

Límites de la percepción

Eduardo Fernández

Basado en: [The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information](#) by George A. Miller. originally published in The Psychological Review, 1956, vol. 63, pp. 81-97

Pregunta disparadora del artículo:

- ¿Qué hay de las siete maravillas del mundo, los siete mares, los siete pecados capitales, las siete hijas de Atlas en las Pléyades, las siete edades del hombre, los siete niveles del infierno, los siete colores primarios, las siete notas de la escala musical y los siete días de la semana?
- ¿Qué hay de la escala de calificación de siete puntos, las siete categorías de juicio absoluto, los siete objetos en el lapso de atención y los siete dígitos en el lapso de memoria de corto plazo?
- ¿Tienen alguna relación?

Conceptos iniciales:

Varianza <-> Cantidad de información

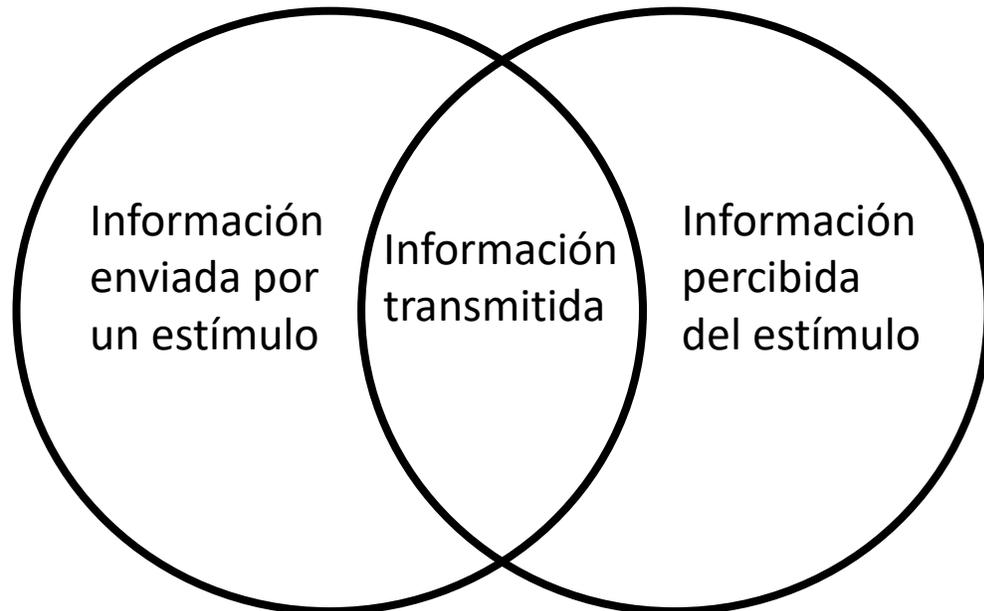
Covarianza o correlación <-> cantidad de información transmitida.

- Estímulos unidimensionales:
 - tono (nota de sonido),
 - intensidad de sonido,
 - salinidad del agua,
 - posición de un punto en un intervalo,
 - Color
 - Intensidad de luz

Conceptos iniciales:

Varianza \leftrightarrow Cantidad de información

Covarianza o correlación \leftrightarrow cantidad de información transmitida.



Para cada estímulo unidimensional enviado, hay un límite a la información transmitida.

Se define **capacidad del canal de transmisión** a la mayor cantidad de información que nos brinda un estímulo.

Conceptos iniciales:

- 1 Bit de información:

Cantidad de información necesaria para decidir entre 2 alternativas equiprobables.

- Si queremos saber si alguien mide más o menos de 1,73m de altura y la chance de medir más o menos es de 50% y 50%, entonces ese dato contiene 1 bit de información.
- Si queremos saber si alguien mide más o menos de 4 metros, ese dato contiene 0 información. No hace falta preguntar para saber (con 99,9999% de certeza) cuál es la respuesta.

Conceptos iniciales:

- 1 Bit de información:
Cantidad de información necesaria para decidir entre 2 alternativas equiprobables.
- 2 Bits de información:
Cantidad de información necesaria para decidir entre 4 alternativas equiprobables.
- 3 Bits -> 8 alternativas equiprobables
- 4Bits -> 16 alternativas equiprobables
- ...

- **Cada vez que el número de alternativas equiprobables se DUPLICA, se incrementa en 1 bit la información ingresada**

Experimento sobre el tono (la nota musical)

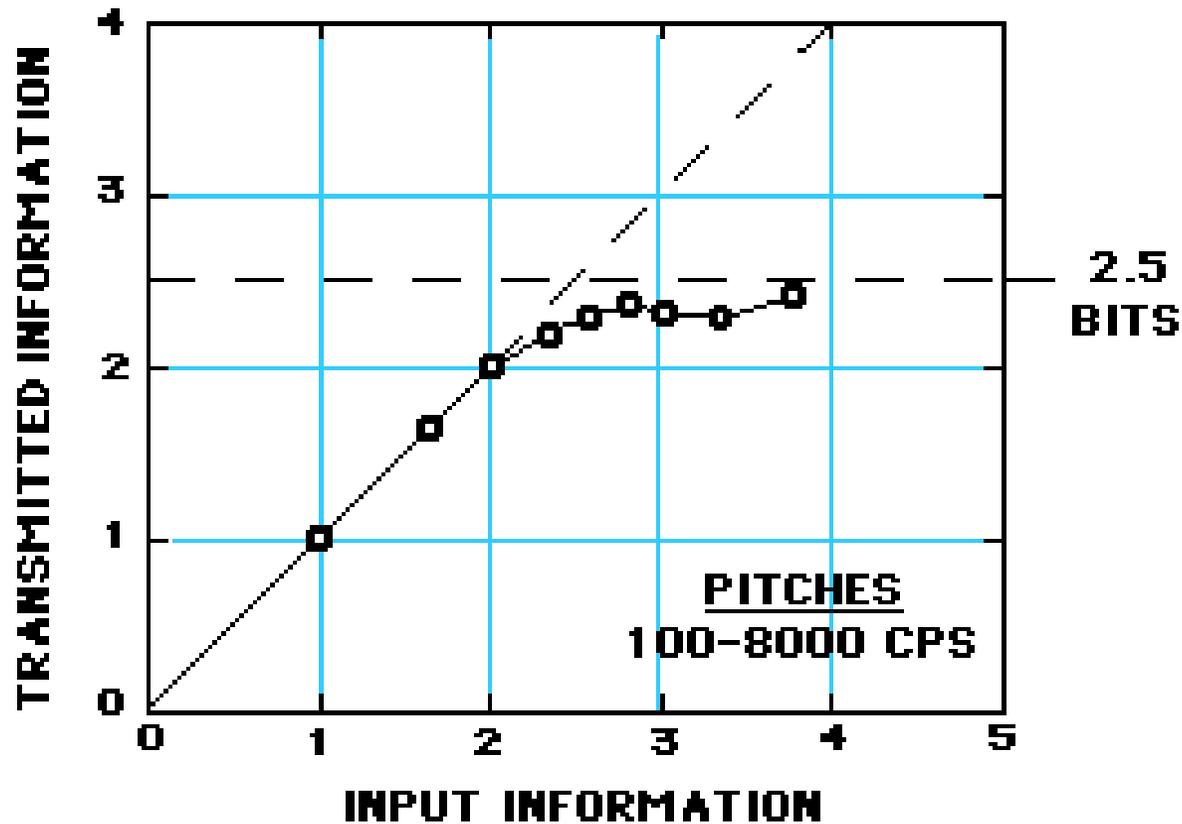
- **Experimento**

- Pollack pidió a personas que identificaran sonidos con tonos equiespaciados (escala logarítmica), entre 100 Hz y 8000 Hz.
- Cuando la persona escuchaba un tono, respondía con un número, y luego se le decía cuál era el número correcto.

- **Resultados:**

- Al probar entre 2, 3 o 4 tonos equiespaciados, no había problemas.
- Pero al probar con más de 6 alternativas (en general), comenzaban a haber errores.
- Cuando se transmitían 14 alternativas, acertaban $\sim 6/14 \sim 43\%$ de las veces.

Experimento sobre el tono (la nota musical)



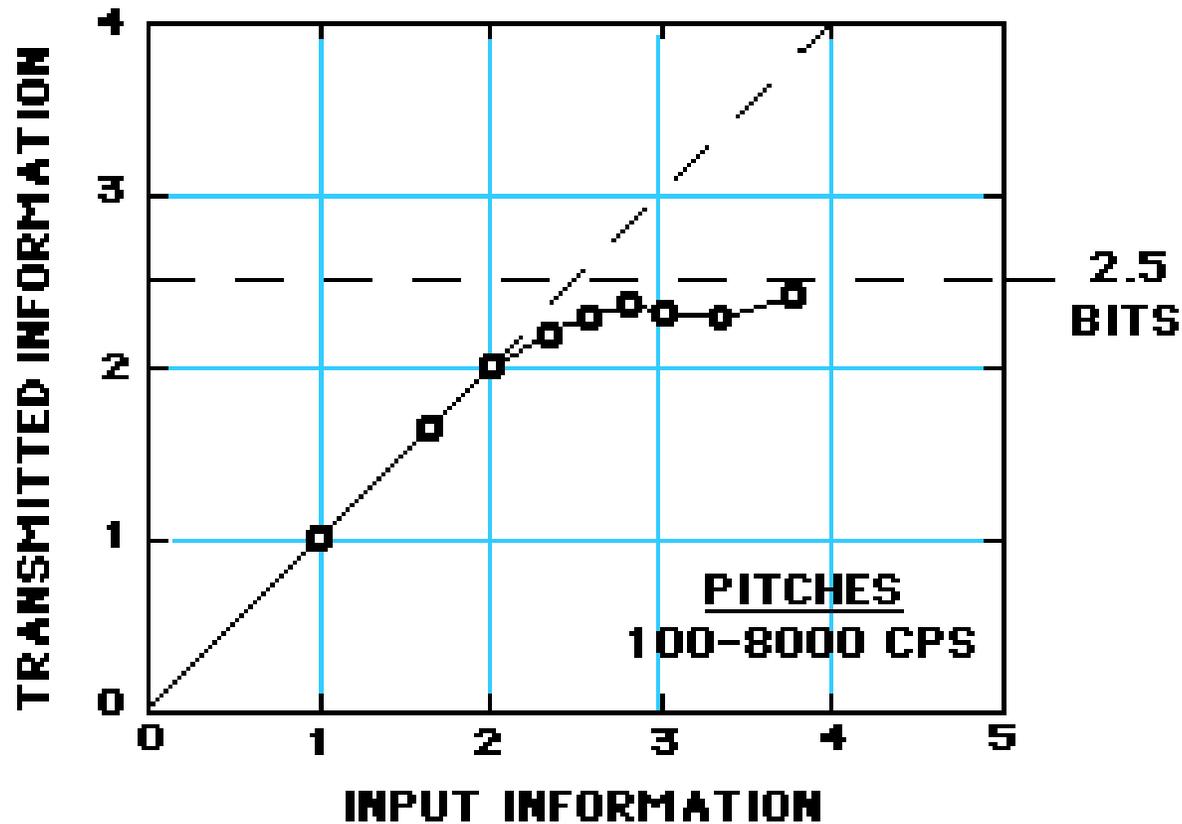
- $\log_2 6 \approx 2,6$ bits

- $\log_2 14 \approx 3,8$ bits

El canal de transmisión considerando únicamente el tono del sonido, sólo tiene una capacidad de 2,5 bits.

Se puede variar los sonidos y los resultados son parecidos.

Experimento sobre el tono (la nota musical)



- Supongamos que las personas puedan discriminar entre 5 tonos graves.
- Supongamos que esas mismas personas pueden discriminar entre 5 tonos agudos.
- Al combinar los sonidos: ¿podrán distinguir entre 10 tonos?
- Los experimentos muestran que **NO** pueden.

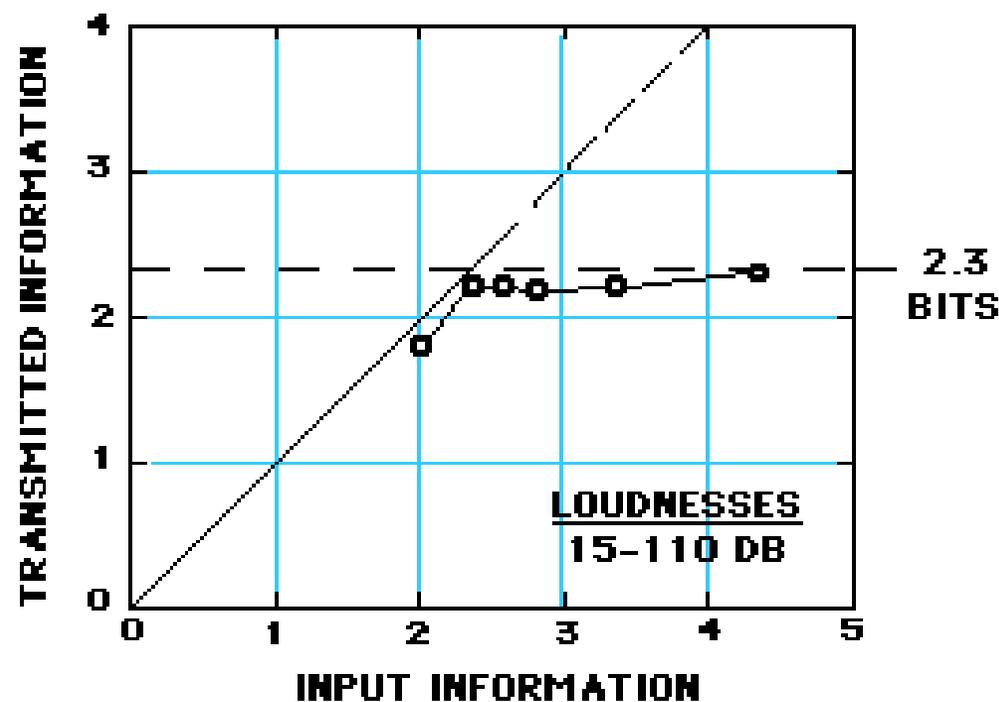
Experimento sobre la intensidad del sonido

- **Experimento**

- Garner pidió a personas que identificaran sonidos con intensidades equiespaciadas (escala logarítmica) entre 15 y 110 dB
- Probó con 4, 5, 6, 7, 10 y 20 intensidades diferentes.

- **Resultados:**

- 2,3 bits
- Se puede distinguir entre 5 alternativas.



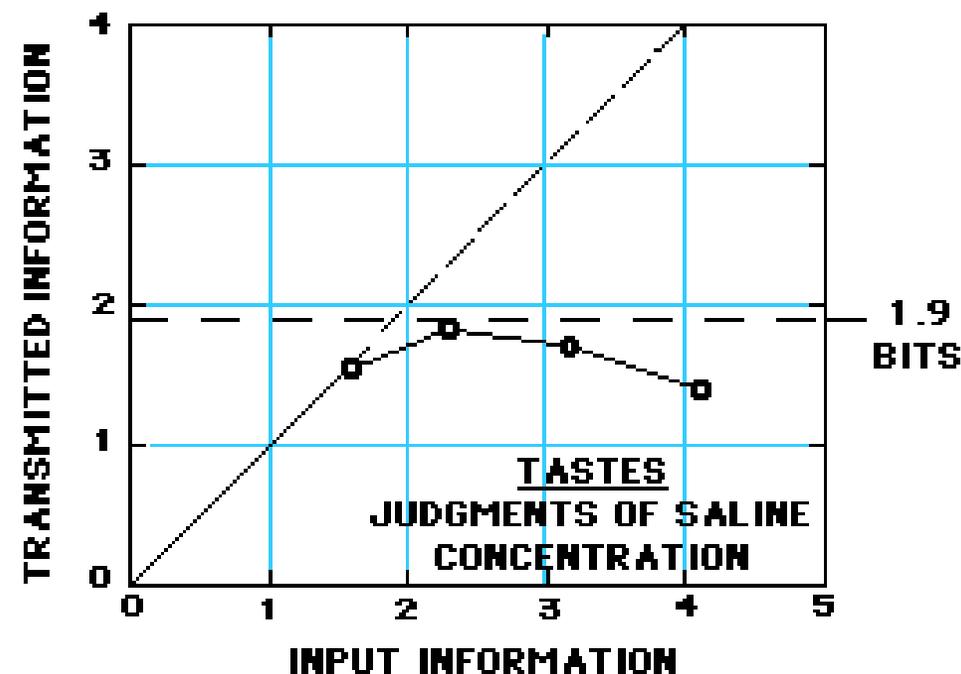
Experimento sobre la concentración salina

- **Experimento**

- Beebe-Center et al. pidieron a personas que identificaran concentraciones de sal NaCl en agua; entre 0.3 gr y 34.7 gr por 100 cc de agua.
- Probó con 3, 5, 9 y 17 concentraciones diferentes.

- **Resultados:**

- 1,9 bits
- Se puede distinguir solamente entre 4 alternativas.



Exp. sobre posición de una marca en un intervalo

• Experimento

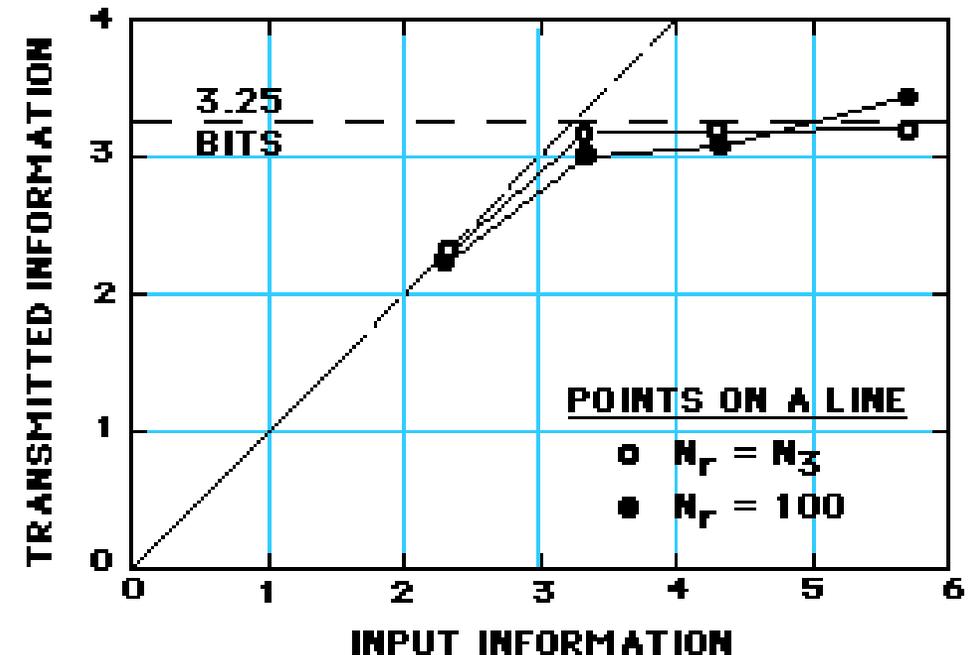
- Hake y Garner propusieron 2 experimentos diferentes:
 1. Que digan un número entre 1 y 100.
 2. Debían elegir entre números previamente indicados.En ambos exp. debían elegir entre 5, 10, 20 y 50 opciones.

• Resultados:

1. Puntos negros.
2. Puntos blancos.

Aprox. 3.25 bits o se pueden distinguir unas 10 posiciones.

Entre 3.2 y 3.9 bits según el tiempo de exposición al intervalo (entre 10 y 15 posiciones).



Otros experimentos:

- **Tamaño de cuadrados** (Eriksen & Hake): 2,2 bits \approx 5 diferentes tamaños.
- **Tamaño de objetos** (Eriksen): 2,8 bits \approx 7 diferentes tamaños.
- **Color** (Eriksen): 3,1 bits \approx 9 colores.
- **Brillo** (Eriksen): 2,3 bits \approx 5 brillos.
- **Vibración en el pecho** (Geldard): 4 intensidades, 5 duraciones, y 7 lugares.
- **Curvatura de líneas** (Pollack): 1,6 a 2,2 bits (según el tiempo de exposición)
- **Largo de líneas** (Pollack): 2,6 a 3 bits (según el tiempo de exposición)
- **Pendiente de líneas** (Pollack): 2,8 a 3,3 bits (según el tiempo de exposición)

Promediando:

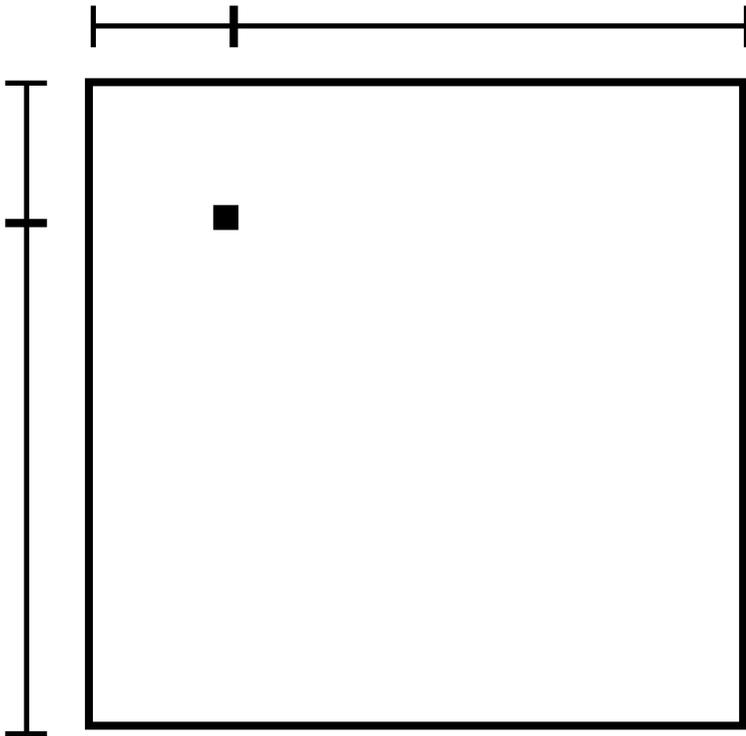
- Tenemos una media de 2,6 bits y una desviación estándar de 0,6 bits.
- Considerando 2 desviaciones estándares (95% de los casos en distribución normal) tenemos:

Entre 1,4 bits y 3,8 bits: dado cualquier estímulo simple se puede distinguir entre no menos de 3 opciones y no más de 14 opciones.

Nuestro sistema nervioso no parece hecho para distinguir en estímulos simples unidimensionales.

¿Qué pasa con los estímulos multidimensionales?

- ¿Qué ocurre si queremos distinguir la posición de un punto en un cuadrado?



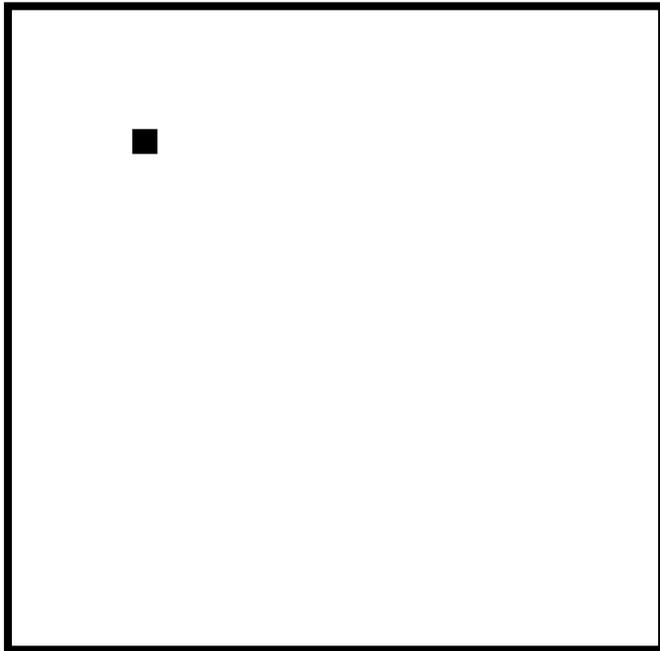
Si para 1 dimensión la capacidad de discriminación es de 3,25 bits ...

¿para 2 dimensiones será $3,25+3,25=6,5$ bits?

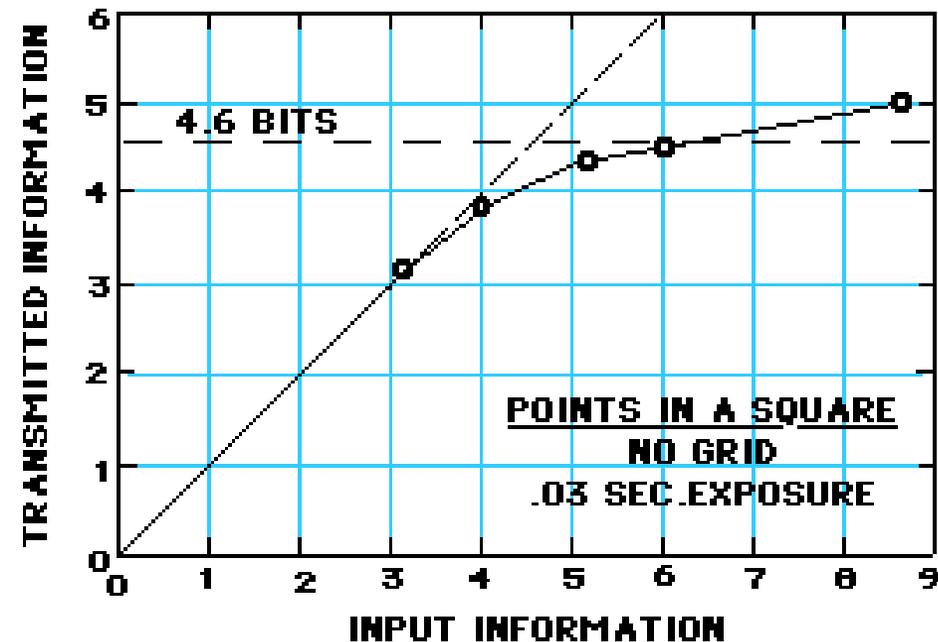
¿Qué pasa con los estímulos multidimensionales?

- ¿Qué ocurre si queremos distinguir la posición de un punto en un cuadrado?

¿para 2 dimensiones será $3,25+3,25=6,5$ bits?



¡NO!

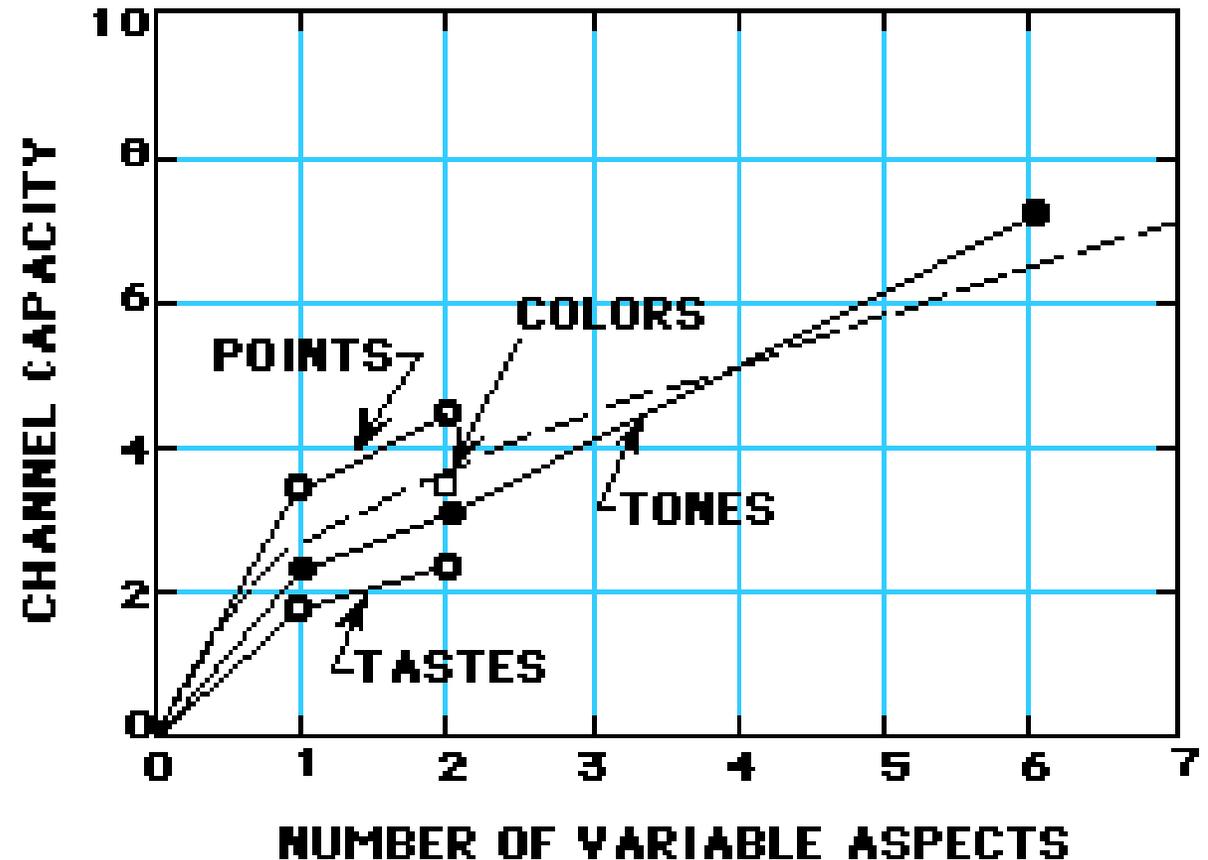


Combinando otras dimensiones:

- (sabor) Salinidad + dulzura = 2,3 bits < 1,9bits + 1,9bits
- (sonido) Tono + intensidad = 3,1bits < 2,5bits + 2,3bits
- **6 variables:** (sonido) frecuencia + intensidad + tasa de interrupción + on-time fraction + duración total + ubicación en el espacio = 7,2 bits = 150 opciones.
Cada una de esas 6 variables pueden distinguir 1 de 5 diferentes valores, lo que combinados daría 5^6 opciones = 15625.
- **3 variables:** tamaño, brillo y color combinados no dan más de 4,1 bits, comparados con el promedio de 2,7 bits para cada estímulo de forma individual.

Combinando otras dimensiones:

- Eriksen determinó experimentalmente la curva que relaciona al número de dimensiones con la capacidad del canal.



Combinando otras dimensiones:

Hipótesis sobre los resultados: Al combinar dimensiones, se pierde precisión en cada una de ellas.

Los sonidos humanos tienen entre 8 y 10 dimensiones (binarias). Esto limita las posibilidades de expresividad.

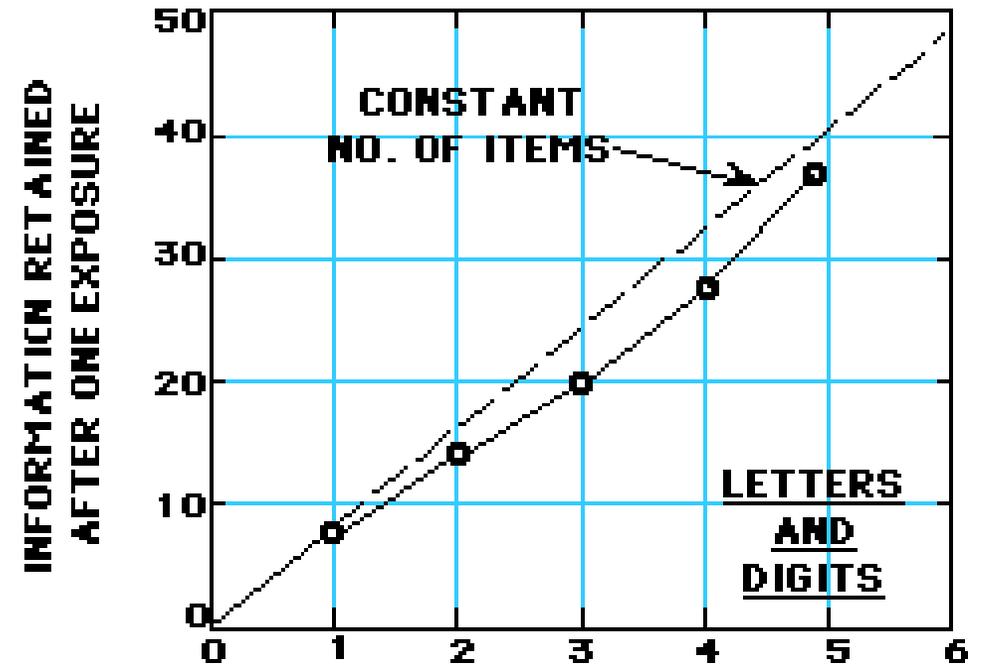
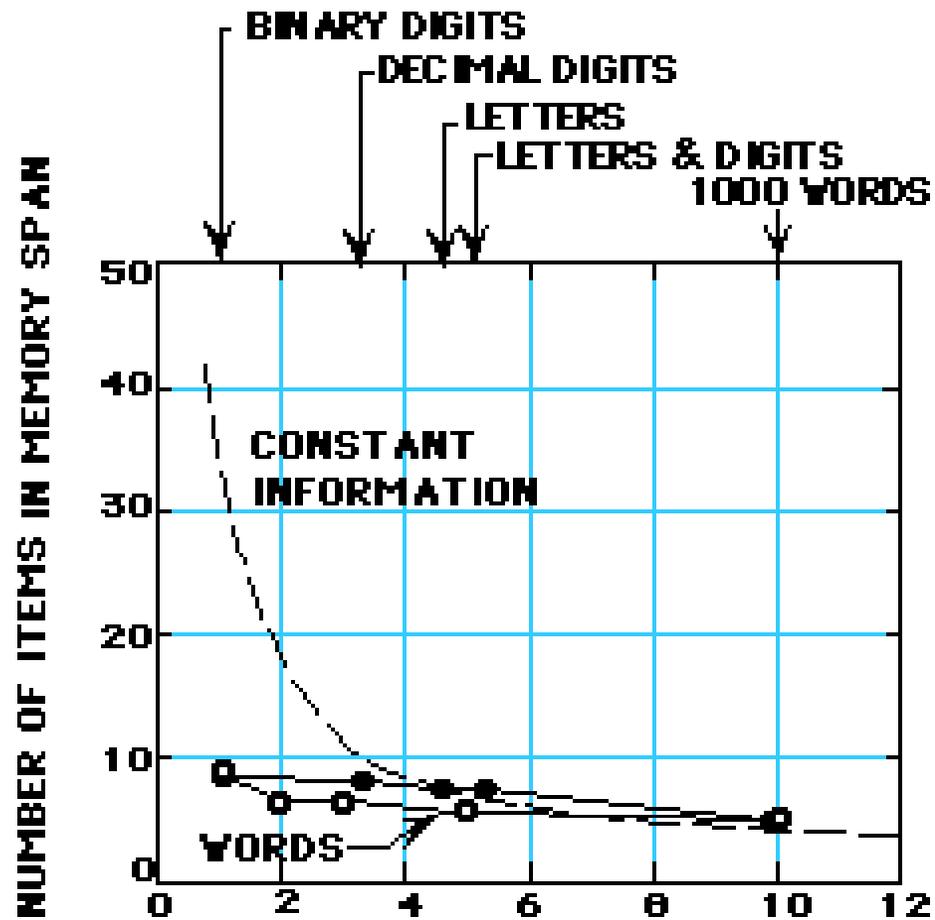
Hipótesis de Miller: Hay un límite de 10 dimensiones que se pueden considerar para evaluar algo.

En el curso de la evolución natural, se decidió que era mejor tener poca información de muchos estímulos diferentes, que mucha información de un único estímulo.

Memorizar

- Parece ser que solo podemos recordar de 6 a 7 elementos en nuestra memoria inmediata.
- Pero si cada elemento contiene mucha información, entonces la memoria inmediata puede recordar muchos bits de información.
- Por ejemplo, cada dígito contiene 3,32 bits de información, entonces, al recordar 7 dígitos se recuerdan unos 23 bits.
- Si en lugar de dígitos usamos palabras, podemos guardar mucha más información.

Memorizar



Memorizar

Binary Digits (Bits)		1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0
2:1	Chunks	10	10	00	10	01	11	00	11	10									
	Recoding	2	2	0	2	1	3	0	3	2									
3:1	Chunks	101		000		100		111		001		110							
	Recoding	5		0		4		7		1		6							
4:1	Chunks	1010			0010			0111			0011		10						
	Recoding	10			2			7			3								
5:1	Chunks	10100				01001				11001		110							
	Recoding	20				9				25									

Conclusión: Hay que agrupar y recodificar aquello que nos cueste memorizar.

Conclusiones

- Tenemos limitaciones severas para percibir información y memorizarla.
- Para aminorar dichas limitaciones, se deben manejar varias dimensiones a la vez y sucesiones de elementos multidimensionales.
- La teoría de la información es útil para obtener información cuantitativa de estos aspectos.

Experimentos

Detecting Brightness

L



R



Which is brighter?

Experimentos

Detecting Brightness

(128, 128, 128)

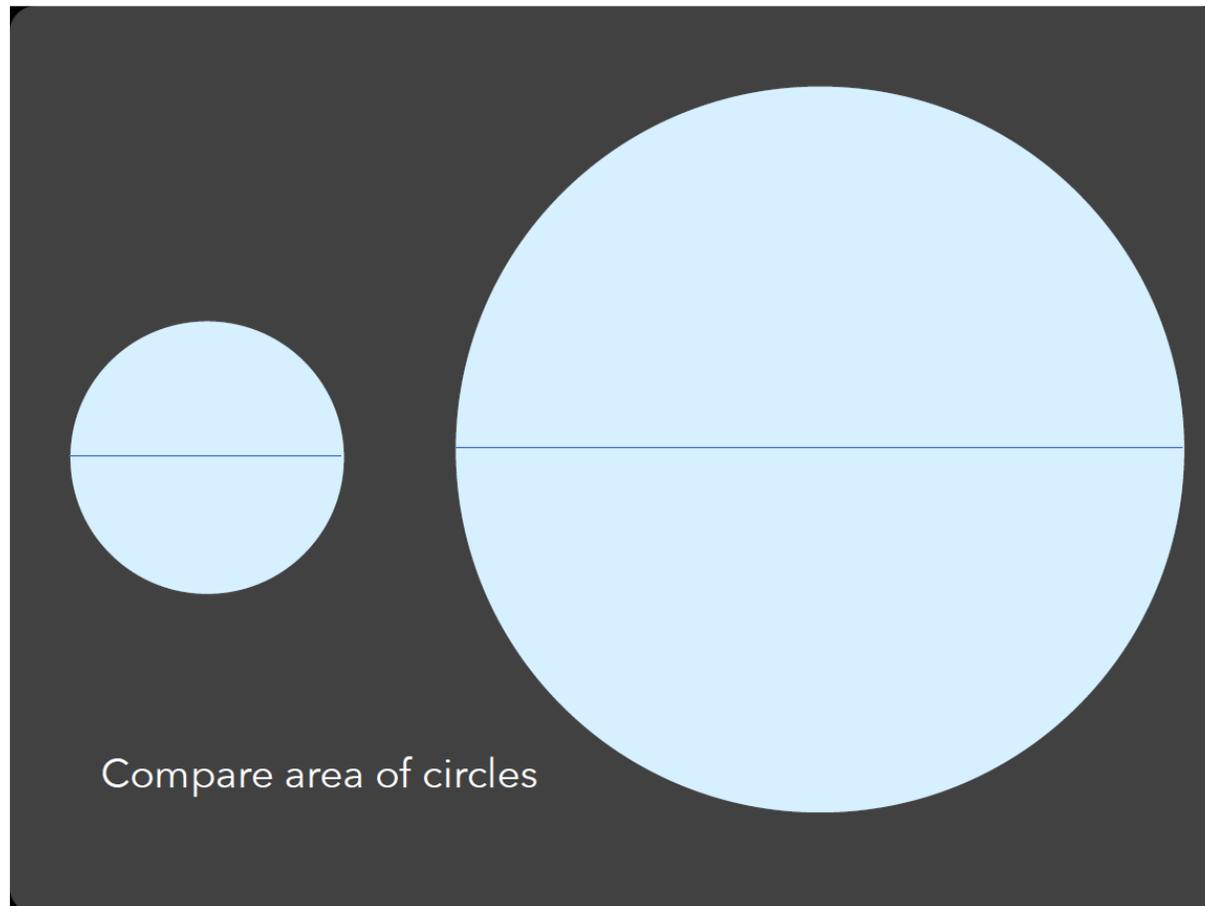


(144, 144, 144)



Which is brighter?

Experimentos



Experimentos



Compare length of bars

Experimentos

Brillo/Intensidad,

A - 1:1.5



Longitud,

B - 1:2



Area

C - 1:2.5



Experimentos

