



Modelos Determinísticos en Medicina. Aproximaciones al modelo de Torrent Guasp

Homenaje a Francisco Torrent Guasp

Organiza RAMCV e INSVASCOR

Valencia, 15 de Junio de 2017

Pedro Grimalt Ivars.

Depto. Análisis Matemático, Universidad de Alicante



Índice

1. Introducción: Mis conexiones y colaboraciones científicas con Francisco Torrent Guasp

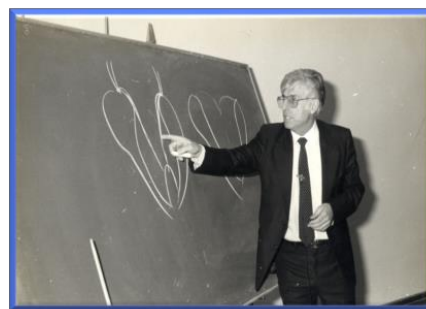
2. Modelos Determinísticos y Sistemas Dinámicos en Medicina. Primera Aproximación

3. Modelos Compartimentales. Aplicaciones a Cardiología. Segunda Aproximación

1. Introducción: Mi conexión/colaboración con F.Torrent

1ª Etapa 1980-1994

- Centro Asociado UNED Denia.1980.
- Miembro honor Patronato. **Lección Inaugural** "El corazón humano". 23-10-1984.



Lección Inaugural presidida por la rectora D. Elisa Pérez Vera
FOTOS: Cortesía de CANFALI Marina Alta

Homenaje a Francisco Torrent Guasp

Pedro Grimalt Ivars Dpto Análisis Matemático Universidad de Alicante

1. Introducción: Mi conexión/colaboración con F.Torrent

1ª Etapa 1980-1994

- Cursos de Verano 1989. **Estructura del miocardio.** F.Torrent, P.Zarco y P. Luckenheimer.
- Hijo predilecto de Denia por unanimidad Ayto. Denia Junio 1991



FOTO: Cortesía de CANFALI Marina Alta

Homenaje a Francisco Torrent Guasp

Pedro Grimalt Ivars Dpto Análisis Matemático Universidad de Alicante

1. Introducción: Mi conexión/colaboración con F.Torrent

2ª Etapa 1995-2002

- Número monográfico Revista Arbor (CSIC).
“Biología y sus relaciones con otras Ciencias”. Marzo 1995. “La electricidad en Biología”.
- Cursos de verano Universidad Complutense de Madrid, El Escorial. Agosto 1995.
- Lección clausura del I Congreso Internacional Modelos y Métodos Matemáticos Aplicados a la Biología y Medicina, Congreso en honor de G. Adomian, Universidad Alicante, 30 Junio-3 Julio 1997. “Morfología Cardíaca y su Proyección Fisiológica y Clínica”. F. Torrent Guasp y P.Zarco.

1. Introducción: Mi conexión/colaboración con F.Torrent

2ª Etapa 1995-2002

- Participación Seminario Modelización de Sistemas Ecológicos y Biomédicos, UIMP sede Alicante, Noviembre 2002. “La teoría final del corazón”. F. Torrent Guasp . J. Cosín. Dpto. Cardiología Hospital La Fe, Valencia.
- Quisiera indicar, finalmente, uno de los motivos de mi participación en este homenaje: **F. Torrent** creía y **estaba convencido** de que **yo** podría obtener un **Modelo Matemático de su trabajo**.

Índice

1. Introducción: Mis conexiones y colaboraciones científicas con Francisco Torrent Guasp

2. Modelos Determinísticos y Sistemas Dinámicos en Medicina. Primera Aproximación

3. Modelos Compartimentales. Aplicaciones a Cardiología. Segunda Aproximación

2. Modelos Determinísticos y Sistemas Dinámicos en Medicina. **Primera Aproximación**

- Basada en trabajo “Hacia Modelizaciones del Músculo Cardíaco: Bases y Teorías que lo Fundamentan”. Cursos de verano U. Complutense de Madrid, El Escorial. Agosto 1995

Modelos
DETERMINÍSTICOS

Interpretaciones matemáticas de procesos experimentales representados por la **inealeatoriedad** de los resultados, caracterizándose por repetir **exactamente** los **mismos resultados** bajo las **mismas condiciones**.

2. Modelos Determinísticos y Sistemas Dinámicos en Medicina.

Primera Aproximación

• Balthasar van der Pol

Arpa Eólica,
Martillo neumático,
El dormir de las flores,
Latidos del Corazón

Zeeman, década 80,
Congreso internacional

- Sistemas que pueden ser modelados por un par de Ecuaciones Diferenciales.
- En general NO resolubles en forma explícita. NO linealidad.

$$x^n, y^n$$

$$\varepsilon \frac{dx}{dt} = -x^3 - Ax + c$$

c estímulo, x respuesta al estímulo

$$\frac{dy}{dt} = y(x - y), \quad y_0 = y_0, \quad x_0 = x_0$$

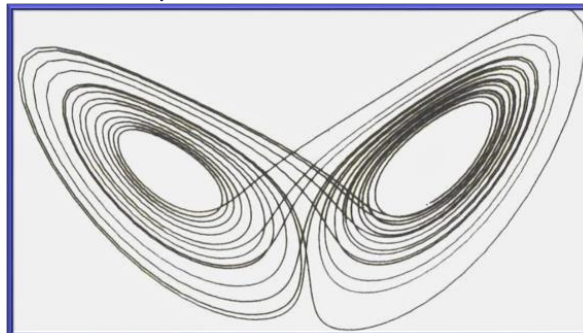
Homenaje a Francisco Torrent Guasp

Pedro Grimalt Ivars Dpto Análisis Matemático Universidad de Alicante

2. Modelos Determinísticos y Sistemas Dinámicos en Medicina.

Primera Aproximación

- Sistemas Dinámicos: se caracterizan por la **Noción de Estado** (Información) y por su **Dinámica** (Evolución respecto al tiempo). Son representados por E.D.
- H. Poincaré (1903). E. Lorenz (1963), meteorólogo MIT. Sistema autónomo no lineal. **Mariposa de Lorenz** (Efecto mariposa)
- Comportamiento aperiódico, caracteriza el **CAOS**



Homenaje a Francisco Torrent Guasp

Pedro Grimalt Ivars Dpto Análisis Matemático Universidad de Alicante

2. Modelos Determinísticos y Sistemas Dinámicos en Medicina.

Primera Aproximación

CAOS y Cardiología

Corazón Dinámico



Latidos Anormales
Corazón

- A. L. Goldberger, investigaciones cardiológicas por equipos combinados de **Fisiólogos, Matemáticos, Biólogos, Físicos, etc.**
- La sangre cambia dinámicamente y de un modo No-Lineal en la superficie del corazón. Los **Sistemas Dinámicos No-Lineales** comienzan a tenerse en cuenta en la **Cardiología Moderna**.

2. Modelos Determinísticos y Sistemas Dinámicos en Medicina.

Primera Aproximación

Aplicaciones del CAOS a la Cardiología Moderna (1980)

Rasgos de salud

{ Irregularidad,
Impredicibilidad corazón

Factores de enfermedad

{ Regularidad,
Periodicidad corazón

- Se ha descubierto que el **corazón** puede comportarse de una **manera errática** cuando se es **joven** y sano (contrariamente a la intuición). Mientras que el **envejecimiento** y la enfermedad conlleva un **comportamiento regular** creciente.

2. Modelos Determinísticos y Sistemas Dinámicos en Medicina.

Primera Aproximación

Aplicaciones del CAOS a la Cardiología Moderna (1980)

- Comienza a estudiarse e investigarse la actividad caótica denominada la “**Electrofisiología Cardíaca**”.
- Se ha calculado el espectro de Fourier, y el **análisis espectral de la variabilidad del ritmo cardíaco** normal muestra un amplio espectro que sugiere **CAOS**.
- Como **conclusión** de los estudios, se puede decir que la **actividad eléctrica del corazón** guarda estrecho paralelismo con sistemas en los que se da un **comportamiento caótico**.

Índice

1. Introducción: Mis conexiones y colaboraciones científicas con Francisco Torrent Guasp

2. Modelos Determinísticos y Sistemas Dinámicos en Medicina. Primera Aproximación

3. Modelos Compartimentales. Aplicaciones a Cardiología. Segunda Aproximación

3. Modelos Compartimentales. Aplicaciones a la Cardiología.

Segunda Aproximación

- Siguiendo a Y. Cherruault (Université Paris VI)



3. Modelos Compartimentales. Aplicaciones a la Cardiología.

Segunda Aproximación

- Tenemos tres compartimentos:

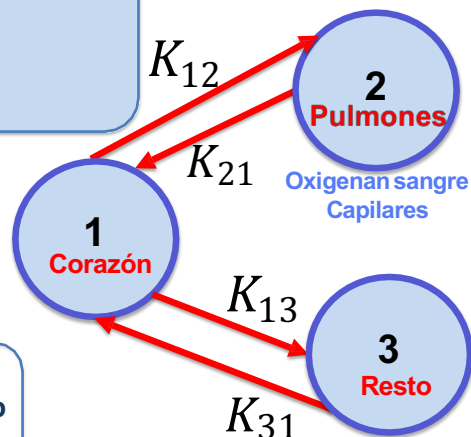
1. Corazón
2. Pulmones
3. Resto del cuerpo

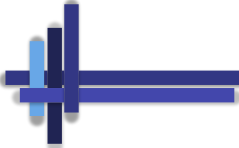
K_{ij} Parámetros a calcular

HIPÓTESIS razonables obtenidas por datos experimentales

DIFICULTADES:

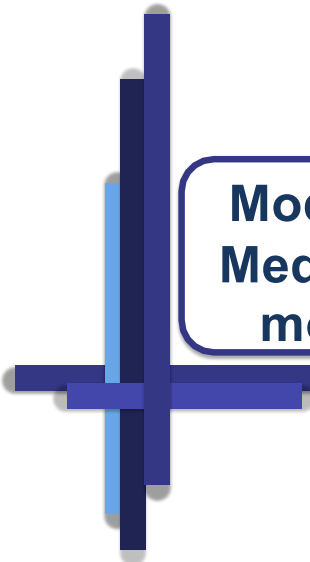
- Hipótesis cambio compartimento
- Resolver Sistema No-Lineal (Método ADOMIAN)





- Creo y pienso, para terminar, que el Dr. Francisco Torrent Guasp había **incorporado el corazón a su vida** (nunca mejor dicho), y que a lo largo de su trayectoria profesional demostró, además de **originalidad**, una gran **modestia y sencillez** respecto a la **significación de sus propias conclusiones.**

Homenaje a Francisco Torrent Guasp Pedro Grimalt Ivars Dpto Análisis Matemático Universidad de Alicante



Modelos Determinísticos en Medicina. Aproximaciones al modelo de Torrent Guasp

Homenaje a Francisco Torrent Guasp
Organiza RAMCV e INSVASCOR
Valencia, 15 de Junio de 2017

Pedro Grimalt Ivars.
Depto. Análisis Matemático, Universidad de Alicante