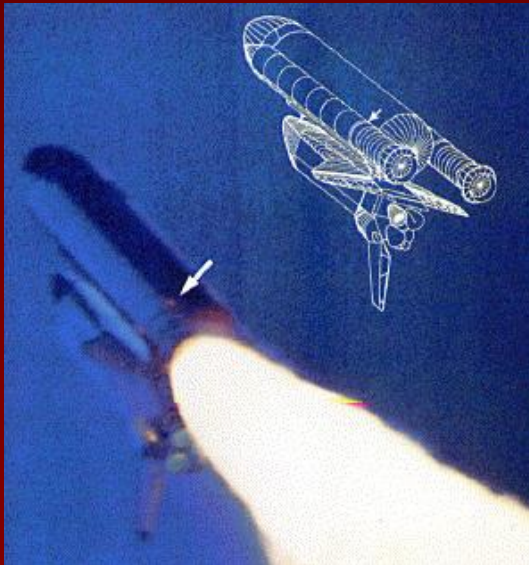


# L'accident del Challenger podria haver-se evitat: un passeig a través de la Modelització Estadística

*Pere Puig*

*Departament de Matemàtiques  
Universitat Autònoma de Barcelona*



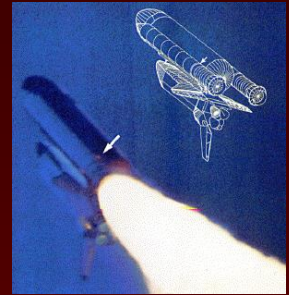
# Què és un model estadístic?

Wikipedia: *A statistical model is a set of mathematical equations which describe the behavior of an object of study in terms of random variables.*

Es tracta doncs d'explicar una realitat, en la que l'atzar intervé, per poder extreure conclusions.

# Tres notícies de la premsa:

- L'accident del Challenger (1986)
- Es descobreixen empremtes de dones en coves prehistòriques (2005)
- El cas Litvinenko (2007)



# LA VANGUARDIA

08001 - BARCELONA  
Miércoles, 29 de enero de 1986  
Número 37.393

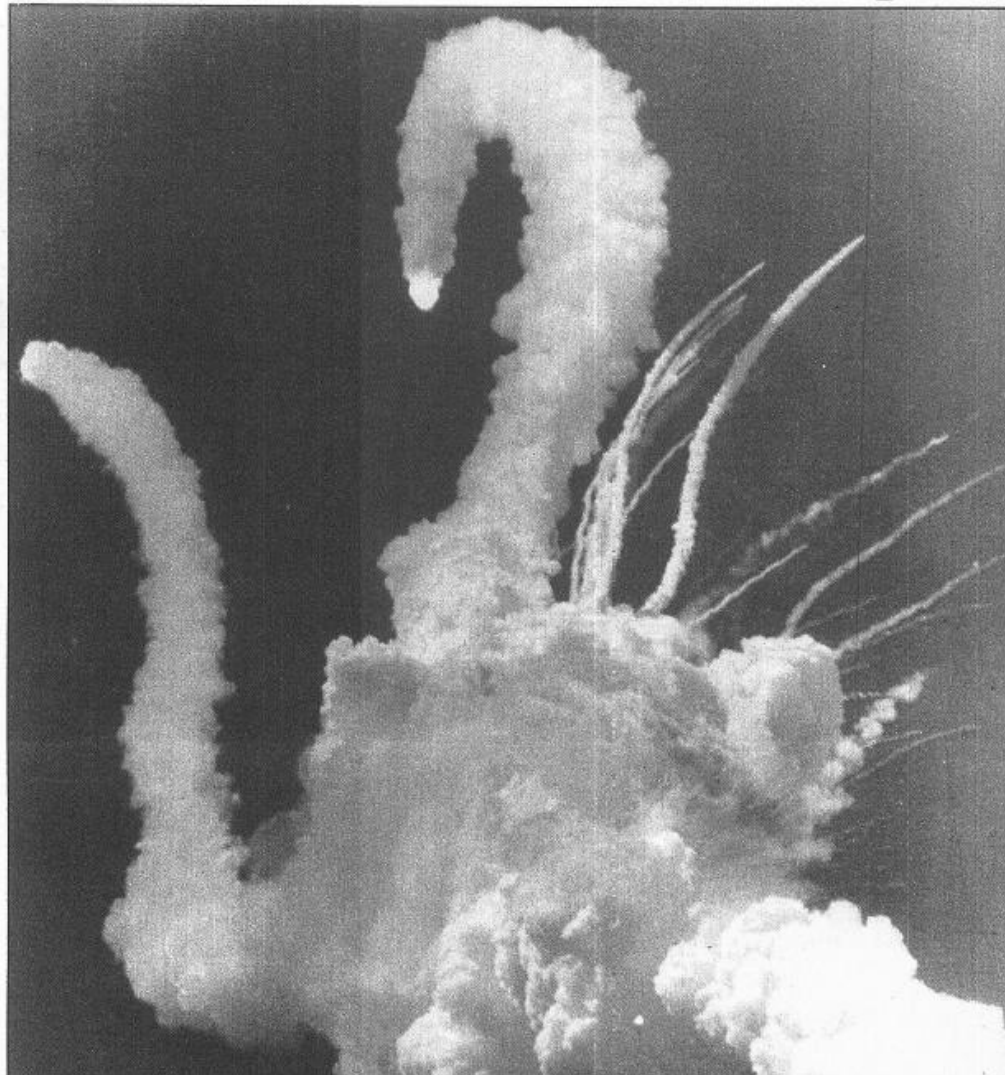
FUNDADA EN 1881  
POR DON CARLOS Y DON BARTOLOMÉ GODÓ

Redacción y Administración: Pelayo, 28  
Teléfono: 301-54-54. Télex: 54.530 y 54.781  
Precio de este ejemplar: **60 ptas.**

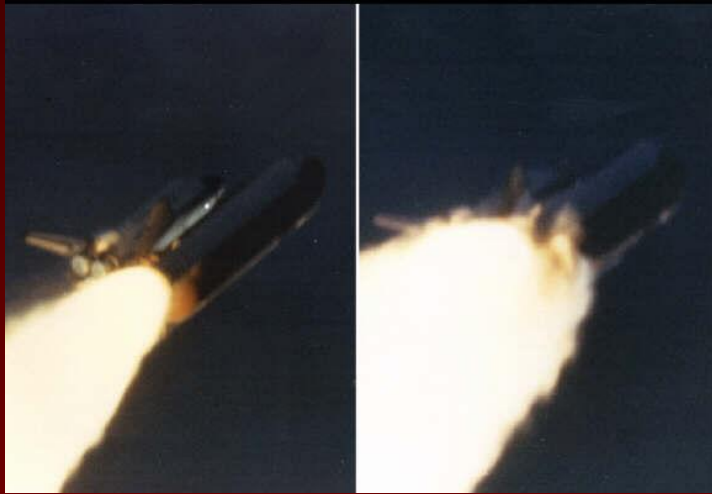
## La décima misión del "Challenger" acabó en tragedia



El transbordador espacial norteamericano "Challenger", en el momento de salir de su rampa



# La Ciència necessita la Modelització Estadística

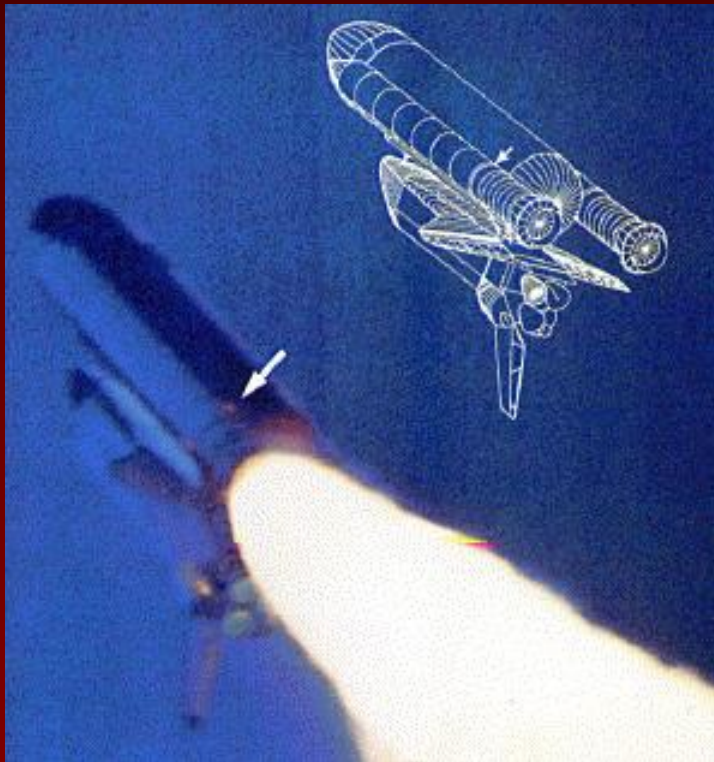


El 28/01/1986 el Challenger va enlairar-se des del Centre Espacial Kennedy, Florida.

Poc després del llançament (73 segons) el Challenger va esclatar i van morir els 7 tripulants.



# Què va anar malament en el Challenger?



Fallada d'una junta tòrica en el coet dret de la llançadora.

La fallada es va produir per la temperatura ambient d'aquell dia (-0.6 C).

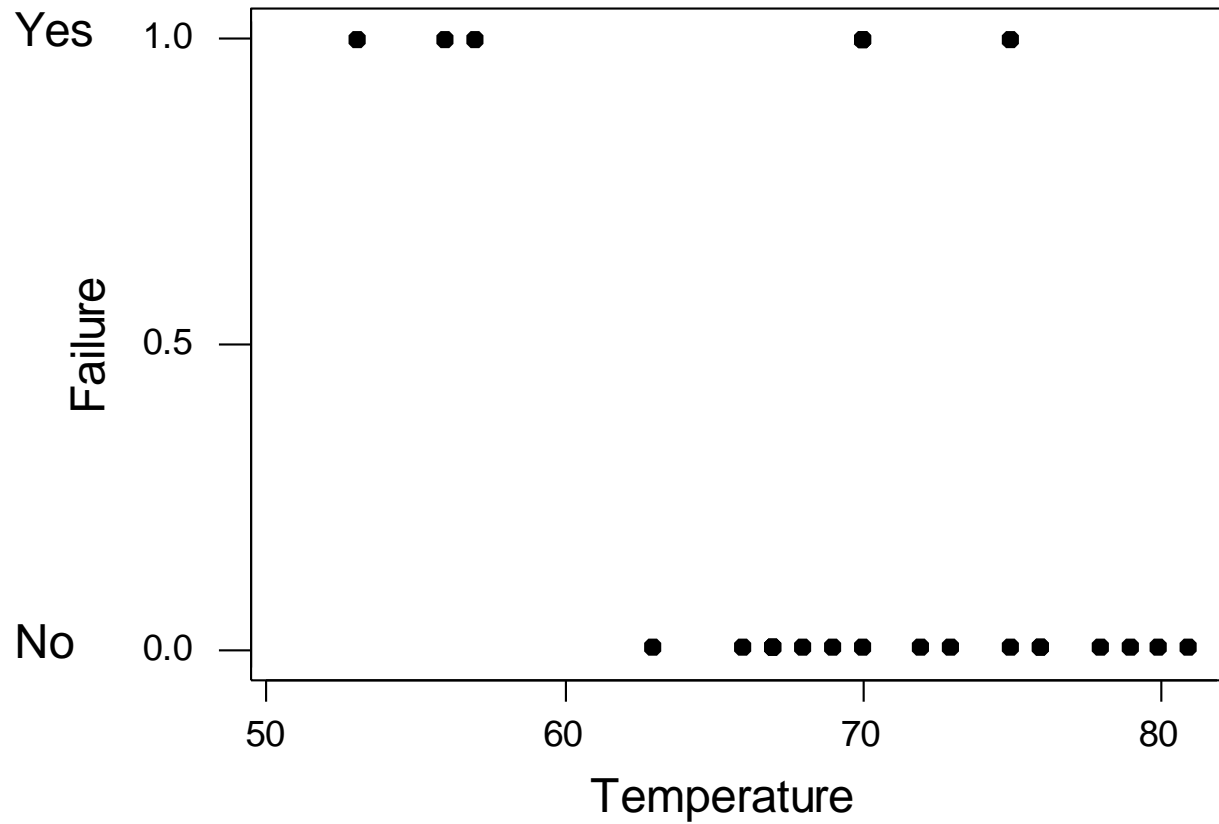
(La goma de les juntes és menys flexible a temperatures baixes)

# **Una anàlisi estadística adequada hauria evitat l'accident**

- El llançament del 28/01/1986 era el numero 25.
- Després de cada llançament els coets es recuperaven.
- Dels 24 llançaments anteriors, 7 van presentar danys en les juntes tòriques i 16 no.

**La NASA no va detectar cap relació entre les fallades i les temperatures ambientals, malgrat les recomanacions de Thiokol de que la temperatura de treball de les juntes hauria de ser superior a 53 F (11.7 C).**

# Plot of Failure versus Temperature





**Utilitzant un model de regressió logística hauríem vist que aquell dia era millor suspendre el llançament**

$$\hat{p}_i = \hat{P}(Y_i = 1) = \frac{\exp(10.8 - 0.17x_i)}{1 + \exp(10.8 - 0.17x_i)}$$

$$\hat{p} = \frac{\exp(10.8 - 0.17 \cdot 31)}{1 + \exp(10.8 - 0.17 \cdot 31)} = 0.995$$

**Aquell dia la probabilitat que hi hagués una fallada en les juntes tòriques era del 99.5%**

Passem a la segona notícia...



Es pot conèixer el sexe d'una persona per  
l'empremta de la seva mà?

**Al 2005 la premsa recollia la següent notícia:**

*Gracias a programa informático*

**Descubren huellas de mujeres en grutas rupestres**


**Las mujeres también dejaron las huellas de sus manos en las grutas rupestres, como demuestra un nuevo programa informático inspirado en el "índice de Manning", explicó a agencia EFE el etnoarqueólogo francés Jean-Michel Chazine, uno de sus creadores.**

## Rituales exclusivos

En su opinión, los investigadores tendían a excluir la idea de una participación femenina en los rituales terapéuticos, mágicos, religiosos, adivinatorios o iniciáticos que dejan presentir las pinturas rupestres, al abundar en ellas los signos de caza «y asociar la caza a actividades masculinas».

A modo de ejemplo, citó las grutas de pinturas rupestres del espacio franco-cantábrico, en el sur de Francia y el norte de España.

En Altamira (Cantabria) se descubrieron en 1878 las primeras huellas de manos rupestres, recuerda, «muy interesado» en estudiarlas, aunque sin disponer todavía de fotos suficientemente netas y precisas.



El índice estadístico de Manning establece que la relación de longitud entre dos dedos de una mano permite diferenciar la identidad sexual de un individuo, pues desde los primeros meses de la vida fetal los estrógenos influyen en la formación del índice y la testosterona en la del anular.

Bautizado como 'Kalimain', el programa descifra las huellas de manos negativas, realizadas masticando y soplando una sustancia colorante sobre la mano previamente colocada sobre la pared de una gruta.

**M. LUISA GASPAR/EFE. PARÍS**

En moltes pintures rupestres hi ha representacions de mans.



**Cova de "las Manos", Argentina**



**Cova de Gargas, Pirineu francès**

# Algunes són imatges positives i altres negatives

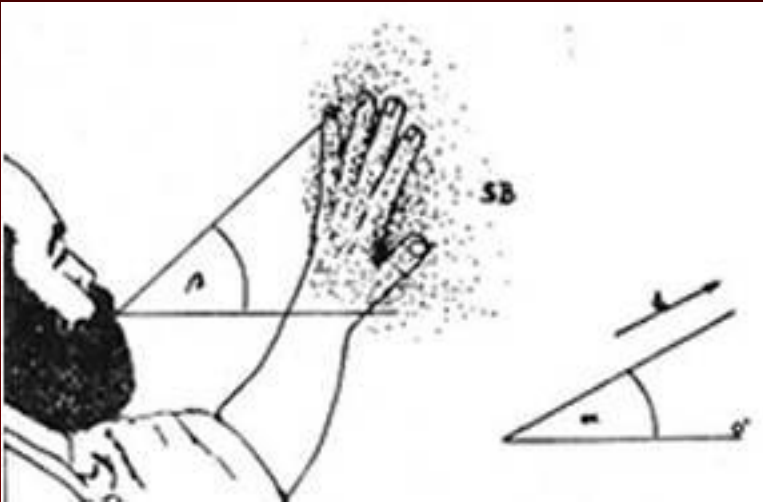


**Cova del Chauvet, França**



**Cova de Fuente del Salín, Cantàbria**

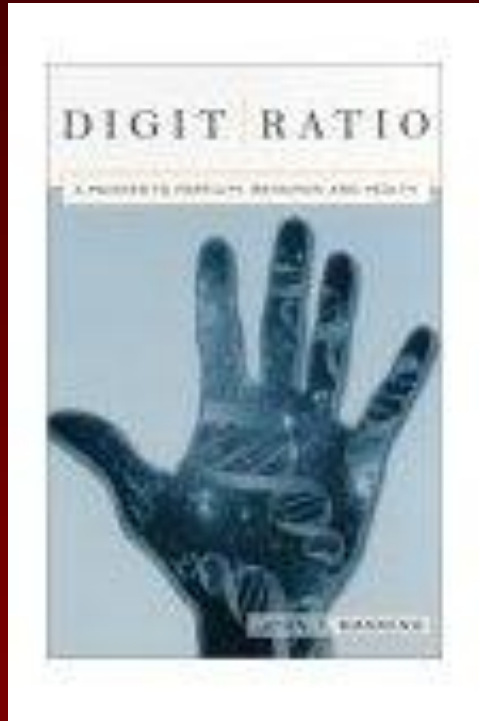
# Les imatges negatives són les que tenen una qualitat antropomètrica més elevada



S'han fet experiments per tractar d'entendre com es van fer aquestes imatges.



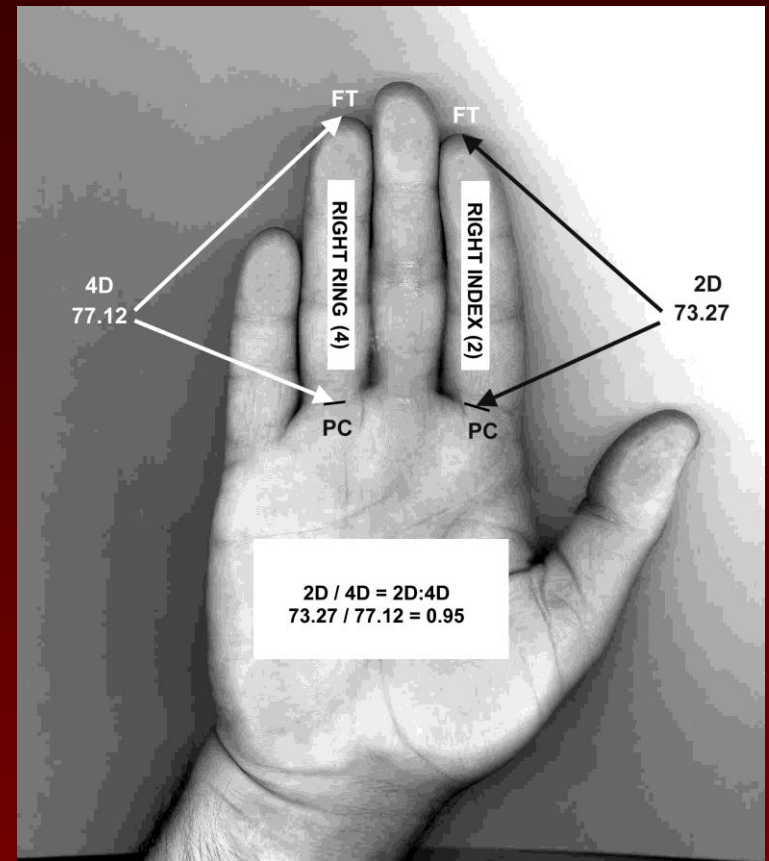
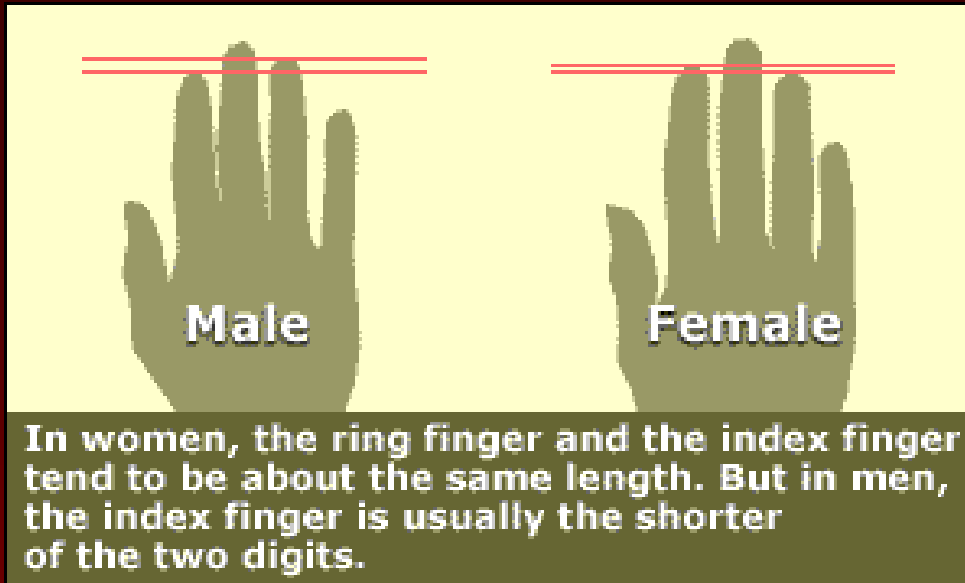
# Què és l'índex de Manning?



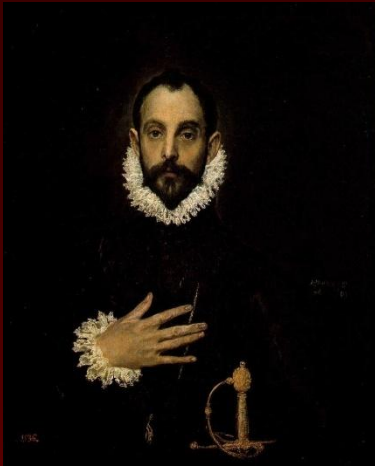
**John T. Manning. Department of Psychology  
University of Central Lancashire**

*Digit Ratio: A Pointer to Fertility, Behavior and Health*  
by **John T. Manning**  
NJ: Rutgers University Press. 2002





**L'índex de Manning és el quocient entre la longitud del segon dit i la longitud del quart dit. També s'anomena 2D:4D ratio.**



Aquesta mà, és d'un home o d'una dona?

# Per què aquest dimorfisme sexual?

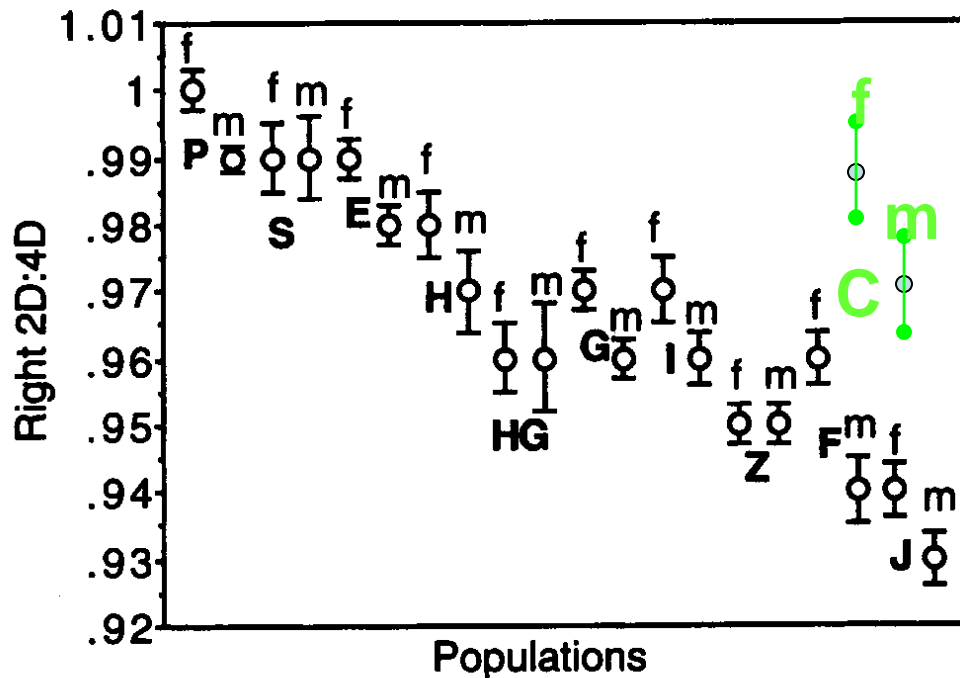
“The relative lengths of the 2nd and 4th digits are influenced prenatally by testosterone and estrogen concentrations...” (Manning, 2002)

La ISI Web of Knowledge registra 168 articles que porten 2D:4D en el seu títol en els últims 5 anys.

1. Title: [Maternal and umbilical cord androgen concentrations do not predict digit ratio \(2D:4D\) in girls: A prospective cohort study](#)  
Author(s): Hickey, M; Doherty, DA; Hart, R, et al.  
Source: **PSYCHONEUROENDOCRINOLOGY** Volume: 35 Issue: 8 Pages: 1235-1244 Published: 2010  
Times Cited: 0  

2. Title: [Digit Ratio \(2D:4D\), Sex Differences, Allometry, and Finger Length of 12-30-Year Olds: Evidence from the British Broadcasting Corporation \(BBC\) Internet Study](#)  
Author(s): Manning, JT  
Source: **AMERICAN JOURNAL OF HUMAN BIOLOGY** Volume: 22 Issue: 5 Pages: 604-608 Published: 2010  
Times Cited: 0  

3. Title: [Meta-Analysis of Digit Ratio 2D:4D Shows Greater Sex Difference in the Right Hand](#)  
Author(s): Honekopp, J; Watson, S  
Source: **AMERICAN JOURNAL OF HUMAN BIOLOGY** Volume: 22 Issue: 5 Pages: 619-630 Published: 2010  
Times Cited: 0  

**Figure 1.7.** Differences in 2D:4D ratio of the right hand between populations and sexes in 10 cultures. P = Poland, S = Spain, E = England, H = Hungary, HG = Hungary Gypsy, G = Germany, I = India, Z = Zulu (South Africa), F = Finland, J = Jamaica. Sex is indicated by f = female and m = male. Substantial between-population differences are revealed. The Polish, Spanish, and English samples show high 2D:4D ratios; the German, ethnic Hungarian, Hungarian Gypsies, and Indians intermediate values of 2D:4D; the Zulu, Finnish, and Jamaican samples show low 2D:4D ratios. The mean ratios are rounded to the nearest 0.01.

**C = Catalonia**

# Tornem a les coves



**Cova Gua Masri II, Borneo**



Détermination de l'identité sexuelle des auteurs des mains de Masri II grâce au logiciel *Kalimain* 1.0 (Newsletter: Chacine, JC and Noury A., 2005).

# És fiable aquesta classificació?

- El mateix Manning posa en dubte aquests resultats.

Nelson, EC, Manning JT and Sinclair A. (2006).

News using the length of the 2<sup>nd</sup> and 4<sup>th</sup> digit ratio (2D:4D) to sex cave art hand stencils: factors to consider. *Before Farming*, 1, A6.

- Els valors dels índexs varien segons els diversos grups ètnics.
- Chazin i Nouri utilitzen les mitjanes de les poblacions europees (0.96 pels homes i 1.0 per les dones).
- Si es considera la mà esquerra o la dreta els índexs també poden ser diferents.
- La transició mà real – empremta està lligada a molts factors d'error.

**No tots els models estadístics funcionen bé !!**



I la tercera noticia...



# El cas Litvinenko

EX ESPÍA RUSO ENVENENADO

## Litvinenko, el más molesto para Putin

Actualizado lunes 16/07/2007 18:17 (CET)



EFE

MOSCÚ.- Alexander Litvinenko, antiguo agente de los servicios secretos rusos, falleció el 23 de noviembre de 2006 en el hospital University College de Londres envenenado por polonio 210. Conocido por sus feroces críticas hacia el primer ministro ruso, Vladimir Putin, vivía refugiado en la capital británica.

El ex agente secreto cayó enfermo de forma repentina unas semanas antes, el 1 de noviembre, día que se reunió con dos ciudadanos rusos, Andrei Lugovói y Dimitri Kovtun, en el hotel Millennium de la capital británica, donde tomó té.



▲ Alexander Litvinenko antes y después de ser envenenado. (Fotos: AP y EFE)

Més de 150 persones van ser examinades per veure si havien estat irradiades degut a la seva proximitat a Litvinenko: cambrers, dones de la neteja de l'hotel Millenium, etc.



CASO DEL EX ESPÍA ALEXANDER LITVINENKO

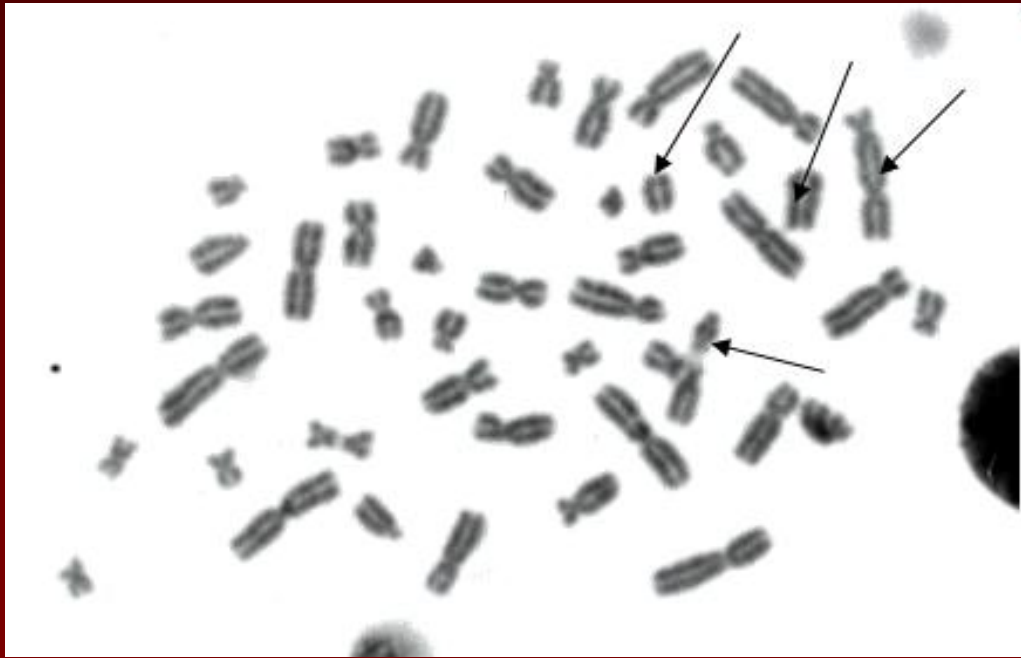


## Agentes británicos encuentran en el estadio del Arsenal rastros de polonio 210

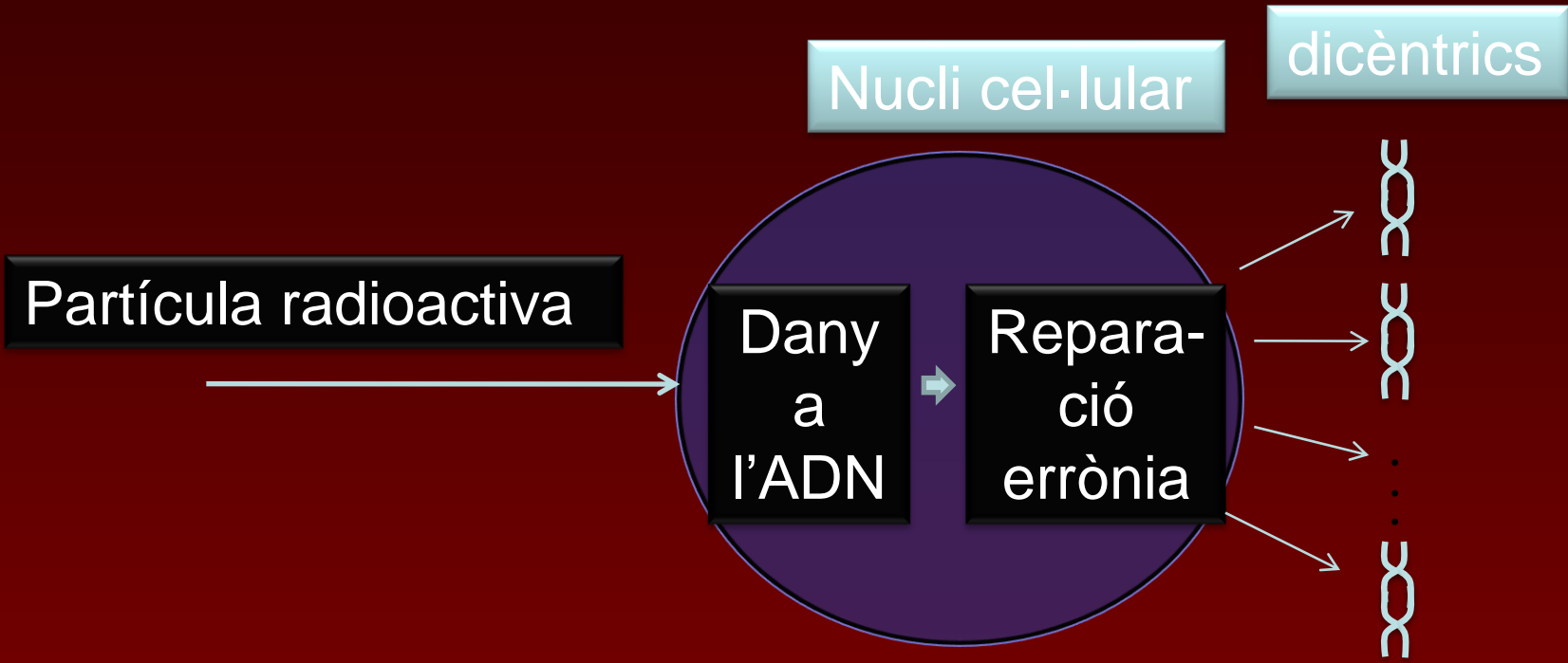
Personal especializado de la Policía del Reino Unido ha informado que en el estadio del equipo de fútbol Arsenal se detectaron rastros de polonio 210, la sustancia altamente radiactiva que provocó la muerte del ex espía ruso Litvinenko. Katherine Lewis, portavoz de los servicios sanitarios gubernamentales, informó que "pequeñas cantidades (de polonio) han sido halladas en mínimos niveles en áreas localizadas" del inmueble localizado en Londres. Hasta el momento se han encontrado rastros del isótopo en al menos doce lugares y en dos aviones de la compañía British Airways. Además, cerca de veinte personas han sido sometidas a pruebas para detectar si fueron expuestas a la radiación.



# Es pot saber la dosi de radiació que ha rebut una persona ?



El número de dicèntrics que s'observen partint d'una mostra de limfòcits està relacionat amb la dosi de radiació.



Partícula radioactiva

Nucli cel·lular

dicèntrics

Dany  
a  
l'ADN

Repara-  
ció  
errònia

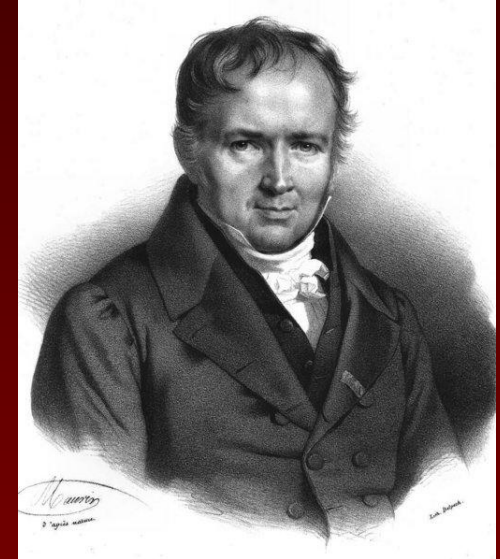


# Distribució de Poisson

El número de dicèntrics segueix una distribució de probabilitats anomenada distribució de Poisson.

$$p(x) = \frac{e^{-\mu} \mu^x}{x!}, \quad x = 0, 1, 2, \dots$$

**El paràmetre  $\mu$  depèn de la radiació rebuda.**



Siméon-Denis Poisson

**Tabla I. Análisis citogenético en linfocitos del trabajador expuesto**

Total Células	Células Normales	Dicéntricos	Acéntricos	Frecuencia Dicéntricos	Frecuencia Acéntricos	Dosis calculada(Gy)
1062	1054	5	3	$0.005 \pm 0.002$	$0.003 \pm 0.002$	<b>0.129</b>

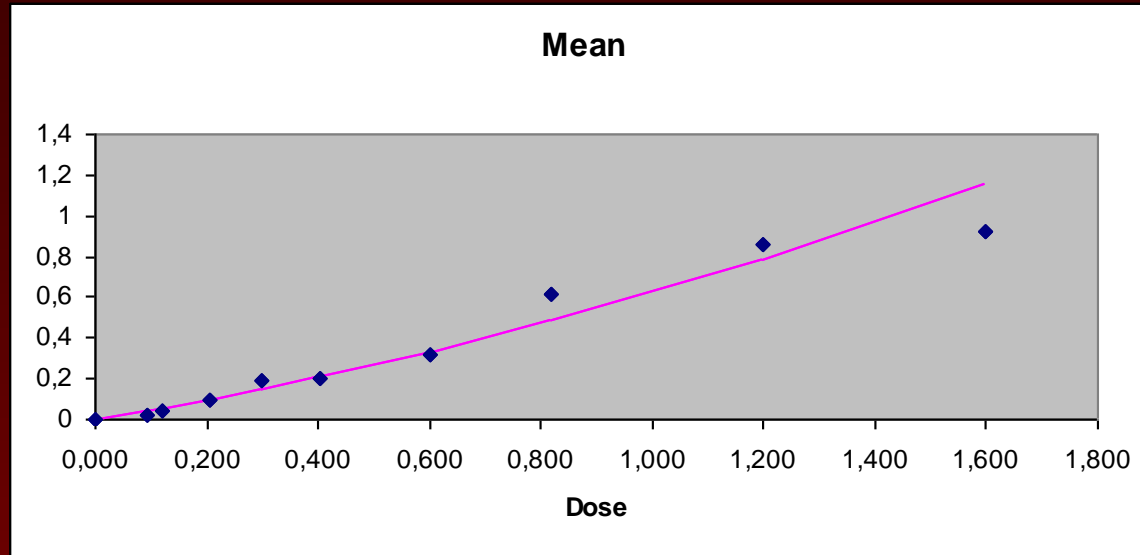
# Un exemple

1480 MeV oxygen ions														
dose (Gy)	N	X	cell distribution of dicentrics								dic	mean	var	D
			0	1	2	3	4	5	6	7				
0,000	2000	1	1999	1	0	0	0	0			1	0,0005	0,0005	1,00
0,092	753	16	737	16	0	0	0	0			16	0,0212	0,0208	0,98
0,120	1500	71	1438	55	5	2	0	0			71	0,0473	0,0598	1,26
0,205	1420	138	1300	104	14	2	0	0			138	0,0972	0,1160	1,19
0,300	560	106	471	73	15	1	0	0			106	0,1893	0,2181	1,15
0,405	520	103	437	66	15	1	1	0			103	0,1981	0,2516	1,27
0,600	631	204	473	119	34	3	2	0	0		204	0,3233	0,3937	1,22
0,820	413	253	253	99	38	17	5	0	1		253	0,6126	0,9175	1,50
1,200	190	163	92	55	27	11	4	1			163	0,8579	1,1173	1,30
1,600	173	160	80	49	26	13	5	0			160	0,9249	1,1746	1,27

Això es fa per poder calibrar la metodologia.



# El model de regressió de Poisson



Amb aquesta corba ja podem estimar la dosis de radiació rebuda.

Hi ha algun model estadístic millor ?

Fa 101 anys que A. K. Erlang va publicar el seu famós article "The Theory of Probabilities and Telephone Conversations"

1. THE THEORY OF PROBABILITIES AND  
TELEPHONE CONVERSATIONS

*First published in "Nyt Tidsskrift for Matematik" B, Vol. 20 (1909), p. 33.*



Aquest article es considera l'inici de l'anomenada Teoria de Cues.

En aquest transcendent article Erlang va demostrar que el nombre de trucades que rep una centraleta durant un interval de temps segueix una distribució de Poisson.

$$S_x = \frac{(na)^x}{x!} e^{-na}. \quad (II)$$

La demostració d'Erlang no mostra amb claredat els principis científics que hi ha darrera. Aquests van ser explicitats més endavant per Greenwood i Yule (1920) i Newbold (1926).

# Els principis científics que ens porten a la distribució de Poisson

1- Independència en el temps: El nombre de partícules radioactives que arriben en intervals de temps separats són independents.

2- Posició del temps no rellevant: La distribució del nombre de partícules en un interval de temps només depèn de la longitud de l'interval.

3- No simultaneïtat dels esdeveniments: La probabilitat de que arribi més d'una partícula en un interval de temps molt petit és negligible.

# Violant el principi de no simultaneïtat

El tercer principi és raonable per modelar el nombre de partícules radioactives que arriben a un detector, però no és raonable per altres tipus d'esdeveniments.



Què passa si el principi de no simultaneïtat es trenca?

# Distribucions Compound Poisson

1- El número de partícules radioactives que arriben a les cèl·lules segueix una distribució de Poisson.

2- El número de dicèntrics que produeix cada partícula radioactiva segueix un altre distribució de probabilitats independent de la de les partícules.



El número de dicèntrics segueix una distribució Compound-Poisson

I aquest és un tema de recerca actual...

# An application of compound Poisson modelling to biological dosimetry

Pedro Puig<sup>1,\*</sup> and Joan Francesc Barquinero<sup>2</sup>

+ Author Affiliations

\*Author for correspondence ([ppuig@mat.uab.cat](mailto:ppuig@mat.uab.cat)).

## Abstract

In this paper, the  $r$ th-order univariate Hermite distributions are proposed to model the number of dicentric chromosomes in biological dosimetry. These families of distributions are introduced from compound Poisson process modelling. Regression models appropriate for analysing the number of dicentric chromosomes as a function of doses of radiation are presented, and an example of application is also given.

## This Article

Published online before  
print September 29,  
2010, doi:  
[10.1098/rspa.2010.0384](https://doi.org/10.1098/rspa.2010.0384)

- » **Abstract Free**
- Full Text
- Full Text (PDF)

## - Classifications

- Research articles

## - Services

- Email this article to a friend
- Alert me when this article is cited
- Alert me if a correction is posted
- Similar articles in this



Gràcies per la vostra atenció...



# L'accident del Challenger podria haver-se evitat: un passeig a través de la Modelització Estadística

*Pere Puig*

*Departament de Matemàtiques  
Universitat Autònoma de Barcelona*

