

L'accident del Challenger i 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.

Declaració del Parlament de Catalunya amb motiu de l'Any Internacional de l'Estadística

“...el Parlament de Catalunya dóna ple suport a la celebració de l'Any Internacional de l'Estadística i s'adhereix a l'objectiu de promoure el coneixement de la importància que té en la vida quotidiana...”



Llegida en el Ple del Parlament el dia 10 d'abril de 2013

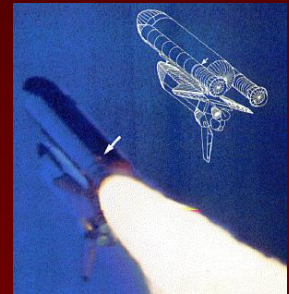
Jornada de celebració de l'Any internacional de l'estadística

- Divendres, 18 d'Octubre de 2013



Tres notícies de la premsa:

- El cas Litvinenko (2006)
- L'accident del Challenger (1986)
- Es descobreixen empremtes de dones en coves prehistòriques (2005)



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

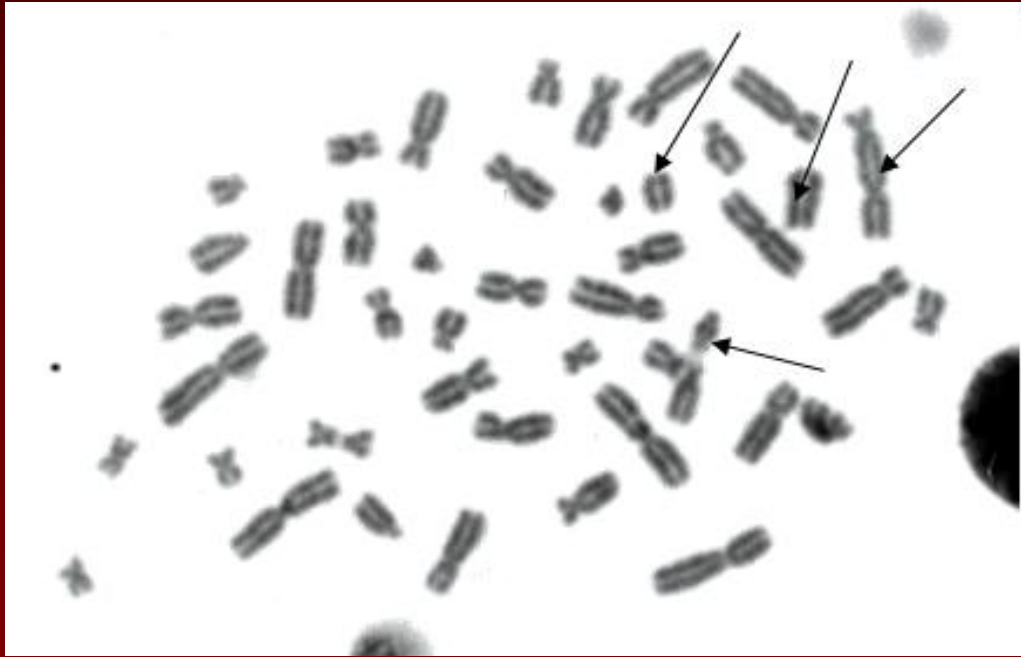


Agentes británicos encuentran en el estadio del Arsenal rastros de polonio 210

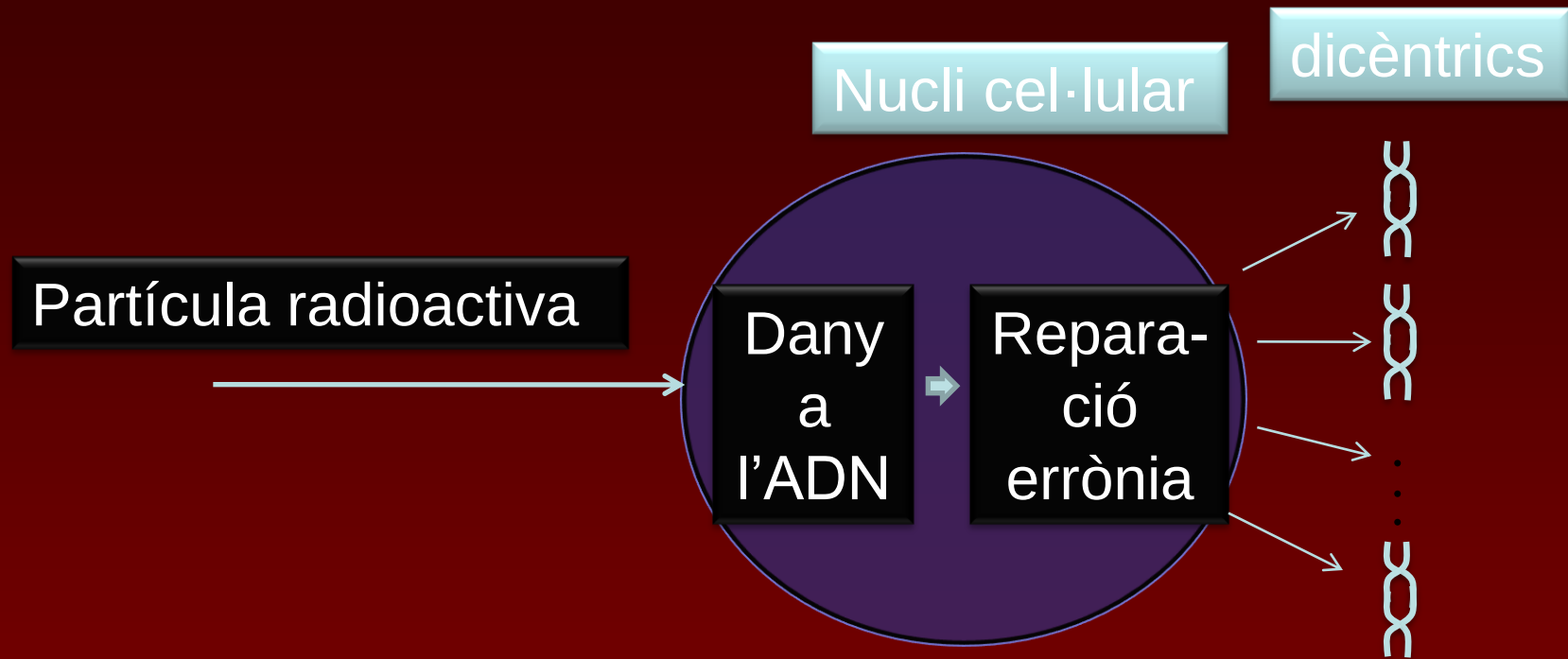
Personal especializado de la Policía del Reino Unido ha informado que en el estadio del equipo de fútbol Arsenal se detectaron rastros de polonio 210, la sustancia altamente radiactiva que provocó la muerte del ex espía ruso Litvinenko. Katherine Lewis, portavoz de los servicios sanitarios gubernamentales, 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.



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 μ depèn de la radiació rebuda.

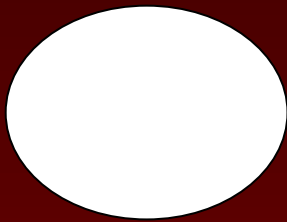


Siméon-Denis Poisson

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 ± 0.002	0.003 ± 0.002	0.129

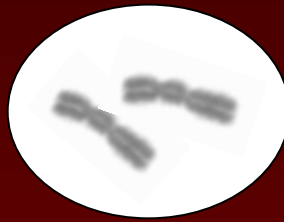
La irradiació amb rajos X o partícules gamma produeix una distribució de dicèntrics que segueix una Poisson.



$$\frac{\mu^0 e^{-\mu}}{0!}$$



$$\frac{\mu^1 e^{-\mu}}{1!}$$



$$\frac{\mu^2 e^{-\mu}}{2!}$$



$$\frac{\mu^3 e^{-\mu}}{3!}$$



$$\frac{\mu^4 e^{-\mu}}{4!}$$

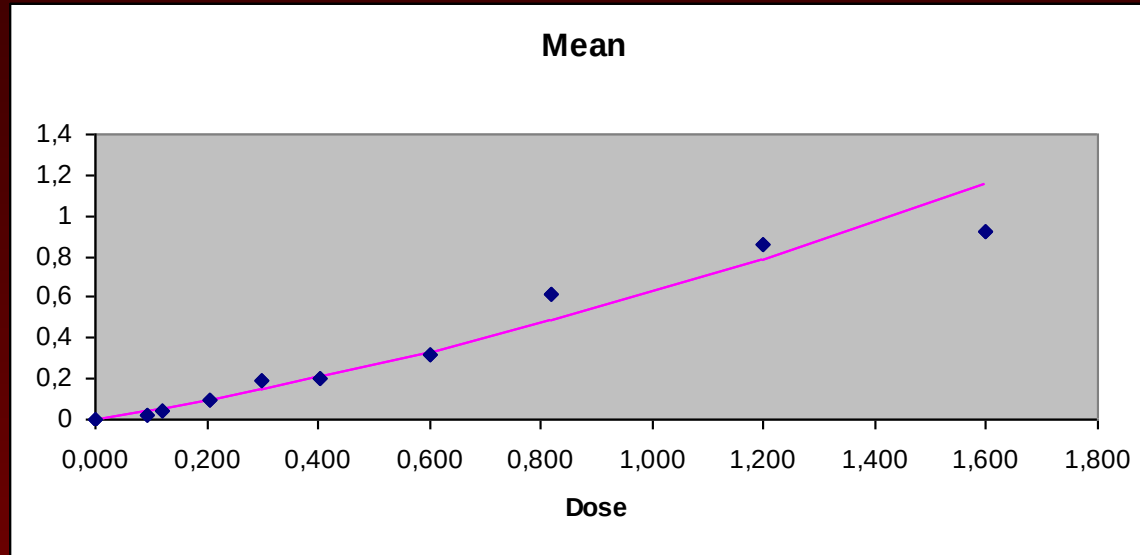
En canvi, el neutrons i altres tipus de radiació d'alta energia produeixen distribucions amb perfils diferents als de la distribució de Poisson .

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 104 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.

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.

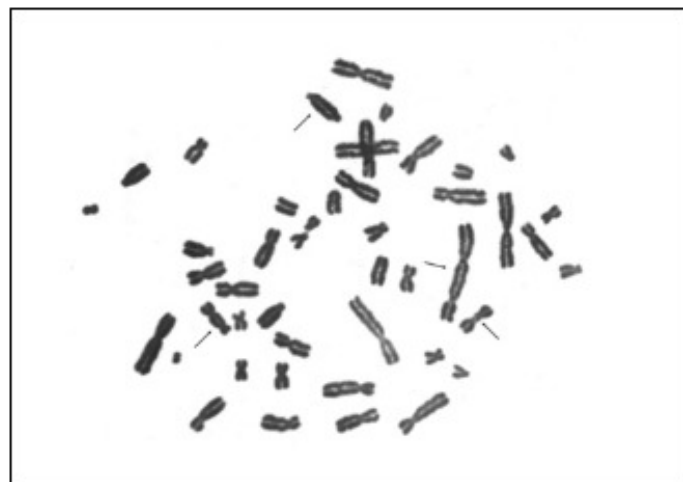


El número de dicèntrics segueix una distribució Compound-Poisson

I aquest és un tema de recerca actual...



MEDICINA Y SALUD



Metafase teñida uniformemente con cromosomas dicéntricos (flechas).

05/2011 - Nuevo método de valoración del grado de exposición a radiación

Investigadores del Departamento de Matemáticas y del Departamento de Biología Animal, de Biología Vegetal y de Ecología de la UAB, en una colaboración interdisciplinaria, han desarrollado un nuevo modelo matemático que permite valorar el grado de radiación recibida mediante el análisis de sus efectos en el ADN celular con el estudio de las frecuencias de cromosomas dicéntricos -un tipo de aberración cromosómica- en muestras de sangre de individuos expuestos a radiación. Este método es especialmente idóneo para radiaciones de alta energía, como las que se producen en accidentes nucleares como el de Fukushima.

Referencias

"An application of compound Poisson modelling to biological dosimetry". Puig, P. and Barquinero, J.F. (2011). *Proc. R. Soc. A*, vol. 467 no. 2127, p. 897-910.

La alarma social causada por la fuga radiactiva de la central de Fukushima es un ejemplo de la importancia que tiene el hecho de disponer de métodos fiables para conocer la cantidad de radiación que ha podido recibir una persona expuesta. Este es el principal objetivo de la dosimetría biológica en radioprotección y es esencial para poder valorar las consecuencias de la exposición al agente radiactivo desde el punto de vista de la salud.

Passsem a la segona notícia...



LA VANGUARDIA

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

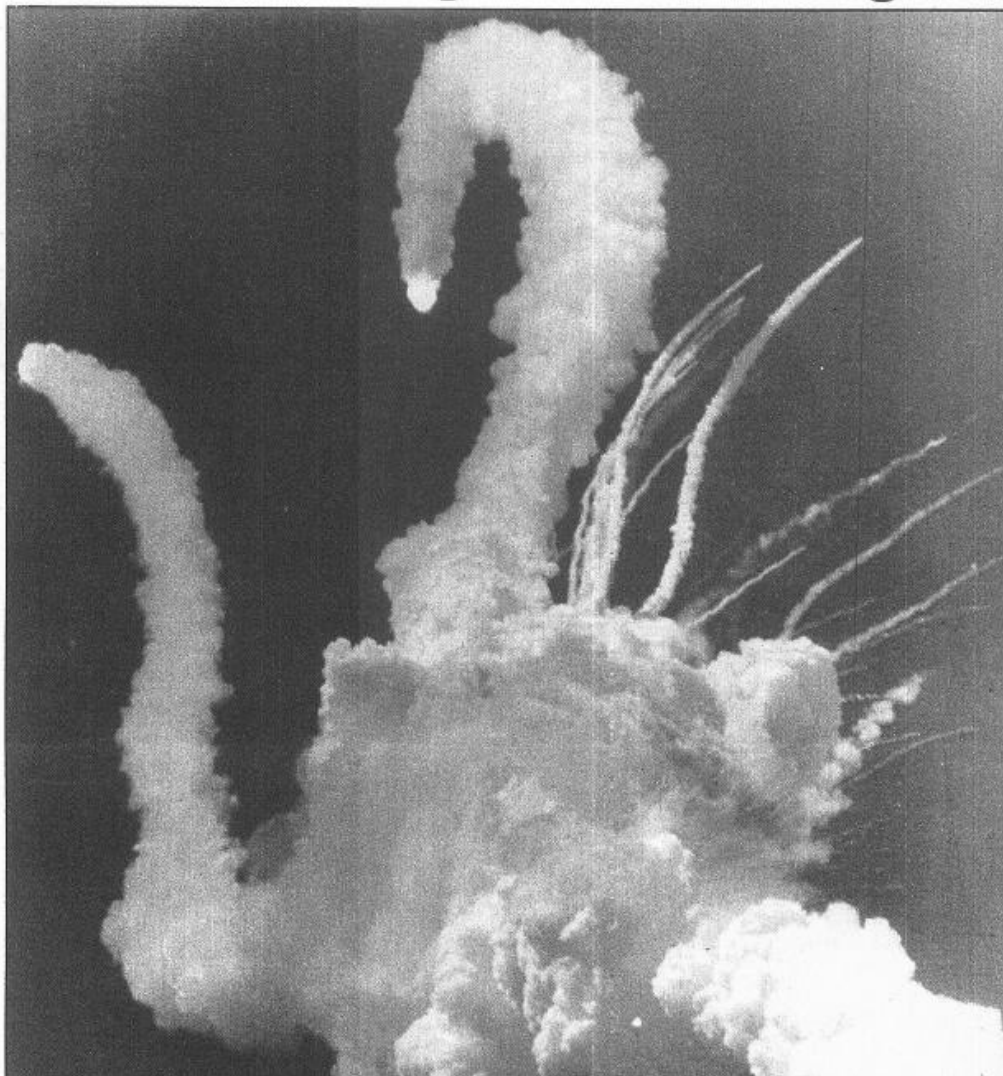
FUNDADA EN 1881
POR DON CARLOS Y DON BARTOLOMÉ GODÓ

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

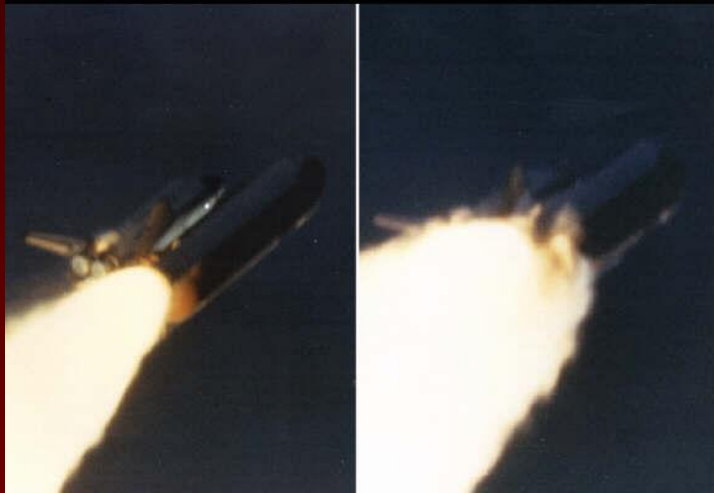
La décima misión del "Challenger" acabó en tragedia



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



La Ciència necessita la Modelització Estadística

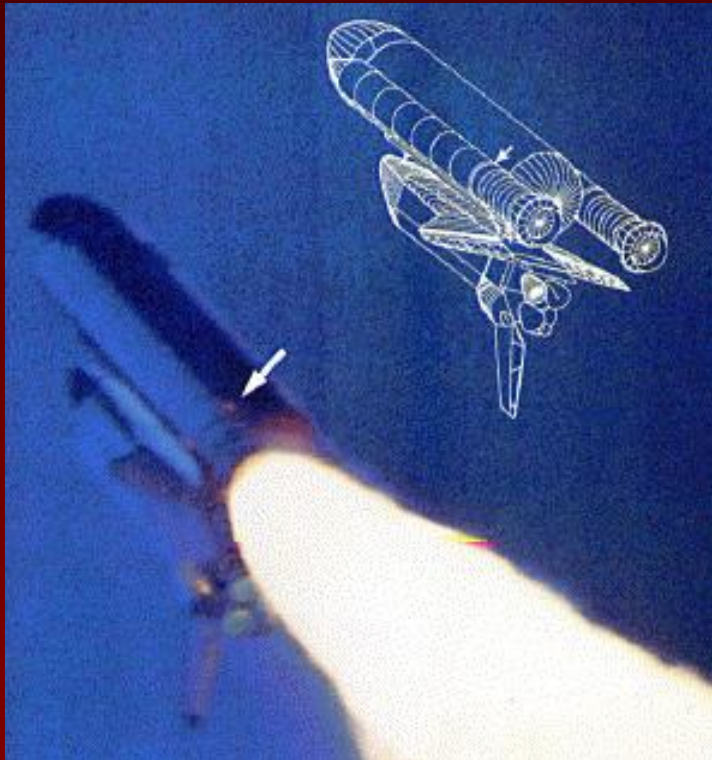


El 28/01/1986 el Challenger va enlairar-se des del Centre Espacial Kennedy, Florida.

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).

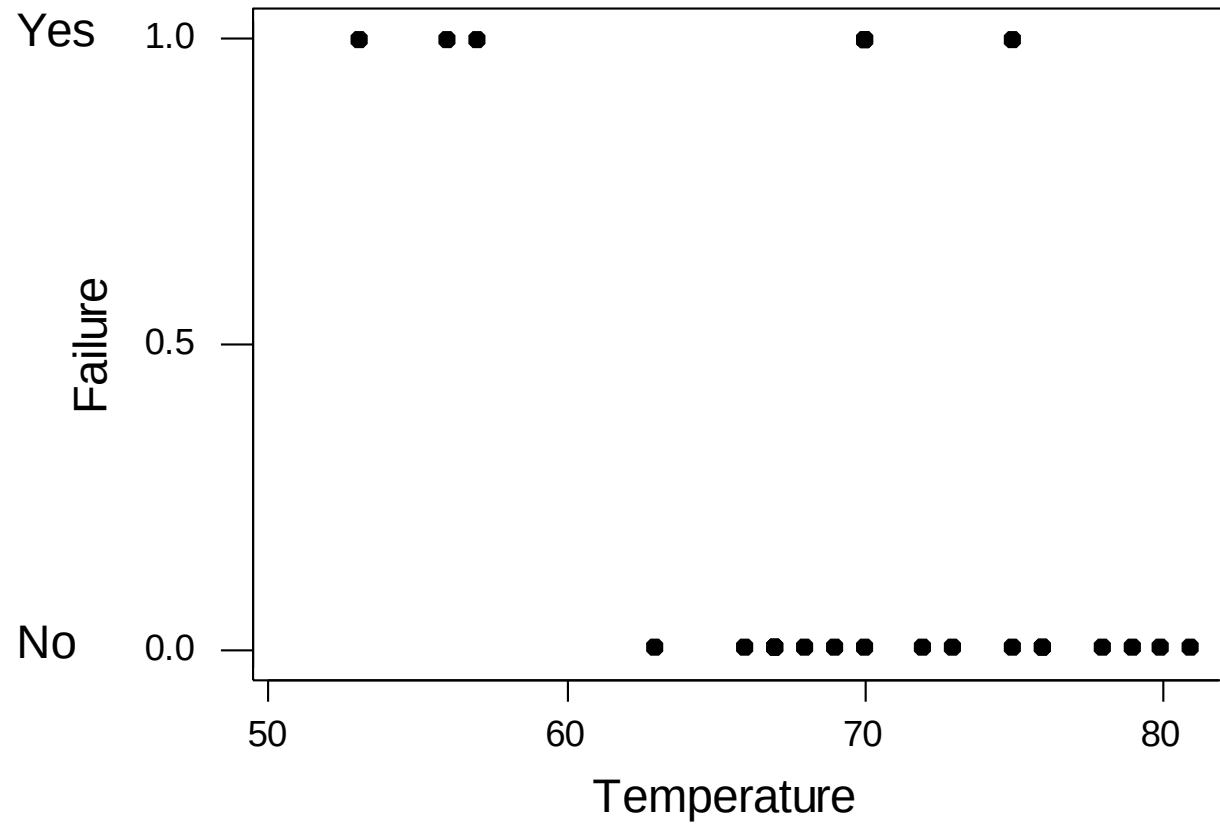
(La goma de les juntes és menys flexible a temperatures baixes)

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%

I la tercera noticia...



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

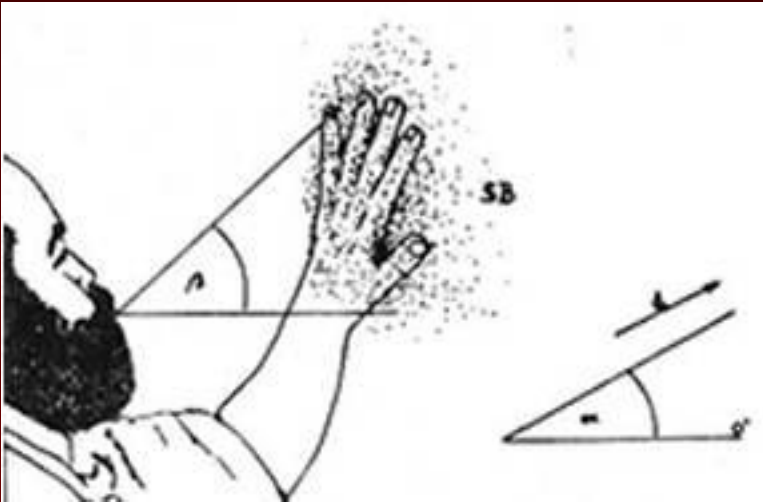


Cova del Chauvet, França



Cova de Fuente del Salín, Cantàbria

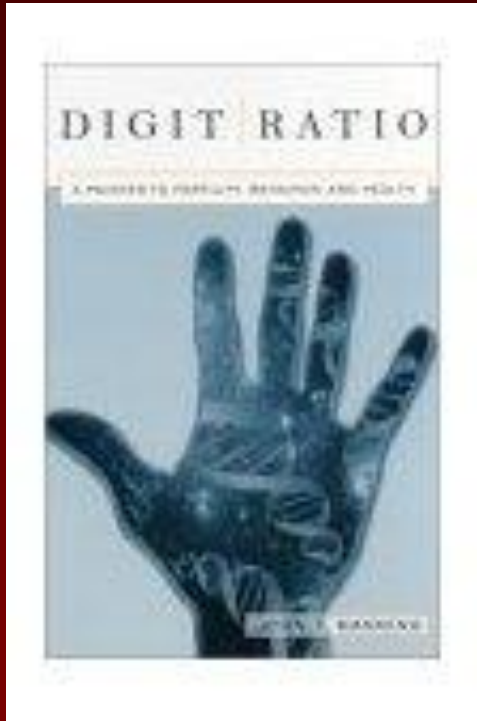
Les imatges negatives són les que tenen una qualitat antropomètrica més elevada



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

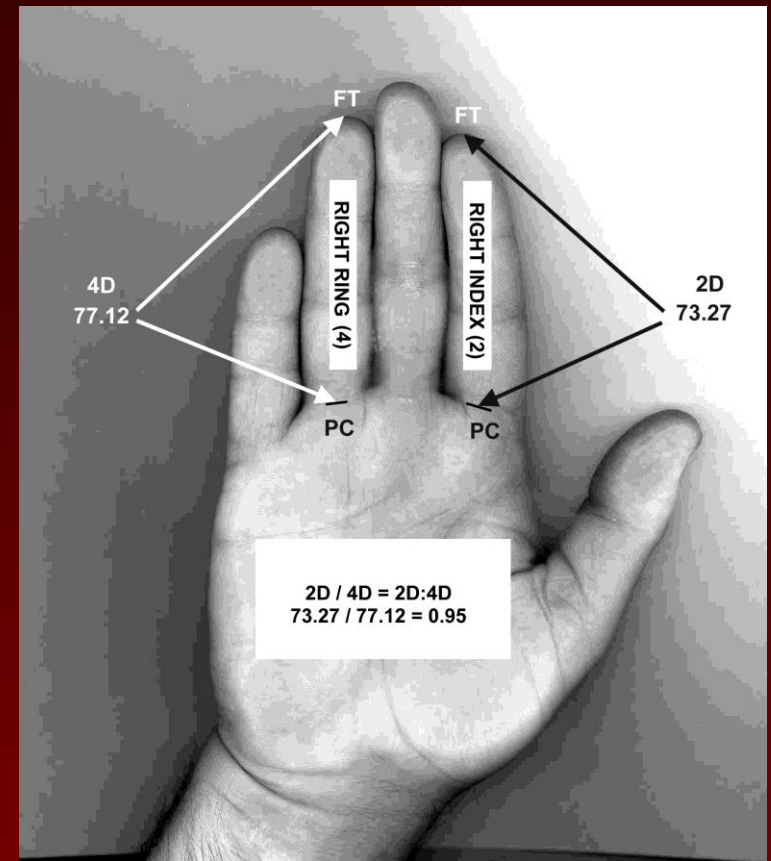
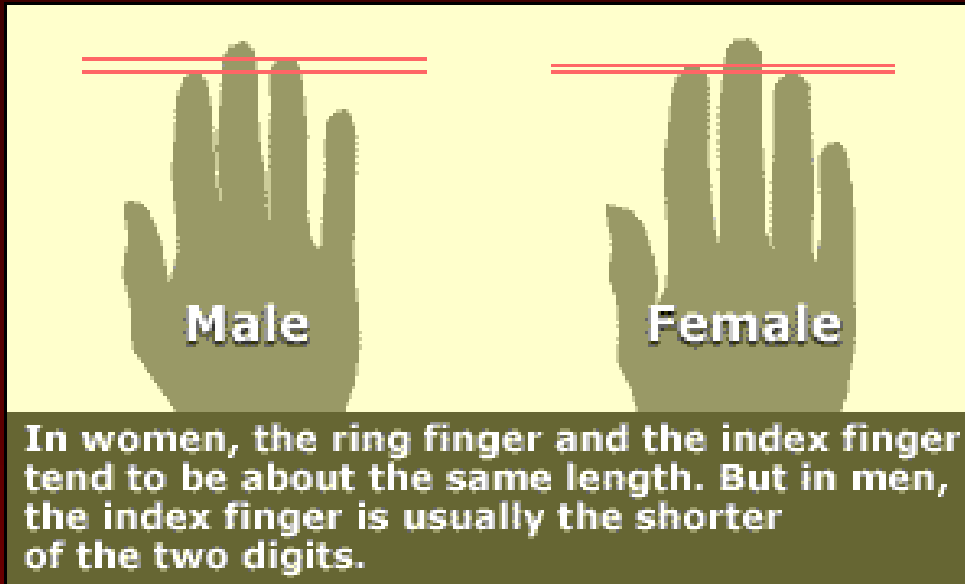


Què és l'índex de Manning?



**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 186 articles que porten 2D:4D en el seu títol en els últims 5 anys.

1. Title: **Your fate is in your hands? Handedness, digit ratio (2D:4D), and selection to a national talent development system**
Author(s): Baker, Joseph; Kungl, Ann-Marie; Pabst, Jan; et al.
Source: LATERALITY Volume: 18 Issue: 6 Pages: 710-718 DOI: 10.1080/1357650X.2012.755992 Published: DEC 1 2013
Times Cited: 0 (from All Databases)
 [[View abstract](#)]
2. Title: **A Critical Review of the Research on the Extreme Male Brain Theory and Digit Ratio (2D:4D)**
Author(s): Teatero, Missy L.; Netley, Charles
Source: JOURNAL OF AUTISM AND DEVELOPMENTAL DISORDERS Volume: 43 Issue: 11 Pages: 2664-2676 DOI: 10.1007/s10803-013-1819-6
Published: NOV 2013
Times Cited: 0 (from All Databases)
 [[View abstract](#)]
3. Title: **2D:4D finger length ratio and reproductive indices in a Chuvashian population**
Author(s): Kalichman, Leonid; Batsevich, Valery; Kobylansky, Eugene
Source: AMERICAN JOURNAL OF HUMAN BIOLOGY Volume: 25 Issue: 5 Pages: 617-621 DOI: 10.1002/ajhb.22420 Published: SEP 2013
Times Cited: 0 (from All Databases)
 [[View abstract](#)]

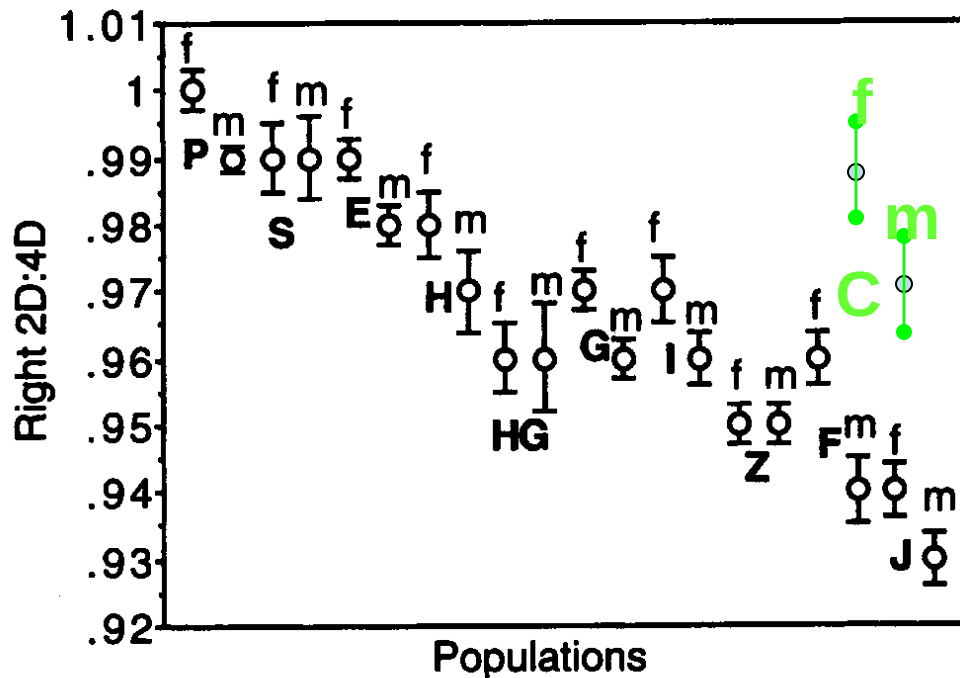


Figure 1.7. Differences in 2D:4D ratio of the right hand between populations and sexes in 10 cultures. P = Poland, S = Spain, E = England, H = Hungary, HG = Hungary Gypsy, G = Germany, I = India, Z = Zulu (South Africa), F = Finland, J = Jamaica. Sex is indicated by f = female and m = male. Substantial 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 2nd and 4th 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.

Aquest model estadístic és millorable !!

4



Gràcies per la vostra atenció...