

- **El desorden como un tipo de orden**
- **Demarcacion entre metafisica y ciencia**
- **El pasado aun existe**
- **Como surgio la fisica cuantica**

# Interpretaciones de la probabilidad

- **Teoria clasica:** Laplace (1749-1827) —> probabilidad como posibilidades de casos favorables
- **Teoria de la medida:** formalizacion de la probabilidad por Kolmogorov (1933).
- **Teoria frecuentista:** Von Mises (1928): probabilidad como limite de infinitas repeticiones.
- **Teoria propensista:** Karl Popper
- **Interpretacion logica**
- **Interpretacion subjetiva o bayesiana:** probabilidad como grado racional de creencia

# Interpretaciones de la probabilidad

- **Teoria clasica:** Laplace (1749-1827) —> probabilidad como posibilidades de casos favorables
- **Teoria de la medida:** formalizacion de la probabilidad por Kolmogorov (1933).
- **Teoria frecuentista:** Von Mises (1928): probabilidad como limite de infinitas repeticiones.
- **Teoria propensista:** Karl Popper
- **Interpretacion logica**
- **Interpretacion subjetiva o bayesiana:** probabilidad como grado racional de creencia

**Ninguna de estas interpretaciones puede considerarse al dia de hoy predominante**

# Interpretaciones de la probabilidad

“... la cuestión sigue abierta, y nada hace pensar que vaya a resolverse pronto...”

“...la probabilidad se utiliza a menudo de forma acrítica, ignorando los supuestos que subyacen a sus principales interpretaciones...”



**Maria Carla Galavotti**

*Full Professor of Philosophy of Science  
at the University of Bologna*

“...la razón por la que no estamos avanzando mucho en los fundamentos de la física es porque en un nivel realmente fundamental no entendemos la probabilidad...”

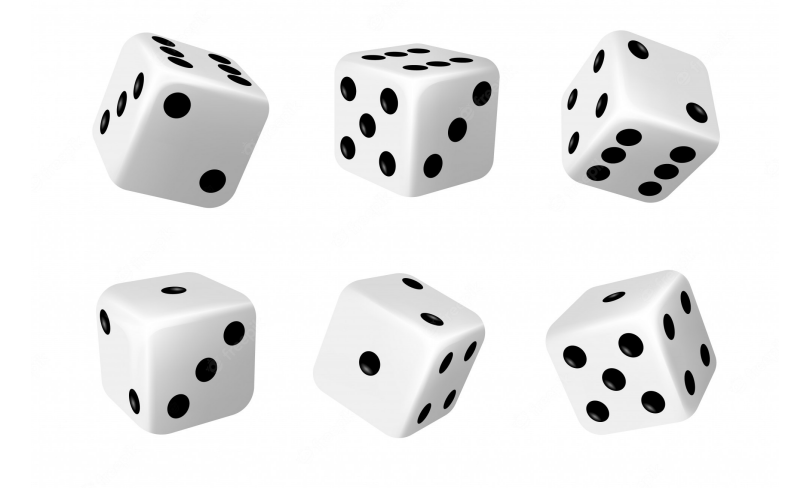


**Sabine Hossenfelder**

*Investigadora y autora alemana especializada  
en física teórica y gravedad cuántica.  
YouTuber.*

<https://www.youtube.com/watch?v=XVNtM0XFTaE>

# Orden en el desorden



El problema fundamental de la teoria del azar:

- Como es posible usar la razon para describir y hacer predicciones de fenomenos que son totalmente aleatorios?
- Donde subyase el exito rotundo de la teoria del azar?
- Como llegamos a la calculabilidad de la incalculabilidad (del orden en el desorden)?
- Existe un cierto orden en lo aleatorio?, hay algun patron que lo describe?

# Orden en el desorden

Ley de los grandes numeros (teorema de Bernoulli):



...



1

1

0

1

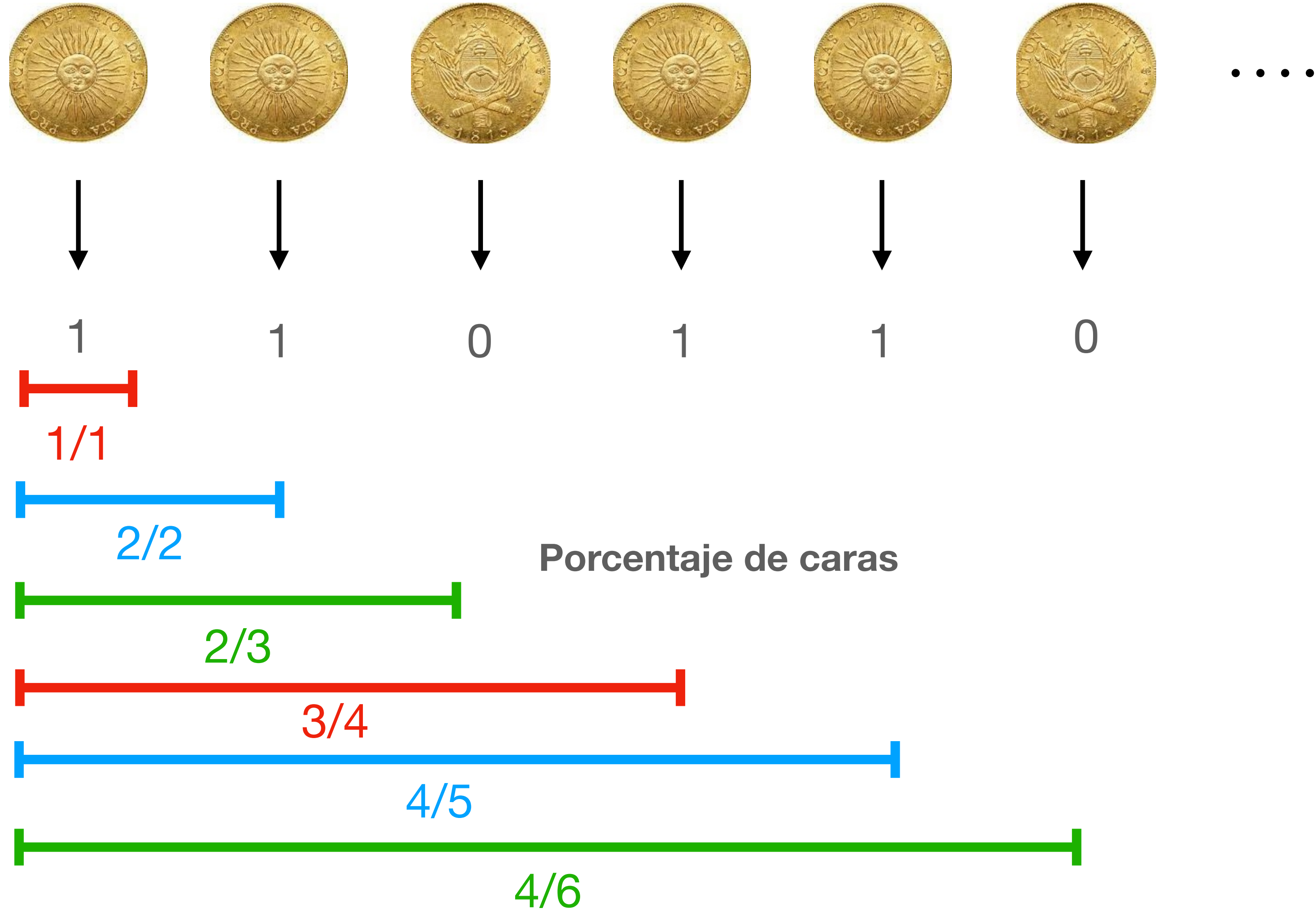
1

0



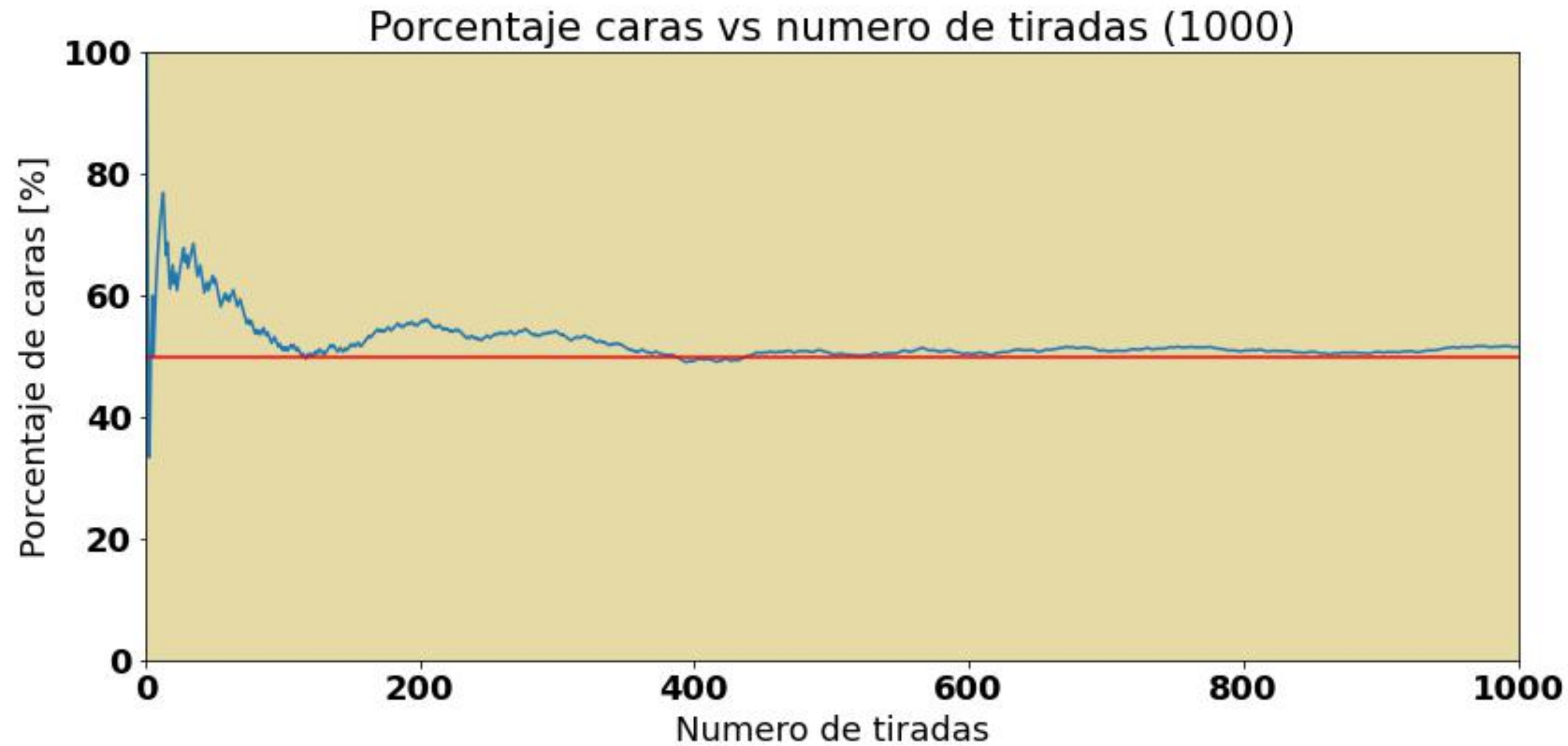
# Orden en el desorden

Ley de los grandes numeros (teorema de Bernoulli):



# Orden en el desorden

Ley de los grandes numeros (teorema de Bernoulli):

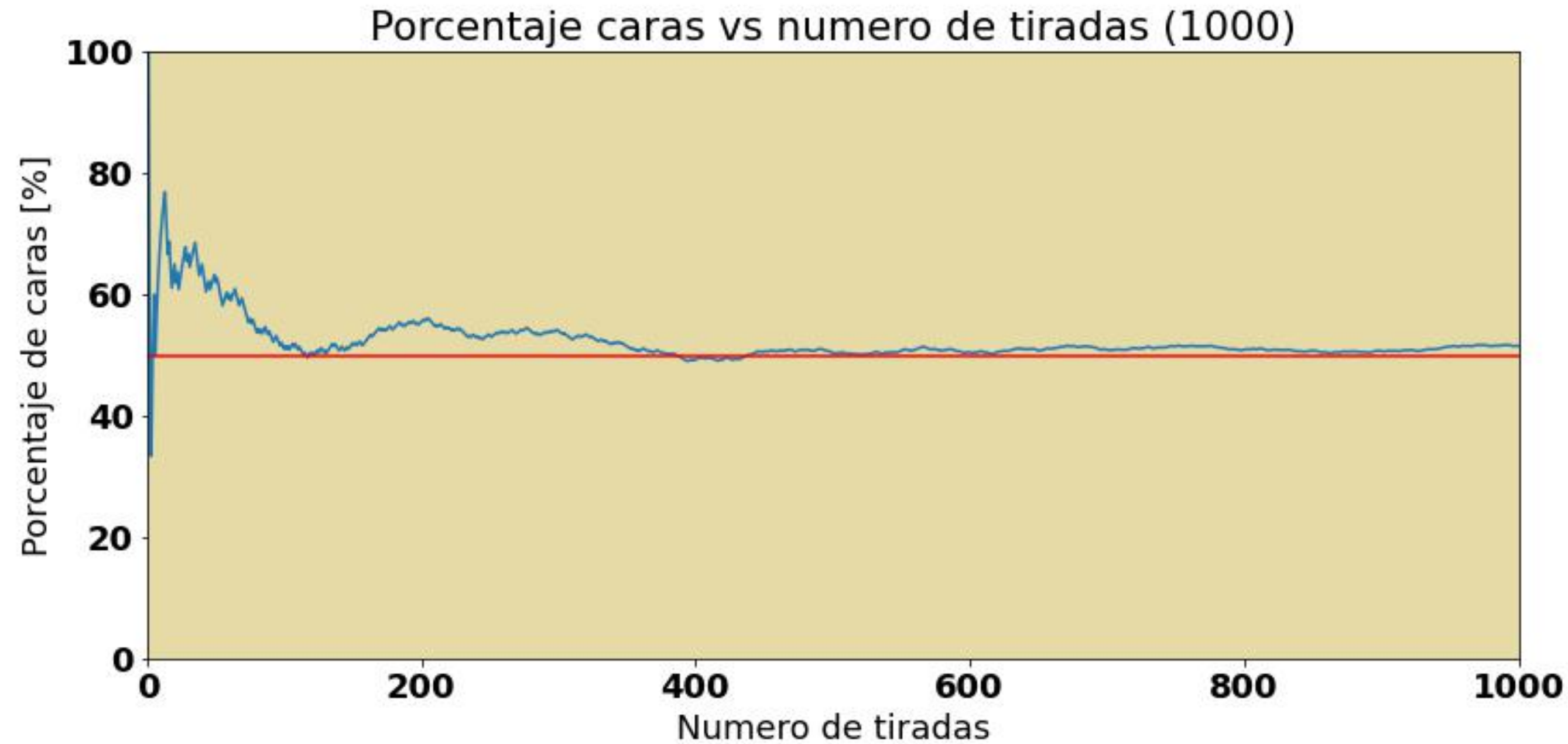


- Al aumentar el numero de tiradas, se observa que el porcentaje de caras va a estar mas cerca del 50%.
- Existe una estabilidad en la estadistica de las ocurrencias al considerar mas eventos.
- Empíricamente se observan grandes fluctuaciones (desorden) en lo chico y estabilidad (orden) en lo grande.



# Orden en el desorden

Ley de los grandes numeros (teorema de Bernoulli):



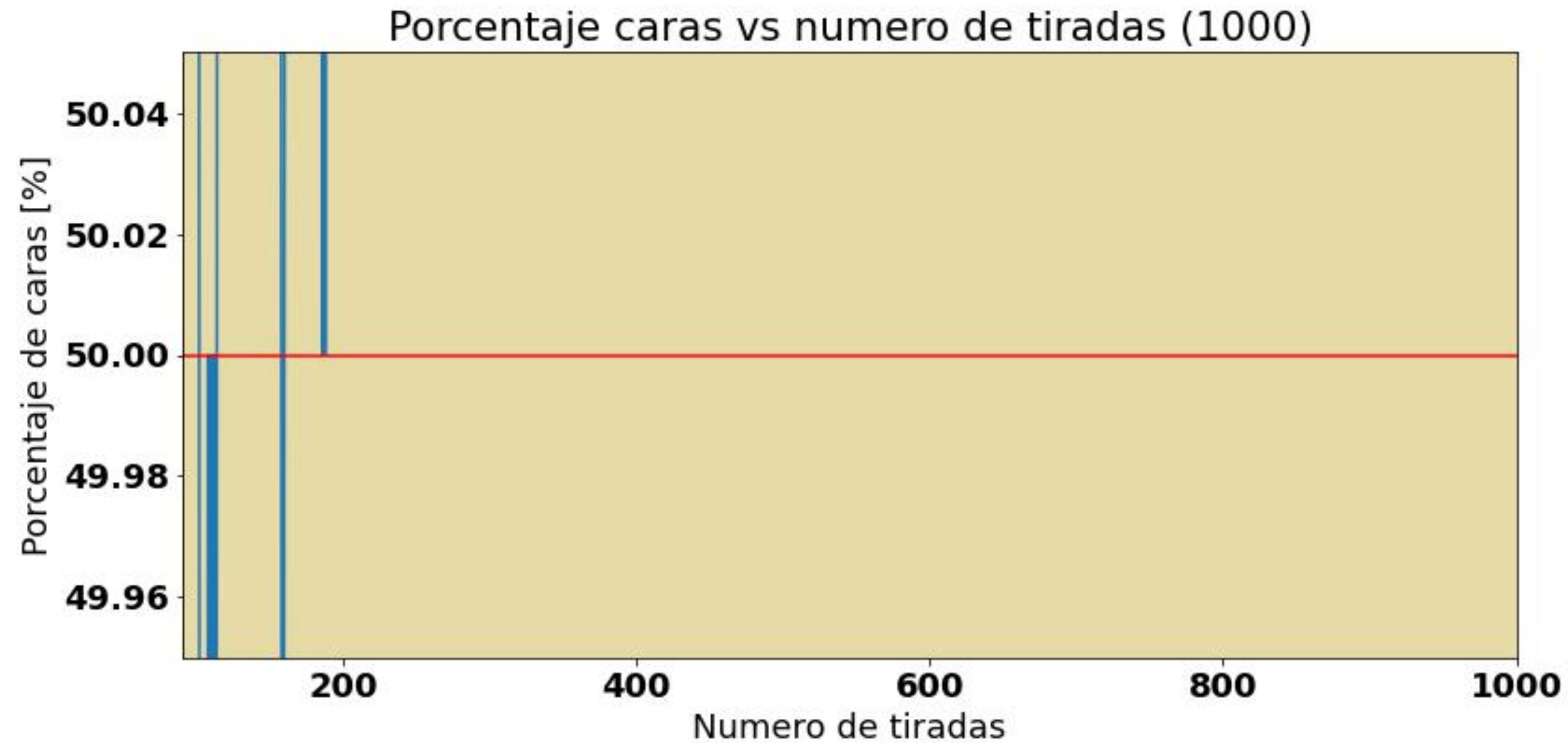
**Los casinos estan diseñados para siempre ganar  
en el largo plazo,  
este resultado esta fundamentado por el  
teorema de Bernoulli.**

- Al aumentar el numero de tiradas, se observa que el porcentaje de caras va a estar mas cerca del 50%.
- Existe una estabilidad en la estadistica de las ocurrencias al considerar mas eventos.
- Empiricamente se observan grandes fluctuaciones (desorden) en lo chico y estabilidad (orden) en lo grande.

# Orden en el desorden

Ley de los grandes numeros (teorema de Bernoulli) (corroboracion empirica):

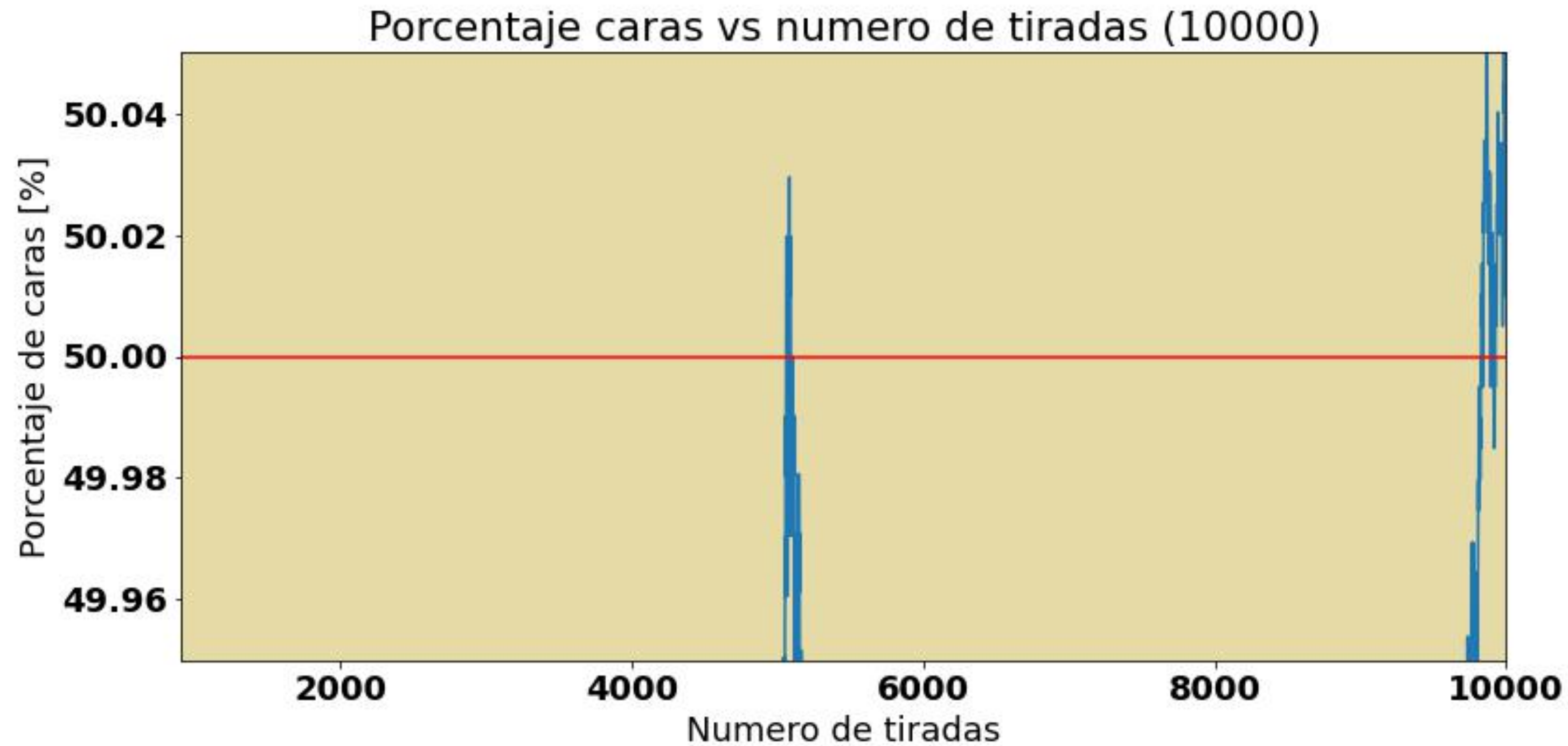
El teorema me asegura que para cualquier intervalo por mas chico que sea, ejemplo [49.95% y 50.05%], siempre va a existir un numero de tiradas grande, tal que el porcentaje de caras aparezca de forma mas frecuente dentro de ese intervalo.



# Orden en el desorden

Ley de los grandes numeros (teorema de Bernoulli) (corroboracion empirica):

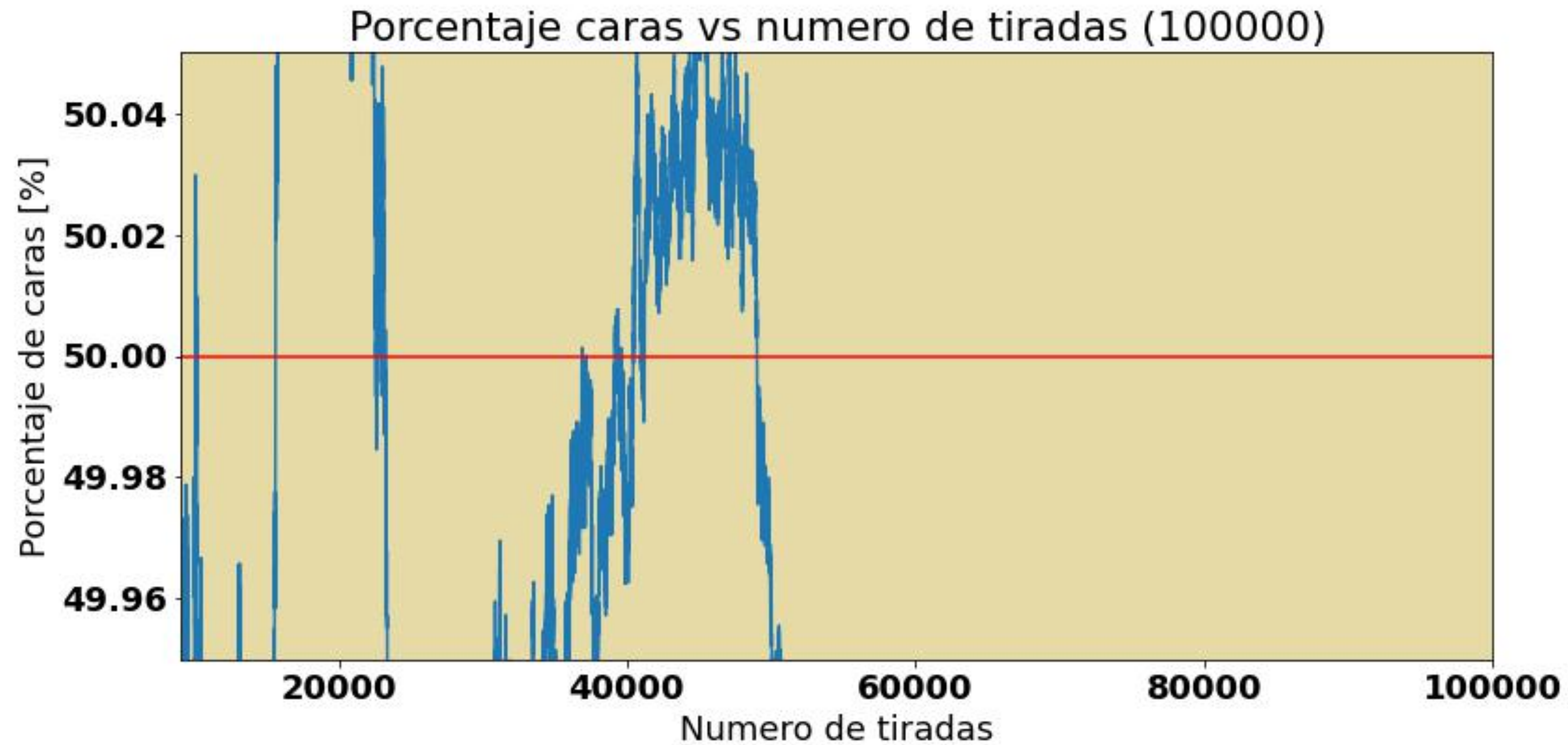
El teorema me asegura que para cualquier intervalo por mas chico que sea, ejemplo [49.95% y 50.05%], siempre va a existir un numero de tiradas grande, tal que el porcentaje de caras aparezca de forma mas frecuente dentro de ese intervalo.



# Orden en el desorden

Ley de los grandes numeros (teorema de Bernoulli) (corroboracion empirica):

El teorema me asegura que para cualquier intervalo por mas chico que sea, ejemplo [49.95% y 50.05%], siempre va a existir un numero de tiradas grande, tal que el porcentaje de caras aparezca de forma mas frecuente dentro de ese intervalo.

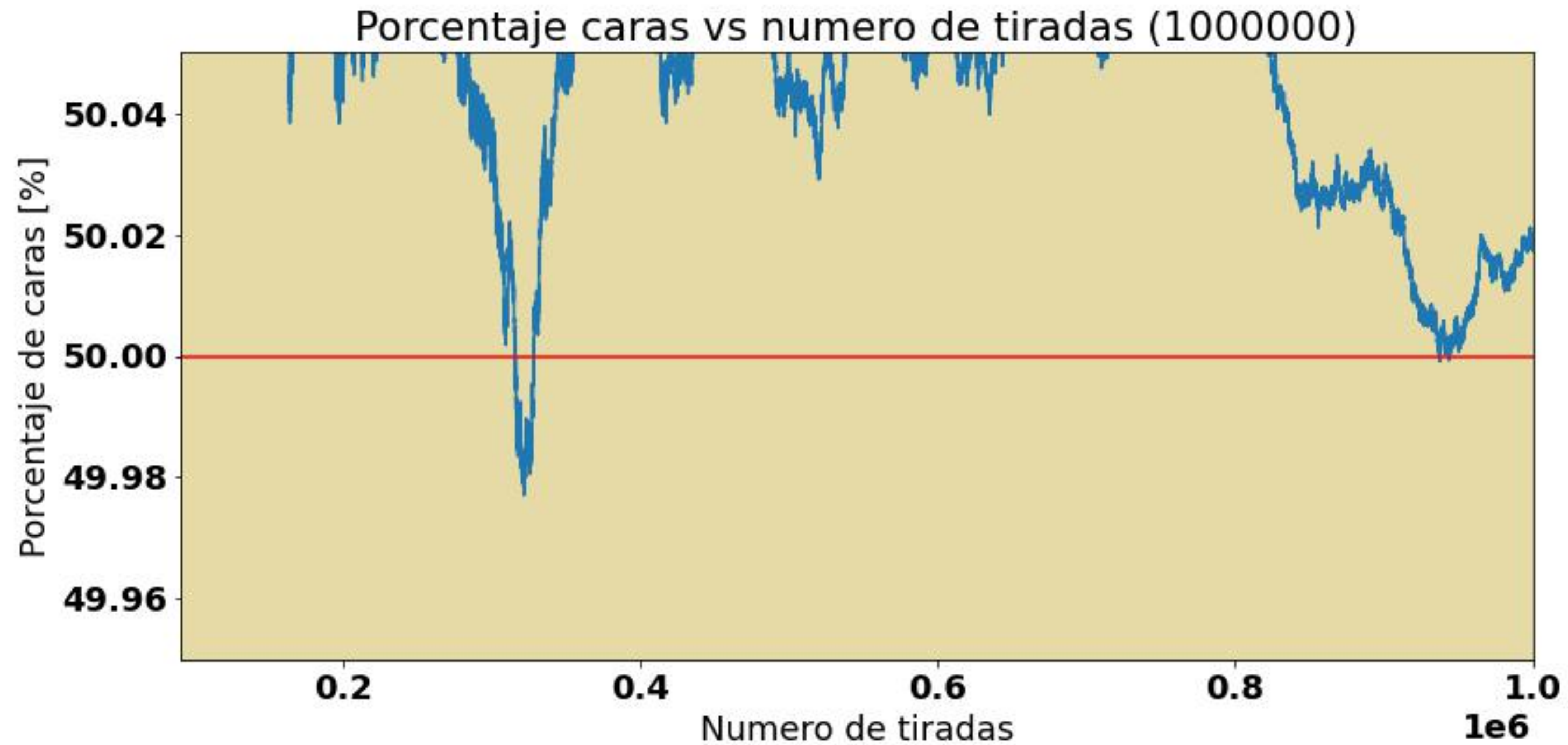




# Orden en el desorden

Ley de los grandes numeros (teorema de Bernoulli) (corroboracion empirica):

El teorema me asegura que para cualquier intervalo por mas chico que sea, ejemplo [49.95% y 50.05%], siempre va a existir un numero de tiradas grande, tal que el porcentaje de caras aparezca de forma mas frecuente dentro de ese intervalo.



# Orden en el desorden

Ley de los grandes numeros (teorema de Bernoulli) (corroboracion empirica):

El teorema me asegura que para cualquier intervalo por mas chico que sea, ejemplo [49.95% y 50.05%], siempre va a existir un numero de tiradas grande, tal que el porcentaje de caras aparezca de forma mas frecuente dentro de ese intervalo.

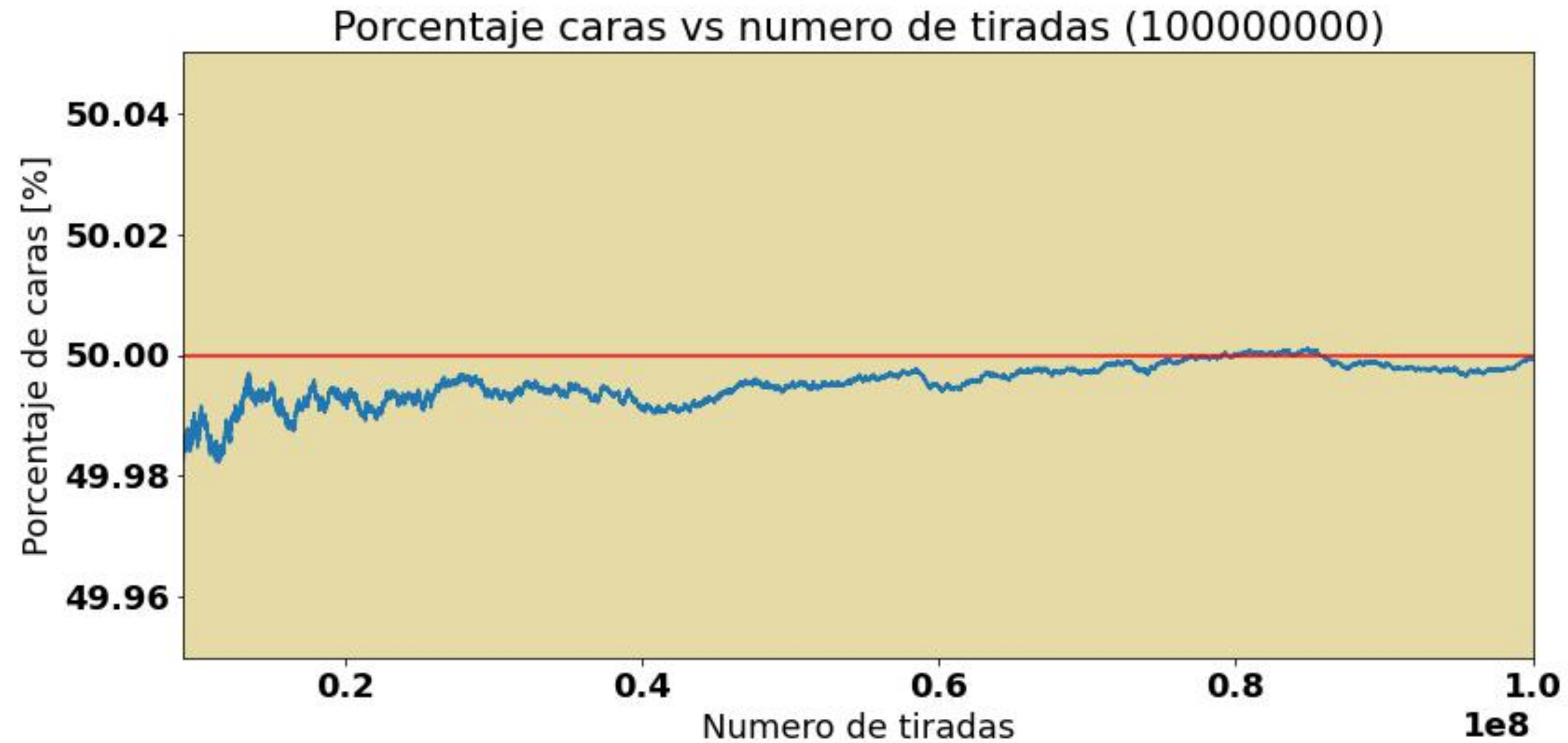




# Orden en el desorden

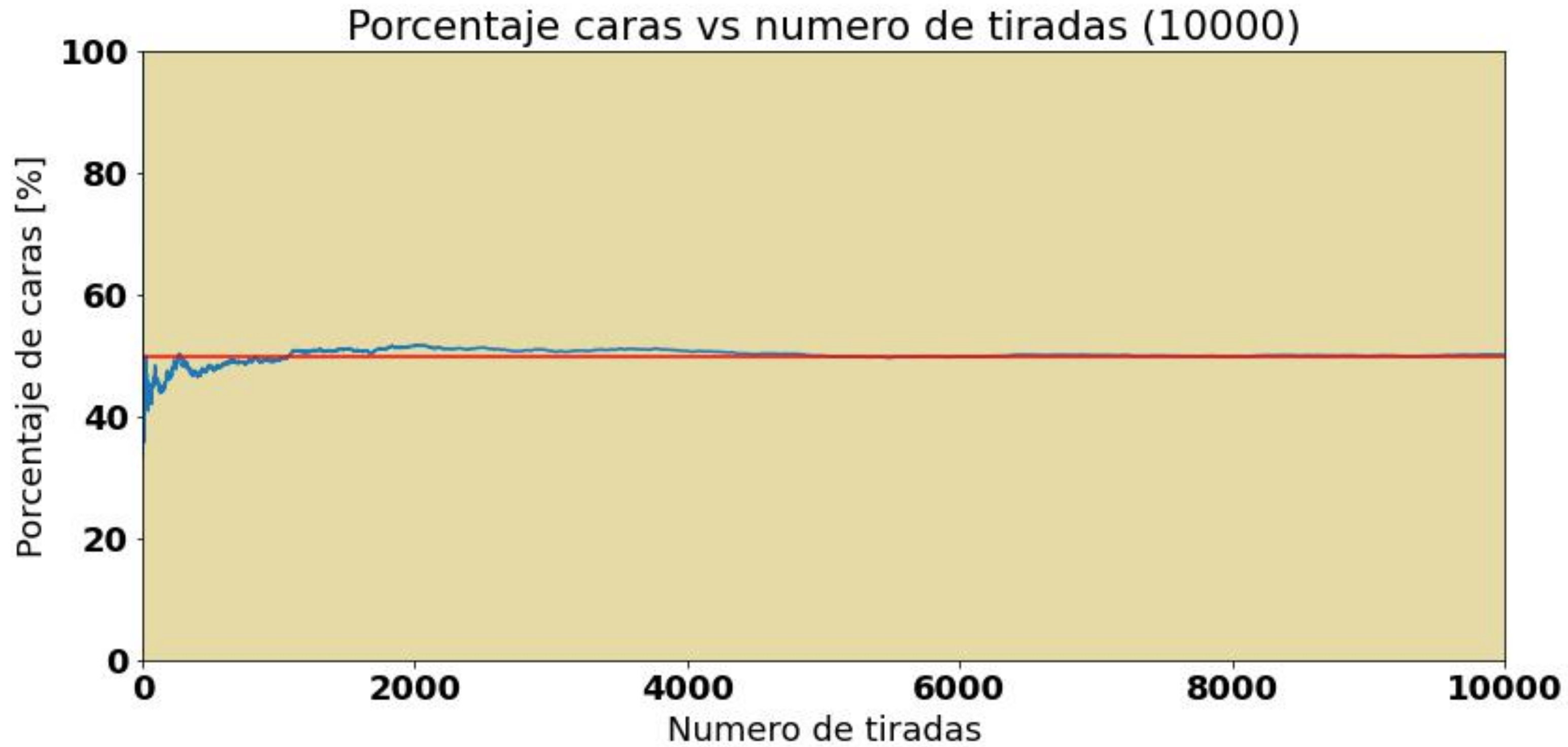
Ley de los grandes numeros (teorema de Bernoulli) (corroboracion empirica):

El teorema me asegura que para cualquier intervalo por mas chico que sea, ejemplo [49.95% y 50.05%], siempre va a existir un numero de tiradas grande, tal que el porcentaje de caras aparezca de forma mas frecuente dentro de ese intervalo.



# Orden en el desorden

Ley de los grandes numeros (teorema de Bernoulli):



De donde proviene  
este orden?

Como podemos explicar  
este hecho empirico?

# Interpretaciones (algunas) de la probabilidad

Frecuentista u objetiva

Bayesiana o “subjética”

Probabilidad como grado racional de certeza

No puede explicar el fenomeno



*No hay otra razón para introducir el concepto de probabilidad que el  
carácter incompleto de nuestro conocimiento  
Waismann, Erkenntnis **1**, 1930, p. 238*

Interpretaciones (algunas) de la probabilidad

Frecuentista u objetiva

Bayesiana o “subjetiva”

Probabilidad como un limite de frecuencias

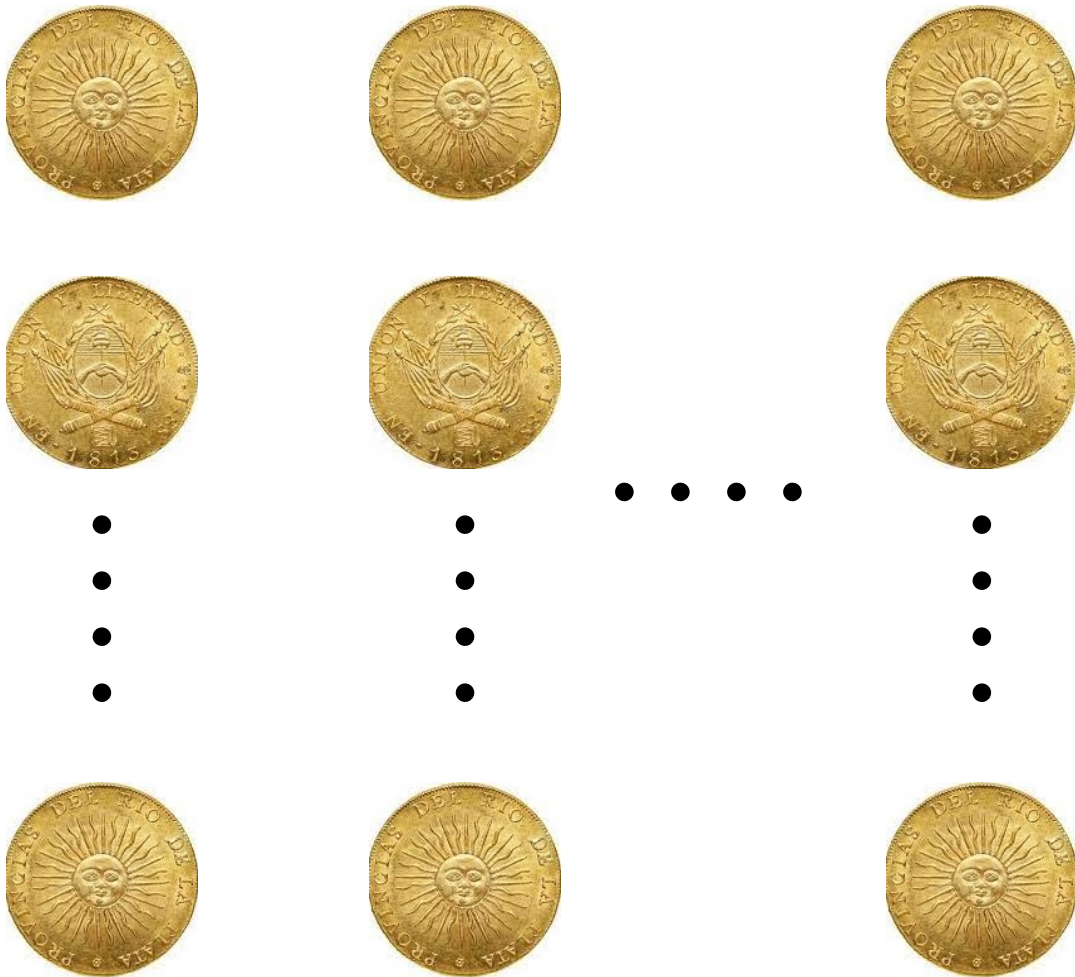
Probabilidad como grado racional de certeza

La probabilidad de que salga cara en el proximo tiro  
=  
proporcion de caras al tirar infinitamente la moneda

No puede explicar el fenomeno



=



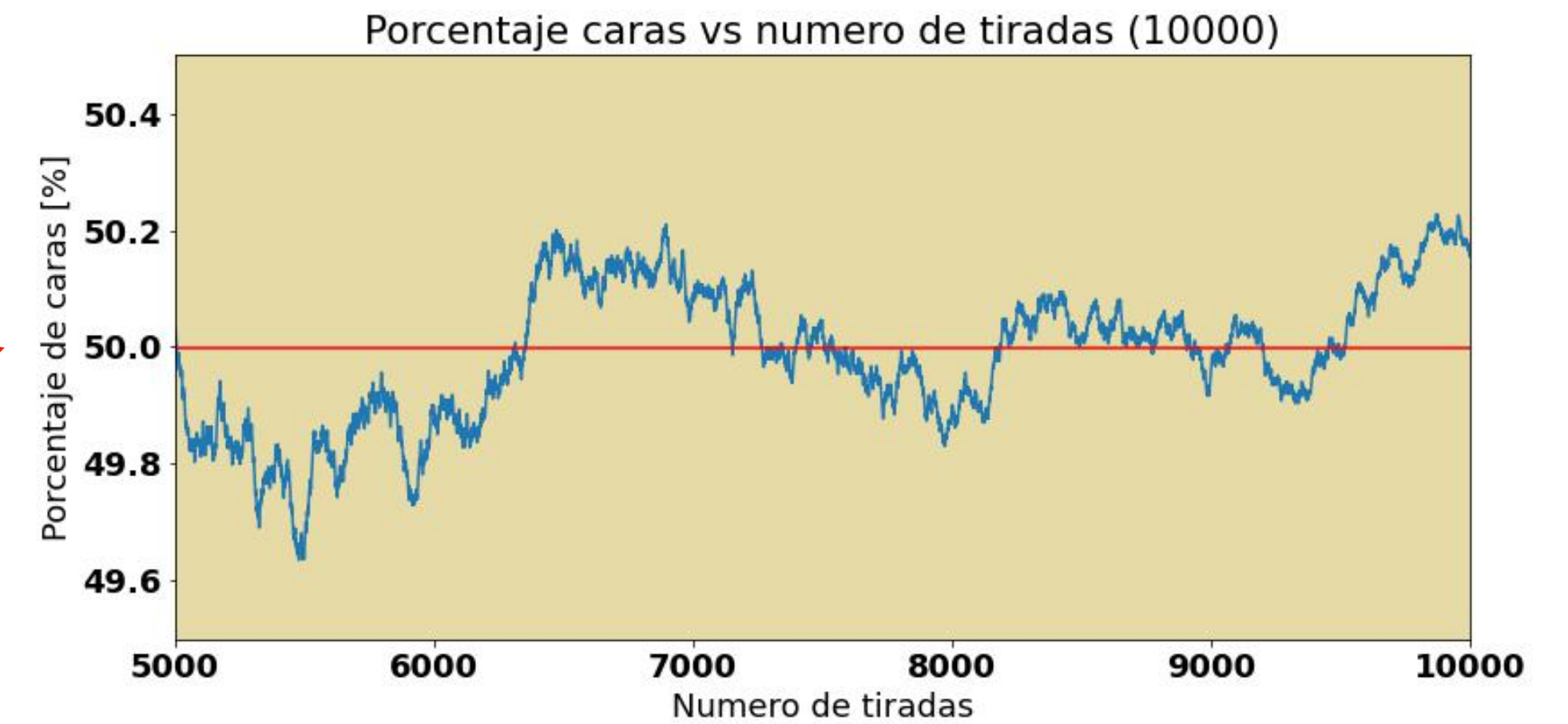
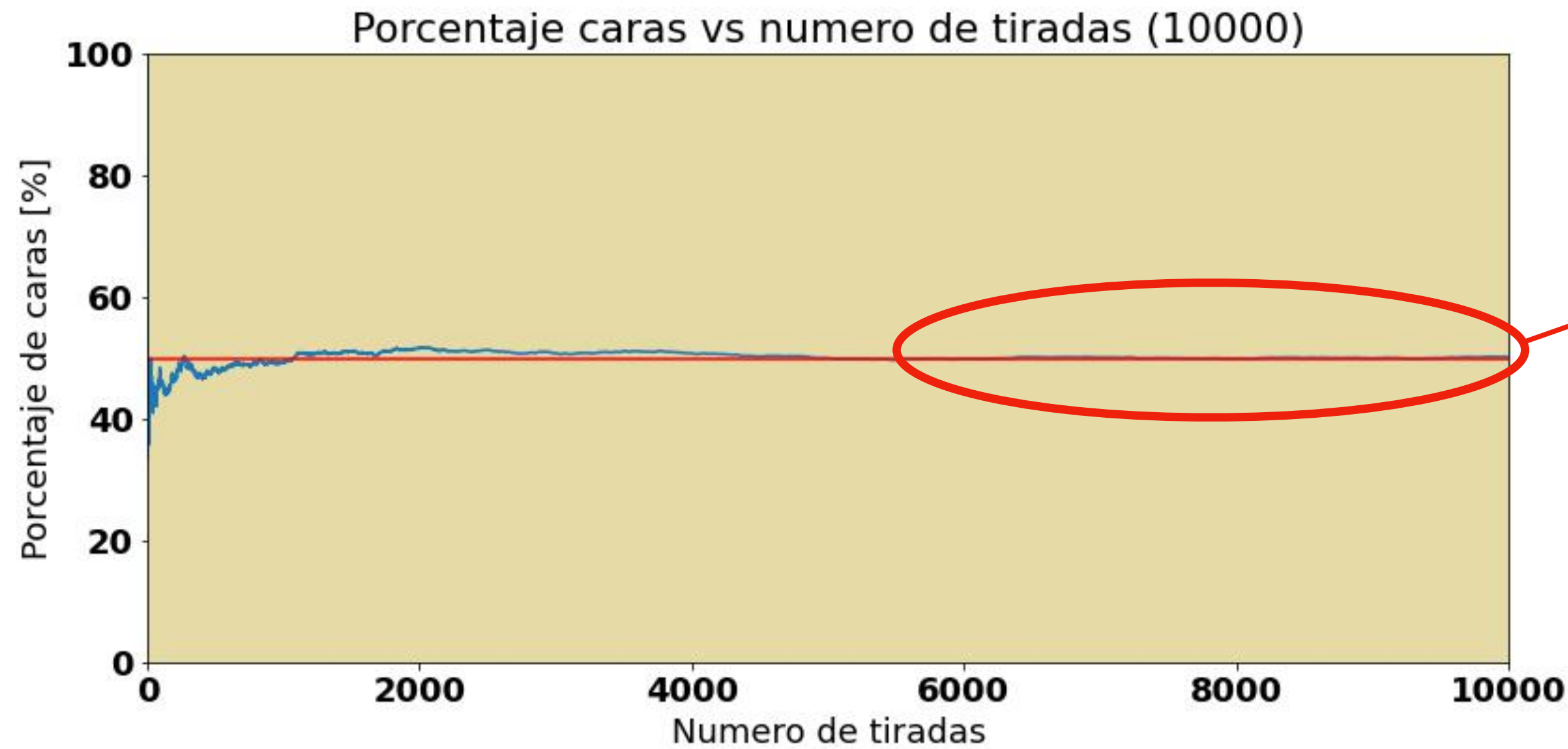
Experimentos  
imaginarios



Probabilidad frecuentista u objetiva



La probabilidad de que salga cara en el proximo tiro  
=  
proporcion de caras al tirar infinitamente la moneda



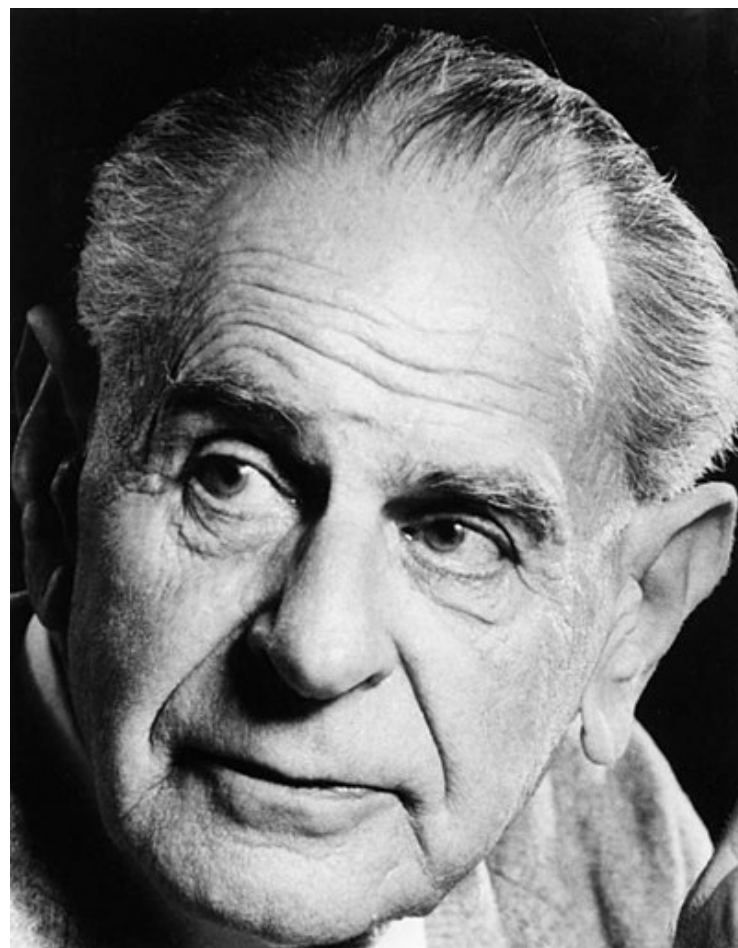
Si me imagino tirar infinitamente la moneda,  
quien me asegura que ese limite, al que llamamos la probabilidad, exista?

## Es necesaria la convergencia para definir la probabilidad?

- La existencia de un límite frecuentista, llamado **la probabilidad**, era más un hecho empírico, e inductivistas lo consideraban como una ley de la naturaleza.



R. Von Mises (~1928), demostró que la convergencia NO asegura que la ley de los grandes números se cumpla.  
**Convergencia no es suficiente.**



Karl Popper (~1934), mostró que la ley de grandes números puede derivarse puramente del carácter aleatorio de las secuencias.

**Convergencia no es necesaria.**

La ley de grandes números vale incluso para series que no convergen, y por ende no es necesario asumir convergencia para definir la probabilidad frecuentista.



# Interpretaciones (algunas) de la probabilidad

Frecuentista u objetiva

Bayesiana o “subjetiva”

Probabilidad como un limite de frecuencias

Probabilidad como grado racional de certeza

- **Postulado de aleatoriedad**
- **Postulado de convergencia**

No puede explicar el fenomeno



El fenomeno (orden en lo grande  
del desorden en lo chico)  
se entendia por el postulado  
de convergencia



**R. Von Mises** mostro que convergencia no siempre  
implica este fenomeno

# Interpretaciones (algunas) de la probabilidad

Frecuentista u objetiva

Bayesiana o “subjetiva”

Probabilidad como un limite de frecuencias

Probabilidad como grado racional de certeza

Karl Popper:

- Postulado de aleatoriedad\*
- ~~Postulado de convergencia~~

No puede explicar el fenomeno



El orden del desorden es una consecuencia logica que surge puramente de la aleatoriedad

## Secuencias aleatorias



Es esta secuencia aleatoria?

1

1

0

1

1

0

Segun Von Mises, no existe criterio donde yo pueda tomar ventaja en saber si el numero que le sigue en la secuencia es 1 o 0.

→ **Ausencia de regularidad**

Criticas filosoficas a esta definicion:

- Como se prueba que estas secuencias existen?
- No existe regla matematica que la describa, si existiera, no seria aleatoria.
- No es posible testear la ausencia o presencia de una regularidad general
- Esta regla demanda mucho de entrada.

## Secuencias aleatorias



Es esta secuencia aleatoria?

1

1

0

1

1

0

Segun Von Mises, no existe criterio donde yo pueda tomar ventaja en saber si el numero que le sigue en la secuencia es 1 o 0.

Criticas filosoficas a esta definicion:

- Como se prueba que estas secuencias existen?
- No existe regla matematica que la describa, si existiera, no seria aleatoria.
- No es posible testear la ausencia o presencia de una regularidad general
- Esta regla demanda mucho de entrada.

→ Popper encontro una solucion a estos problemas con una definicion de aleatoriedad menos demandante.

# Definicion de la aleatoriedad segun Popper

Seleccion ordinaria:

1        1        0        0        1        1        0        0        . . . .

Seleccionamos elementos que esten en una ubicacion par:

1        1        0        0        1        1        0        0        . . . .

1        1        0        0        1        1        0        0        . . . .


# Definicion de la aleatoriedad segun Popper

Seleccion por vecinos:

1            1            0            0            1            1            0            0            . . . .

Seleccionamos elementos cuyo sucesor inmediato sea un 1:

1            1            0            0            1            1            0            0            . . . .



1                            0            1                            0            . . . .

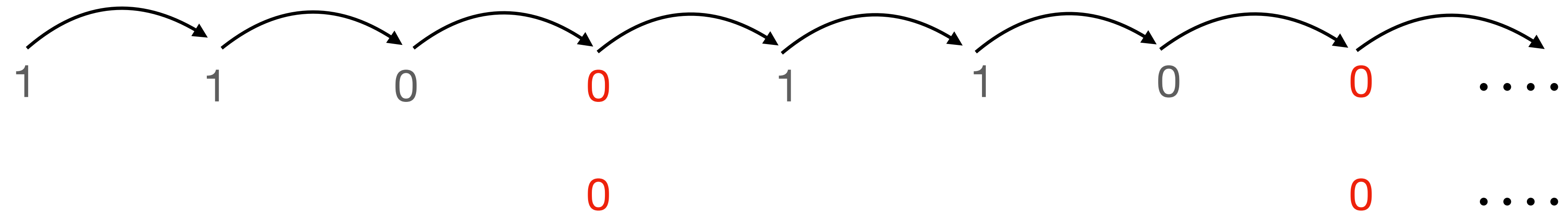


# Definicion de la aleatoriedad segun Popper

Seleccion por vecinos:

1            1            0            0            1            1            0            0            . . . .

Seleccionamos elementos cuyo sucesores inmediatos sea un 1,1:

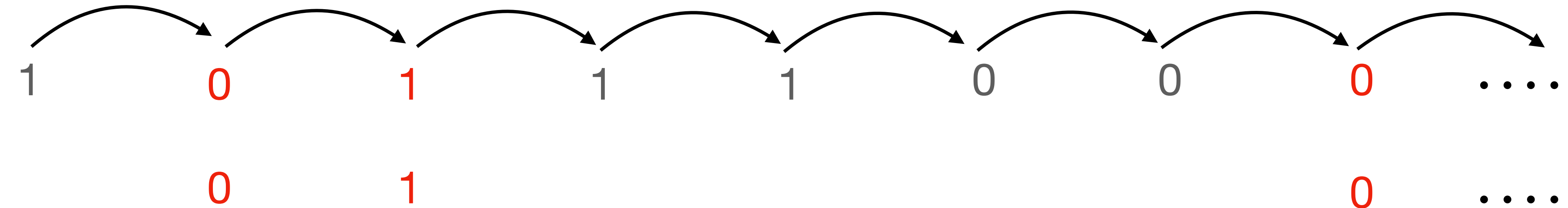


# Definicion de la aleatoriedad segun Popper

Secuencia *2-free*:

1      0      1      1      1      0      0      0      . . . .

Seleccionamos elementos cuyo sucesores inmediatos sea un 1,1:



Secuencia *3-free*:

1    0    1    1    0    0    0    0    1    1    1    1    0    1    0    0    . . . .

Secuencia *4-free*:

0 1 1 0 0 0 1 1 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 1 1 1 1 1 0 0 1 1 ...

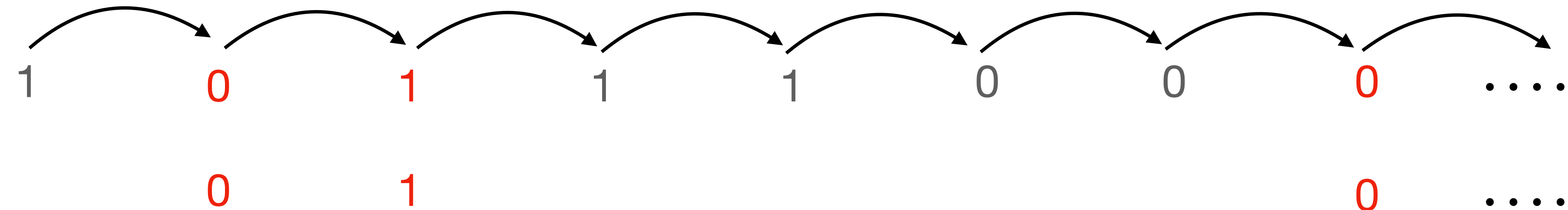
# Definicion de la aleatoriedad segun Popper

Popper definio la aleatoriedad como una secuencia que sea *absolutamente-free*, es decir que sea free para todo los N.

Secuencia *2-free*:

1            0            1            1            1            0            0            0            . . . .

Seleccionamos elementos cuyo sucesores inmediatos sea un 1,1:



Secuencia *N-free*:

. . . .

Esta regla matematica permite crear secuencias que sean aleatorias, por ende las secuencias aleatorias bajo esta regla existen.

# Definicion de la aleatoriedad segun Popper

Una secuencia es aleatoria si es “absolutamente libre”, es decir *N-free* para todo *N*.

- Popper —> Secuencia “absolutamente libre”, o impredecible bajo seleccion por vecinos u ordinaria.
  - No excluye reglas que dependan de una posicion absoluta en la secuencia.
  - Ejemplo: seleccion de los terminos que sean primos.
- 
- Von Mises —> Secuencia impredecible bajo cualquier tipo de regla.

# Definicion de la aleatoriedad segun Popper

Una secuencia es aleatoria si es “absolutamente libre”, es decir *N-free* para todo *N*.

- Popper —> Secuencia “absolutamente libre”, o impredecible bajo seleccion por vecinos u ordinaria.
- No excluye reglas que dependan de una posicion absoluta en la secuencia.
- Ejemplo: seleccion de los terminos que sean primos.

**Menos demandante**

## Aleatoriedad no es ausencia de regularidad

- Von Mises —> Secuencia impredecible bajo cualquier tipo de regla.

**Secuencia matematica**



**Secuencia empirica**

(Podemos decir que tirar una moneda es aleatorio?)



**Test de aleatoriedad**

## Ventajas del modelo aleatorio de Popper

Aleatoriedad segun Popper

No necesidad de un postulado de convergencia para la teoria de probabilidad.

La convergencia se deriva automaticamente del modelo de aleatoriedad propuesto

Ley de los grandes numeros se deriva automaticamente del “patron” aleatorio.

***Desorden en lo chico —> Orden en lo grande***

Ley de los grandes numeros aplicable tambien a secuencias no convergentes.

Para resumir:

- **Von Mises: convergencia NO implica ley de grandes numeros.**
- **Popper: Aleatoriedad implica ley de grandes numeros.**
- **Popper: Ley de grandes numeros es aplicable aun en secuencias que no convergen.**



## **Addendum 1967**

*Hoy, algunos años después de haber llegado a una solución de este viejo problema que me habría satisfecho en 1934, ya no creo en la importancia del hecho de poder construir una teoría de las frecuencias que esté libre de todas las viejas dificultades. Sin embargo, sigo considerando importante que sea posible caracterizar la aleatoriedad como un tipo de orden, y que podamos construir modelos de secuencias aleatorias.*

**K. popper: la logica del descubrimiento cientifico, apendice \*Vi**