

**DE LA CIENCIA DE LA COMPLEJIDAD
A LA FE CRISTIANA**

Carlos E. Puente

Department of Land, Air and Water Resources
Universidad de California, Davis

Ateneo Pontificio Regina Apostolorum
Roma, 17 de Abril de 2007

Tesis

Nosotros humanos, con el regalo del alma,
podemos aprender de avances recientes
relacionados con la complejidad natural
para ahondar nuestra fe en Cristo...

Resumen

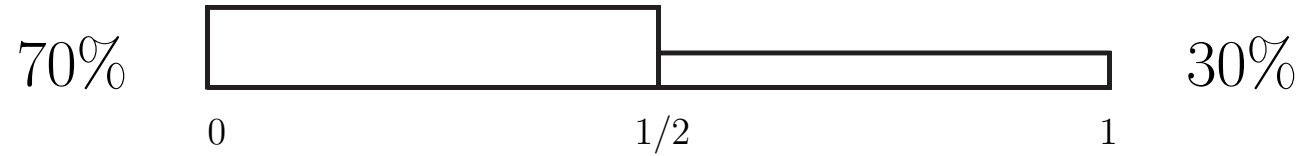
Lecciones a partir de la turbulencia

Lecciones a partir del caos

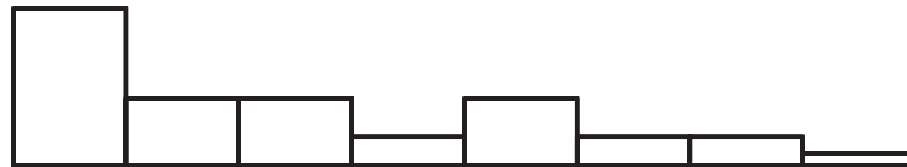
Lecciones a partir de la normalidad

Lecciones a partir de la turbulencia

Un juego de niños

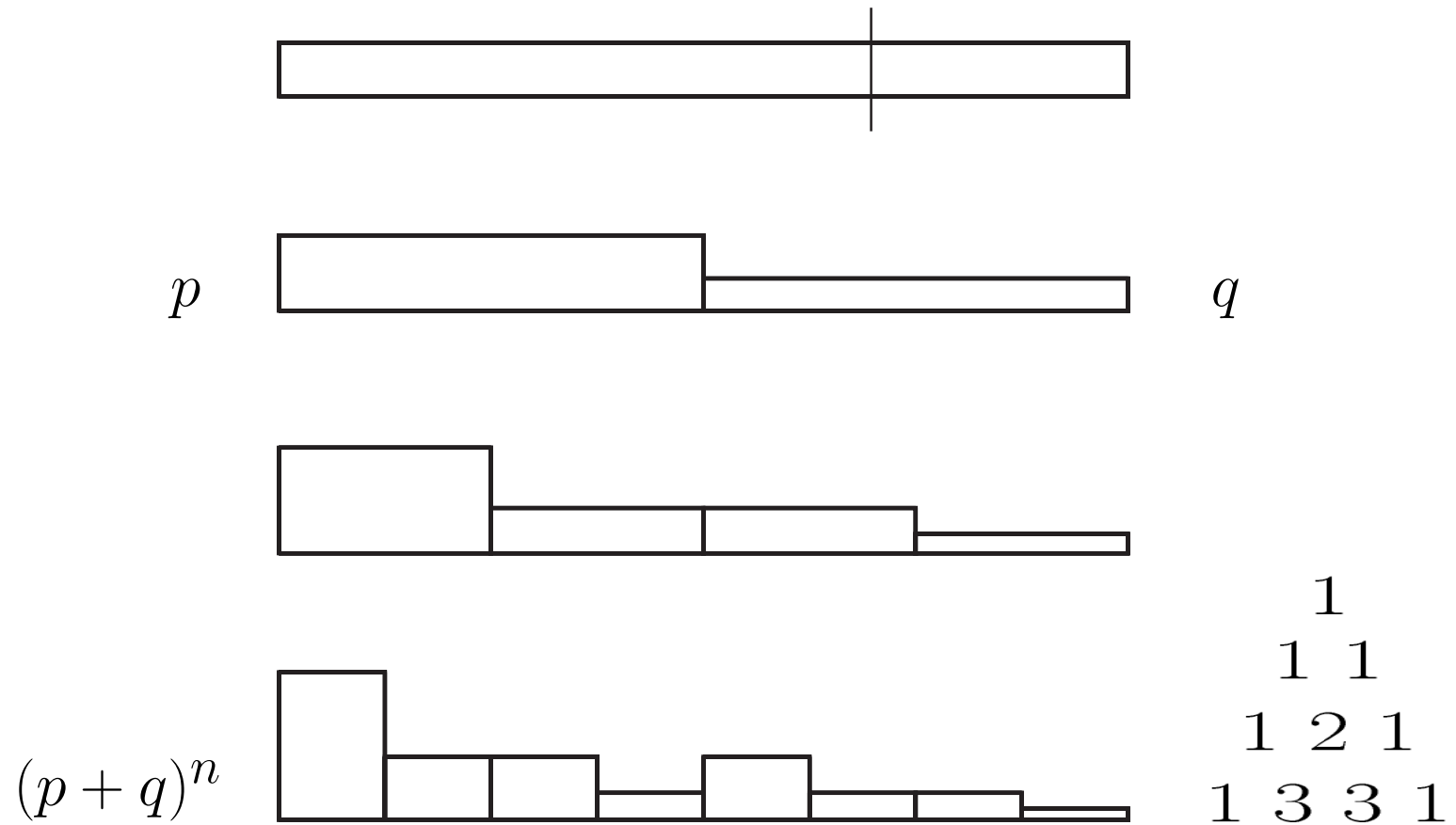


$$h = (0.7 \cdot 2)^3$$



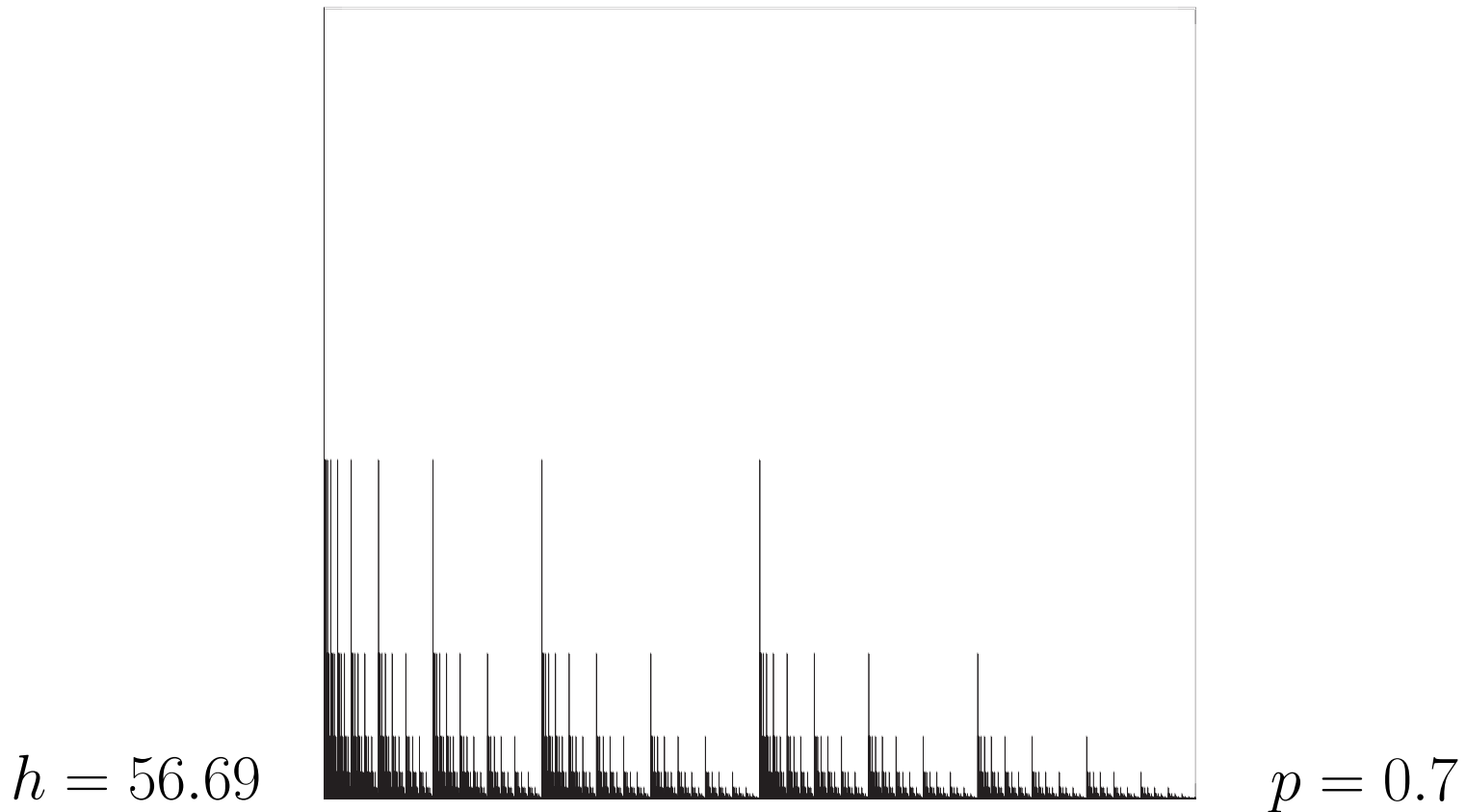
⋮

Una cascada multiplicativa



...expansión binomial y el triángulo de Pascal

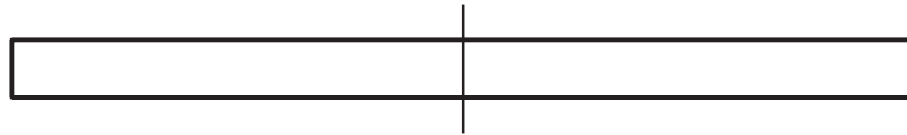
Después de $n = 12$ niveles



una medida **multifractal**:

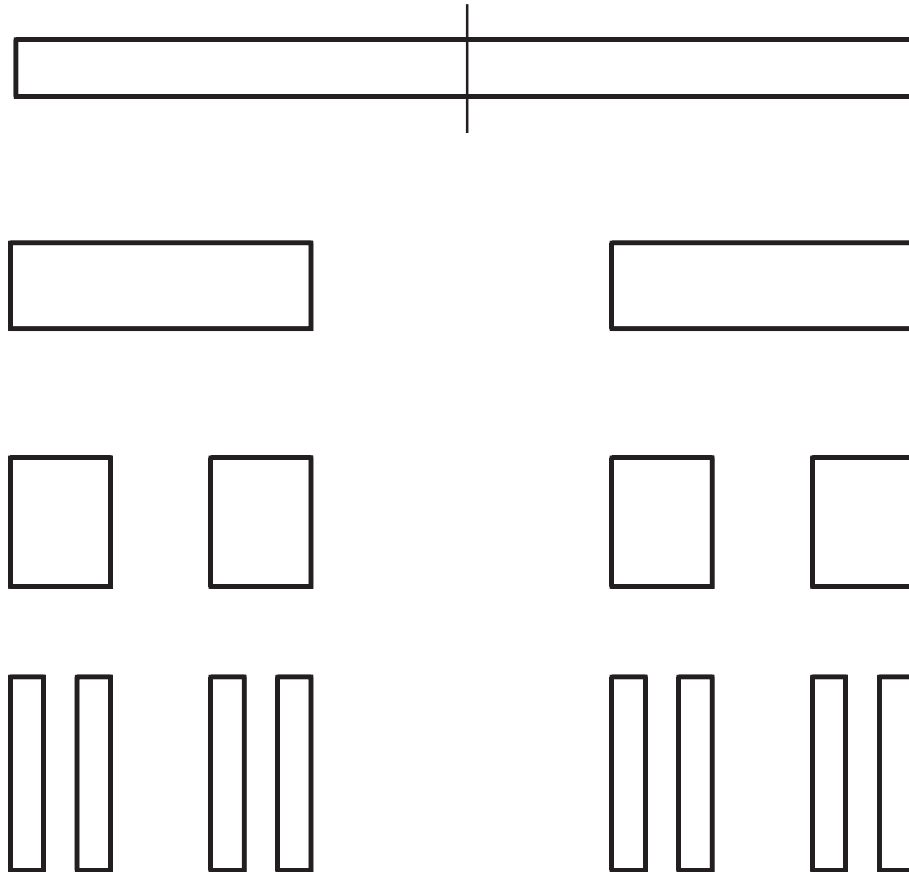
capas de **espinas** entrelazadas y con densidades diversas
el soporte de cada capa es un **polvo** fractal

Otro juego de niños



⋮

Otra cascada divisiva

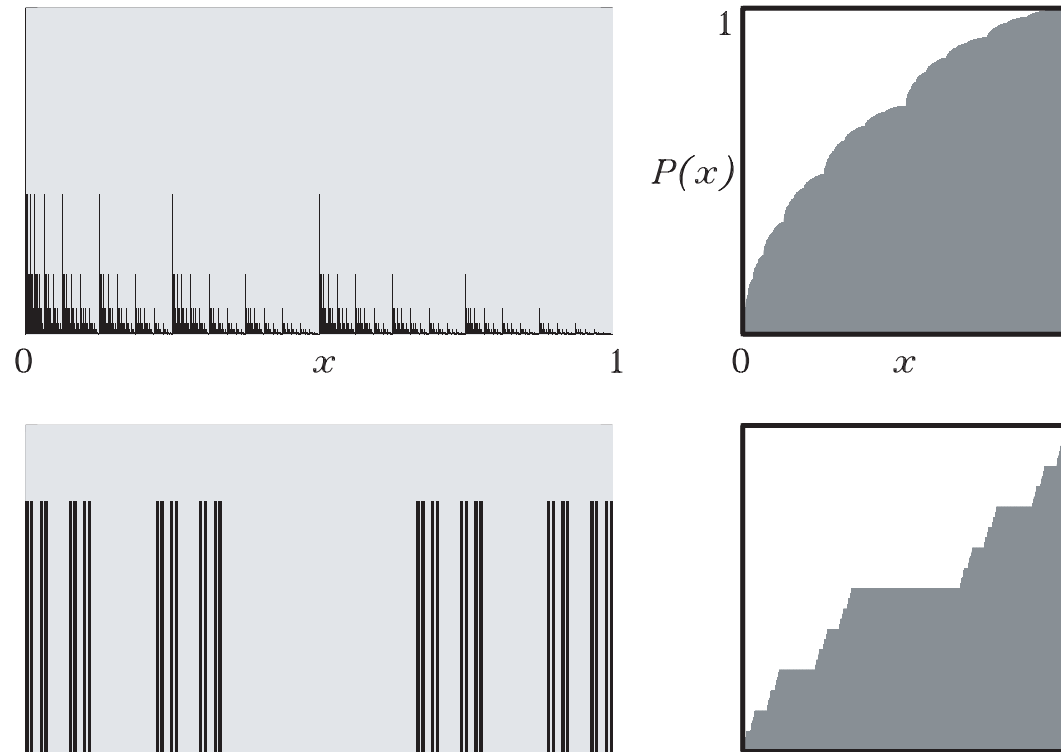


espinas iguales y disyuntas sobre **polvo**

reproduce las capas de la primera cascada variando el hueco:

las dos cascadas están íntimamente **relacionadas**

Plastilinas acumuladas

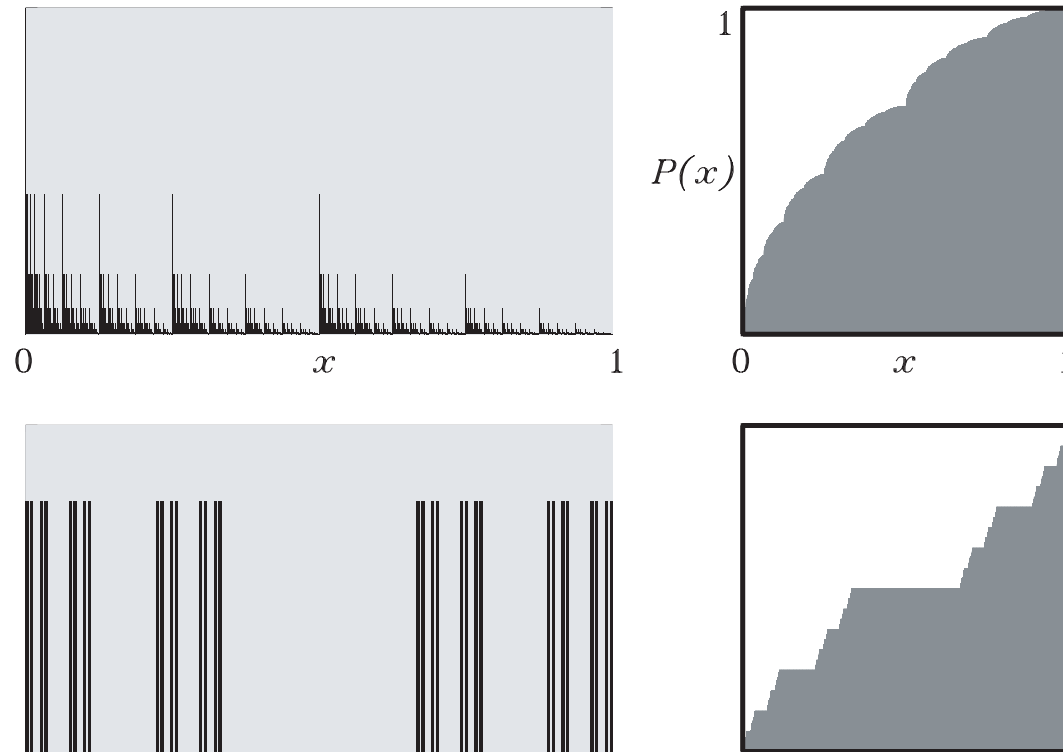


a partir de la dinámica de los juegos:

muecas arriba, $P(1/2) = 0.7$, $P(1/4) = 0.49$, etc.

mesetas abajo, $P(1/3) = P(2/3) = 1/2$, etc.

Las escaleras del diablo

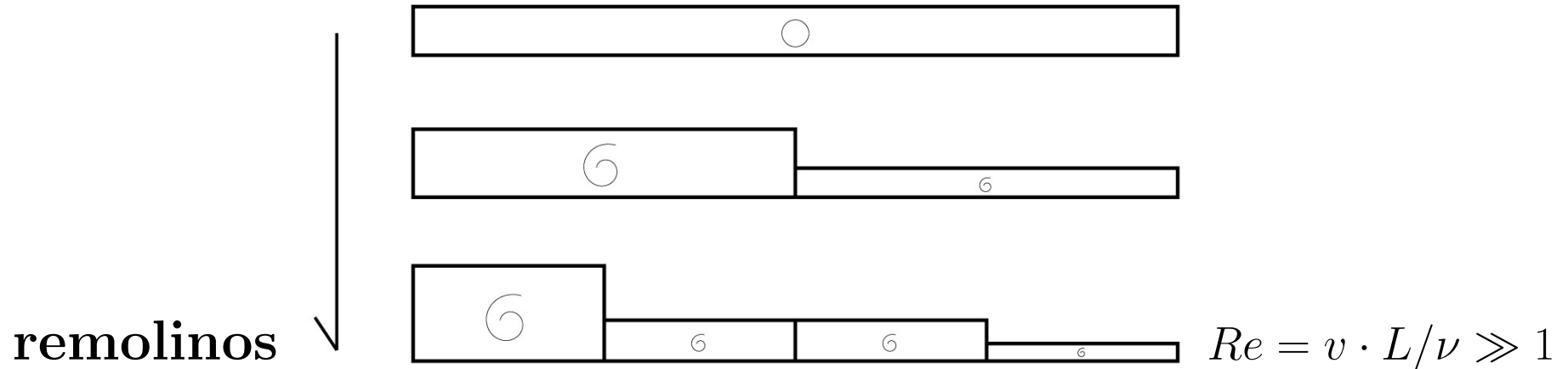


los perfiles son **localmente planos** y carecen de tangentes
al final siempre tienen **longitudes máximas**:

$$d\{(0, 0), (1, 1)\} = 2, \quad p \neq 1/2, \quad h \neq 0$$

Turbulencia completamente desarrollada

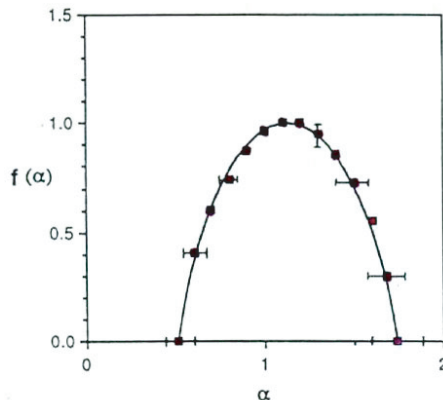
(Meneveau y Sreenivasan, 1987)



capas en turbulencia uni-dimensional como en la primera cascada

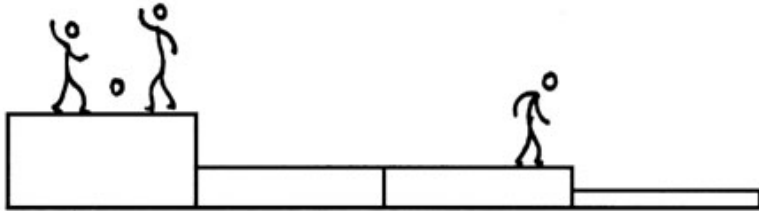
disipación: turbulencia atmosférica, capa límite...

$$p = 0.7$$



universal

Nuestros tiempos turbulentos



competencia

desigualdad

cinismo



discriminación

igualdad forzada

desconfianza

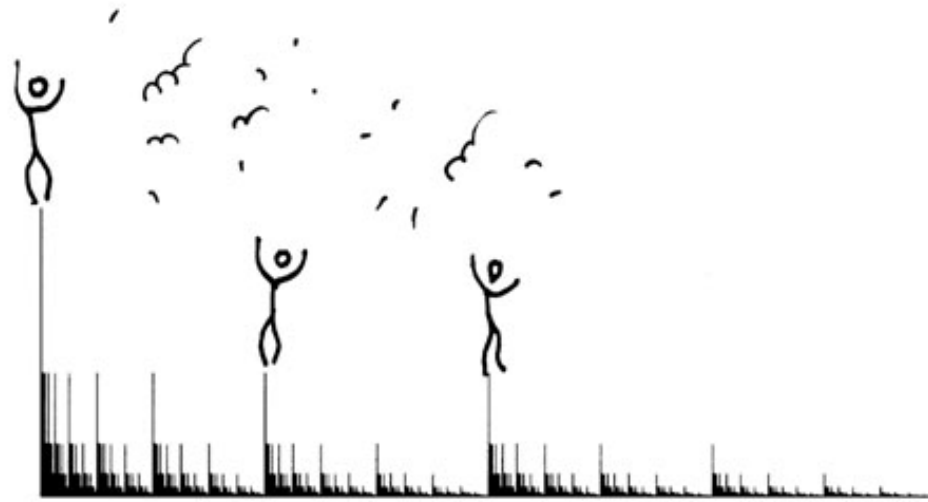
posturas y acciones **egoístas**

2/3 de la población mundial bajo **pobreza**

6,000 niños **mueren** al día por falta de **agua**

violencia y terror...

¿Un sistema óptimo?

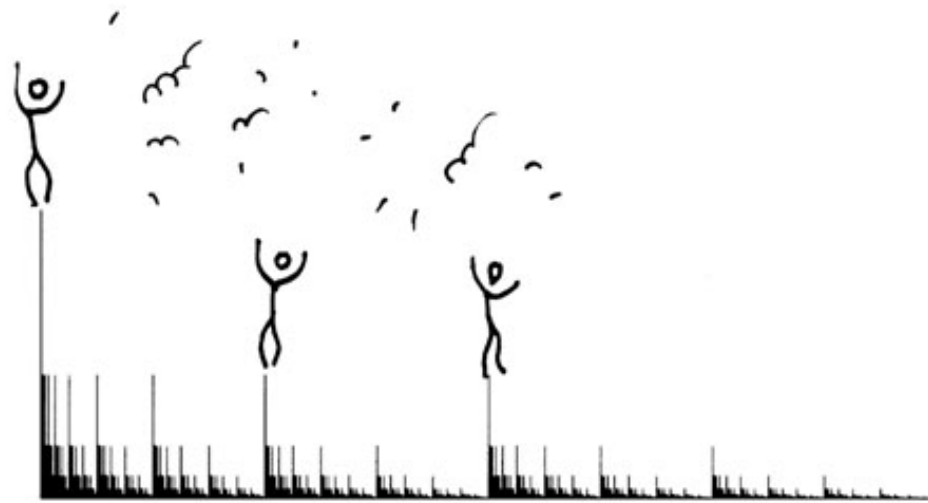


$$p = 0.7$$

$$n = 20$$

el 5, 10, 20 y 40% de las espinas más grandes
contienen el 57, 70, 84 y 95% de la masa

¿Un sistema óptimo?



$$p = 0.7$$

$$n = 20$$

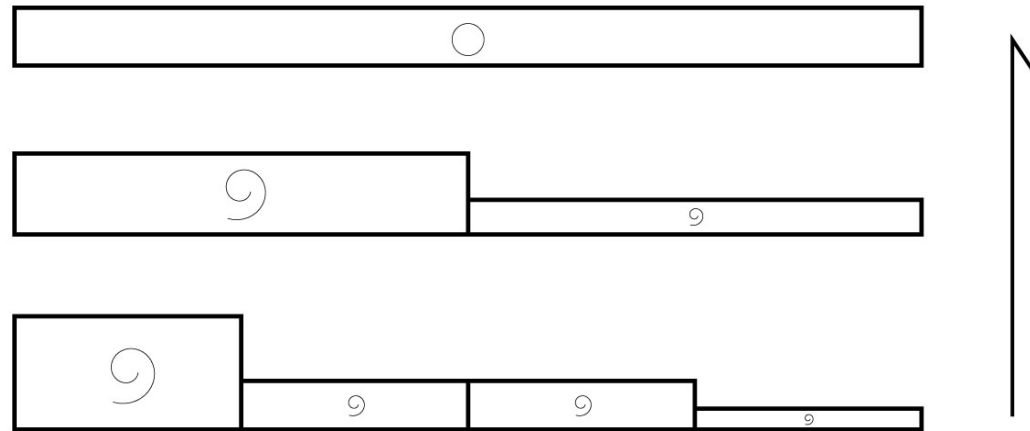
el 5, 10, 20 y 40% de las espinas más grandes
contienen el 57, 70, 84 y 95% de la masa

esto se ajusta a **Estados Unidos**: 59, 71, 84 y 95%

Moraleja: como ambas cascadas **disipan** la energía,
al seguirlas, ellas nos llevan a “morder el polvo”

Solución de sentido común

invierta la dirección de la cascada para **reparar** lo roto:



viva a números de Reynolds bajos para evitar la **violencia**

“corte montañas y rellene valles” para restaurar la **unidad**:

$$1 = 0.999\dots$$

La única solución posible

a partir de la simple **geometría** se obtiene:



sólo una condición **recta** y **sólida** sin **espinas** ni **polvo**

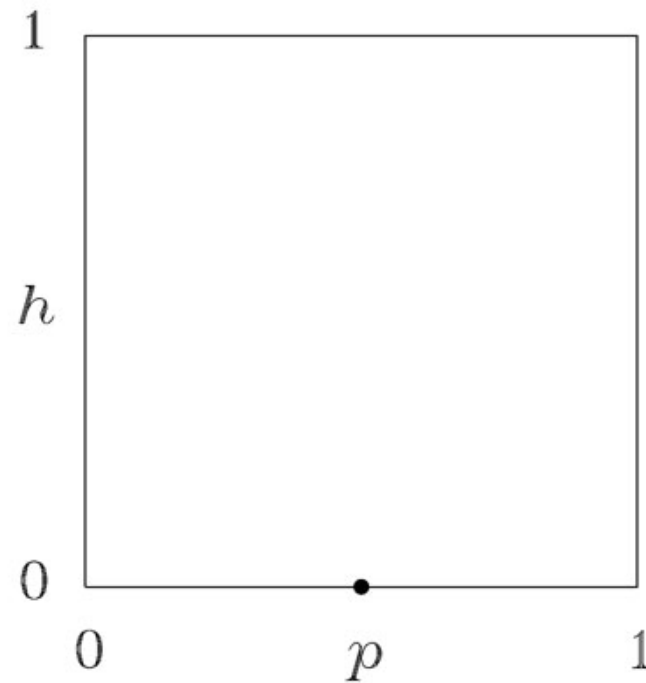
la acumulación de la masa es la línea **uno** a **uno**

la **hipotenusa** es el camino de la **paz**

la **división** viaja por los **catetos**

Moraleja: $X = Y$ representa y provee la **raíz** del **amor**

El equilibrio es un punto improbable



es **hipocresía** el juzgar si estamos “lejos” del **punto**
para un número **finito** de niveles se halla una superficie convexa:
el **balance** se halla fácilmente con la ayuda de la **gravedad**
en verdad existe **oscuridad** entre el **6** y el **9**...

Nuestras opciones

equilibrio

turbulencia

calma

violencia

rectitud

maldad

reconciliación

separación

integración, /

división, \$

unidad

polvo

$1 = 0.999 \dots$

$2/3 = 0.666 \dots$

completez

vacío

vida

disipación

CAMINOS

El uno es el más largo
y el otro es en rectitud,
uno lleva a lo amargo
y el corto a la plenitud.

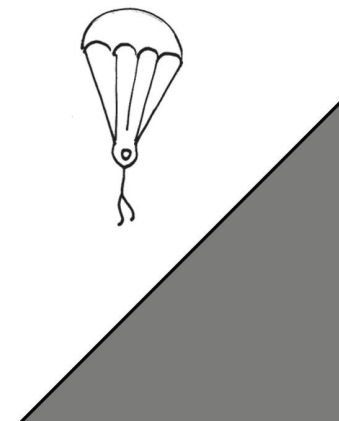
El recto lo une todo
y en el otro hay división,
el uno es humilde gozo
y en el largo perdición.

El largo es agitado
y el otro es serenidad,
uno está lleno de espinas
y el corto regala paz.



El recto es carga liviana
y el otro genera sed,
el uno es planicie santa
y el largo torcido y cruel.

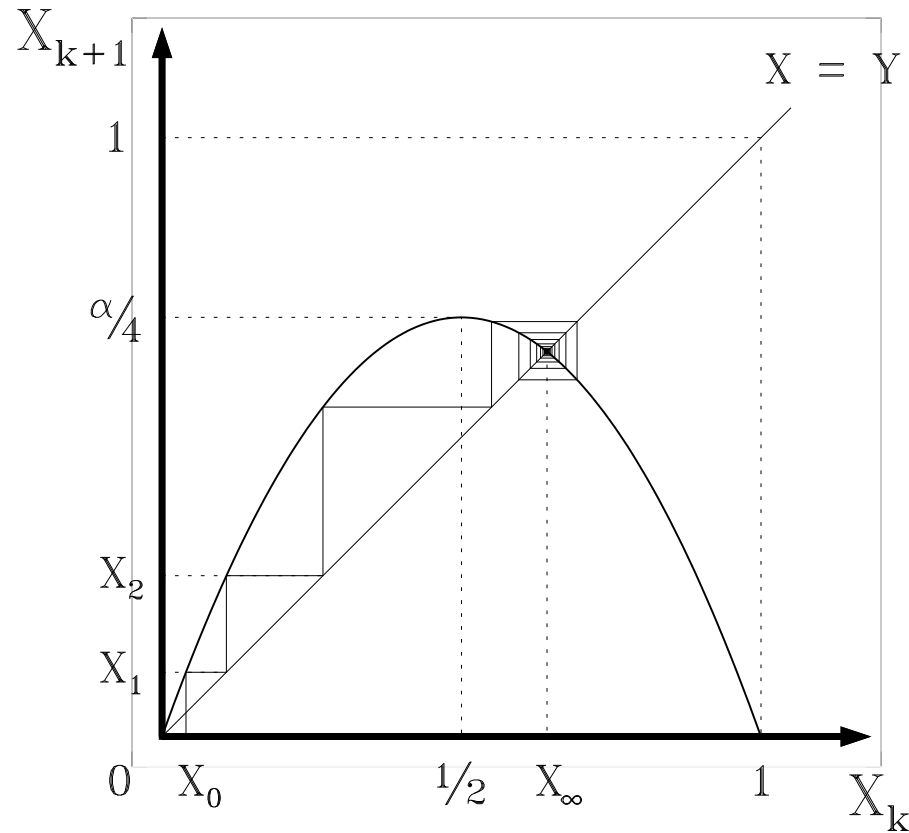
El largo es egoísta
y el otro con buen amor,
uno trae mala suerte
y el corto sana el dolor.



Lecciones a partir del caos...

La parábola logística

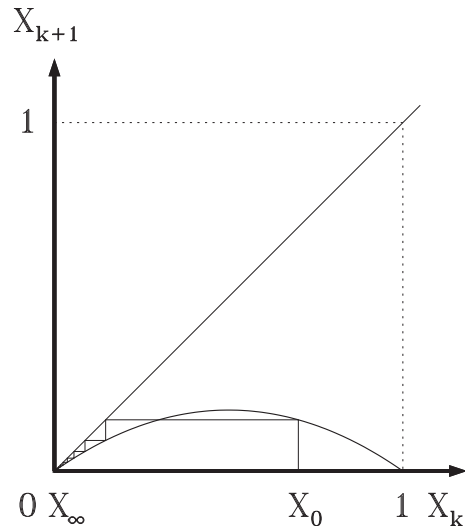
$$X_{k+1} = \alpha X_k(1 - X_k), \alpha \in [0, 4]$$



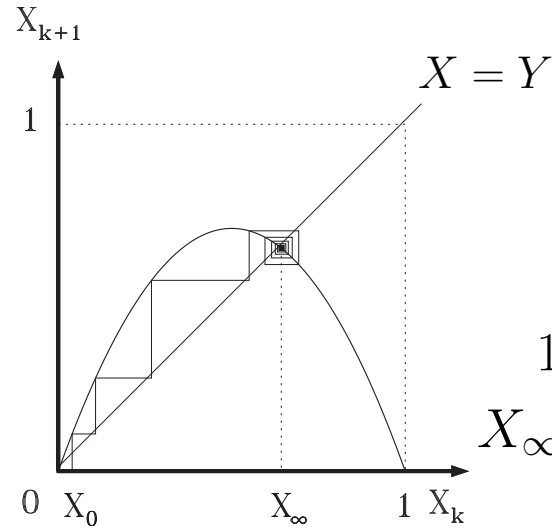
...una población de “conejos” en función del tiempo
diferentes casos dependiendo del parámetro α :

Del origen a las bifurcaciones

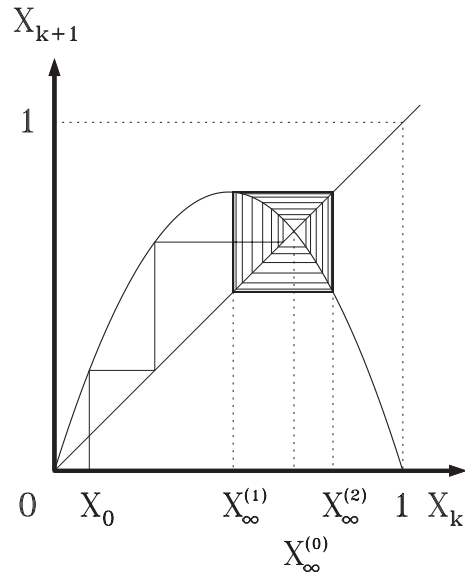
$0 < \alpha \leq 1$
 $X_\infty = 0$



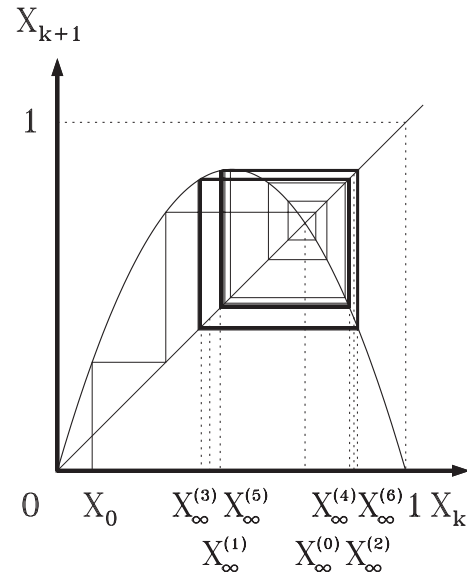
$1 < \alpha \leq 3$
 $X_\infty = (\alpha - 1)/\alpha$



$\alpha = 3.2$
 período 2



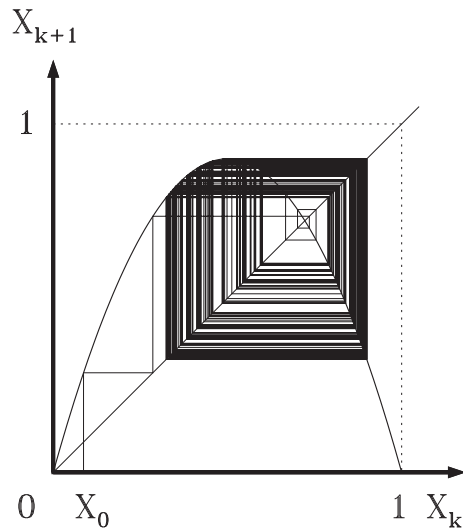
$\alpha = 3.46$
 período 4



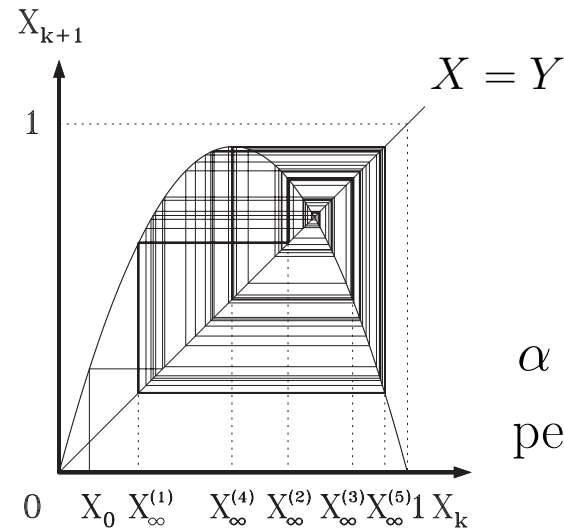
Periodicidades y caos entrelazados

($\alpha > \alpha_\infty \approx 3.5699$)

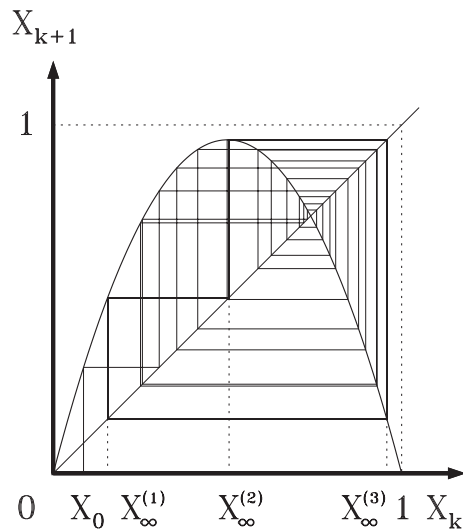
$\alpha = 3.6$
aperiódico



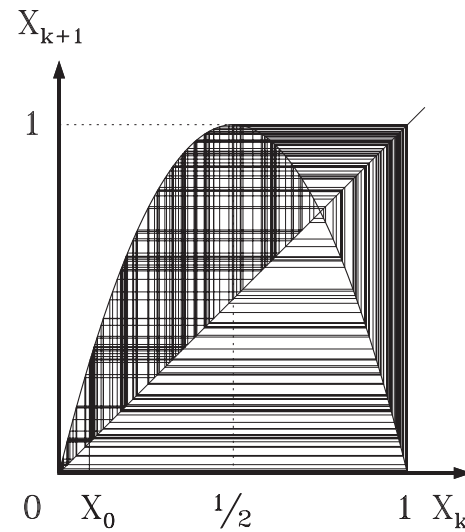
$\alpha = 3.74$
período 5



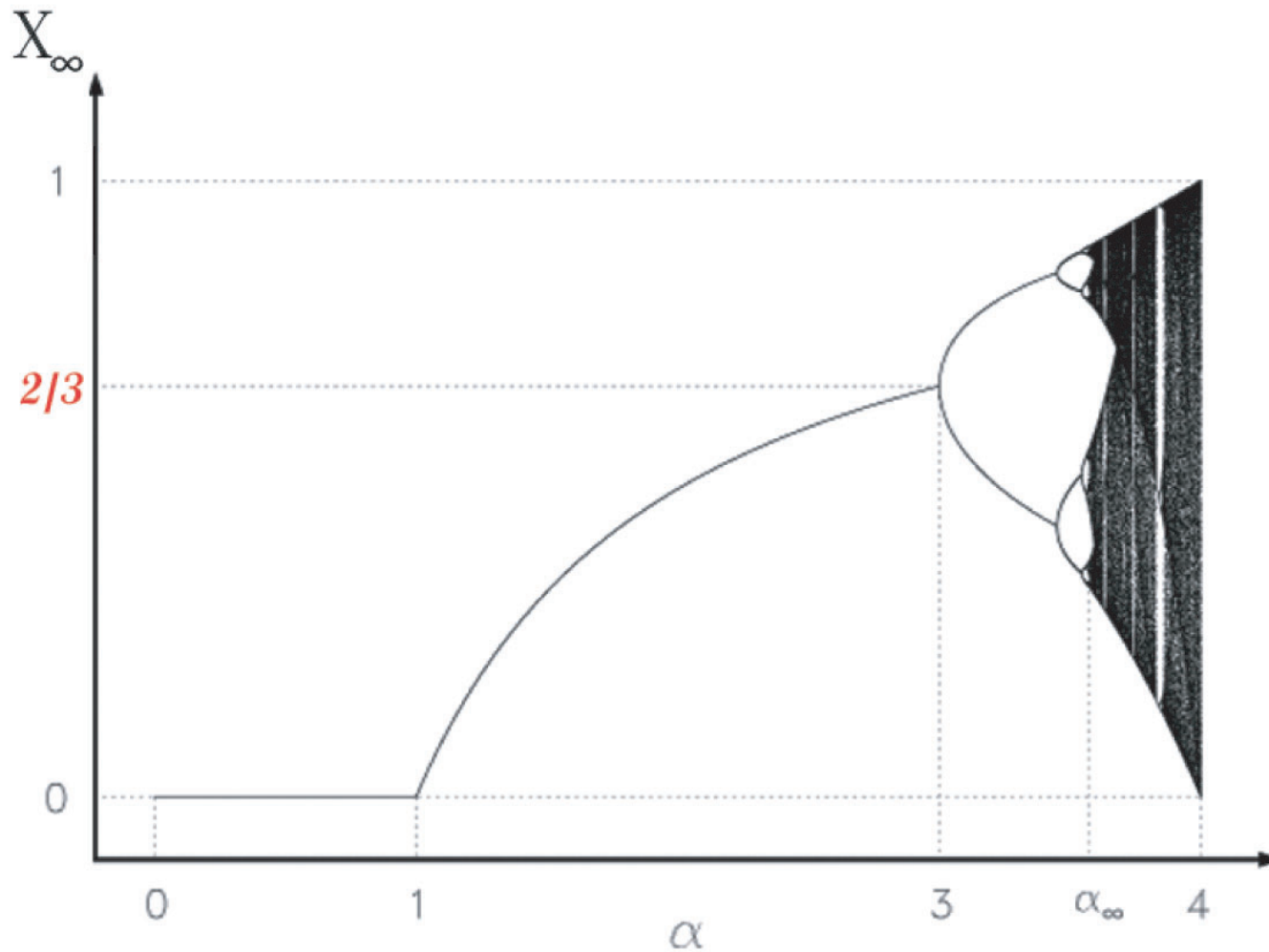
$\alpha = 3.83$
período 3



$\alpha = 4$
aperiódico

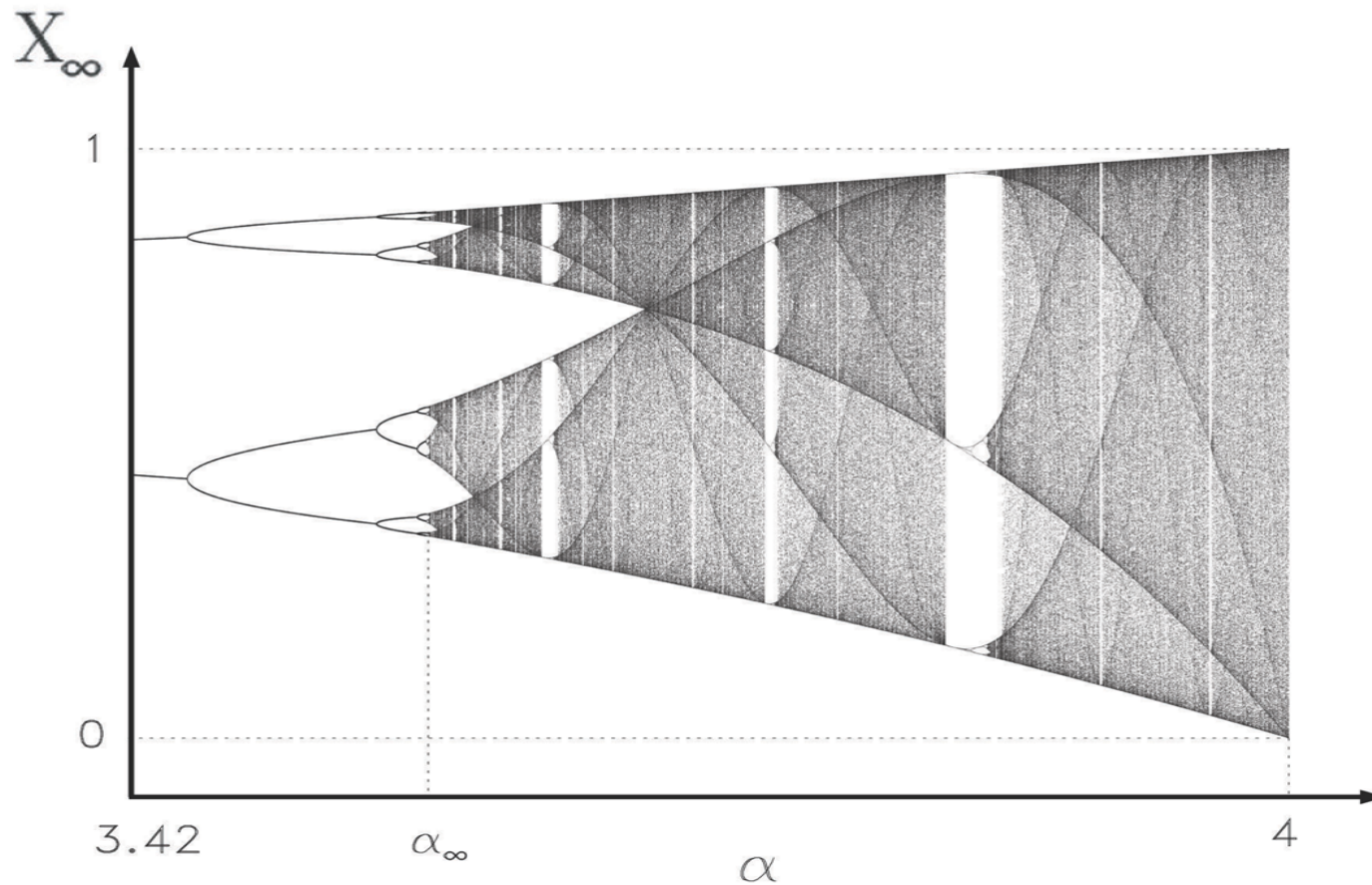


El diagrama de las bifurcaciones



el **árbol** contiene todo período, para cualquier número natural

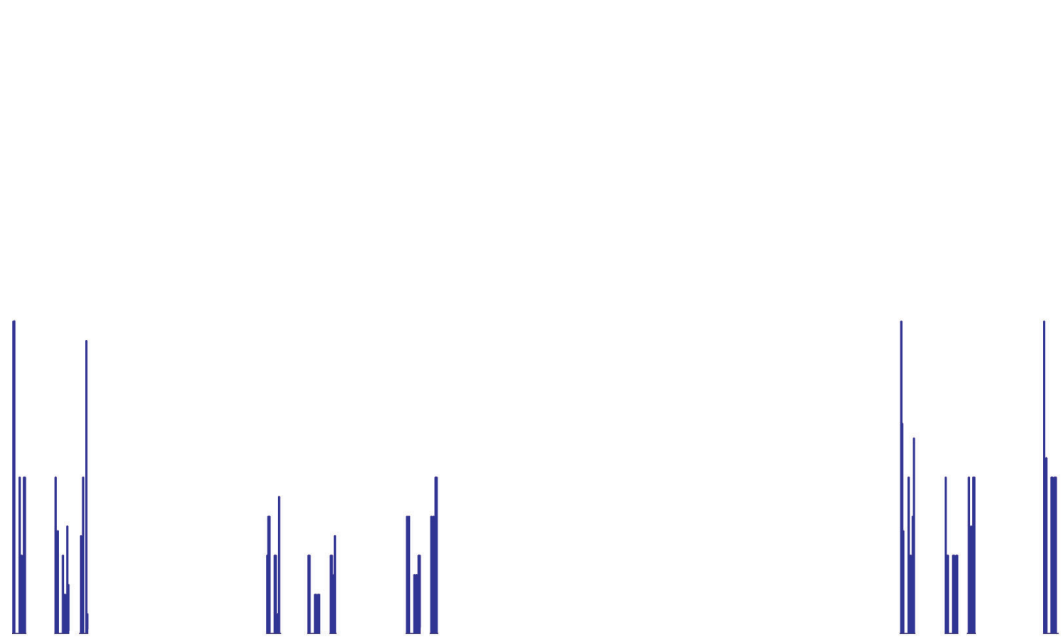
Polvo abundante y auto-similaridad



desde α_∞ son comunes los atrayentes extraños **polvorientos**
en los “**brotos**” periódicos se hallan copias reducidas del árbol

Multitud de espinas

el árbol caótico contiene muchas medidas **multifractales**
ellas combinan desequilibrios y huecos, como en α_∞ :

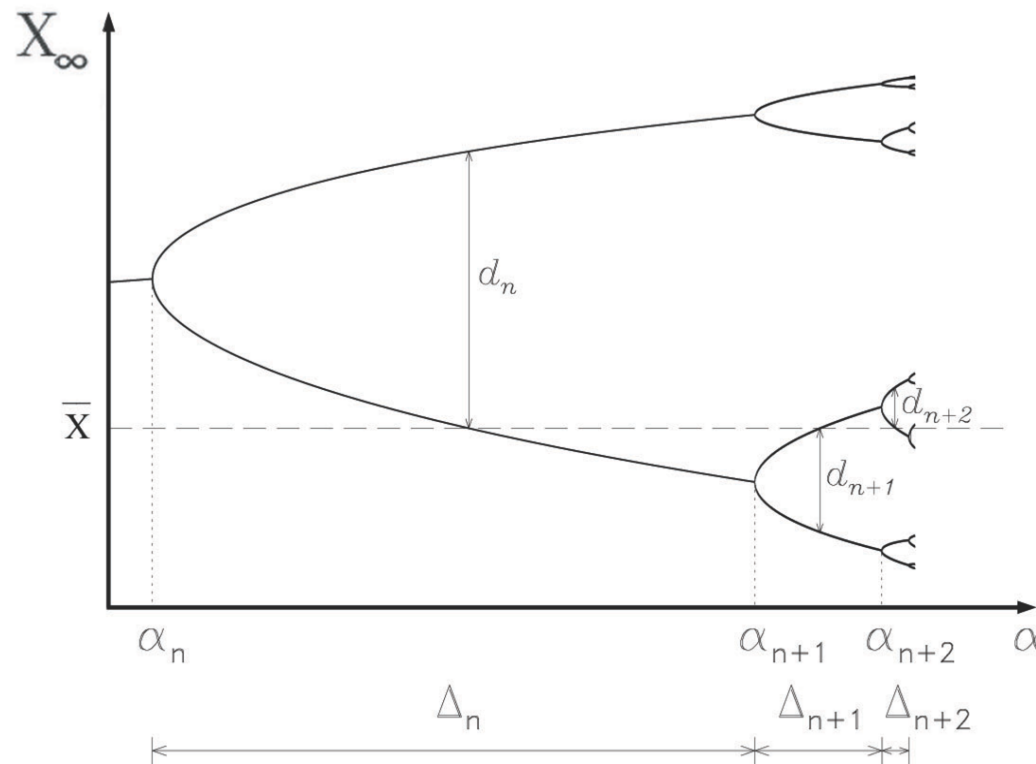


las hay en puntos de acumulación de brotes para todo período

Universalidad en la higuera

(Mitchell Feigenbaum, 1978)

Las bifurcaciones suceden de una forma **ordenada**:



$$d_n/d_{n+1} \longrightarrow \mathcal{F}_1 = -2.50 \dots$$

aperturas

$$\Delta_n/\Delta_{n+1} \longrightarrow \mathcal{F}_2 = 4.669 \dots$$

duraciones

Universalidad en otros árboles caóticos

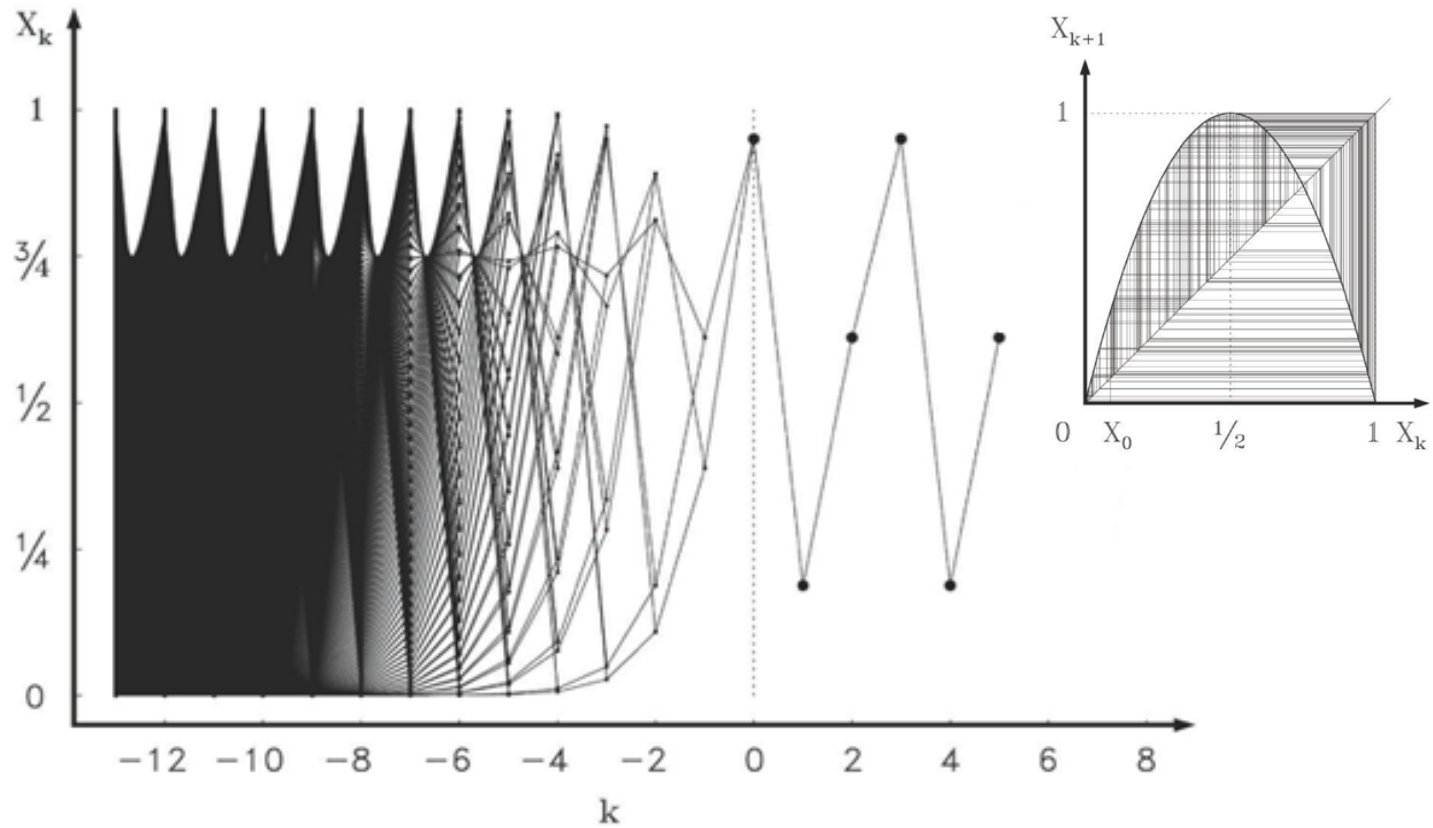
raíz recta, “rama tierna”, ramas y polvo (“hojas de higuera”)



relevante en ecología, química, física, economía...
la dinámica de la **convección** se reproduce si α es el **calor**

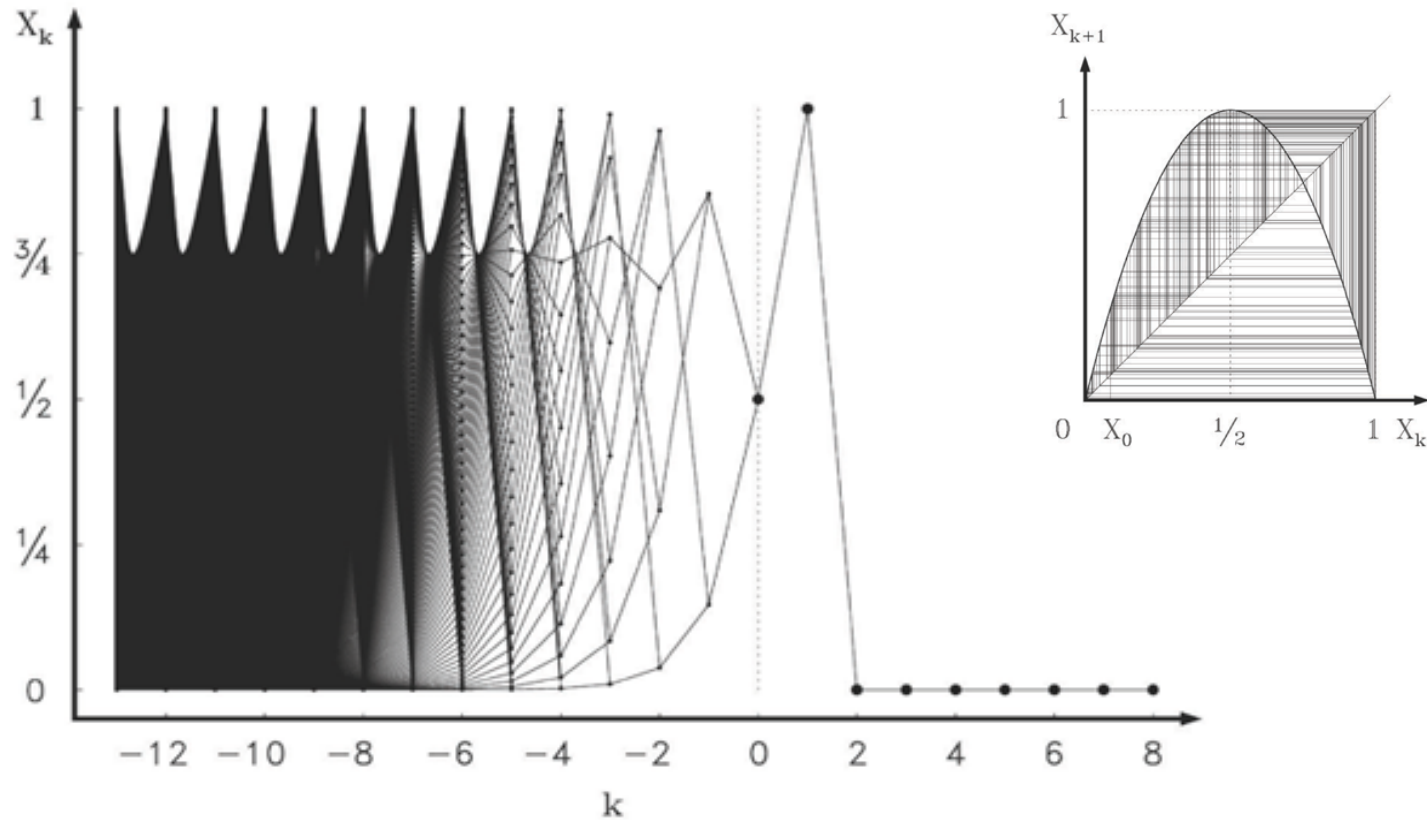
En la plenitud del caos

no todo vaga por un atrayente extraño polvoriento cuando $\alpha = 4$, también existen **oscilaciones** para siempre, para todo período:



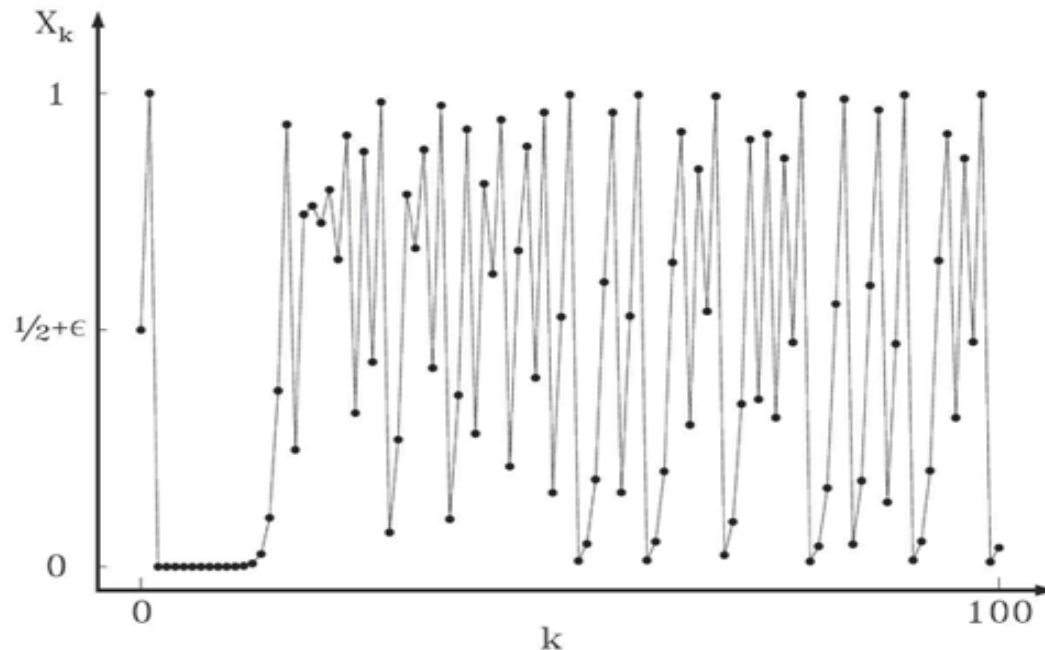
El escape vital hacia el origen

existen puntos dinámicamente improbables que vuelven a la **raíz**
las **pre-imágenes del cero** hallan el rumbo a pesar del **calor**:



Más sentido común

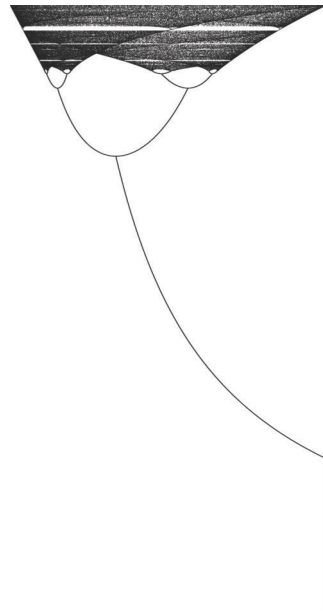
es mejor evitar el **caos** y su turbulencia **infern**al:



baje del árbol disminuyendo su **calor** para hallar la **raíz**
abandónese al umbral, $X = Y$, para arribar al **Origen**
rehúya las no-linealidades ($\alpha > 1$) para escapar del **polvo**

¿Un árbol científico profético?

una **higuera** alegórica y sin fruto, consistentemente maldecida:



ella y otros **árboles** con ramas tiernas y muchos brotes
en efecto el hacha se halla puesta a la **raíz** de los árboles
y podemos maldecir una higuera tal y como **él** increpó al viento

Más opciones

simple

complejo

orden

desorden

paz

caos

disminuir

aumentar

obediencia

rebeldía

debajo de $X = Y$

encima de $X = Y$

bendición

maldición

descansar

vagar

cielo

infierno

UNA HIGUERA MODERNA

En la ciencia moderna
hay un árbol católico,
con raíz sempiterna
y un follaje caótico.

Este icono describe
la demencia del meollo,
y poderoso define
la salida del embrollo.

Oye amigo comprende
fiel aviso de la higuera:
si te crees muy valiente
vas a llorar tu ceguera.

Oye bien santo consejo
el prepararse es prudente:
es vital andar despierto
para burlar a la muerte.

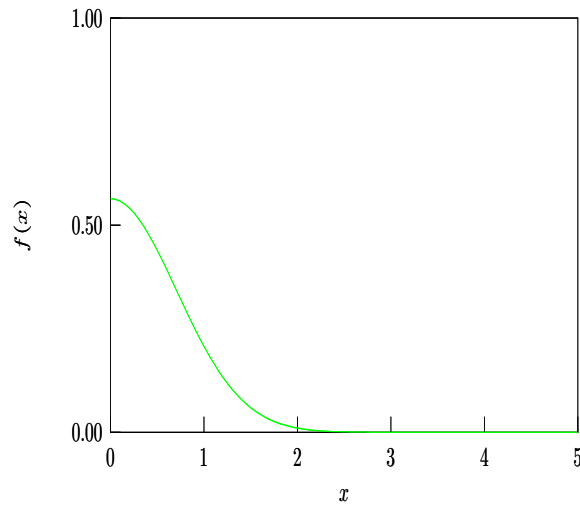


Lecciones a partir de la normalidad

La campana y las leyes de potencia

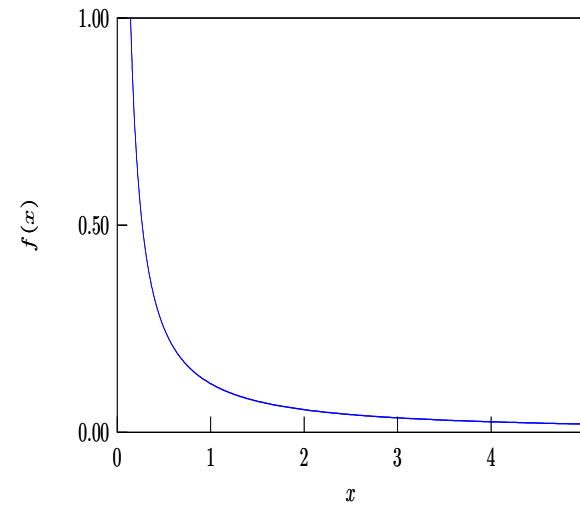
Gaussiana

$$f(x) \sim e^{-x^2/2}$$

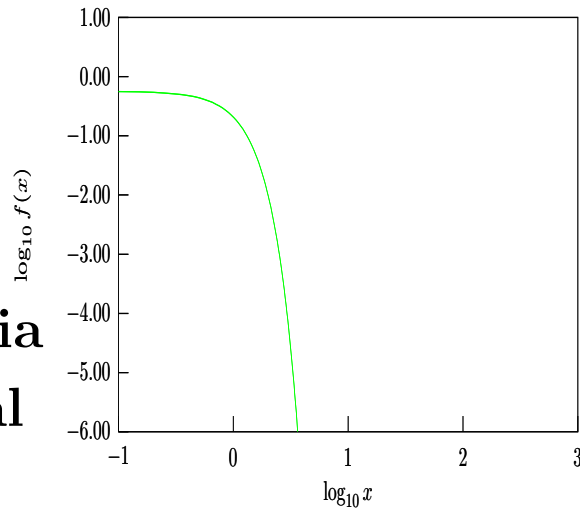


Pareto

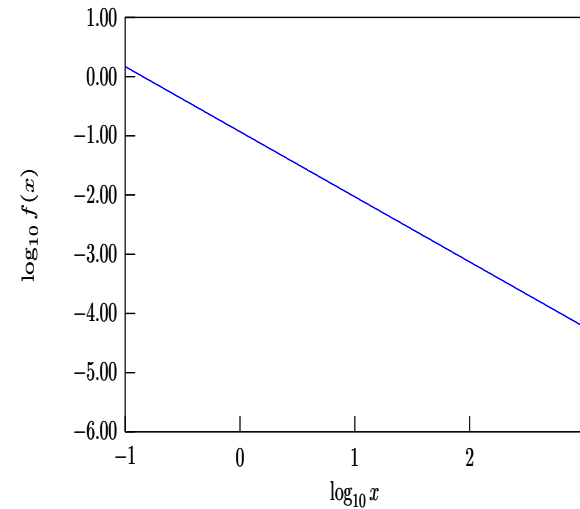
$$f(x) \sim 1/x^{a+1}$$



**independencia
límite central**

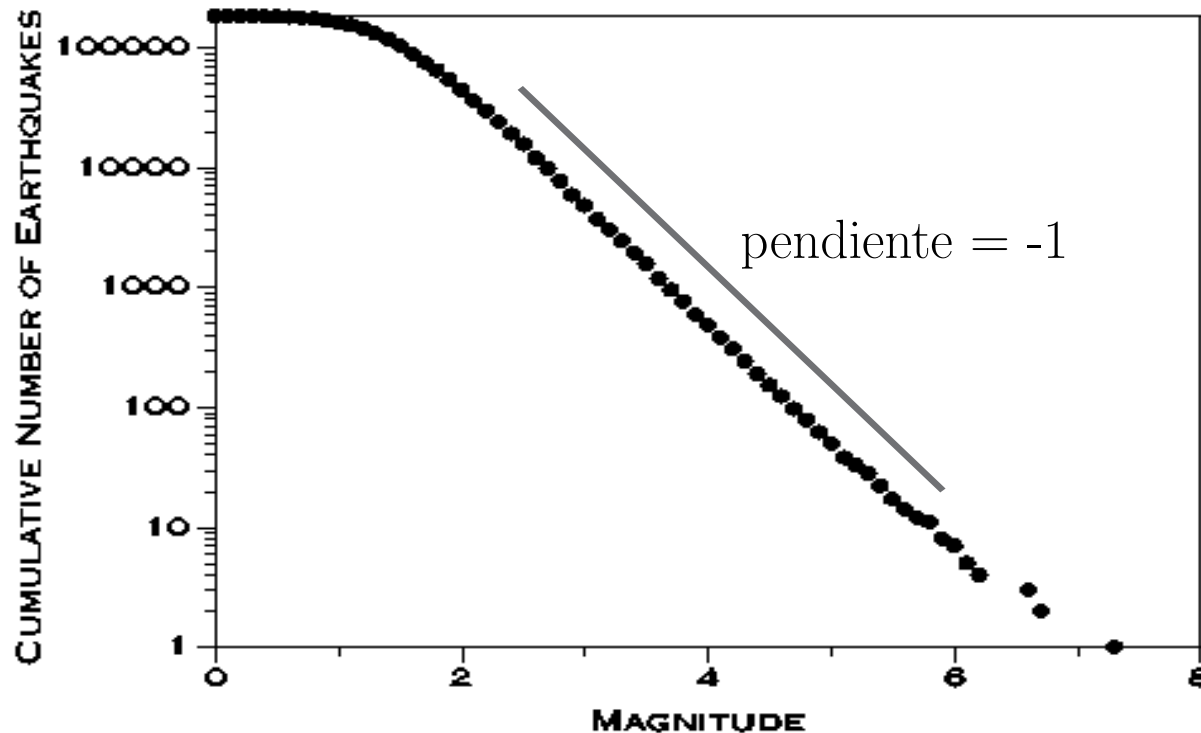


**sin escala
colas lentas**



Las leyes de potencia y la complejidad natural

$$P[X \geq x] \sim x^{-c}$$



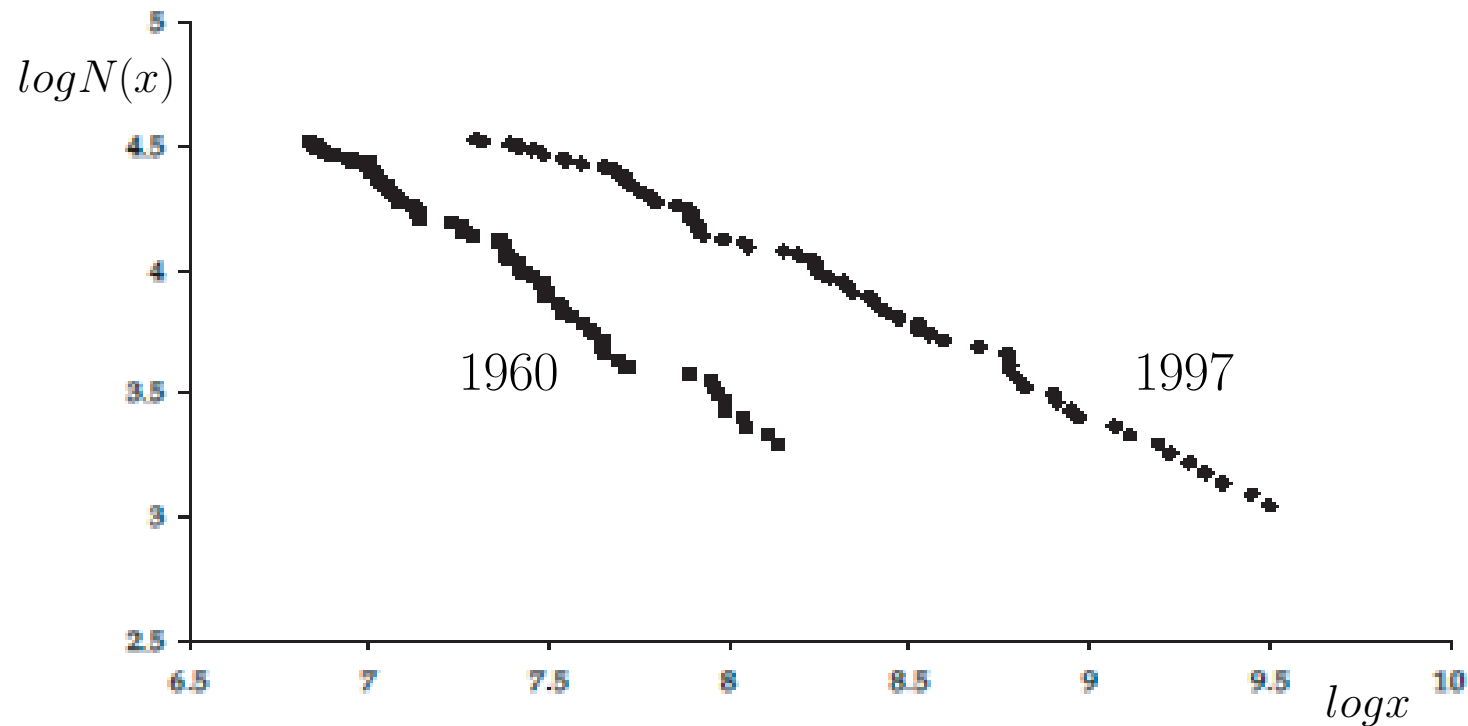
terremotos, avalanchas, huracanes, inundaciones,
erupciones volcánicas, incendios en bosques

violencia absoluta...

Las leyes de potencia y las desigualdades

(Vilfredo Pareto, 1896)

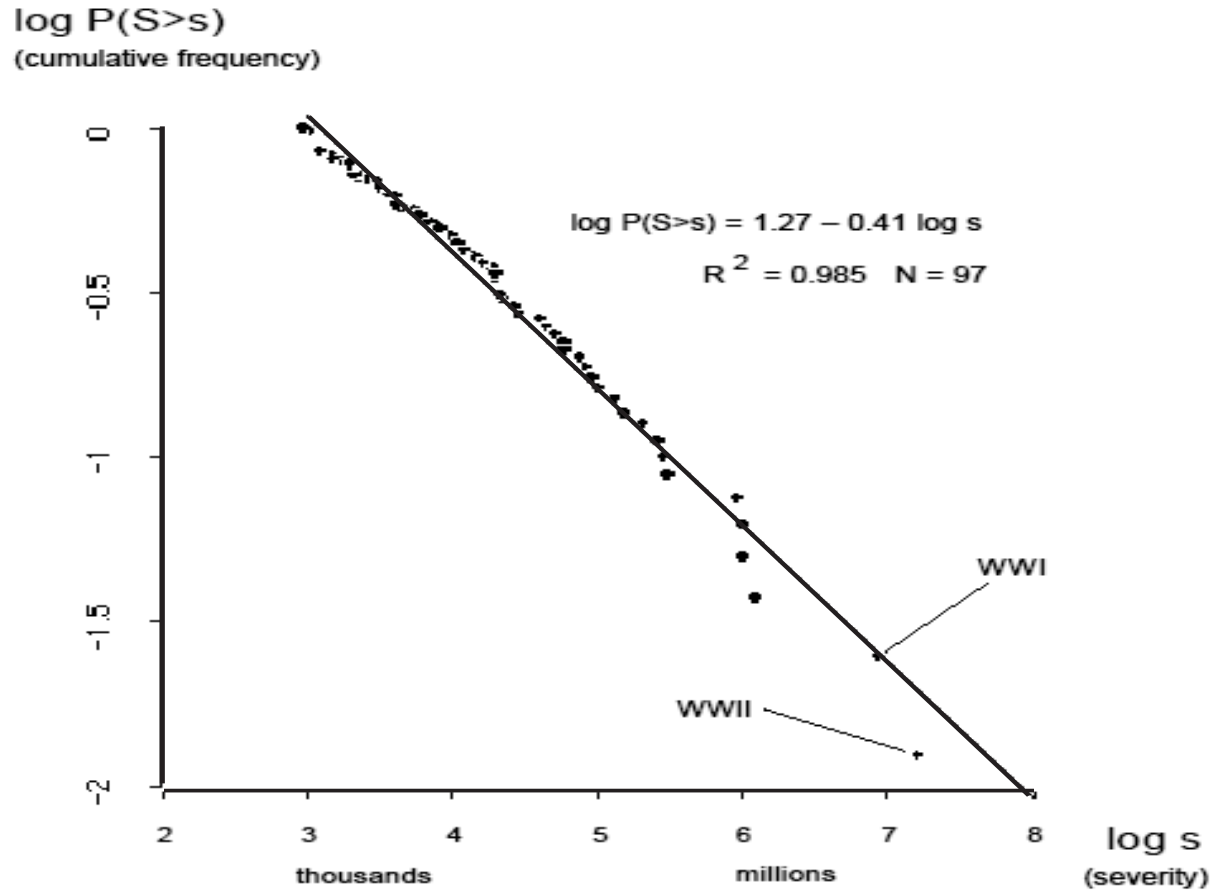
$$\log N(x) = \log A + m \cdot \log x$$



percentiles 30 al 85 de la distribución de ingresos del mundo
(A partir de Di Guilmi et al., 2003)

Las leyes de potencia y las guerras

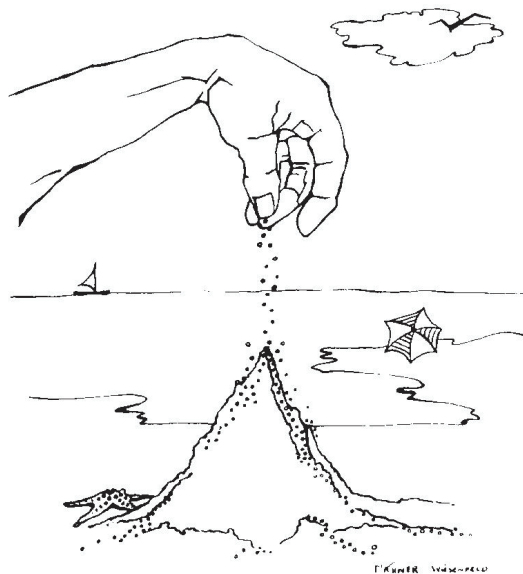
(Lewis Fry Richardson, 1960)



(A partir de Cederman, 2003)

Un poco más de sentido común

como la **violencia** genera leyes de potencia, es relevante estudiar cómo se producen para, al evitarlas, hallar la **armonía** y la **paz**



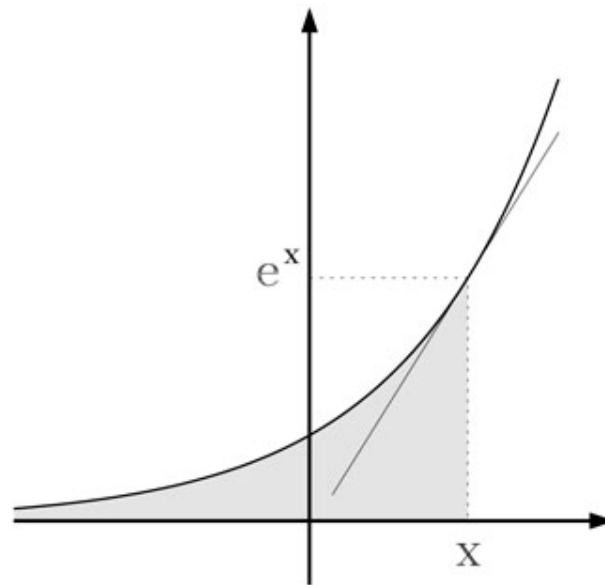
(A partir de Bak, 1996)

- cascadas multiplicativas
- conexiones preferenciales
- tolerancia optimizada
- auto-organización crítica...

no existe una “**mano invisible**” sino la nuestra:
“humanos sin escala” abusan potencia y crean leyes de potencia
las leyes de potencia expresan tres **negaciones**...

La función exponencial y el amor

la “integración” sin “diferenciación” tiene una única solución,
la función **exponencial**, inversa de la logarítmica:



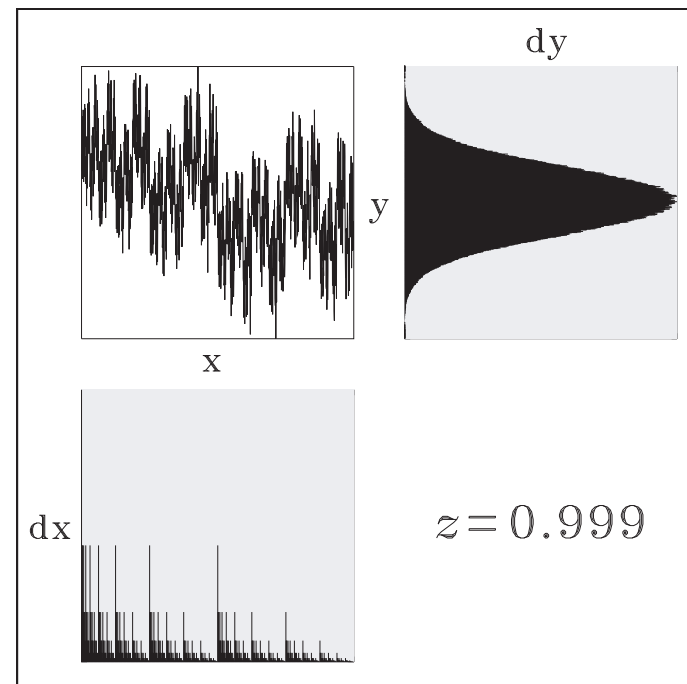
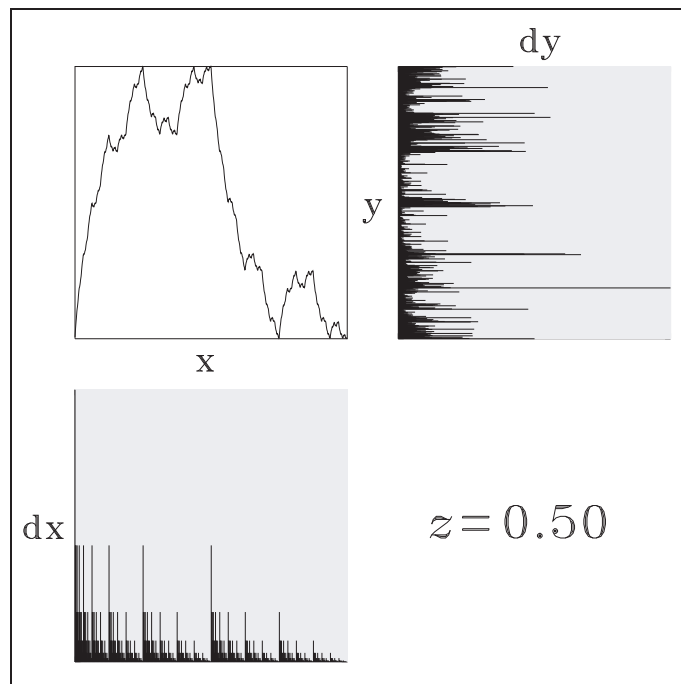
e denota el “poder” supremo de nuestra comunión con **Jesús**:

$$(1 + 1/x)^x \rightarrow e, \text{ cuando } x \rightarrow \infty, \text{ como en Juan 15}$$

Un enfoque Platónico de la complejidad

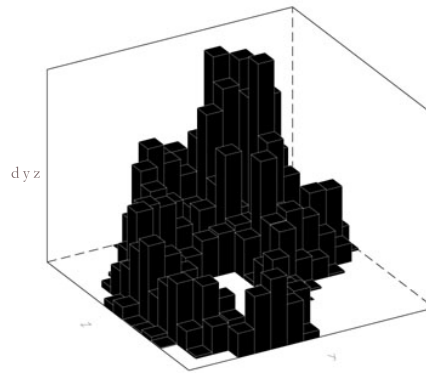
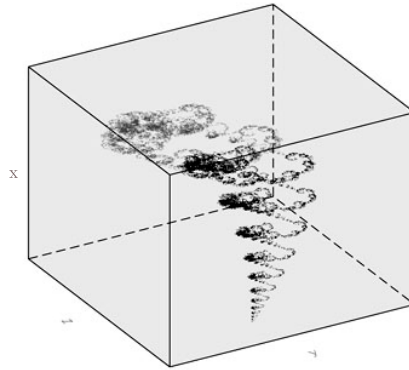
$$w_1(x, y) = (x/2, x + z \cdot y), w_2(x, y) = (x/2 + 1/2, 1 - x - z \cdot y)$$

(Puente, 2003)



la iteración de w_1 y w_2 produce un **alambre** de x a y
izquierda: datos geofísicos a partir de un multifractal y sin azar
derecha: de cualquier multifractal a una **campana** límite

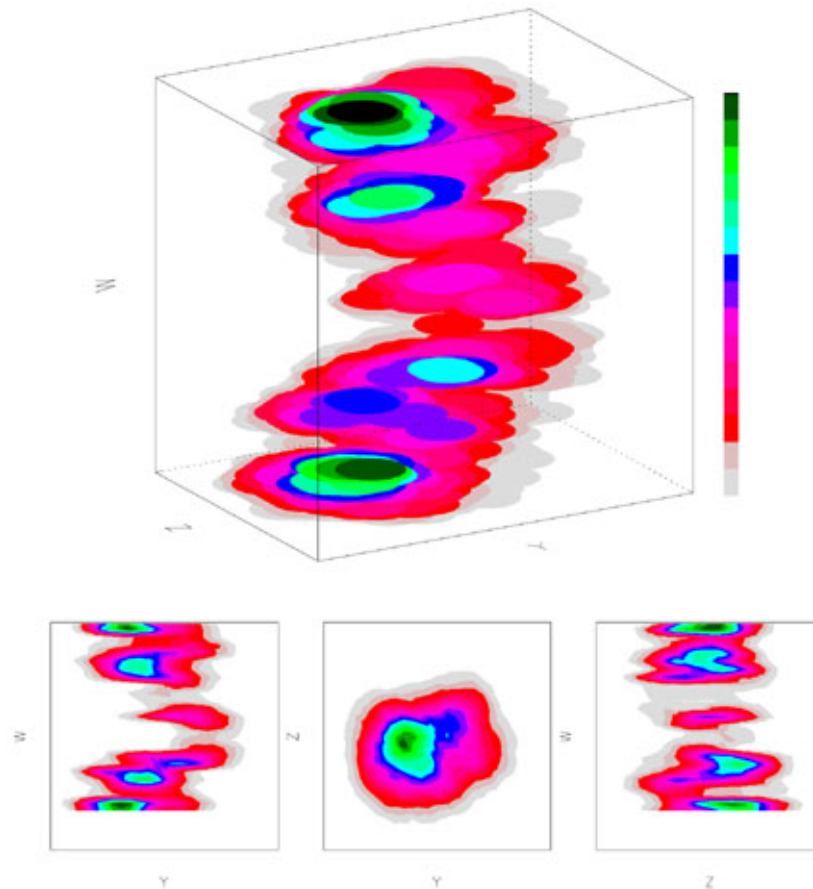
Extensiones a más dimensiones



empleando:

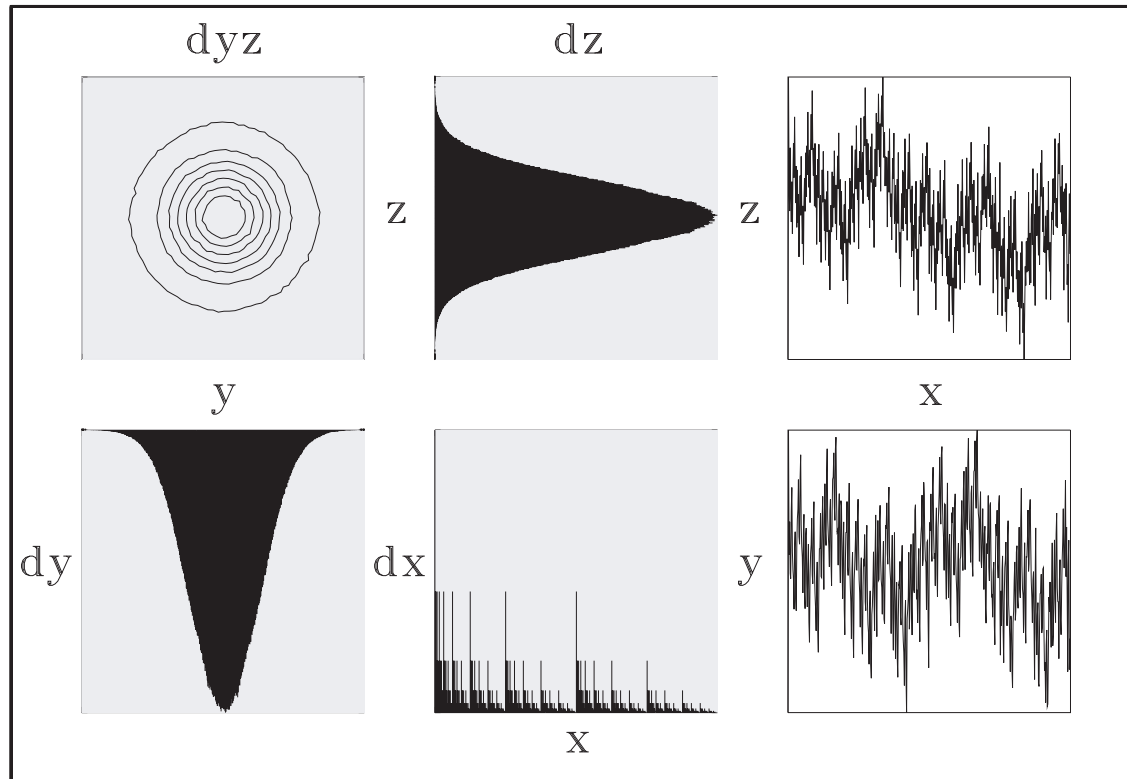
$$w_n \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_n & 0 & 0 \\ c_n & r_n^{(1)} \cos \theta_n^{(1)} & -r_n^{(2)} \sin \theta_n^{(2)} \\ k_n & r_n^{(1)} \sin \theta_n^{(1)} & r_n^{(2)} \cos \theta_n^{(2)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e_n \\ f_n \\ g_n \end{pmatrix}$$

Patrones complejos en más dimensiones



un patrón de polución a partir de un alambre en 4 dimensiones
similarmente se hallan patrones de lluvia y otros...

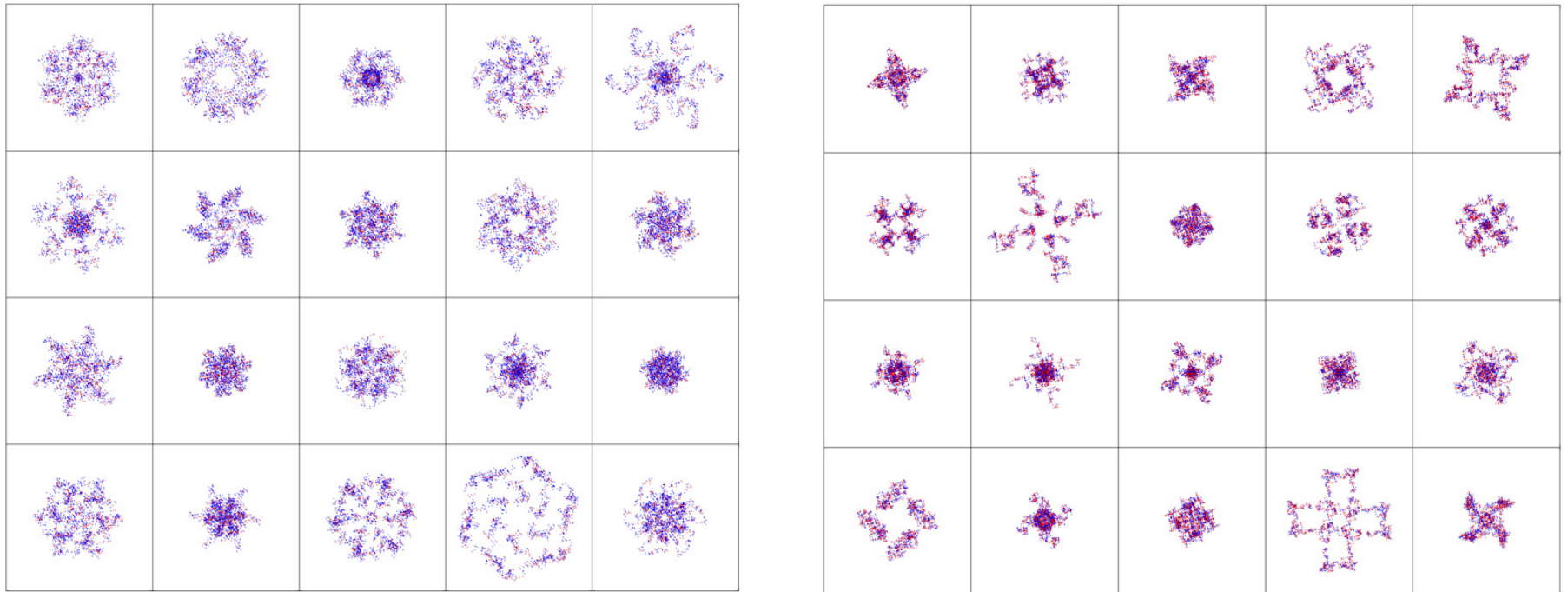
Campanas en más dimensiones



de **espigas** y **polvo** arbitrarios a la **armonía**
o de la **disipación** a la **conducción**:
sólo si la transformación **llena** el espacio, $|r_n^{(j)}| = 0.999 \dots$

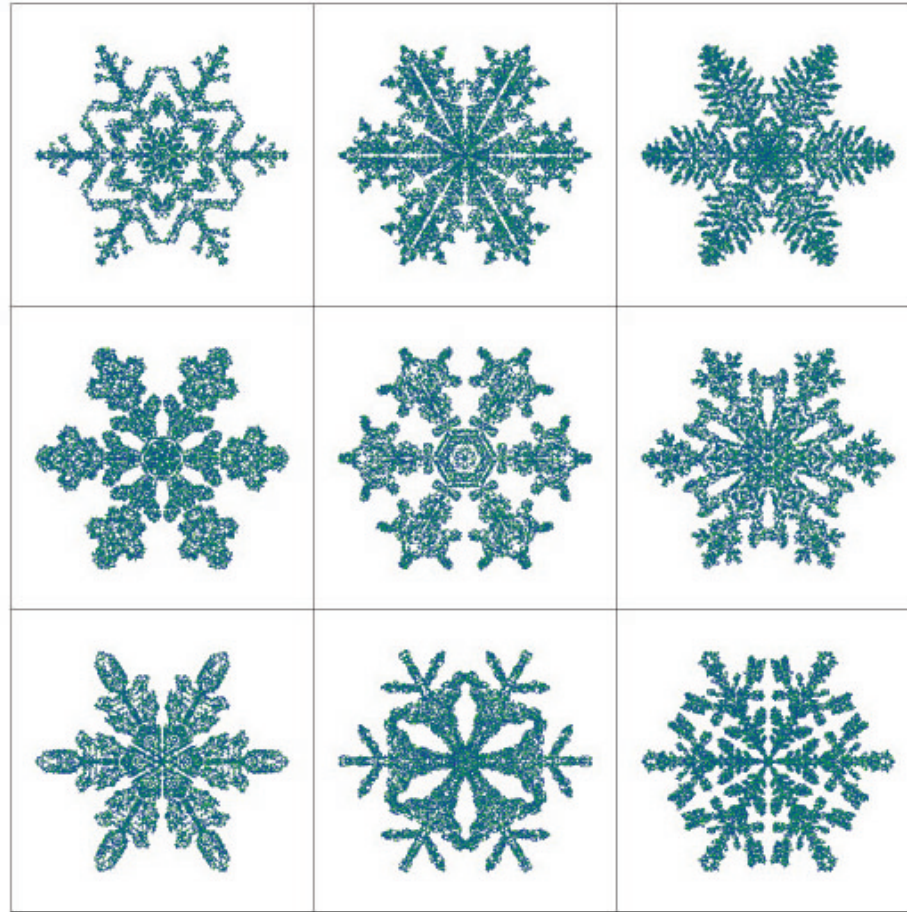
Las descomposiciones exquisitas de la campana

(Puente, 2003)



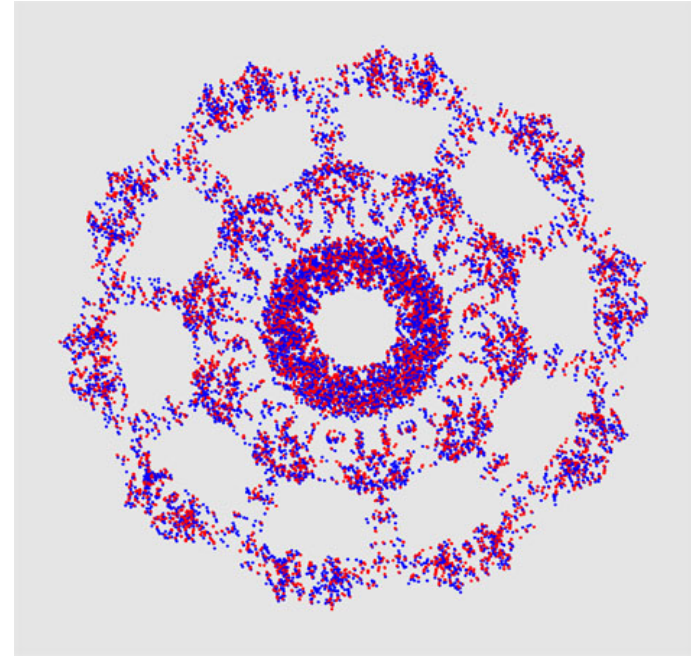
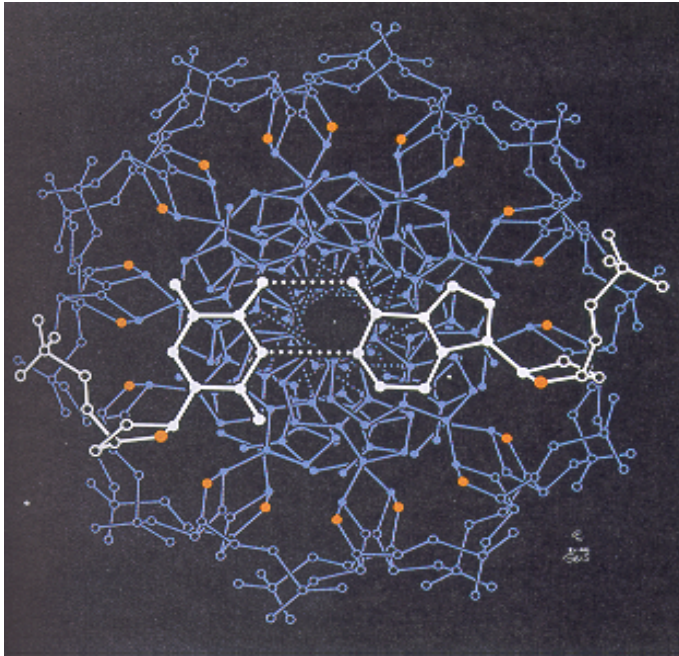
los patrones se superponen y forman círculos perfectos
en el **límite** existe un **orden** oculto en el azar
todo es **belleza** si se sincronizan los ángulos...

Cristales de hielo dentro de la campana



rellenando plantillas con iteraciones guiadas por monedas justas
y empleando dos funciones con ángulos iguales a 60 grados

El ADN, π y la campana

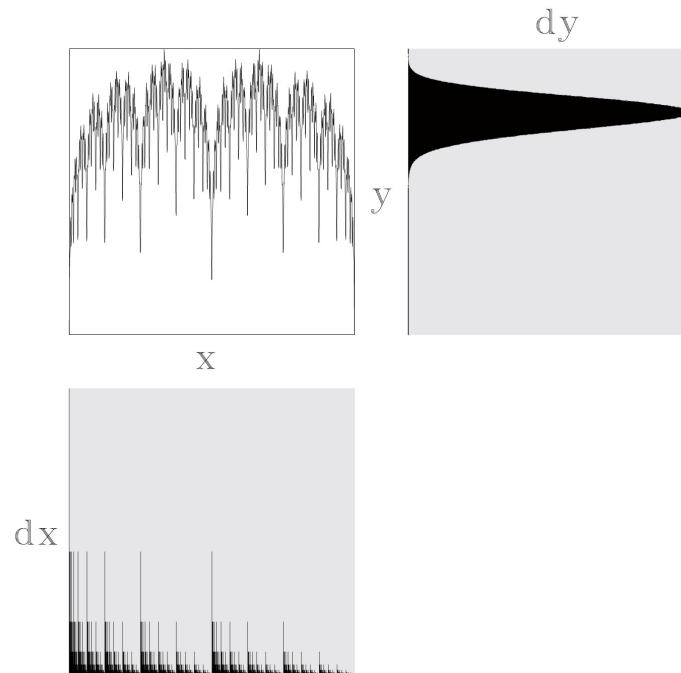


empleando dos funciones con ángulos iguales a 36 grados
e iterándolas de acuerdo a la expansión **binaria** de π :
¡un **diseño** improbable que requiere 40,000 bits!

Un caso verdaderamente especial

$$w_1(x, y) = (x/2, x + z \cdot y), w_2(x, y) = (x/2 + 1/2, 1 - x + z \cdot y)$$

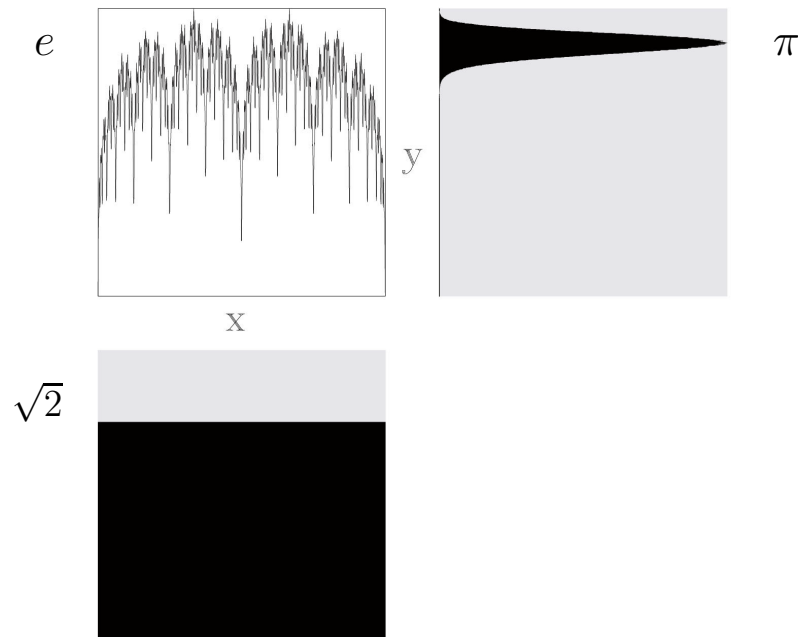
siempre positivo, $z \rightarrow 1$



siempre se halla una campana concentrada en el **infinito**
el alambre **máximo positivo** filtra todo desorden:
¿dónde está, oh muerte, tu victoria?

Tres símbolos majestuosos

$w_1(x, y) = (x/2, x + z \cdot y)$, $w_2(x, y) = (x/2 + 1/2, 1 - x + z \cdot y)$
el **límite** que llena el espacio, $z \rightarrow 1$



el **Padre** poderoso en el cielo
el **Hijo** siempre perfecto y positivo
y el **Espíritu Santo** que proviene de ellos

Aún más opciones

campana

ley de potencias

mansedumbre

terquedad

normalidad

violencia

conducción

disipación

plenitud

soledad

luz

oscuridad

positivo

negativo

verdad

mentira

amor

egoísmo

LA TRANSFORMACIÓN

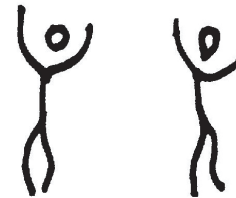
Hay una transformación
ay que vence la agonía,
existe sólo una oblación
ay que enciende la alegría.

Hay una transformación
ay que derrota la entropía,
existe sólo una oblación
ay que engendra la armonía.

Hay una transformación
ay que excluye la rebeldía,
existe sólo una oblación
ay que incita a la poesía.

Hay una transformación
ay que derroca la cobardía,
existe sólo una oblación
ay que regala toda cuantía.

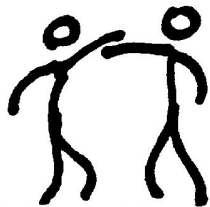
Hay una transformación
ay que es santa sabiduría,
ay mira sólo esa oblación
a la noche vuelve día.



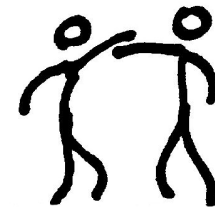
En concordancia con la Sagradas Escrituras:

lo **sencillo** es siempre mucho mejor que lo **complejo**
absténgase de hacer lo “**natural**” y haga lo que es “**normal**”
si lo requiere, recupere su escala inherente **rectificando**:

evite acumular energías viviendo en el bello **equilibrio** $p = 1/2$
no cruce el umbral elegido permaneciendo en la **raíz** $\alpha \leq 1$
mantenga el límite central siempre en el caso **positivo** $z \rightarrow 1$



¡Que la paz del Señor
sea con vosotros!



X = Y

X = Y

es justicia que ilumina,
es balanza que fascina:

X = Y.

X = Y

es la conciencia encarnada,
es la paciencia sangrada:

X = Y.

X = Y

es palabra que perdura,
es espiral de ventura:

X = Y.

X = Y

es la preciosa morada,
es la planicie anhelada:

X = Y.

X = Y

es hermandad que valora,
es colibrí con aurora:

X = Y.

X = Y

es corta raíz divina,
es geometría sin espina:

X = Y.

X = Y

es futuro que perdona,
es la ciencia con corona:

X = Y.

X = Y

es tonada siempre tierna,
es la oración eterna:

X = Y.

X = Y

es inocencia que besa,
es un jardín sin maleza:

X = Y.

X = Y

es el diseño sencillo,
es majestuoso estribillo:

X = Y.

X = Y

es amistad que da cura,
es libertad con cordura:

X = Y.

X = Y

es el abrazo sincero,
es la potencia del cero:

X = Y.

X = Y
es unidad que edifica,
es torsión que santifica:
X = Y.

X = Y
es el corazón sagrado,
es el más enamorado:
X = Y.

X = Y
es inspiración que llama,
es confianza de quien ama:
X = Y.

X = Y
es bondad apasionada,
es sabiduría soñada:
X = Y.

X = Y
es revelación que anida,
es renunciación querida:
X = Y.

X = Y
es la carencia del polvo,
es la línea del retorno:
X = Y.

X = Y
es el regalo que invierte,
es la vida sin la muerte:
X = Y.

X = Y
es vivencia sin el miedo,
es matrimonio de lleno:
X = Y.

X = Y
es ya lo pleno, te digo,
es amar al enemigo:
X = Y.

