France. Llama la atención de sus estudiantes sobre la importancia de lo que estaba pasando en el campo de la física.
2. Tenía inquietudes epistemológicas: relación entre la física y las matemáticas, consideraba que la una se alimenta de la otra. Prefería las “Matemáticas menos abstractas”. Hablaba de correspondencia entre el saber (teórico) y el mundo natural: lo expresaba como “un enigma”.

3. El interés de Borel por la teoría cuántica se concretiza completamente en su cuaderno de notas.

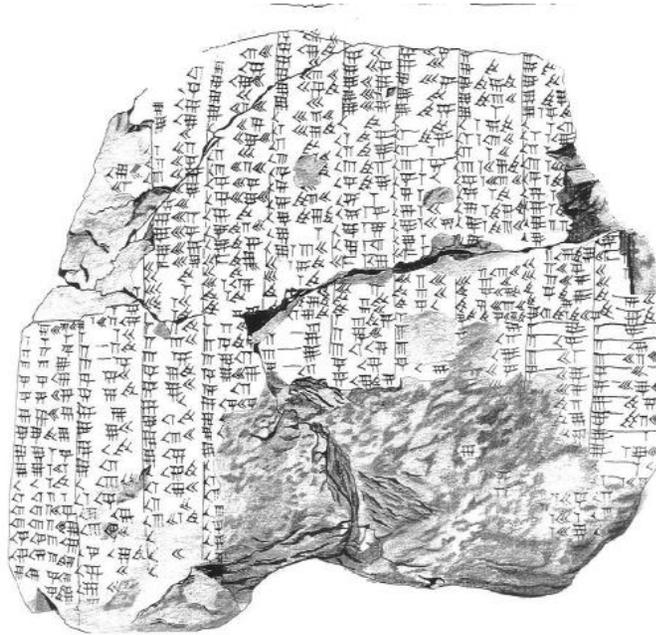
Descubierto en 2002 (M. C. Bustamante) con un conjunto de borradores que pertenecieron a Borel. Es una de las mayores razones de ser del Libro *Los albores...*

Única traza existente de las lecciones de Langevin sobre la teoría cuántica (1912-1913) en el Colegio de Francia. Es el tipo de documento que hace parte de la “esfera privada” en la investigación científica. Un espacio privado en el que se escribe para sí mismo. Para estudiarlo se hizo referencia en *Los Albores...* al lugar que ocupa la cultura oral en la ciencia.



Cuaderno de notas de Emile Borel (12 x 18 cm)

Otro tipo de documentos que se estudia con esta misma óptica de la oralidad en la ciencia son las tabletas cuneiformes:



« Oralité et mémorisation: quelques exemples parmi les textes mathématiques d'époque paléo-babylonienne » Christine Proust (Laboratoire SPHERE du CNRS et de l'Université Paris Diderot, et projet SAW).

Analizando el cuaderno de Borel:

11 mars. - Cette note suppose que les résonateurs se valent complètement lorsqu'ils émettent. On peut calculer l'apport total des points de la première intervalle. - on bien considère tous les points  $\frac{dU}{dV} N = \lambda (N_1 + 2N_2 + 3N_3 + \dots)$  et l'équivalence entre absorb. et émission.

Forme primitive; les énergies sont toujours multiples de quanta.  $\frac{0}{N_0} \frac{h\nu}{N_1} \frac{2h\nu}{N_2} +$

et l'on cherche la répartition la plus probable compatible avec une énergie totale donnée  $E = \frac{N!}{N_0! \dots N_r!} N_0 + N_1 + \dots = N \quad N_1 + 2N_2 + 3N_3 + \dots = \frac{U}{h\nu} = P$   
 on doit chercher le max de  $L = \sum N_0 \log N_0$  minimum

-) il n'y a pas à la limite le minimum correspondant à  $N_0 = N_1 = \dots = N_r$  ( $r \rightarrow \infty$ )  
 grâce à la liaison, on trouve  $N_2 = Ca^2 \quad \bar{E} = \frac{P}{N} \quad S = k \log W \quad T = \frac{dU}{dS}$

Dans son premier travail M. Planck avait cherché toutes les manières de distribuer  $P$  quanta entre les  $N$  résonateurs, en ne considérant pas comme différents les distributions pour lesquelles chacun des  $N$  résonateurs a le même nombre de quanta (quelque soient ces quanta). Combinaison complète des  $h^2$  1, 2, ...,  $N$ ,  $-P \leq P - c.a^2$ .  $\frac{(N+P)!}{N! P!}$

C'est le nombre total des distributions et non le nombre des plus probables; c'est ce nombre que M. Planck a pris comme définition de  $W$   $W = \frac{(N+P)^{N+P}}{N^N P^P} \quad \log W = (N+P) \log(N+P) - N \log N - P \log P$

$\log W = N \left[ (1+\frac{P}{N}) \log(1+\frac{P}{N}) - \frac{P}{N} \log \frac{P}{N} \right]$

$S = k \log W$

$\frac{1}{T} = \frac{dS}{dU} = \frac{1}{h\nu} \frac{dS}{dE} = \frac{1}{h\nu} \frac{dS}{d\bar{E}} = \frac{1}{h\nu} \left[ \log(1+\frac{P}{N}) - \log \frac{P}{N} \right] = k \log \frac{1+\bar{E}}{\bar{E}}$

$\frac{1+\bar{E}}{\bar{E}} = e^{\frac{h\nu}{kT}} \quad \bar{E} = \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$  L'identité de Boltzmann est à rapprocher de l'identité entre les résonateurs statistiques, de Gibbs et Boltzmann.

$\bar{u}_V = \frac{8\pi\nu^2}{V^3} \frac{h\nu}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$  donne à la fois Rayleigh pour les grands quanta et Wien pour les petits quanta.

Wien  $C\nu^3 e^{-\frac{c\nu}{T}}$  conforme à l'expérience pour  $\frac{c\nu}{T}$  grand mais inexact pour  $\frac{c\nu}{T}$  petit.

Rayleigh  $\frac{8\pi\nu^2}{V^3} kT$  jusqu'à l'origine de  $T$  et non indépendante.

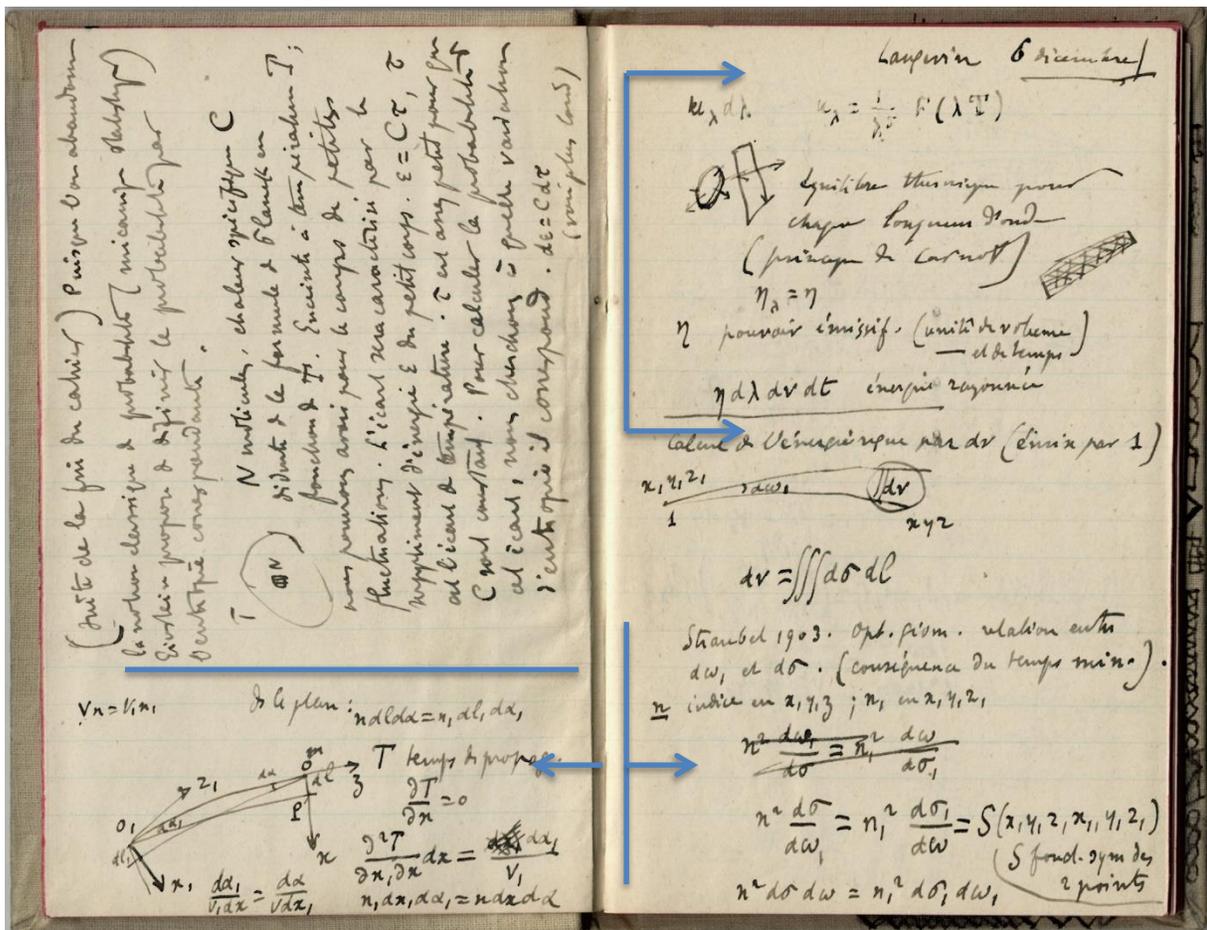
distribution de  $N$  résonateurs sur l'axe des  $E$   
 on admet l'équivalence des éléments égaux.  
 l'application d'une analyse continue conduit à la loi de Rayleigh, on pourrait abandonner cette equiv. des  $dE$  égaux et garder probabilités continues. voir  $\psi(E, V)$

Minimum de Planck 1912. Shapovalov  
 Planck a cherché la probabilité pour correspondre à la formule de Planck avec les mêmes approximations.

## **Página de las últimas lecciones**

En ese tipo de documentos y en estas páginas es necesario comprender como Borel escribía, y en última instancia hay que hacerse preguntas sobre Qué es un “escriba”, un escriba que es científico.

Es aquel como Borel que “Hace escogencias” (de notación, de manejo del papel...), que duda, corrige y subraya. Generalmente hay sensibilidad a los elementos visuales como medio de comprensión: bocetos, diagramas, dibujos, figuras, marcos y conectores. El escriba sabe cómo abreviar un cálculo cuando es apropiado. Por todos estos artificios, el cuaderno de Borel “permite percibir el movimiento de los pensamientos tanto del escriba (Borel) como del orador (profesor), Langevin.



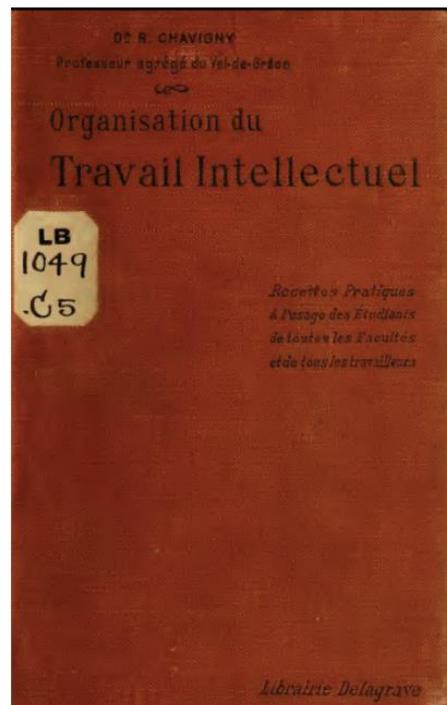
Otras páginas del cuaderno de Borel.

El objetivo aquí es comprender a que tipo de motivaciones corresponden la escritura sobre la página izquierda y la escritura sobre la página derecha. En la derecha: arriba, se enuncia un problema. En la parte de abajo (derecha) se enuncia otro diferente. En la página izquierda, abajo, el texto está en correspondencia estrecha con el enunciado que está al frente (derecha). El texto en la parte superior (vertical) izquierda no presenta ninguna relación explícita con el resto.

Se trata en todos los casos de hacer una «Deconstrucción total del objeto»,

De «Desmontar, a través de un análisis intelectual, la estructura conceptual» que el contiene.

**V. Un capítulo del libro, Los Albores... está dedicado al tema del “escriba científico” según las consideraciones propuestas por un médico francés en un libro publicado a principios del siglo XX: <sup>5</sup>**



Paul Chavigny. Medico. Val de Grâce Paris.

---

<sup>5</sup> Chavigny [1918]

La idea del autor es de:

Establecer una "Ciencia del trabajo intelectual". Un "Método del trabajo cerebral". "Recetas prácticas para uso de los estudiantes de todas las facultades y de todos los trabajadores". El autor se interesa a la relación entre la memoria y la escritura.

En todas las circunstancias, es importante recordar lo que se observa, escucha, lee...

"Memoria: un campo de ruinas", es necesario "Aliviar la memoria". "Mantener un registro escrito, recordable a voluntad". Construir una memoria personal sobre el papel".

El autor habla de las "Condiciones para tomar notas": Saber escuchar. Dar a las diferentes nociones su valor relativo. Identificar la perspectiva del maestro. Condición esencial: procesos de selección. "No todo vale la pena conservarlo". No hay que escribir todo.

Estas líneas de análisis fueron necesarias para comprender las notas de Borel. Fue así como logré comprender, de un lado, de que habló Langevin en su curso sobre la teoría cuántica y, de otro lado, que comprendió Borel sobre esta teoría.

**Muchas gracias**

**por haber sido oyentes y quizás escribas también**

## Bibliografía

Bustamante De La Ossa, Martha Cecilia. Paul Langevin et le Conseil Solvay de 1911: Au coeur de l'histoire de la physique du XX<sup>e</sup> siècle. Images de la Physique, pages 3-9, 2011.

Bustamante De La Ossa, Martha Cecilia. À l'aube de la théorie des quanta. Notes inédites d'Emile Borel sur un cours de Paul Langevin au Collège de France (1912-1913). Brepols. 2019.

[http://www.brepols.net/Pages/ShowProduct.aspx?prod\\_id=IS-9782503586380-1](http://www.brepols.net/Pages/ShowProduct.aspx?prod_id=IS-9782503586380-1)

Chavigny, Paul. Organisation du travail intellectuel : Recettes pratiques a l'usage des étudiants de toutes les facultés et de tous les travailleurs. Paris, Librairie Delagrave, 1918.

Ehrenfest, Paul. Welche Züge der Lichtquantenhypothese spielen in der Theorie der Wärmestrahlung eine wesentliche Rolle? *Annalen der Physik*, 341(11): 91-118, 1911.

Planck, Max. Über irreversible Strahlungsvorgänge. *Annalen der Physik*, 306(1): 69-122, 1900.

Planck, Max. Vorlesungen über die Theorie der Wärmestrahlung. Leipzig, J.A. Barth, 1906.

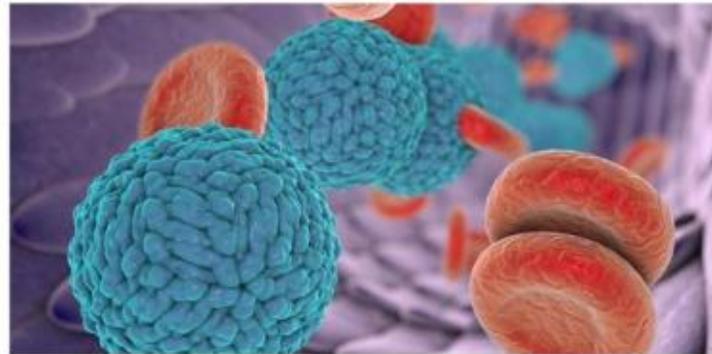


FUERZA AÉREA COLOMBIANA  
ESCUELA MILITAR DE AVIACIÓN  
"MARCO FIDEL SUÁREZ"

GRUPO ACADÉMICO

PROGRAMA  
CIENCIAS BÁSICAS

# Hablando de Ciencia en EMAVI



Conferencia: **"LA TRANSMISION MATERNA Y LA INCOMPATIBILIDAD  
CITOPLASMÁTICA IMPERFECTAS OCASIONADOS POR  
LA BACTERIA WOLBACHIA EN EL MOSQUITO A. AEGYPTI"**

Conferencista: **DORIS ELENA CAMPO DUARTE**

Enlace: <https://lobby.sar.ruav.edu.co/#/4BYLETAQPJ3Q>



**19** mayo **10:00**  
jueves horas

**“LA TRANSMISION MATERNA Y LA INCOMPATIBILIDAD CITOPLASMATICA  
IMPERFECTAS OCASIONADOS POR LA BACTERIA WOLBACHIA EN EL  
MOSQUITO A. AEGYPTI”**



**Doctora Doris Elena Campo Duarte**

**Universidad Autónoma de Occidente-Cali**

La doctora DORIS ELENA CAMPO DUARTE es profesora del Departamento de Matemáticas, Universidad del Valle, Cali. Profesora, Departamento de Matemáticas, Universidad Católica

Asistente de docencia, Departamento de Matemáticas, Universidad del Valle

Profesor tiempo completo, Departamento de Matemáticas, Universidad Autónoma de Occidente, Cali.

Miembro del grupo MOBIMAT

Para más información se puede visitar:

[https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod\\_rh=000](https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=000)

1349182

**TRANSMISION IMPERFECTA Y LA INCOMPATIBILIDAD  
CITOPLASMATICA IMPERFECTA OCASIONADOS POR LA  
BACTERIA WOLBACHIA EN EL MOSQUITOS AEDES AEGYPTI**

**Doris Elena Campo Duarte, Lilian Sofía Sepúlveda**

**Resumen:** El *Aedes Aegypti* se considera el principal transmisor de enfermedades como dengue, zika y chikunguña, según la secretaria de salud municipal en Cali se evidencia altos niveles de dengue lo cual hace que la enfermedad presenta una amenaza de salud pública en nuestra ciudad. Por eso se hace necesario aplicar medidas preventivas para un control adecuado que integre diferentes estrategias sobre la población del vector y sobre la población humana susceptibles. El biocontrol con *Wolbachia* ha surgido de forma reciente como un método potencial para mitigar la población del vector *Ae. Aegypti*. Este estudio tiene como objetivo establecer estrategias óptimas para hacer reemplazo poblacional de los mosquitos silvestres (que son las transmisoras de enfermedades como dengue, zika y otras infecciones arbovirales) por mosquitos infectados con *Wolbachia* que pueden inhibir el virus del dengue, este reemplazo se hará liberando tanto mosquitos adultos como huevos.

**Palabras clave:** *Aedes aegypti*, *Wolbachia*, modelación matemática.

## **Introducción y contenido.**

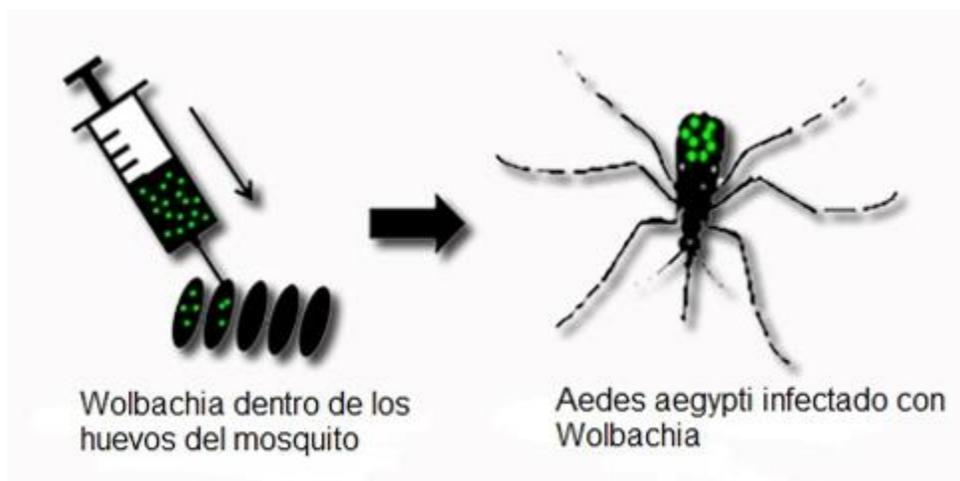
*Wolbachia* es una bacteria que está presente en más del 60% de insectos y artrópodos en el mundo. Esta bacteria se transmite por vía materna e induce en gran medida un fenotipo llamado incompatibilidad citoplasmática (IC) que se define como la mortalidad embrionaria ver (Ross, Turelli, & Hoffmann , 2019).

En los últimos años el biocontrol basado en *Wolbachia* ha surgido como un método eficaz para controlar *Ae. aegypti* ya que es un método seguro para la salud humana e inhibe la capacidad del mosquito infectado de transmitir enfermedades como el dengue, zika y chicunguña, este control combina tres mecanismos básicos ver (Campo-Duarte, Vasilieva, Cardona-Salgado, & Svinin, 2018).

- Reducción y/o bloqueo de la capacidad de transmisión del virus.
- Acorta la vida útil del mosquito para que muera antes de convertirse en infeccioso.
- Reducción de la población de mosquitos silvestres dado el fenotipo de IC que se define en este caso como los huevos no viables producidos por una hembra silvestre después de aparearse con un macho infectado con *Wolbachia*

El control con esta bacteria es en gran medida una alternativa viable al control tradicional de fumigación y larvicida. La iniciativa de establecer el control con *Wolbachia* está liderada por *World mosquito program* (*El World Mosquito Program (WMP)* es un grupo de empresas sin fines de lucro, propiedad de la Universidad Monash, que trabaja para

proteger a la comunidad mundial de enfermedades transmitidas por mosquitos como el dengue, el Zika, la fiebre amarilla y el chikungunya para más información visitar <https://www.worldmosquitoprogram.org/es>). El *Ae. Aegypti* no se infecta de manera natural con la bacteria *Wolbachia*, por eso se hace necesario realizar transinfección que consiste en inyectar el huevo del mosquito silvestre la bacteria para que cuando este adulto se transfiera la bacteria ver figura (Ross, Turelli, & Hoffmann , 2019).



**Figura 1: Transinfección con Wolbachia en el *Ae. Aegypti* fuente**

<https://www.worldmosquitoprogram.org/es>

El objetivo principal de este trabajo es plantear estrategias de liberación tanto de mosquitos adultos como de huevos infectados, para realizar comparaciones para establecer ver cuál de las liberaciones resulta más útil en términos de establecer la población infectada prevalezca sobre la población silvestre en un largo periodo de tiempo. Se tendrá en cuenta que tanto la transmisión materna y la incompatibilidad citoplasmáticas (IC) no son perfectas, es decir, que la hembra no transmite la infección a

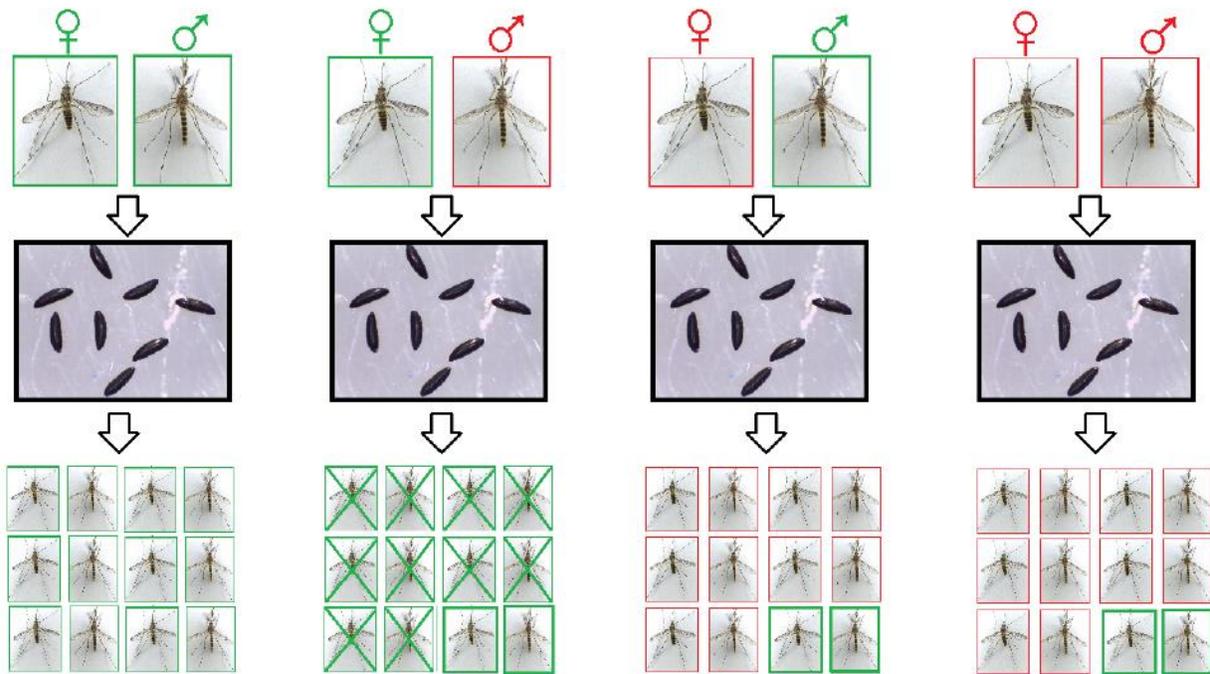
toda su descendencia (transmisión materna imperfecta) y que algunos huevos serán viables cuando la hembra se aparee con un macho infectado (IC imperfecta).

Lo anterior se describirá como un modelo de ecuaciones diferenciales en la que la población se divide en dos subpoblaciones:

- Población no infectada con *Wolbachia*, es decir, población silvestre.
- Población infectada con *Wolbachia*.

En el modelo se considera la transmisión vertical y la incompatibilidad citoplasmática imperfecta esto es:

- Que del apareamiento de una hembra sana y un macho infectado surgen huevos viables no infectados con *Wolbachia* (IC imperfecta).
- Surgen huevos no infectados con *Wolbachia* del apareamiento entre una hembra infectada y machos con o sin *Wolbachia*.



**Figura 2: IC y transmisión materna imperfectas. Los mosquitos adultos sin *wolbachia* tienen un recuadro de color verde y los mosquitos adultos con *wolbachia* un recuadro de color rojo.**

Para esto se define lo siguiente:

- $q_1$  como la proporción de huevos viables sin *Wolbachia* que resulta de la Incompatibilidad citoplasmática imperfecta
- $q_2$  como la proporción de huevos sin *Wolbachia* que resulta de la transmisión vertical imperfecta.

En este modelo se desarrollan cuatro compartimientos huevos, larvas, hembras y machos adultos que se denotan por:

$E_i$ : Número de mosquitos en estado de huevos.

$L_i$ : Número de mosquitos en estado larval.

$F_i$ : Número de mosquitos hembras en estado adulto.

$M_i$ : Número de mosquitos machos en estado adulto.

Donde 1=Mosquitos no infectados con *Wolbachia*, 2=Mosquitos infectados con *Wolbachia*. El modelo queda planteado de la siguiente manera:

Parámetro	Descripción
$\gamma_i$	Tasa de ovoposición
$\delta_i$	Tasa de mortalidad de huevos
$\varphi_i$	Tasa de transición de huevo a larva
$\epsilon_i$	Tasa de mortalidad larval
$\tau_i$	Tasa de transición de larva a adulto
$\rho_i$	Proporción de larvas que emergen a hembra adulta
$\omega_i$	Tasa de mortalidad de machos adultos
$\mu_i$	Tasa de mortalidad de hembra adulta
K	Capacidad de carga de la población larval

**Tabla 1: Descripción de parámetros del modelo invasivo de *Wolbachia*. (1=no infectado con *Wolbachia*, 2=infectado con *Wolbachia*)**

### Políticas de liberación:

Se puede modelar una intervención externa dirigida al reemplazo de la población introduciendo una variable exógena en este caso constante que imita las liberaciones de mosquitos portadores de *Wolbachia* esta variable (o de control) denota la tasa de liberación de mosquitos portadores de *Wolbachia* (Cardona-Salgado, Campo-Duarte,

Sepulveda-Salcedo , & Vasilieva , 2020). En estos estudios, la variable de control se expresó el número de infectados tanto machos como hembras adultas y los huevos (u y v respectivamente). Por tanto, nuestro modelo quedara expresado así:

$$\begin{aligned} \frac{dE_1}{dt} &= \gamma_1 F_1 \left( \frac{M_1 + q_1 M_2}{M_1 + M_2} \right) + q_2 \gamma_2 F_2 - (\delta_1 + \varphi_1) \\ \frac{dL_1}{dt} &= \varphi_1 E_1 \left( 1 - \frac{L_1 + L_2}{K} \right) - (\epsilon_1 + \tau_1) L_1 \\ \frac{dF_1}{dt} &= \rho_1 \tau_1 L_1 - \mu_1 F_1 \\ \frac{dM_1}{dt} &= (1 - p_1) \tau_1 L_1 - \omega_1 M_1 \\ \frac{dE_2}{dt} &= (1 - q_2) \gamma_2 F_2 - (\delta_2 + \varphi_2) E_2 + u \\ \frac{dL_2}{dt} &= \varphi_2 E_2 \left( 1 - \frac{L_1 + L_2}{K} \right) - (\epsilon_2 + \tau_2) L_2 \\ \frac{dF_2}{dt} &= \rho_2 \tau_2 L_2 - \mu_2 F_2 + \rho_2 v \\ \frac{dM_2}{dt} &= (1 - \rho_2) \tau_2 L_2 - \varphi_2 M_2 + (1 - \rho_2) v \end{aligned}$$

Con los valores:

Parámetro	Valor
$\gamma_1$	5
$\delta_1$	0.08
$q_1$	0.01
$\varphi_1$	0.5
$\epsilon_1$	1/11
$\tau_1$	1/10
$\rho_1$	0.5

$\omega_1$	1/20
$\mu_1$	1/25
K	2200
$\gamma_2$	$(1 - 0.18)\gamma_1$
$\delta_2$	0.08
$q_2$	0.95
$\varphi_2$	0.5
$\epsilon_2$	2/11
$\tau_2$	1/6
$\rho_2$	0.5
$\omega_2$	2/20
$\mu_2$	2/25

**Tabla 2: Valores de los parámetros para simulaciones numéricas.**

Los que nos da la siguientes graficas

$$\begin{aligned} \frac{dE_1}{dt} &= \gamma_1 F_1 \left( \frac{M_1 + q_1 M_2}{M_1 + M_2} \right) + q_2 \gamma_2 F_2 - (\delta_1 + \varphi_1) \\ \frac{dL_1}{dt} &= \varphi_1 E_1 \left( 1 - \frac{L_1 + L_2}{K} \right) - (\epsilon_1 + \tau_1) L_1 \\ \frac{dF_1}{dt} &= \rho_1 \tau_1 L_1 - \mu_1 F_1 \\ \frac{dM_1}{dt} &= (1 - p_1) \tau_1 L_1 - \omega_1 M_1 \\ \frac{dE_2}{dt} &= (1 - q_2) \gamma_2 F_2 - (\delta_2 + \varphi_2) E_2 \\ \frac{dL_2}{dt} &= \varphi_2 E_2 \left( 1 - \frac{L_1 + L_2}{K} \right) - (\epsilon_2 + \tau_2) L_2 \\ \frac{dF_2}{dt} &= \rho_2 \tau_2 L_2 - \mu_2 F_2 \\ \frac{dM_2}{dt} &= (1 - p_2) \tau_1 L_2 - \varphi_2 M_2 \end{aligned}$$

La descripción de los parámetros se presenta en la Tabla 1.

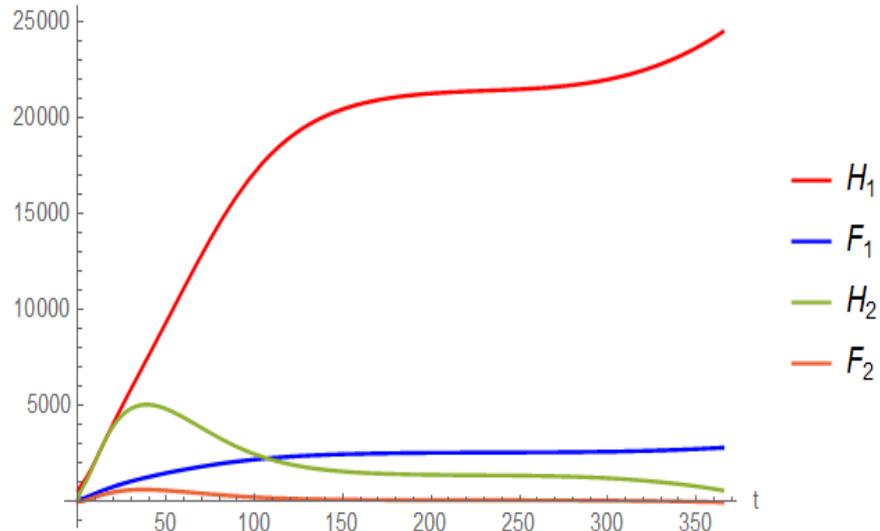


Figura 3 Control constante liberando huevos en un tiempo de  $t = 180$  días liberando 500 huevos

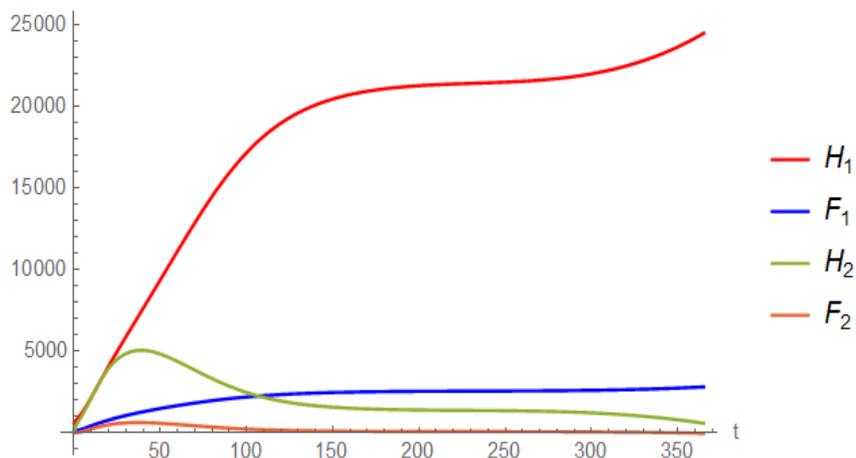


Figura 3 Control constante liberando huevos en un tiempo de  $t = 360$  días liberando 500 huevos

En las figuras 2 y 3 se asume que cada hembra oviposita 5 huevos por día durante su periodo de vida. También se puede ver en estas figuras que si solo se liberan huevos prevalece los huevos no infectados con Wolbachia ya sea que se liberen en menor o mayor tiempo. Esto hace pensar que en se debe aumentar la cantidad de huevos a liberar, entonces se hacen liberaciones aumentando a 2000 huevos por día la liberación esto se muestra en la figura 4:

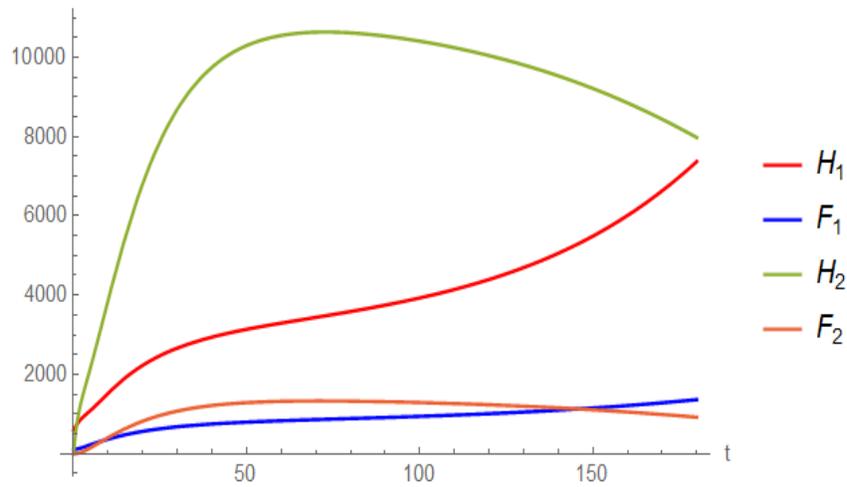


Figura 4: Control constante liberando huevos,  $t = 180$  días 2000 huevos.

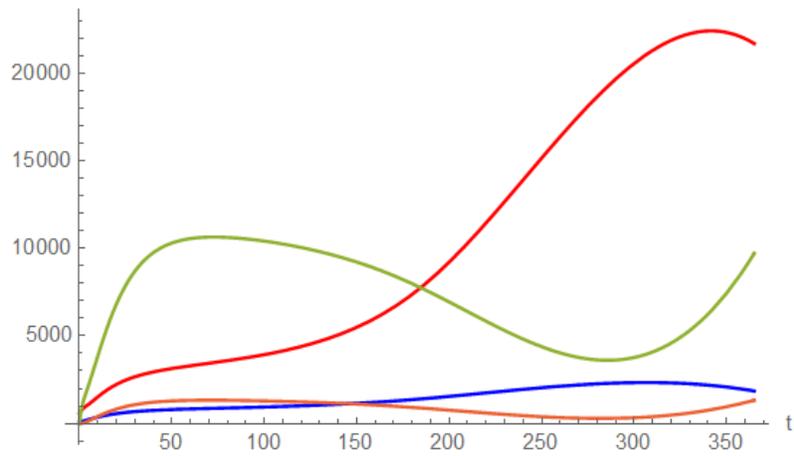


Figura 5: Control constante liberando huevos,  $t = 360$  días 2000 huevos.

En las figuras 4 y 5 se observa que al aumentar el número de huevos a liberar en 180 días prevalecen los huevos infectados con Wolbachia, pero si se aumentan los días el reemplazo poblacional no se mantiene, ya que después de 360 días los huevos silvestres aumentan. Ahora la pregunta que nos podemos hacer es que pasaría si hacemos una liberación constante de machos y hembras adultos ver figura 6 y 7

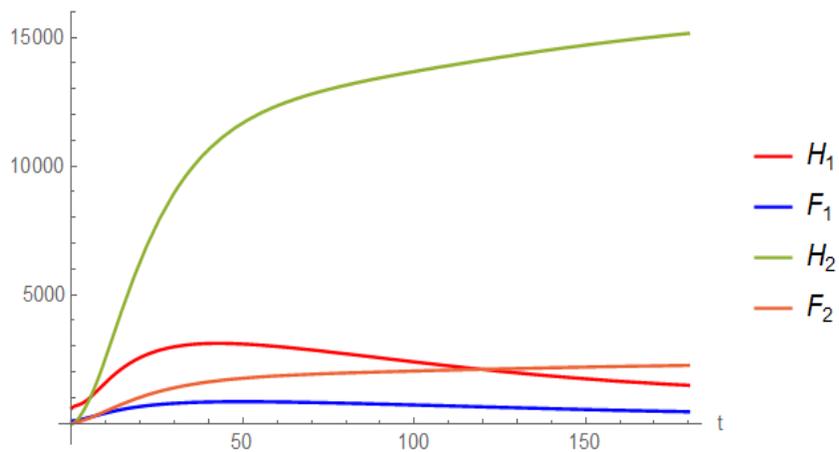


Figura 6: Control constante liberando adultos  $t = 180$  días (100 hembras, 100 adultos)

En las figuras 6 y 7 se puede notar que al liberar adultos machos y hembras no solo prevalece los huevos infectados con *Wolbachia* si no que se mantiene al menos hasta los 360 días en los que se realizaron la simulación.

Este trabajo pertenece al área de matemáticas aplicadas y constituye una contribución Practica para la prevención y control del dengue que es una enfermedad infecciosa considerada como hiperendémica en la ciudad de Cali y transmitida por los mosquitos hembra del *Ae. aegypti*. Los aportes principales de este trabajo consisten en el diseño de políticas de control biológico del vector de dengue basadas en el uso del simbiote bacteriano *Wolbachia* y su respectiva justificación desde el enfoque del modelamiento matemático. Las simulaciones aquí presentadas se hicieron en Mathematica, queda como trabajo futuro realizar simulaciones donde el control no sea constante que se hará utilizando el paquete computarizado de plataforma Matlab GPOPS.

### **Agradecimientos.**

Esta investigación está financiada por el Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología y Innovación (Fondo de Patrimonio Autónomo Francisco José de Caldas) a través del Programa de Investigación No. 1106-852-69523, Contrato: CT FP 80740-439-2020 (Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia Minciencias), ID de concesión: CI-71241 (Universidad del Valle, Colombia), ID de concesión: 20INTER356 (Universidad Autónoma de Occidente). Título del proyecto: Modelos y métodos matemáticos para el control de *Aedes Aegypti*.

## Bibliografía

- Campo-Duarte, D., Vasilieva, O., Cardona-Salgado, D., & Svinin, M. (2018). Optimal control approach for establishing wMelPop Wolbachia infection among wild *Aedes aegypti* population. *Journal of mathematical biology*, 76(7), 1907-1950.
- Cardona-Salgado, D., Campo-Duarte, D., Sepulveda-Salcedo, L., & Vasilieva, O. (2020). Cardona-Salgado, D., Campo-Duarte, D. E., Sepulveda-Salcedo Wolbachia-based biocontrol for dengue reduction using dynamic optimization approach. *Applied Mathematical Modelling*, 82, 125-149.
- Ross, P., Turelli, M., & Hoffmann, A. (2019). Evolutionary ecology of Wolbachia releases for disease control. *Annual review of genetics*, 53, 93.

## INDICE

	<b>Pág.</b>
Introducción	2
Agradecimientos	4
El uso de los tics como herramienta para analizar el comportamiento de parámetros en problemas propios de la ingeniería	9
En los albores de la teoría cuántica	19
La transmisión materna y la incompatibilidad citoplasmática imperfectas ocasionados por la bacteria wolbachia en el mosquito a. aegypti	44