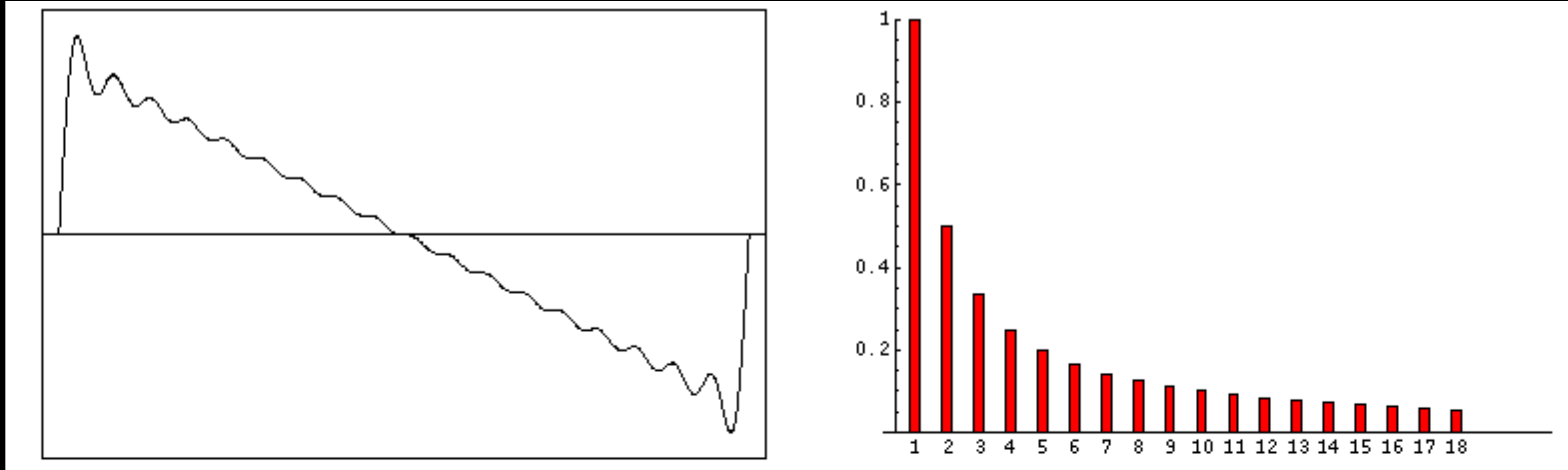


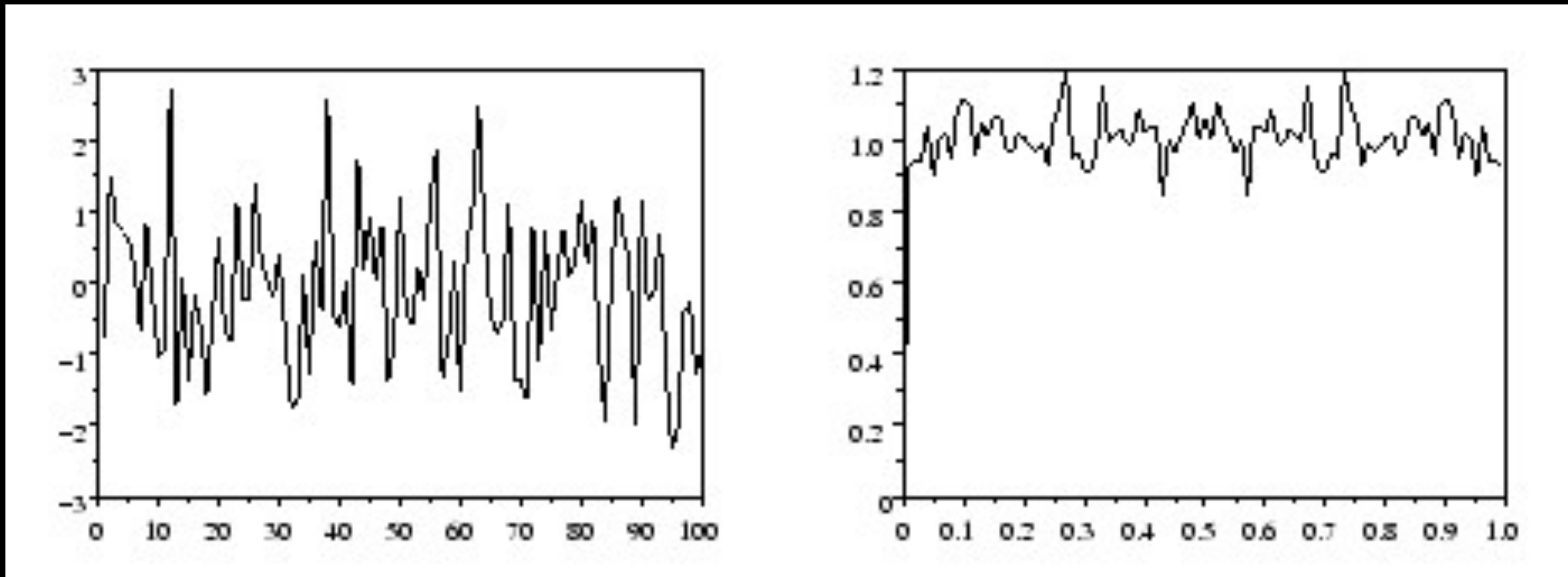
Principio de indeterminación acústico

Instrumento 1 - UNTREF

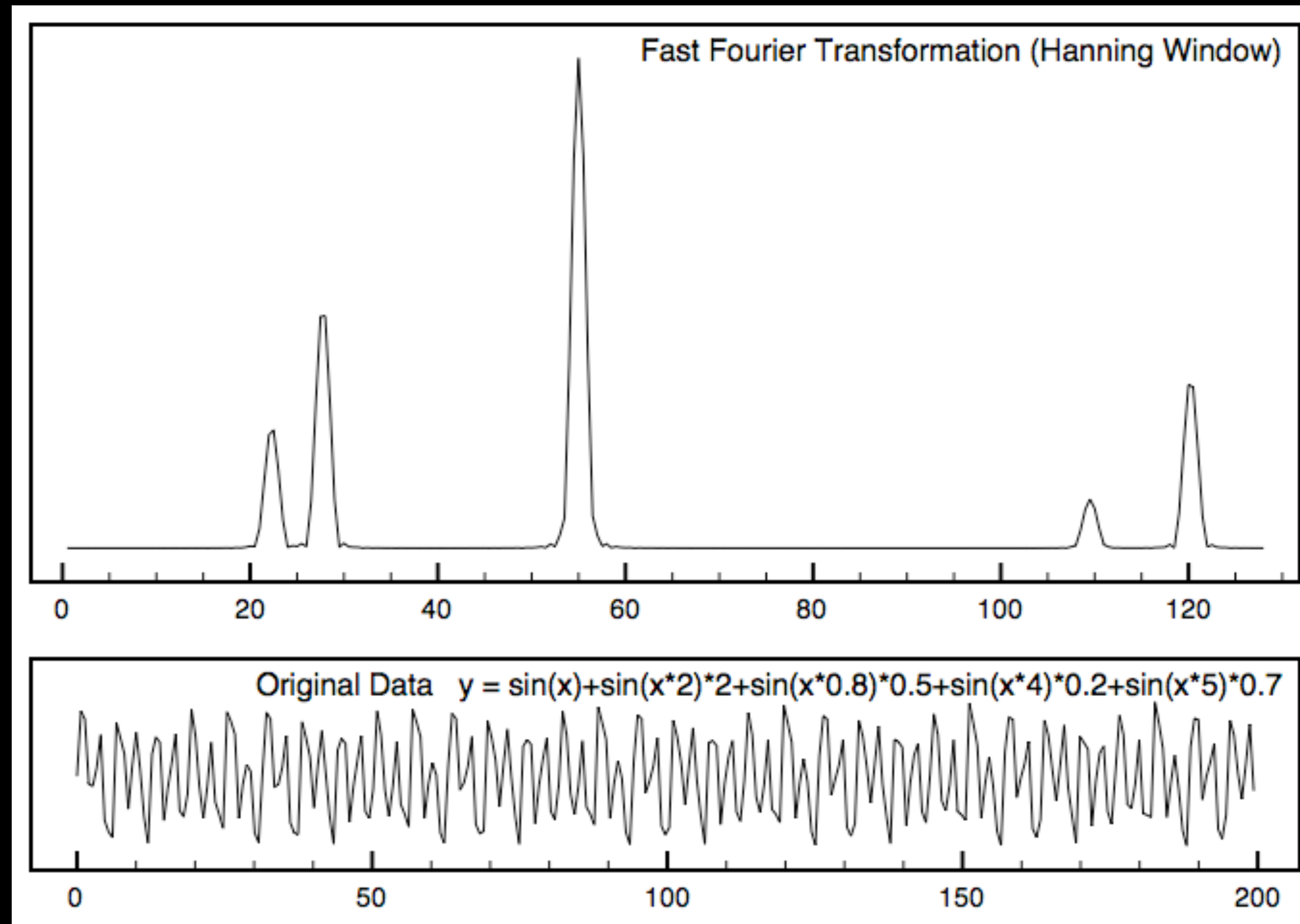
El Teorema de Fourier se aplica exclusivamente a señales periódicas, idealmente infinitas, con un espectro armónico de líneas.

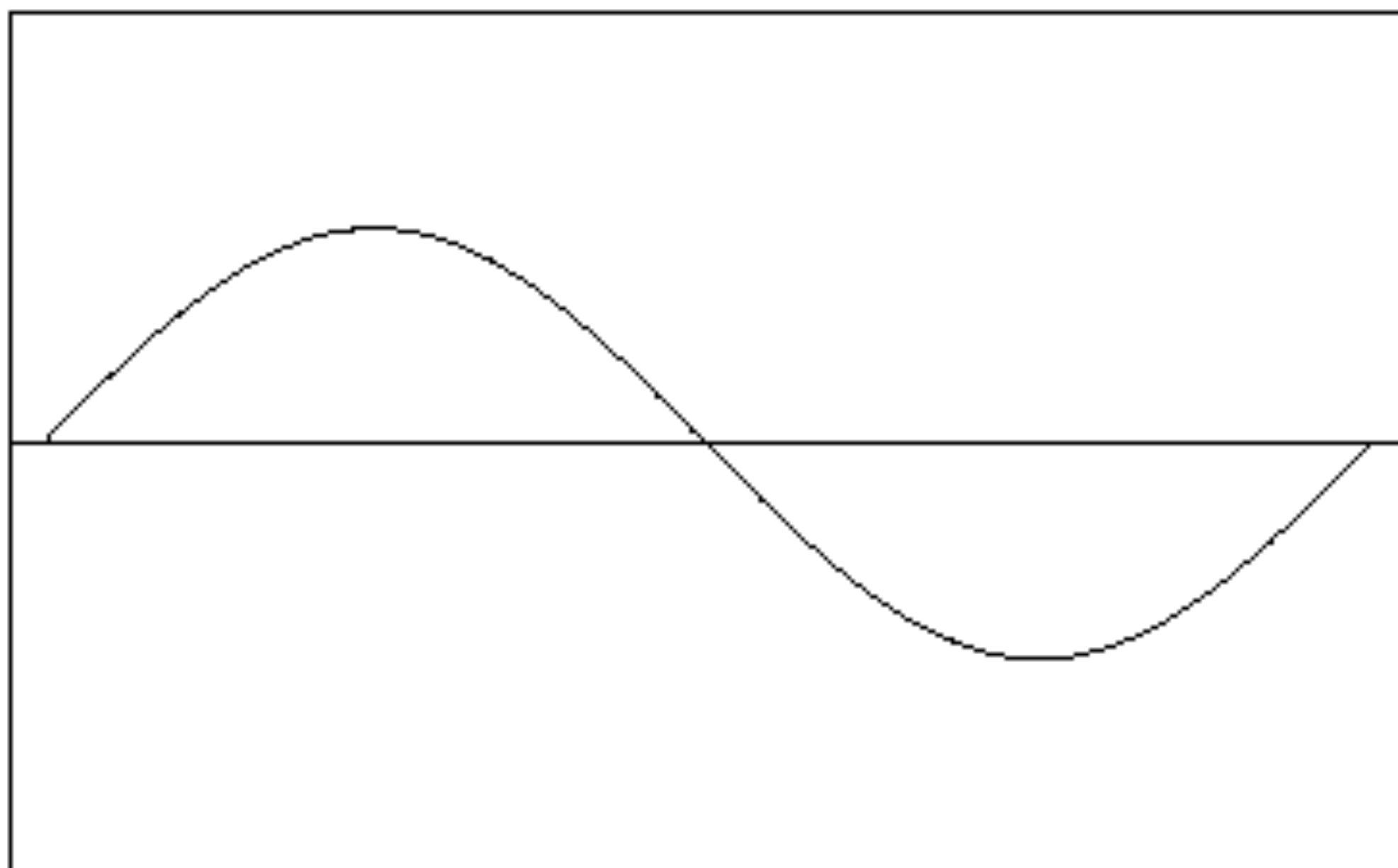
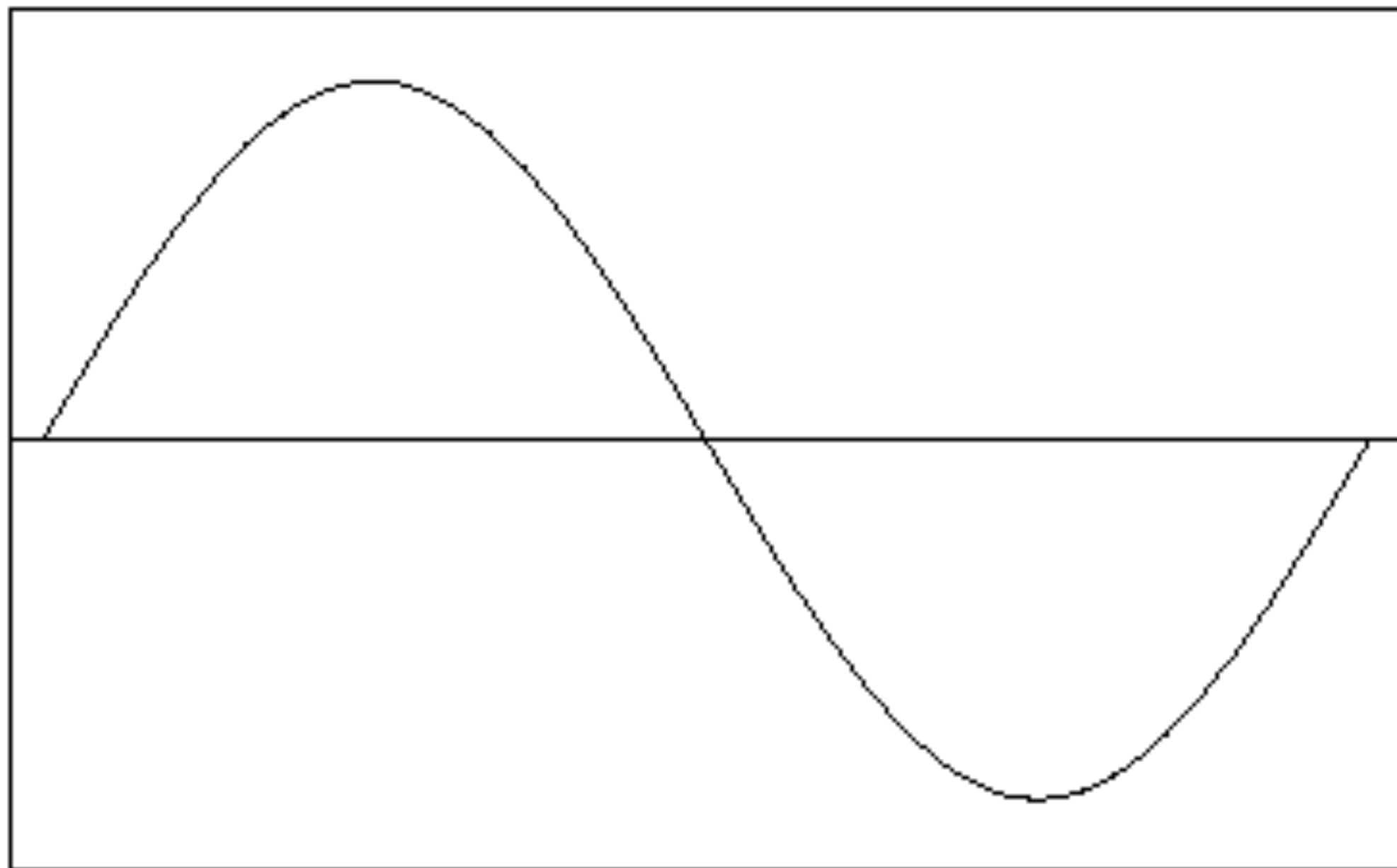


Una señal no periódica posee un espectro que no es armónico.

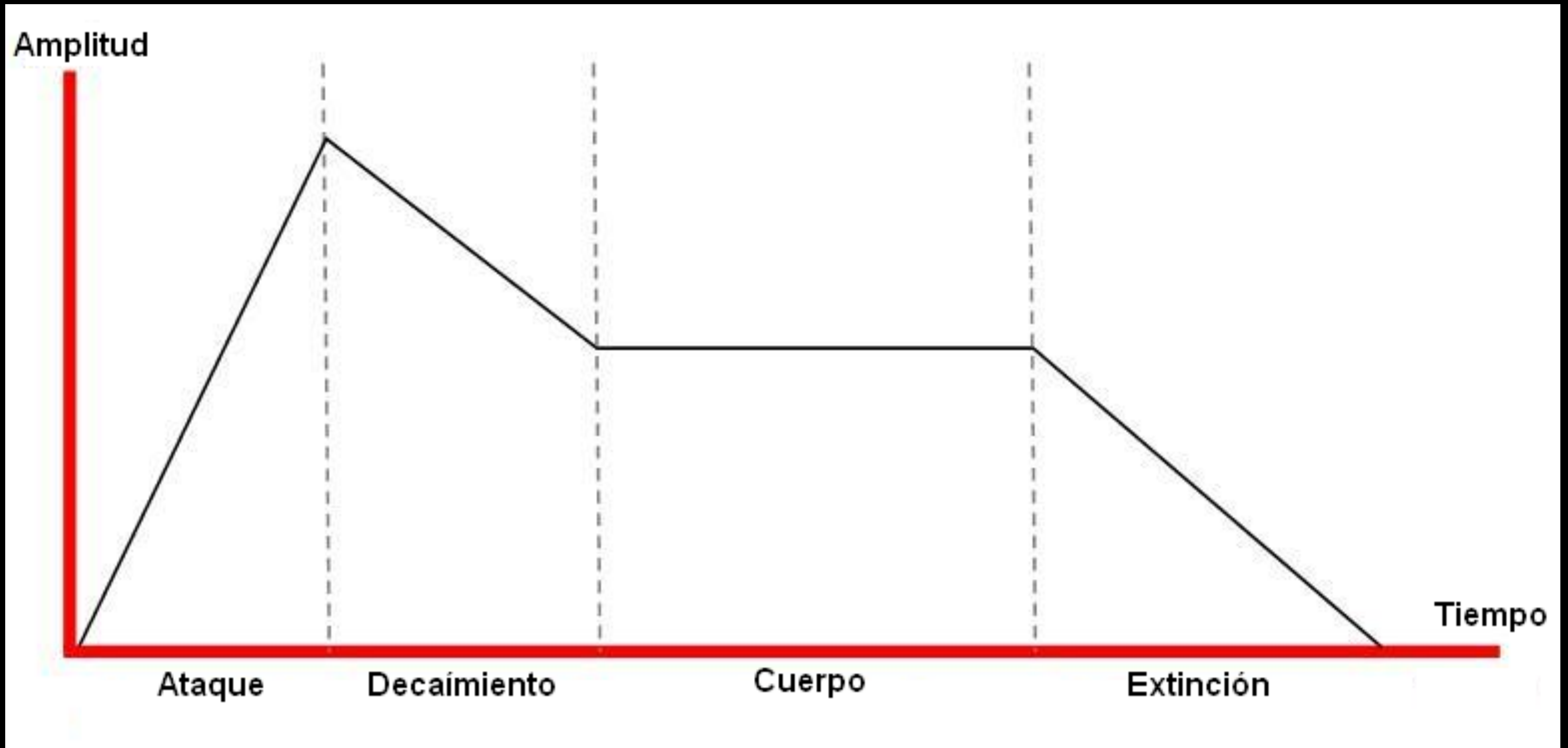


Para el análisis de los sonidos acotados en el tiempo o de las transiciones entre estados se utiliza la **Transformada de Fourier** (1822). En el campo discreto del audio digital (y en gran cantidad de aplicaciones en campo discreto) es estándar el análisis con la Transformada discreta de Fourier, más estrictamente con un algoritmo derivado de ella, **FFT** (Fast Fourier Transform)





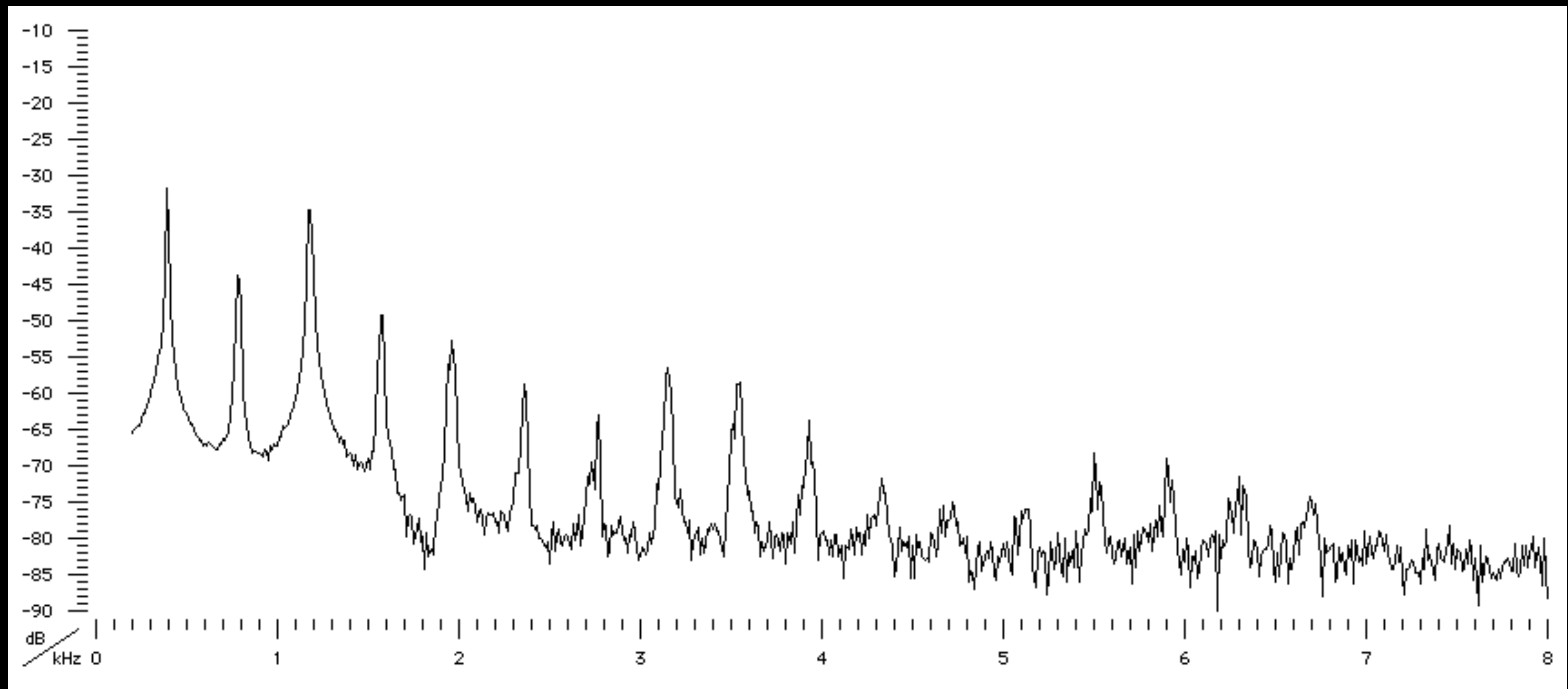
Recordemos la **envolvente dinámica** o temporal de un sonido, con sus partes características.



En el gráfico espectral del cuerpo de un sonido tónico, vemos que el espectro armónico es de bandas, no de líneas como en la situación ideal de un sonido de duración infinita.

El ancho de estas bandas (Δf) está definido por $f_2 - f_1$.

Estas frecuencias límite corresponden a una amplitud de aproximadamente 0,7 de la amplitud máxima de la señal (la frecuencia central), o un descenso de 3 dB.



En conclusión:

Una señal limitada en el tiempo tendrá un espectro de bandas

Un espectro de líneas (bandas limitadas en frecuencia) se corresponde a una señal no limitada en el tiempo (infinita)

Ruido filtrado

Incidencia del ancho de banda sobre la tonicidad

Principio de indeterminación

(1927)

Werner Heisenberg

Mecánica cuántica



No pueden definirse con precisión simultáneamente dos variables complementarias de una partícula, por ejemplo ubicación y momentum (magnitud vectorial; en mecánica newtoniana = masa · velocidad)

Principio de indeterminación acústico

Dennis Gabor

relacionó las propiedades temporales y espectrales de una señal acústica
(años 40)

$$\Delta f \times \Delta t \geq 1$$

Principio de indeterminación acústico

$$\Delta f \times \Delta t \geq 1$$

Espectro de líneas ($\Delta f = 0$)

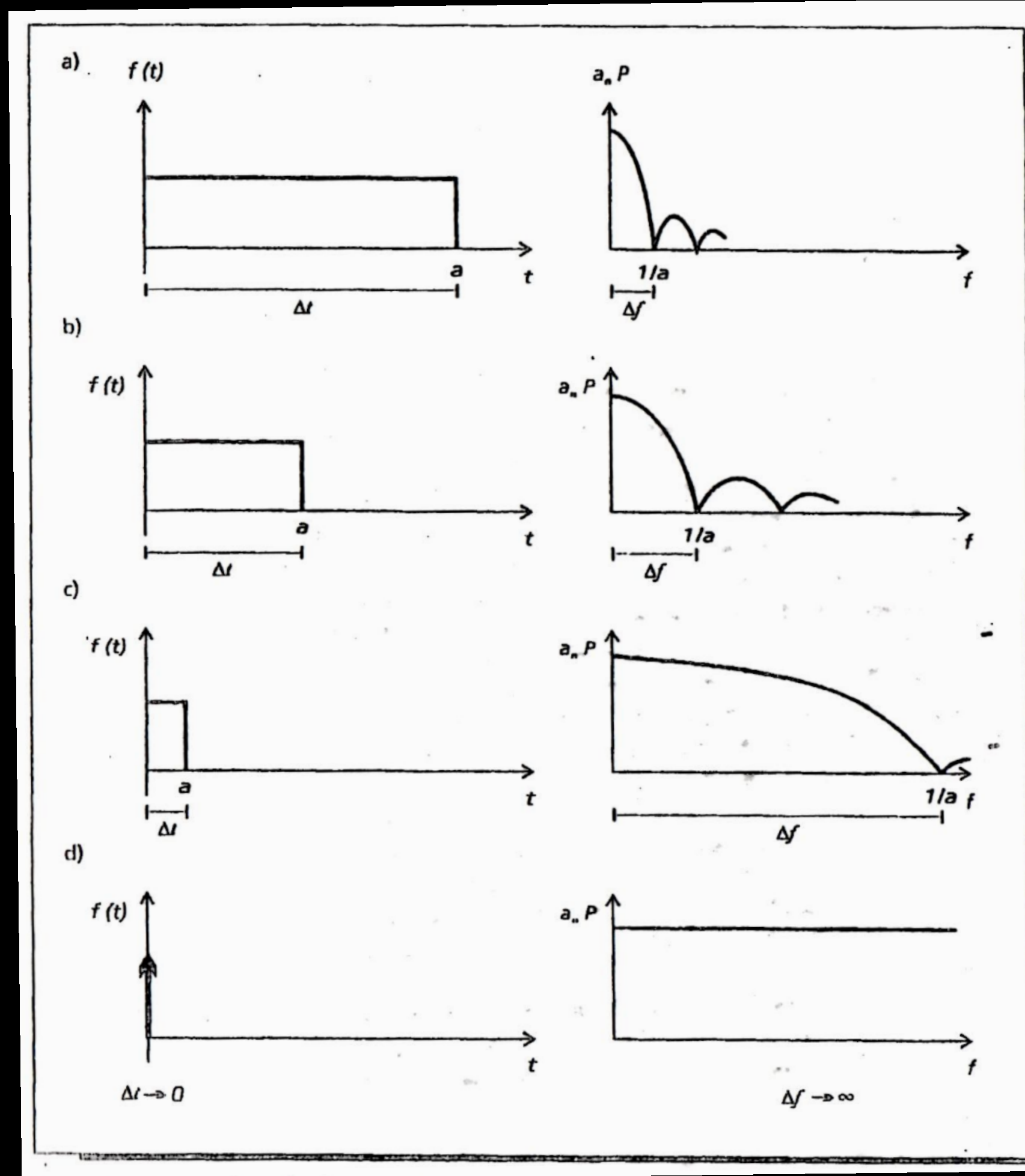
$$0 \geq 1/\Delta t$$

$$\Delta t = \infty$$

Sonido extremadamente breve (Δt tiende a 0)

$$0 \geq 1/\Delta f$$

$$\Delta f = \text{tiende a } \infty$$



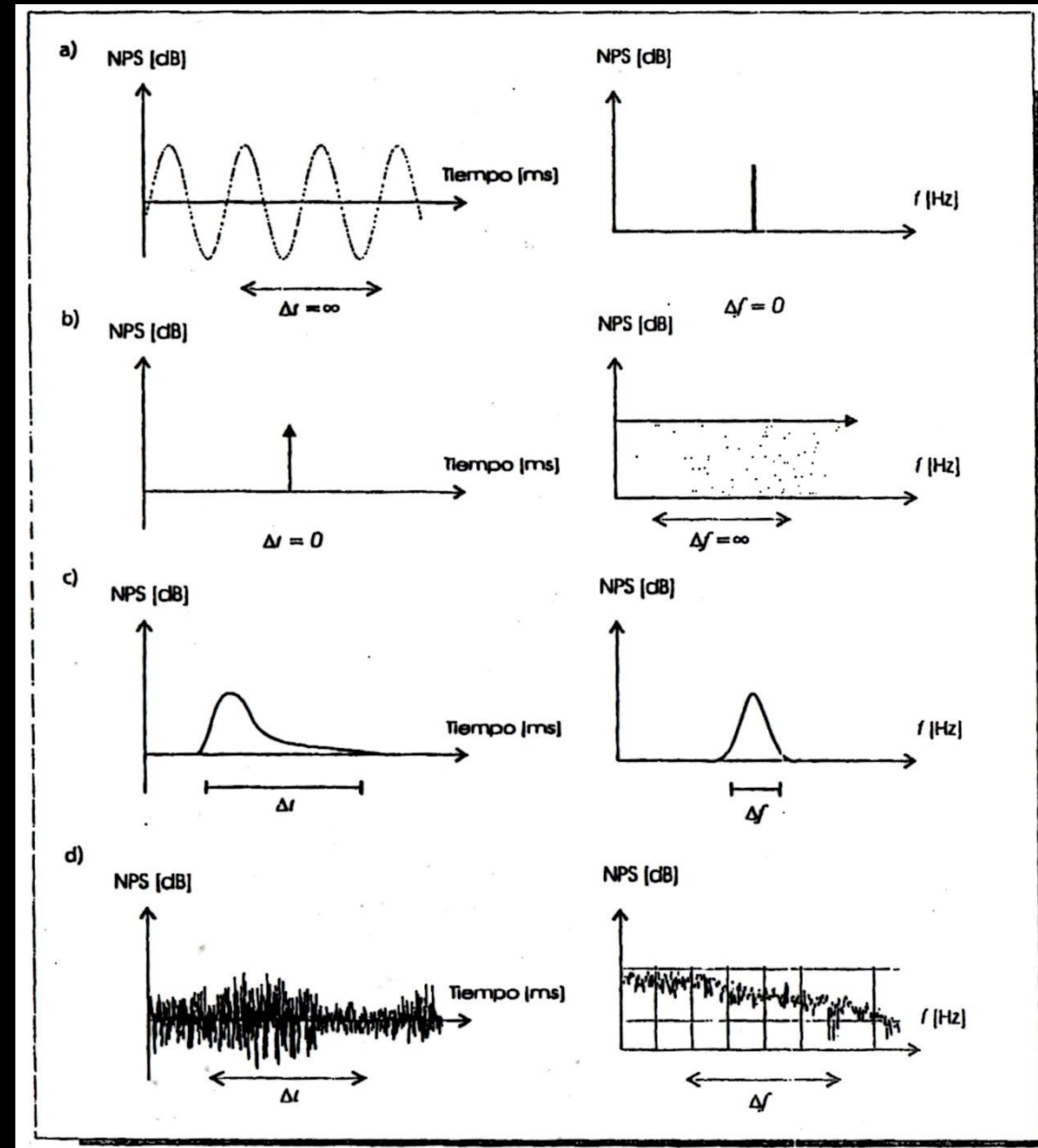
Principio de indeterminación acústico

$$\Delta f \times \Delta t \geq 1$$

El principio impone un límite inferior, pero no superior.

$0 \geq 1/0,01$ X imposible

$\infty \geq 1/\infty$ ✓



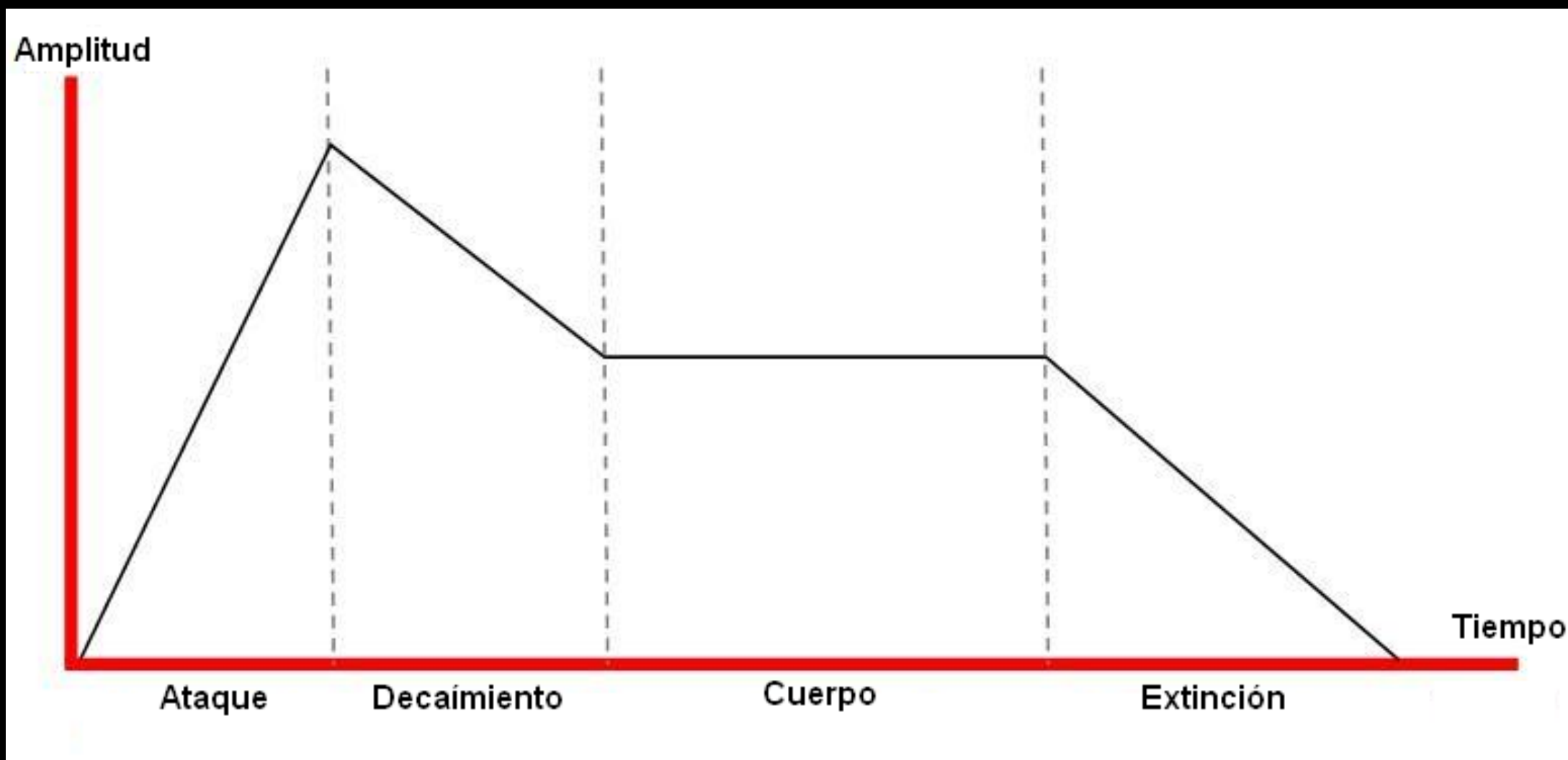
Principio de indeterminación acústico

El principio no se da por una limitación tecnológica instrumental ni de nuestra percepción (no confundir con el efecto del observador), sino que responde al comportamiento físico propio de los fenómenos ondulatorios

Los momentos de ataque, decaimiento y extinción son transiciones entre estados estables.

La duración de estas transiciones (Δt) determinará ciertas propiedades tímbricas.

Las transiciones rápidas (sobre todo el ataque) son acotadas en el tiempo y no periódicas. Por ende su espectro será de bandas y no armónico.



Ataque de una nota pizz. de contrabajo

Principio de indeterminación acústico

Práctica musical

Δt chico = Δf grande ataque muy rápido es ruidoso

Δf chico = Δt grande para tener una buena definición de altura tonal, es necesaria cierta duración mínima

Ataque

distintos tipos:

- impulsivo
- “blando”
- sin ataque (Δt largo, p. ej. crescendo *dal niente*)

Claridad y definición del ritmo

Principio de indeterminación acústico

Bibliografía de consulta

BASSO (2001), Análisis Espectral, Capítulo V

BASSO (2006), Percepción Auditiva, Apéndice II; IV

Timbre

Instrumento 1 - UNTREF

Timbre

Definiciones tradicionales

- Parámetro del sonido que permite identificar la fuente acústica
- Idea de que las fuentes acústicas (o mejor, los instrumentos) tienen un único timbre
- Problemas definición ASA (según Basso, 2006)
- Modelo clásico: timbre dado por el espectro (como condición estática) de la señal

Timbre

Parámetros para una definición moderna

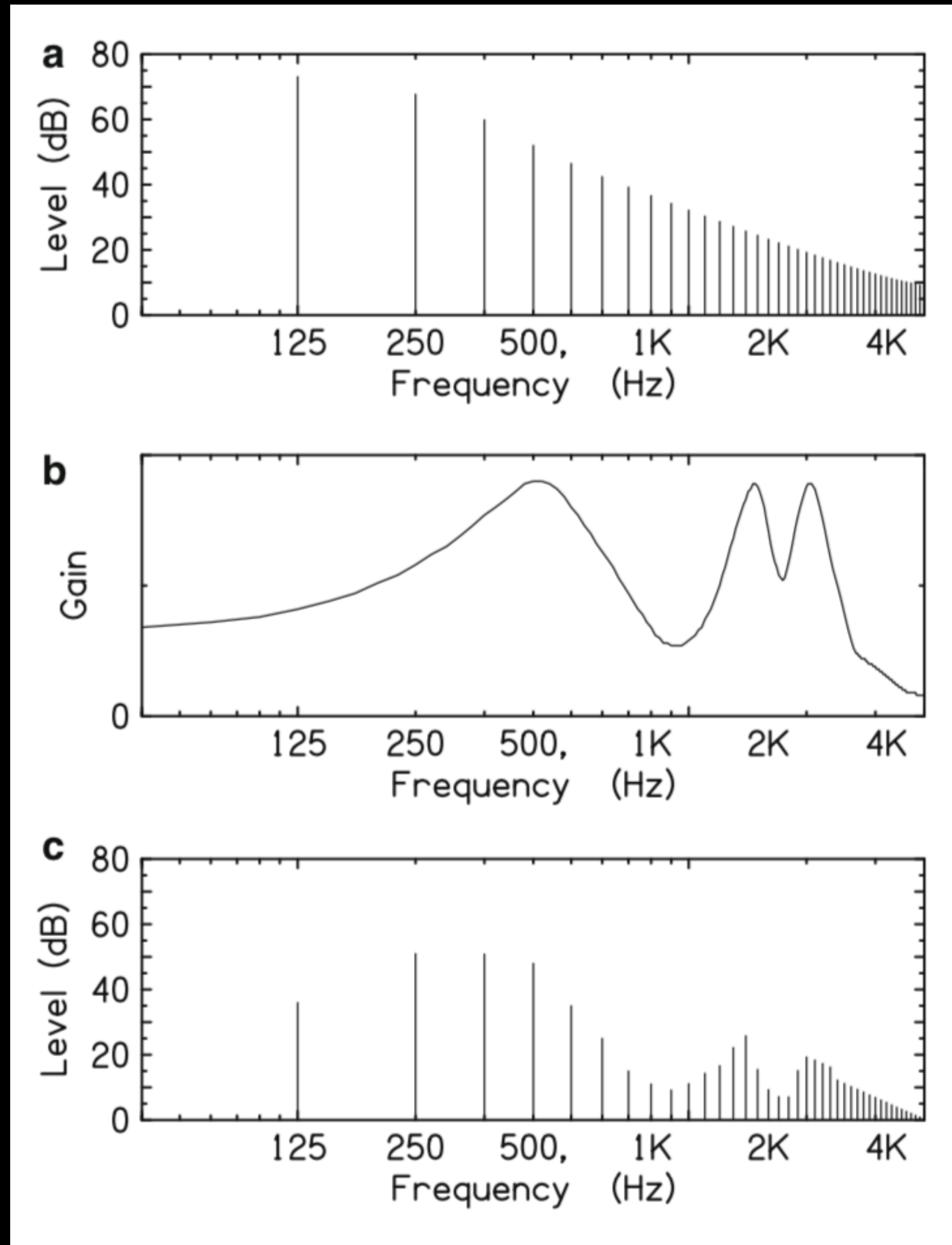
Multiparámetro

- Envolvente dinámica – tiempo (ADSR)
 - variación en función del modo de ejecución/agenciamiento
 - transitorios (Δt corto -ms- Δt largo -seg-)
 - envolvente espectral (formantes)
 - espectro
 - variación en función de sonoridad
 - orden/sincronía de aparición de parciales
 - evolución temporal en el cuerpo
- Variaciones de f (p.ej. micromodulaciones canto y habla)
- Envolvertes *primarias* y *secundarias*

Timbre

Formantes

- Onda compleja
(casi una onda diente de sierra: solo cuerdas vocales sin resonadores)
- Primeras tres formantes de la letra E
(envolvente espectral)
- Señal resultante



Timbre

Formantes

Primeras dos formantes del español rioplatense
(voces femeninas)

| | <i>1º formante</i> | <i>2º formante</i> |
|----------|--------------------|--------------------|
| <i>i</i> | 248 Hz | 2600 Hz |
| <i>e</i> | 360 Hz | 1970 Hz |
| <i>a</i> | 700 Hz | 1460 Hz |
| <i>o</i> | 400 Hz | 896 Hz |
| <i>u</i> | 260 Hz | 613 Hz |

Timbre

Formantes

Primeras 3
formantes en
hablantes
estadounidenses
(discriminado por
hombres, mujeres,
y niños)

Table 22.1 Average formant frequencies and levels for vowels spoken by mainly American talkers

| Vowel (as in) | EE heed | I hid | E head | A had | AH hod | AW hawed | U hood | OO who'd | UH hud |
|----------------------|------------|----------|-----------|----------|-----------|-------------|-----------|-------------|-----------|
| Frequencies (Hz) | | | | | | | | | |
| F1 | | | | | | | | | |
| Men | 270 | 390 | 530 | 660 | 730 | 570 | 440 | 300 | 640 |
| Women | 310 | 430 | 610 | 860 | 850 | 590 | 470 | 370 | 760 |
| Children | 370 | 530 | 690 | 1,010 | 1,030 | 680 | 560 | 430 | 850 |
| F2 | | | | | | | | | |
| Men | 2,290 | 1,990 | 1,840 | 1,720 | 1,090 | 840 | 1,020 | 870 | 1,190 |
| Women | 2,790 | 2,480 | 2,330 | 2,050 | 1,220 | 920 | 1,160 | 950 | 1,400 |
| Children | 3,200 | 2,730 | 2,610 | 2,320 | 1,370 | 1,060 | 1,410 | 1,170 | 1,590 |
| F3 | | | | | | | | | |
| Men | 3,010 | 2,550 | 2,480 | 2,410 | 2,440 | 2,410 | 2,240 | 2,240 | 2,390 |
| Women | 3,310 | 3,070 | 2,990 | 2,850 | 2,810 | 2,710 | 2,680 | 2,670 | 2,780 |
| Children | 3,730 | 3,600 | 3,570 | 3,320 | 3,170 | 3,180 | 3,310 | 3,260 | 3,360 |
| Relative levels (dB) | | | | | | | | | |
| L1 | −4 | −3 | −2 | −1 | −1 | 0 | −1 | −3 | −1 |
| L2 | −24 | −23 | −17 | −12 | −5 | −7 | −12 | −19 | −10 |
| L3 | −28 | −27 | −24 | −22 | −28 | −34 | −34 | −43 | −27 |

Timbre

Bibliografía de consulta

Timbre:

BASSO (2006), Percepción Auditiva, Capítulo VI

Voz humana y formantes:

HARTMANN (2013), Principles of Musical Acoustics, Chapter 22

BASSO (2006), Percepción Auditiva, Capítulo IX

Descriptores tímbricos verbales:

DARKE (2005), Assessment of Timbre Using Verbal Attributes