

# CROMATOGRAFÍA EN FASE GASEOSA

**Profesor Pedro Villanueva G.**

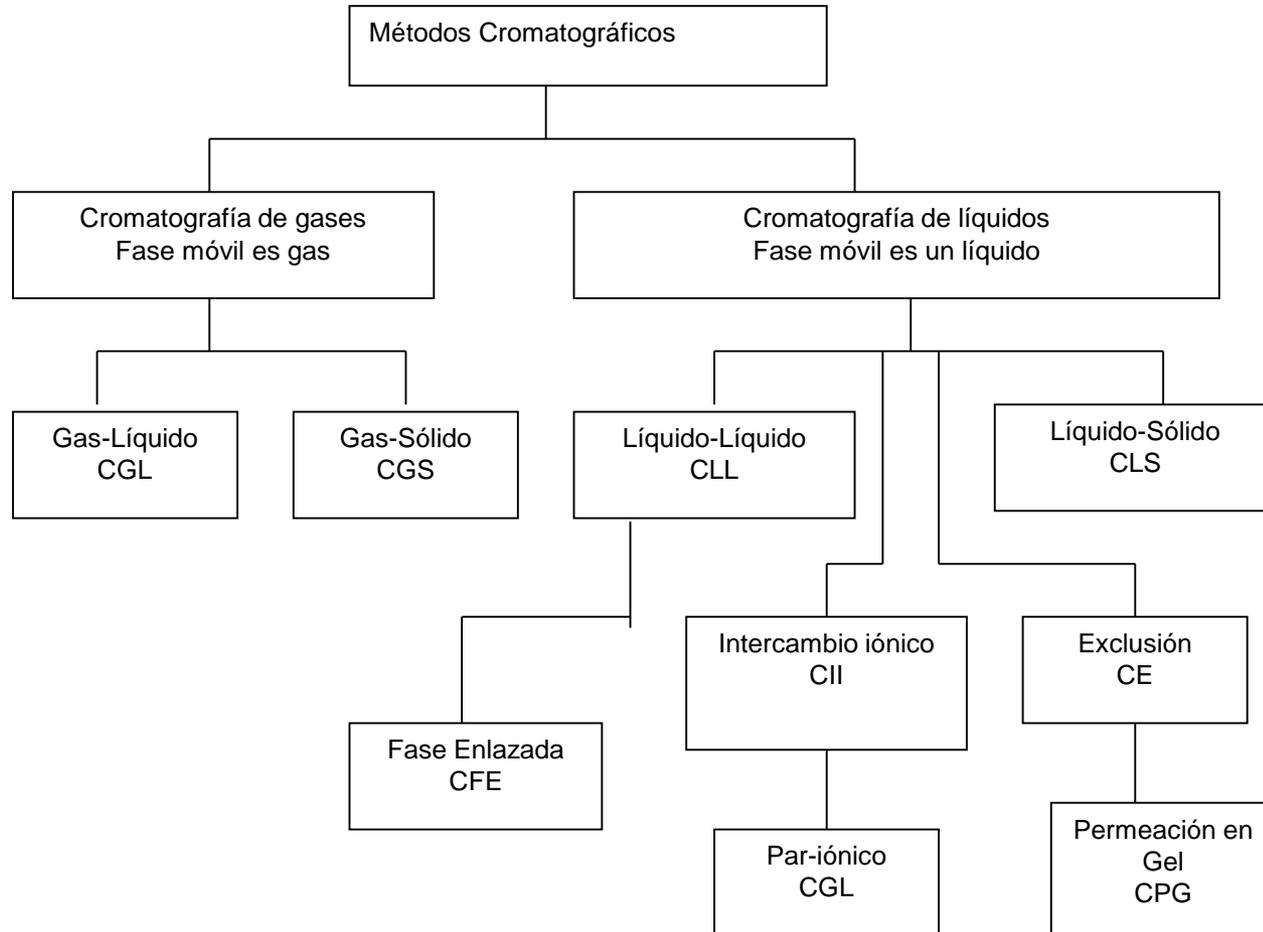
# Cromatografía: Definición

- La cromatografía gaseosa es una técnica analítica para la separación y análisis de una mezcla de sustancias en mezcla.

# Cromatografía. Definición

- es un método físico de separación en el cual los componentes a separar, se distribuyen entre dos fases, una sólida o líquida dispuesta sobre un soporte, de gran área superficial conocida como fase estacionaria y la otra es un fluido que puede ser un gas, un líquido o un fluido supercrítico, que se utiliza como portador de la mezcla y que pasa a través o a lo largo de la fase estacionaria, esta fase se conoce como fase móvil

# Clasificación



# CROMATOGRAFÍA, ES EL NOMBRE ASIGNADO A MUCHAS TÉCNICAS DE SEPARACIÓN

- Mikhail Tswett 1900

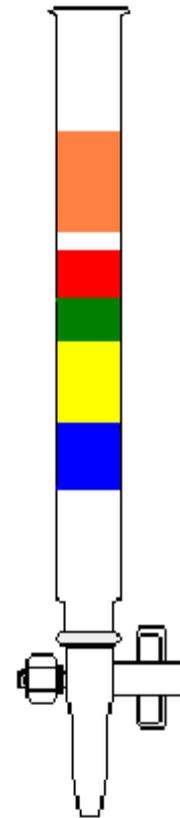
Pigmentos

Xantofilas

Clorofilas

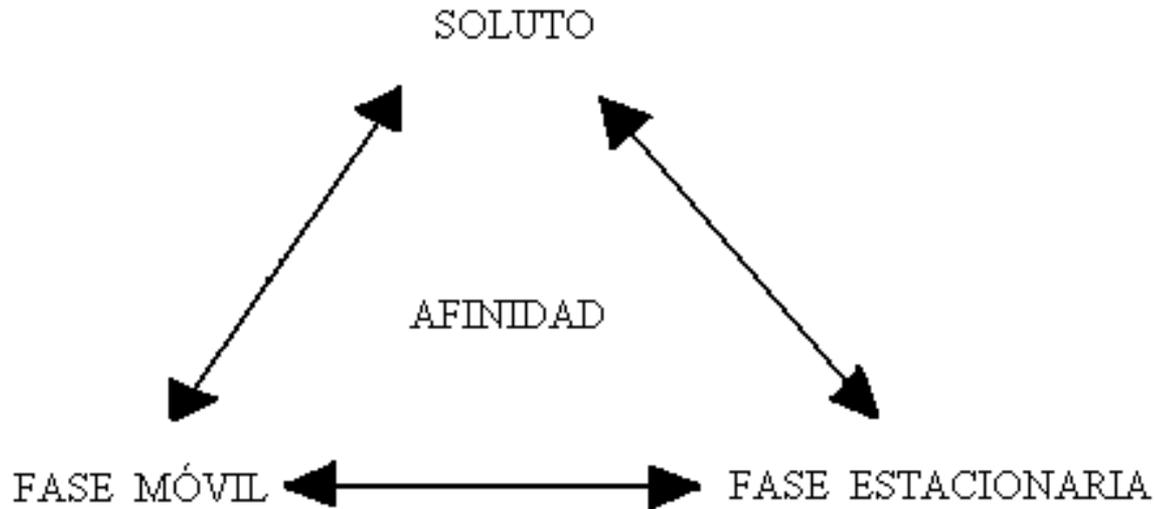
Chroma – griego – Color

Graphein - escritura



# INTRODUCCIÓN

- Todas las formas de cromatografía se basan en un soluto que se pone en contacto con dos fases, una que se mueve en relación a la otra



# Interacción

En cromatografía suceden dos fenómenos importantes y que son los causantes de la separación:

Adsorción

Absorción

# Fenómeno de adsorción

En la cromatografía de adsorción, las moléculas del soluto se enlazan directamente a los sitios activos de la superficie de la fase estacionaria.

# Dependencia del fenómeno de adsorción

- naturaleza de la sustancia adsorbida
- de la temperatura
- de la naturaleza y de las características del adsorbente
- de su concentración del adsorbente

# Cromatografía absorción o partición

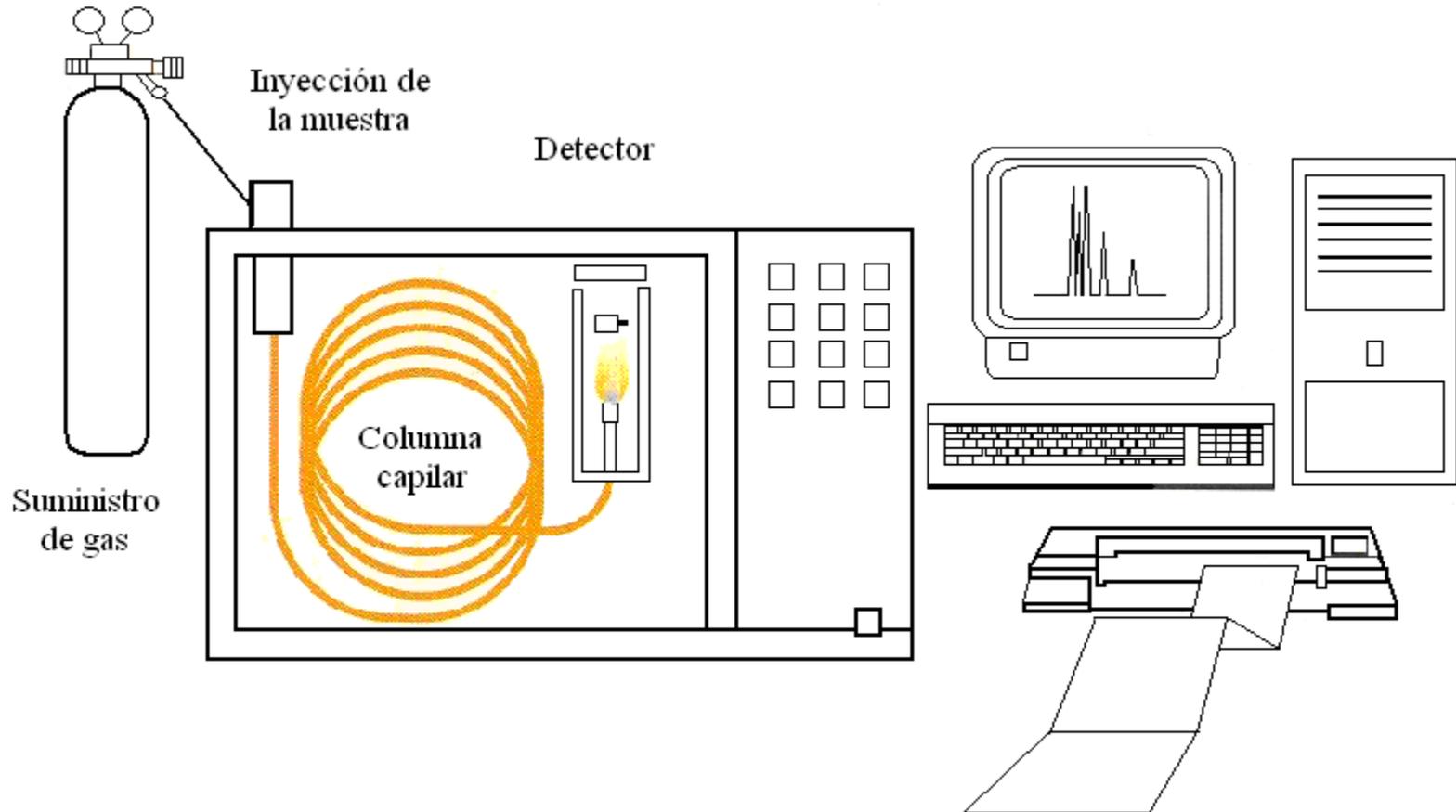
Se utiliza una película delgada de fase estacionaria líquida recubriendo o enlazada a un sólido idealmente inactivo, la retención del soluto se debe a la solución del soluto en la fase estacionaria líquida.

# Regla

“Lo parecido se disuelve a lo parecido”

Una fase estacionaria polar retendría los solutos polares y dejaría pasar fácilmente a los no polares.

# Equipo cromatográfico



# Contenedor y medidor



# Características del gas acarreador

- Compatibilidad con el detector
- Baja viscosidad
- Inerte
- Seguro
- Alta pureza
- Económico
- Abundante
- Capaz de minimizar la difusión gaseosa

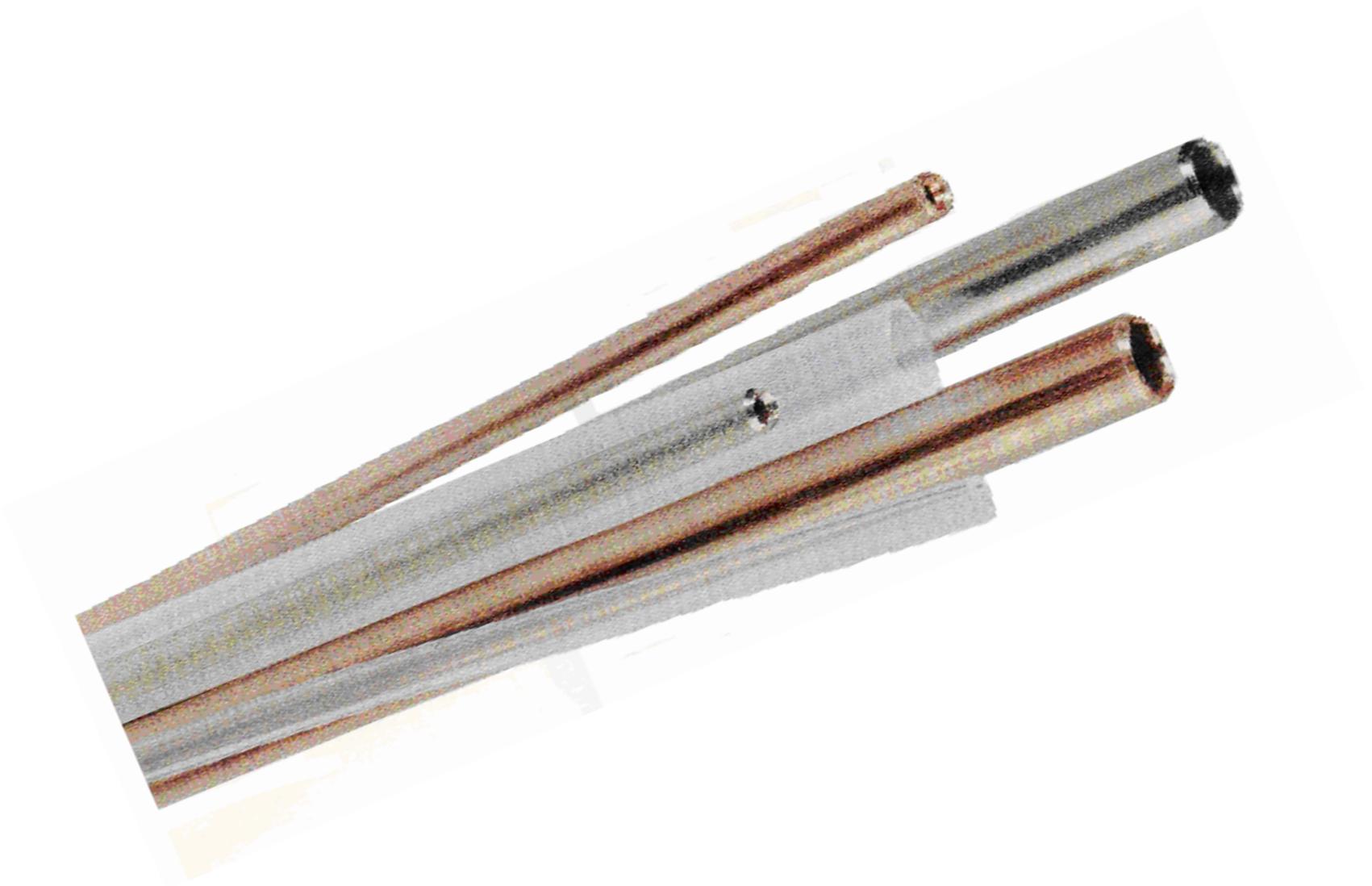
# Gases mas usados

- H<sub>2</sub>, máxima eficiencia con columnas capilares
- He, en sistemas acoplados
- N<sub>2</sub>, máxima eficiencia con columnas empacadas

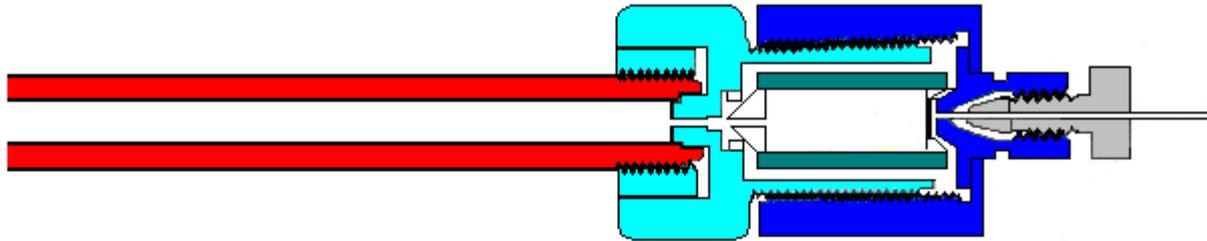
# Propósitos del gas de arrastre

- Transportar los componentes de la muestra
- Crear una matriz adecuada para el detector

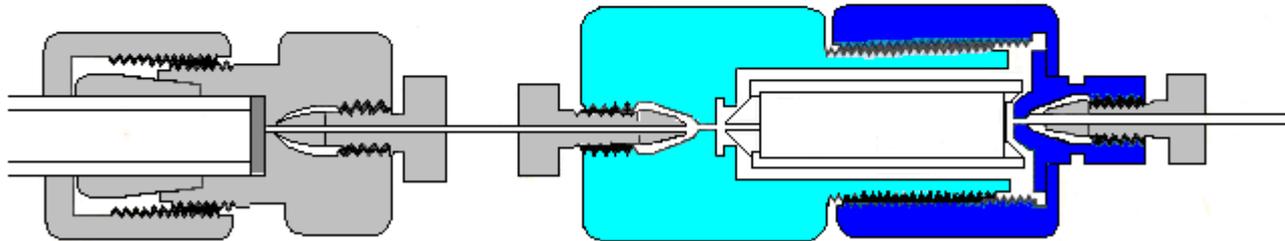
# Material de columnas cromatográficas



# Acoplo para guarda columnas

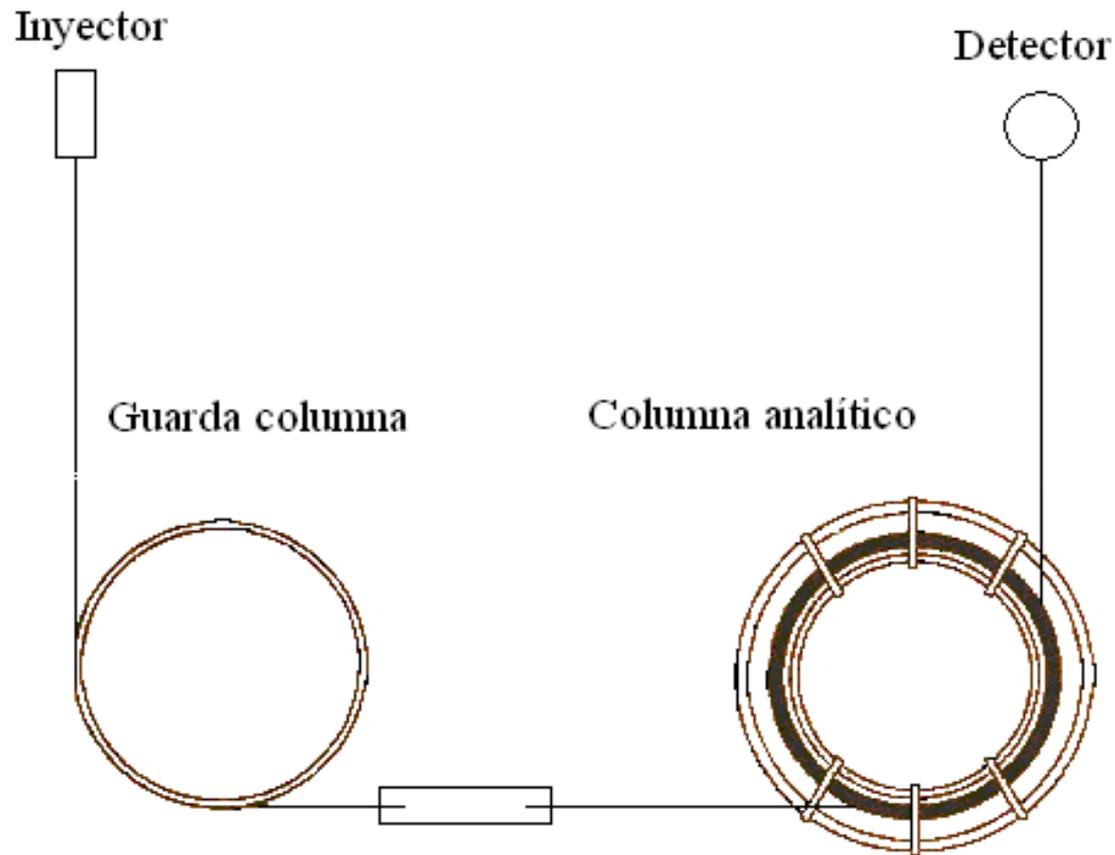


Vía de acople del adaptador del guarda columna

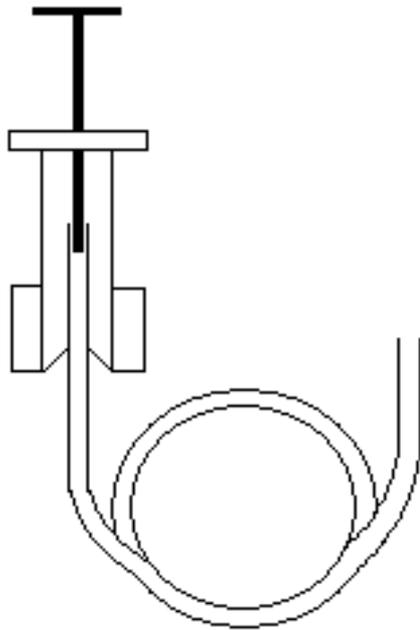


Vía capilar de acople y tenedor de guarda columna

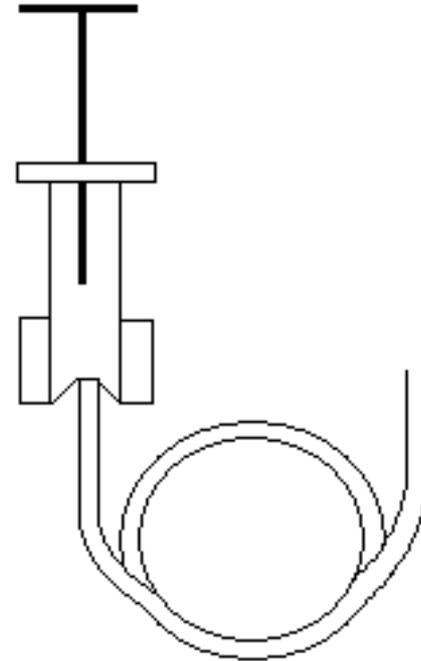
# Conexión guarda columna a columna analítica



# Introducción de muestra

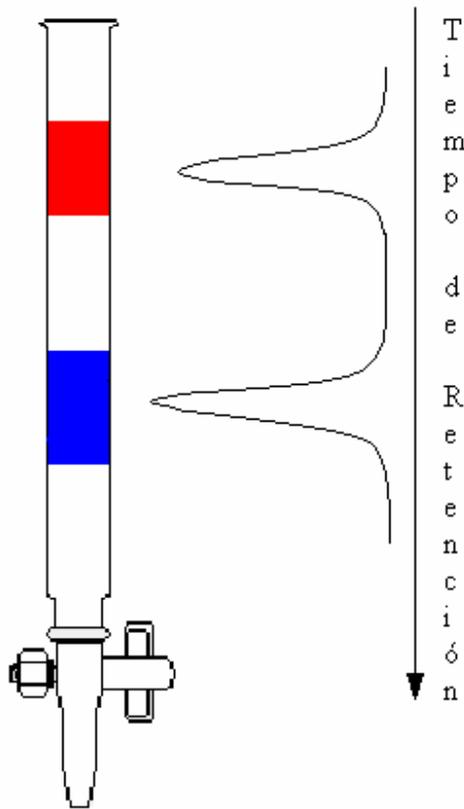


en columna



Fuera de columna

# AFINIDAD

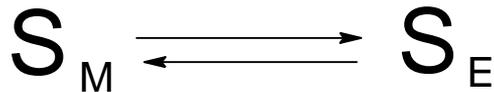


Tiene mayor afinidad por la fase estacionaria y menor afinidad por la fase móvil

Tiene mayor afinidad por la fase móvil y menor afinidad por la fase estacionaria

# TEORIA DE LA SEPARACIÓN CROMATOGRÁFICA

- TODAS LAS SEPARACIONES CROMATOGRÁFICAS ESTAN GOVERNADAS POR EL COEFICIENTE DE PARTICIÓN  $K_D$ , DEL SOLUTO ENTRE LAS FASES ESTACIONARIA Y MÓVIL



$$K_D = \frac{[S]_E}{[S]_M}$$

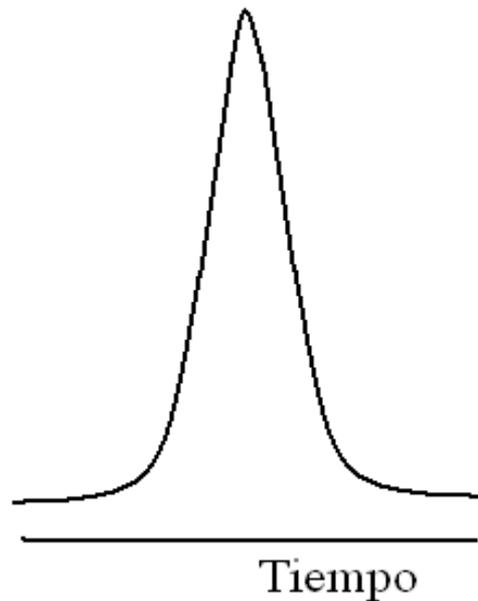
$K_D$  Coeficiente de partición

$[S]_E$  Concentración del soluto  
en fase estacionaria

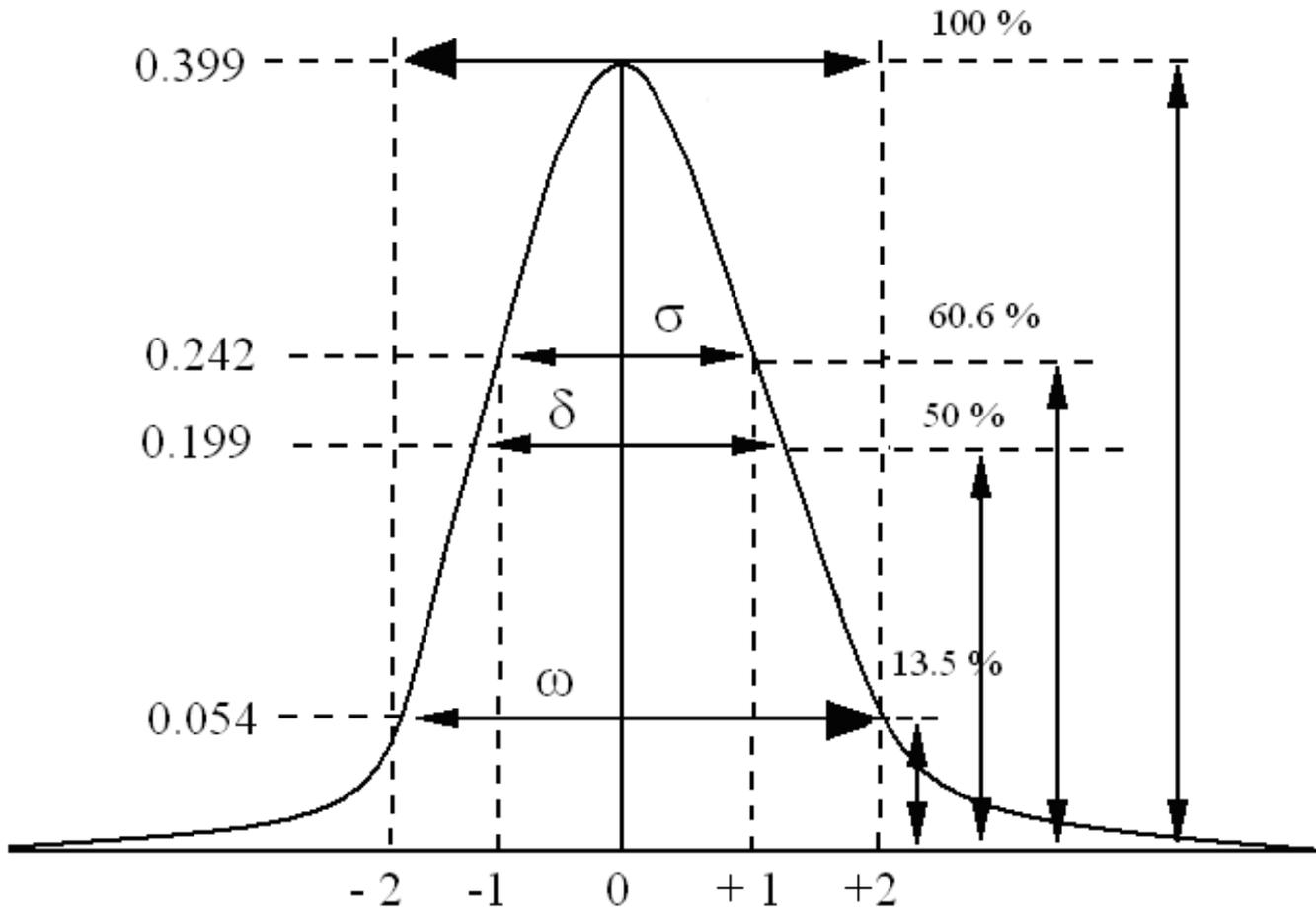
$[S]_M$  Concentración del soluto  
en fase móvil

# PICOS DE ELUCIÓN GAUSSIANA

- Un pico de elución ideal, en un cromatograma, tiene el mismo aspecto que la función representativa de la ley de distribución normal de errores aleatorios o curva de Gauss



# CARACTERÍSTICAS DE UNA SEÑAL GAUSIANA



$$\delta = 2.35 \sigma$$

$$\omega = 4 \sigma$$

$$\omega = 1.7 \delta$$

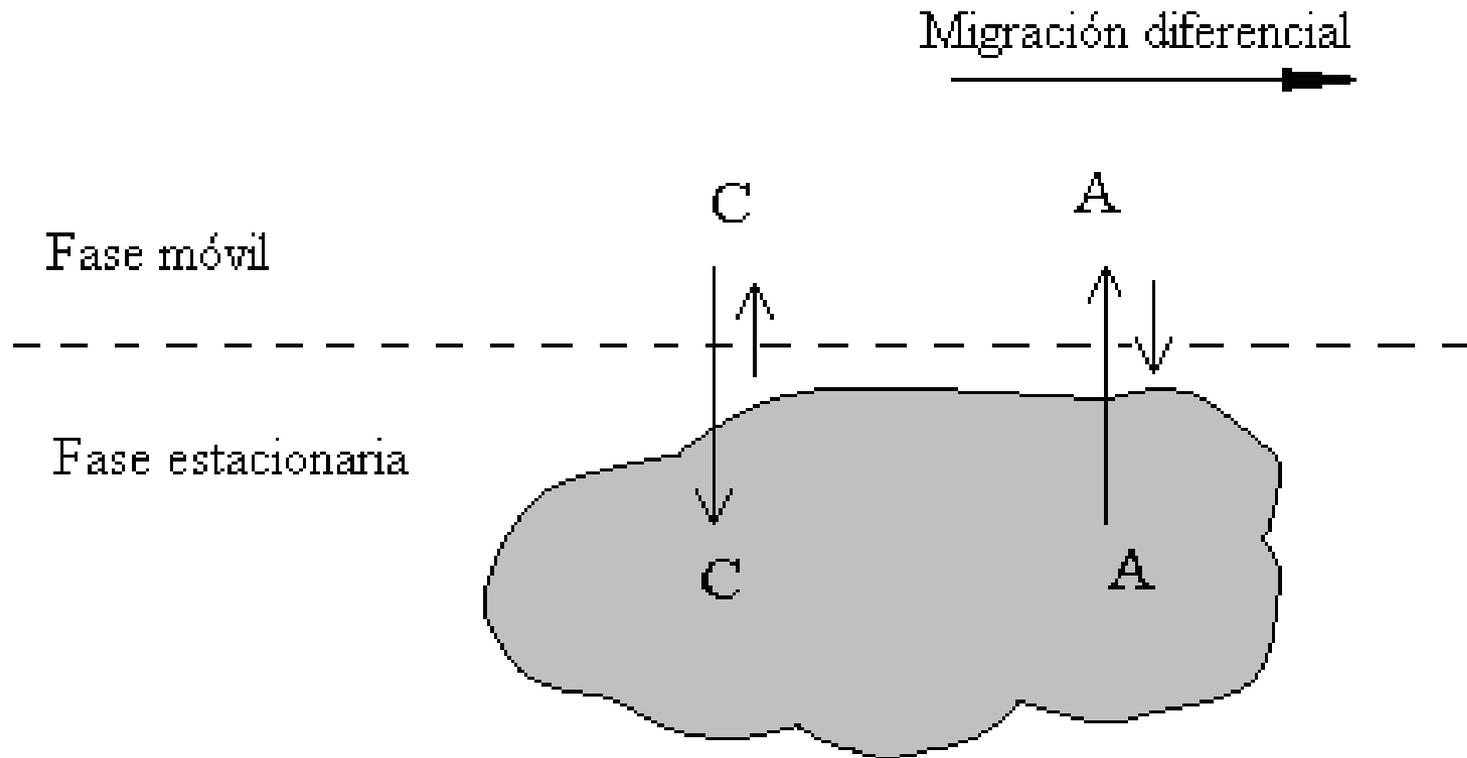
La migración diferencial de cada componente a través de la columna, depende de

- Composición de la fase móvil
- Composición de la fase estacionaria
- Temperatura de la columna
- Presión dentro de la columna

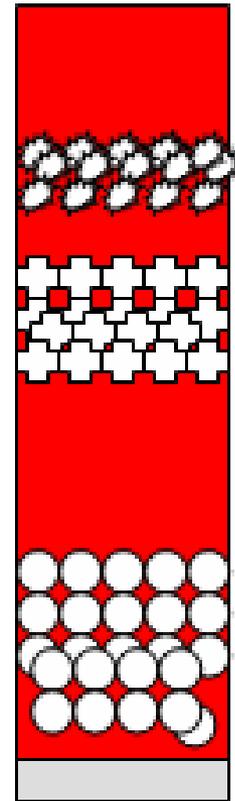
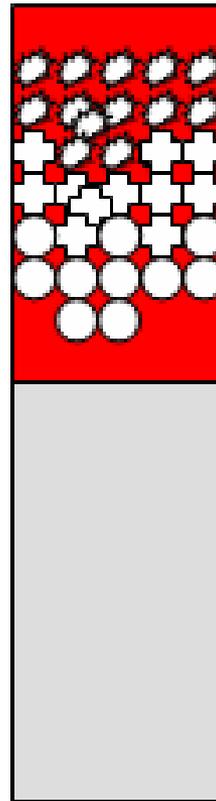
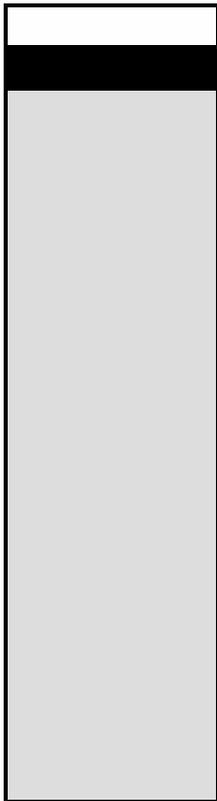
# Migración diferencial

Variación de la velocidad de movimiento de las diferentes moléculas a través de la columna, como resultado del equilibrio de distribución de las diferentes moléculas entre la fase estacionaria y la fase móvil

# Migración diferencial



# Migración diferencial

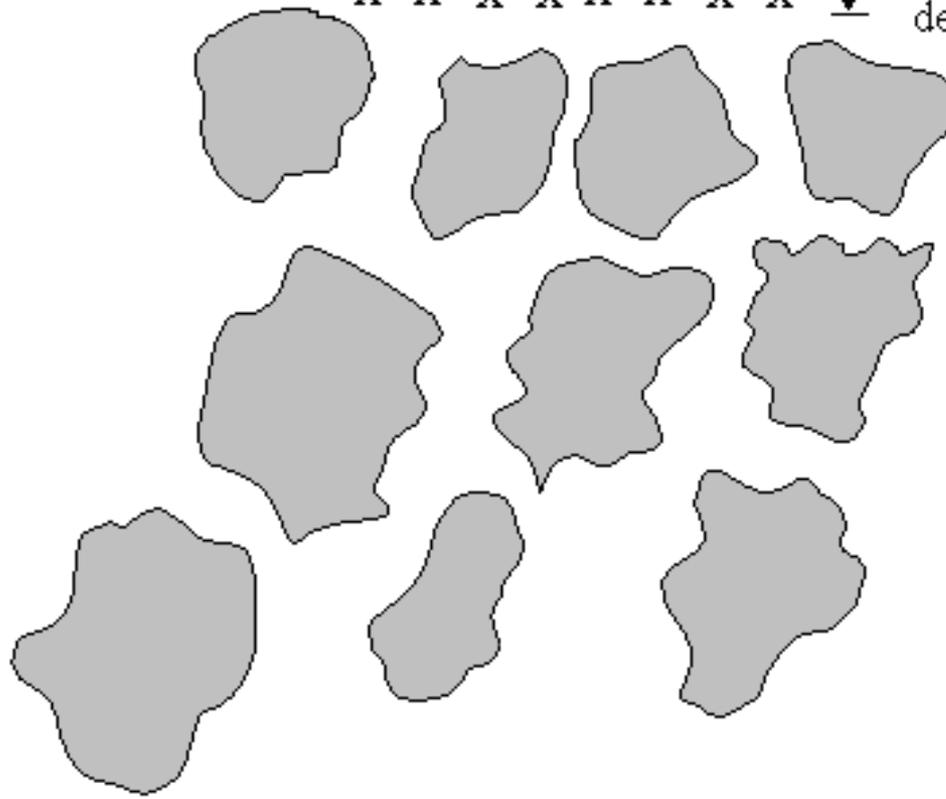


# Los fenómenos de difusión, se deben

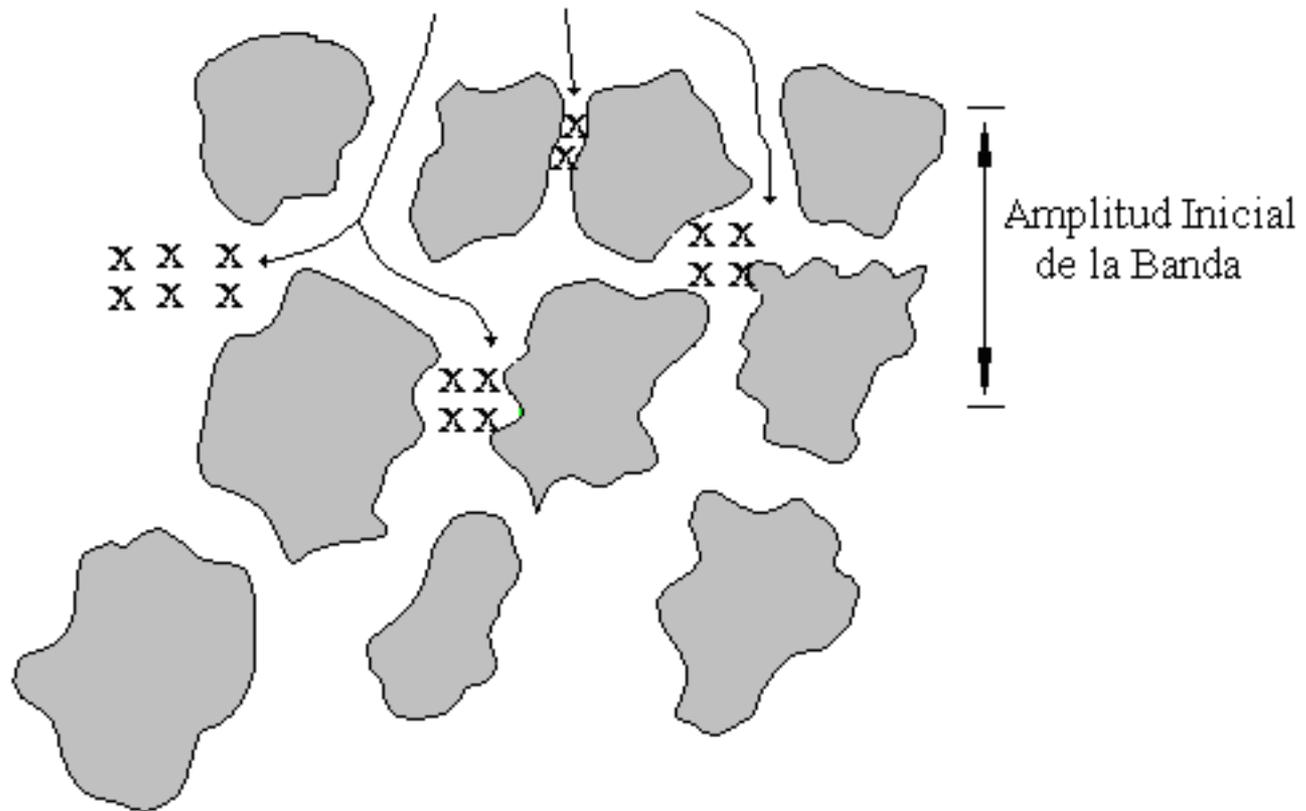
- Difusión de Eddy
- Transferencia de masa de la fase móvil
- Transferencia de masa por estancado o parasitado de la fase móvil
- Transferencia de masa por la fase estacionaria
- Difusión longitudinal, las moléculas del soluto se mueven al azar, es decir en todas direcciones

X X X X X X X X  
X X X X X X X X

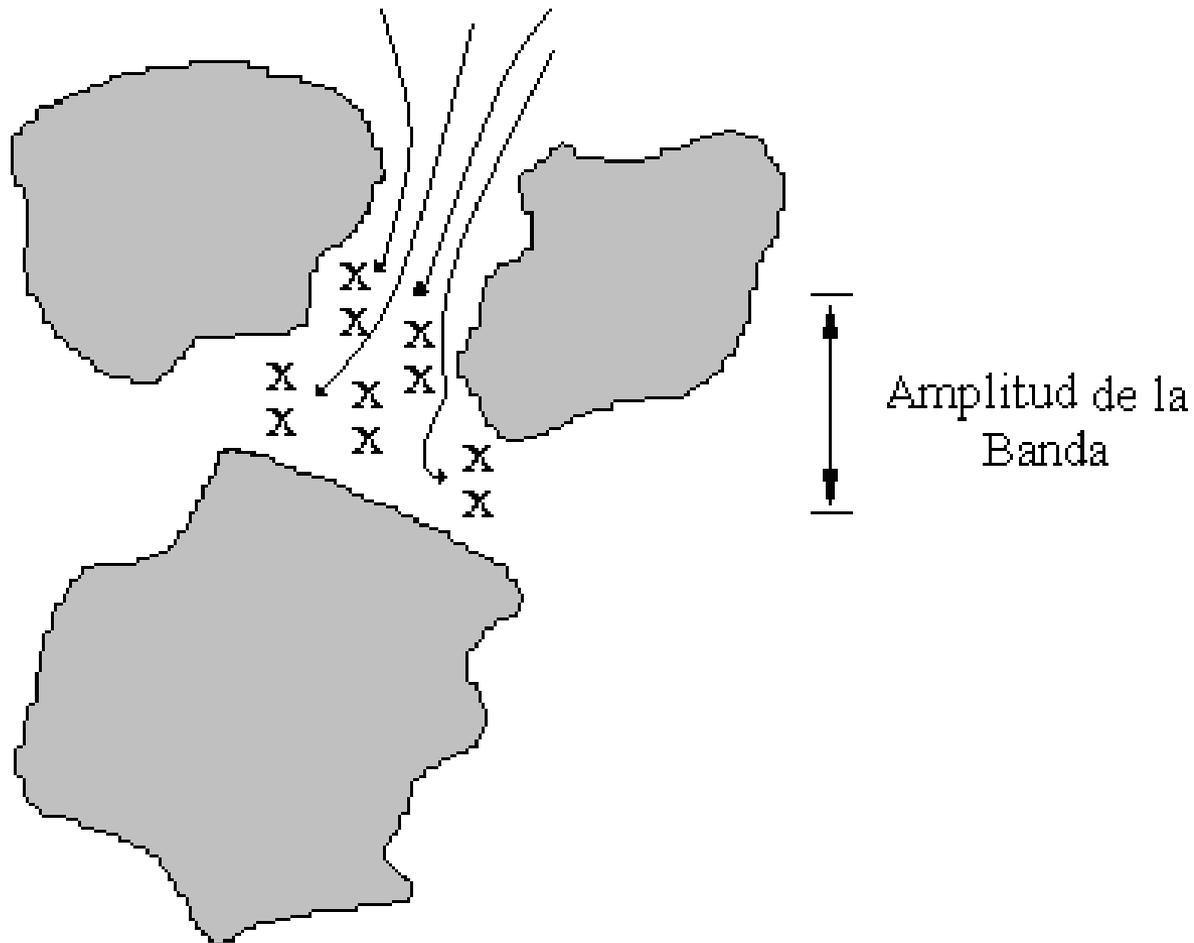
Amplitud Inicial  
de la Banda



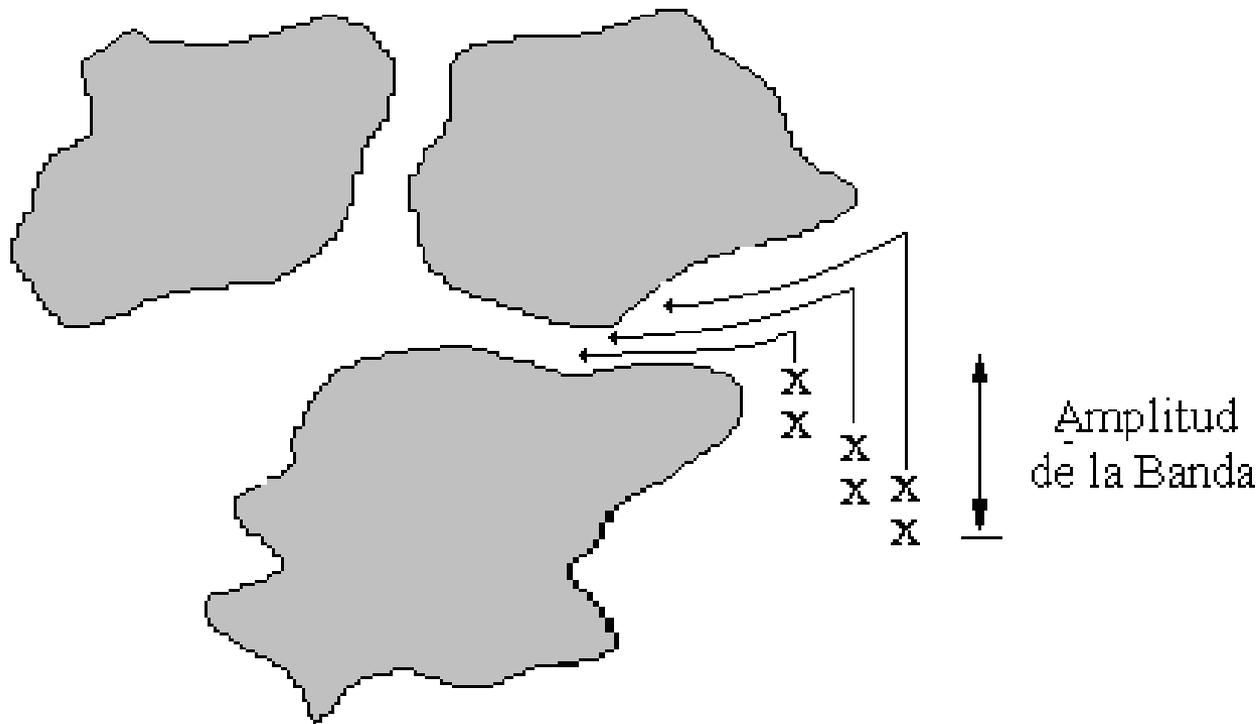
# Difusión de Eddy



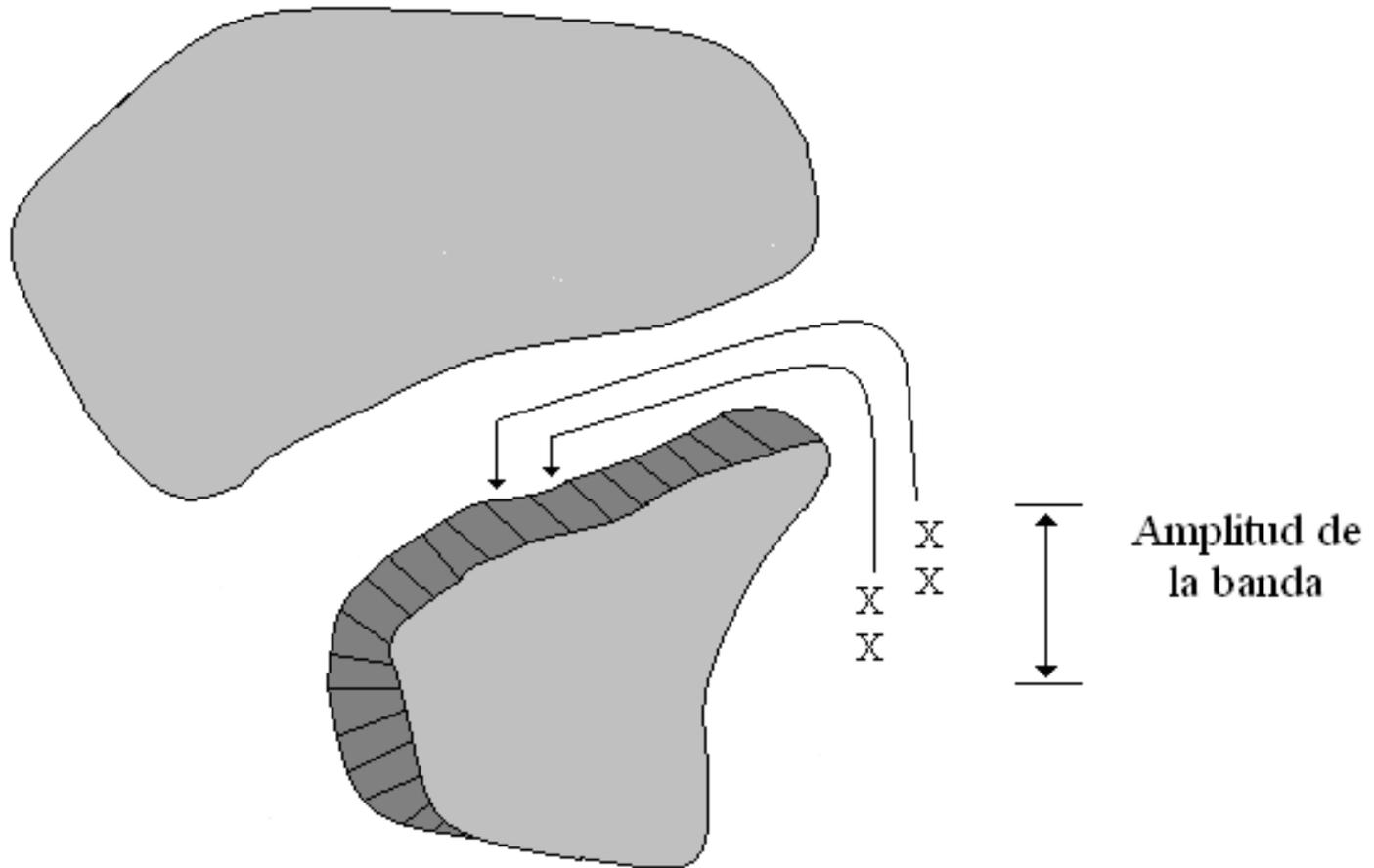
# Transferencia de masa por la fase móvil

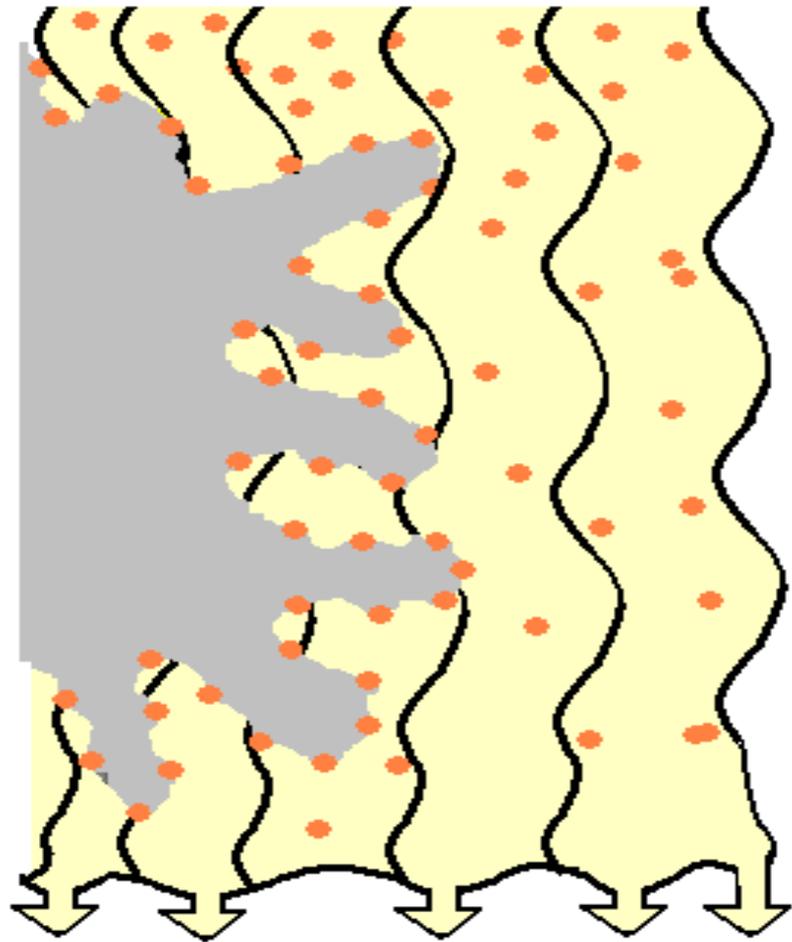


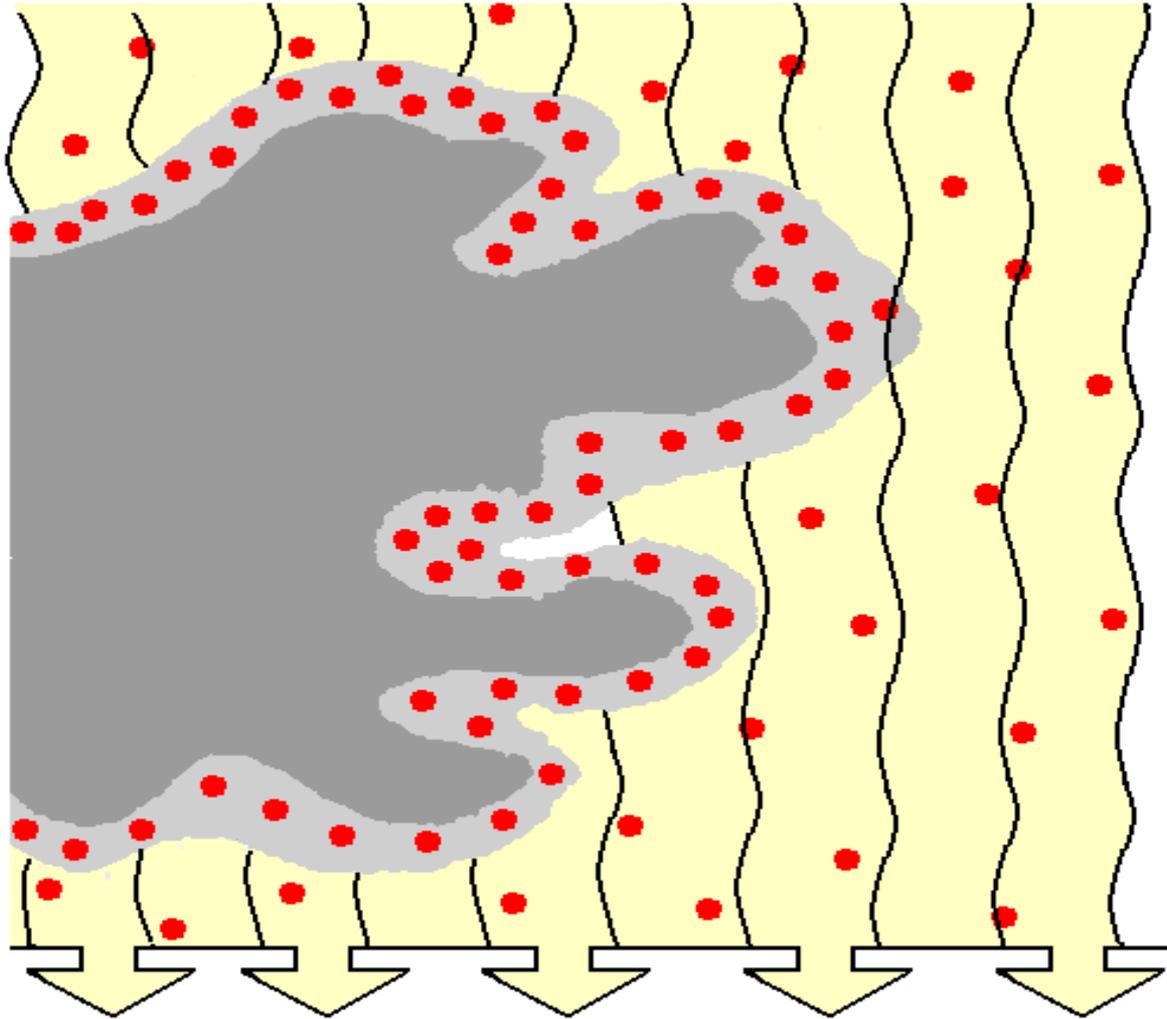
# Transferencia de masa por estancamiento de la fase móvil

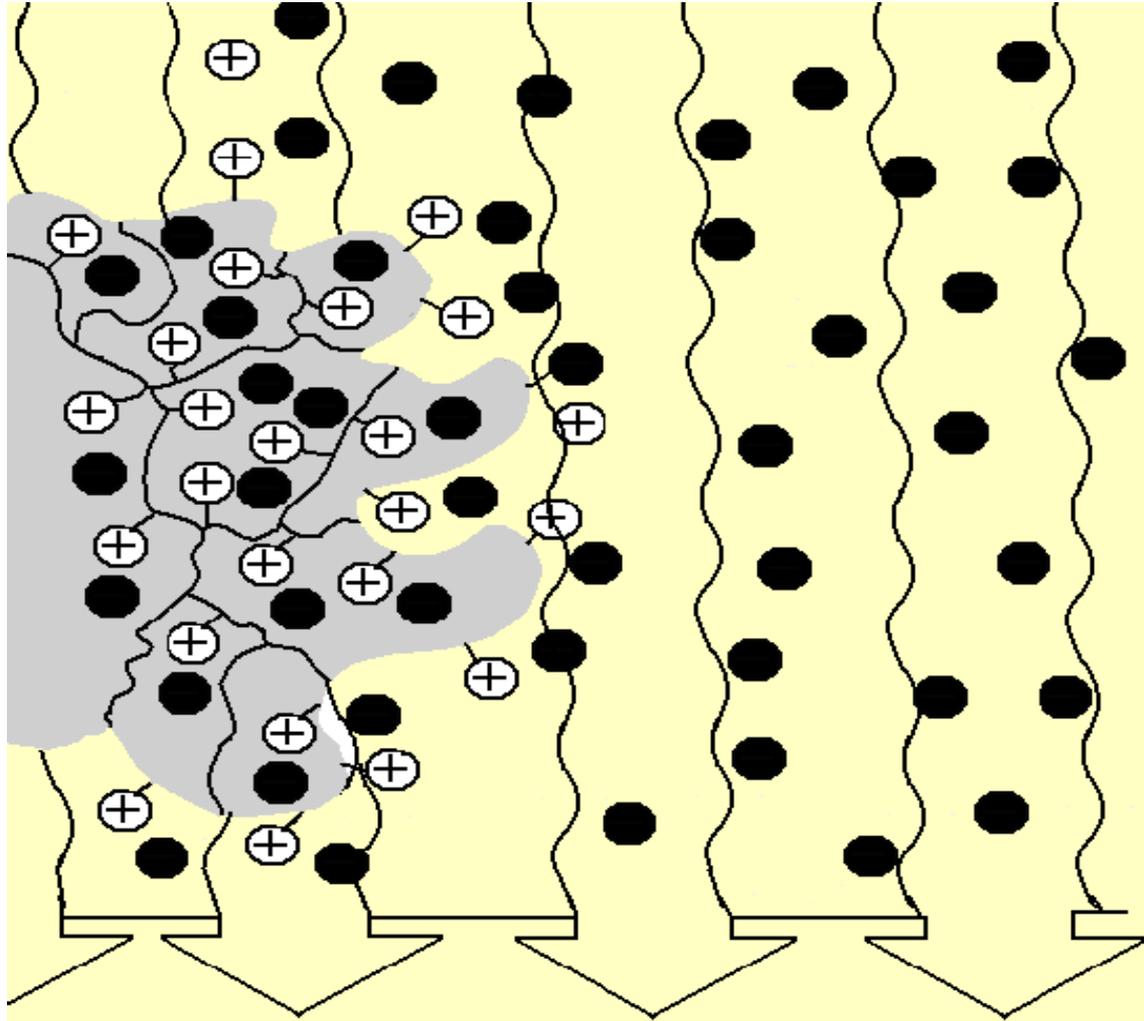


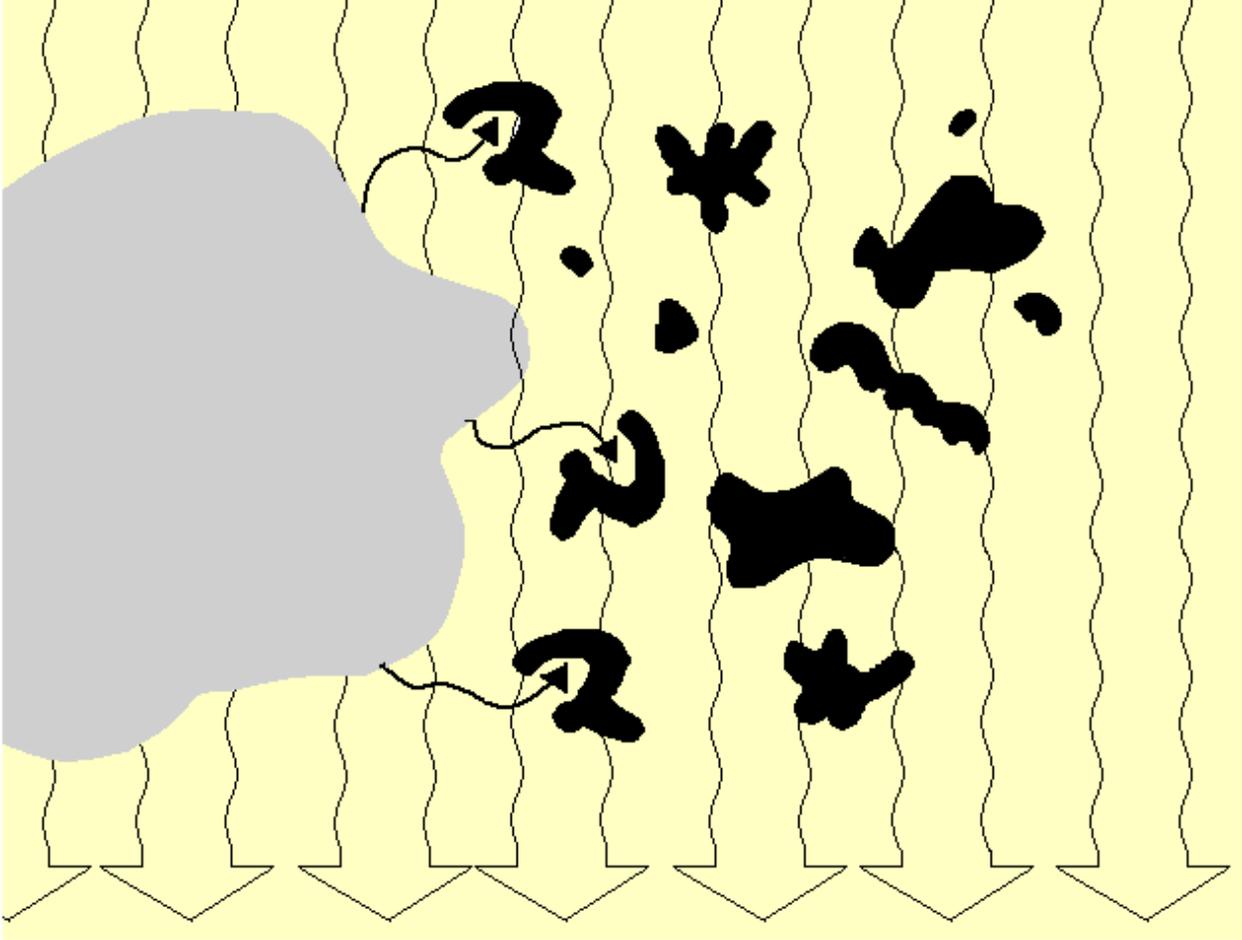
# Transferencia de masa por la fase estacionaria

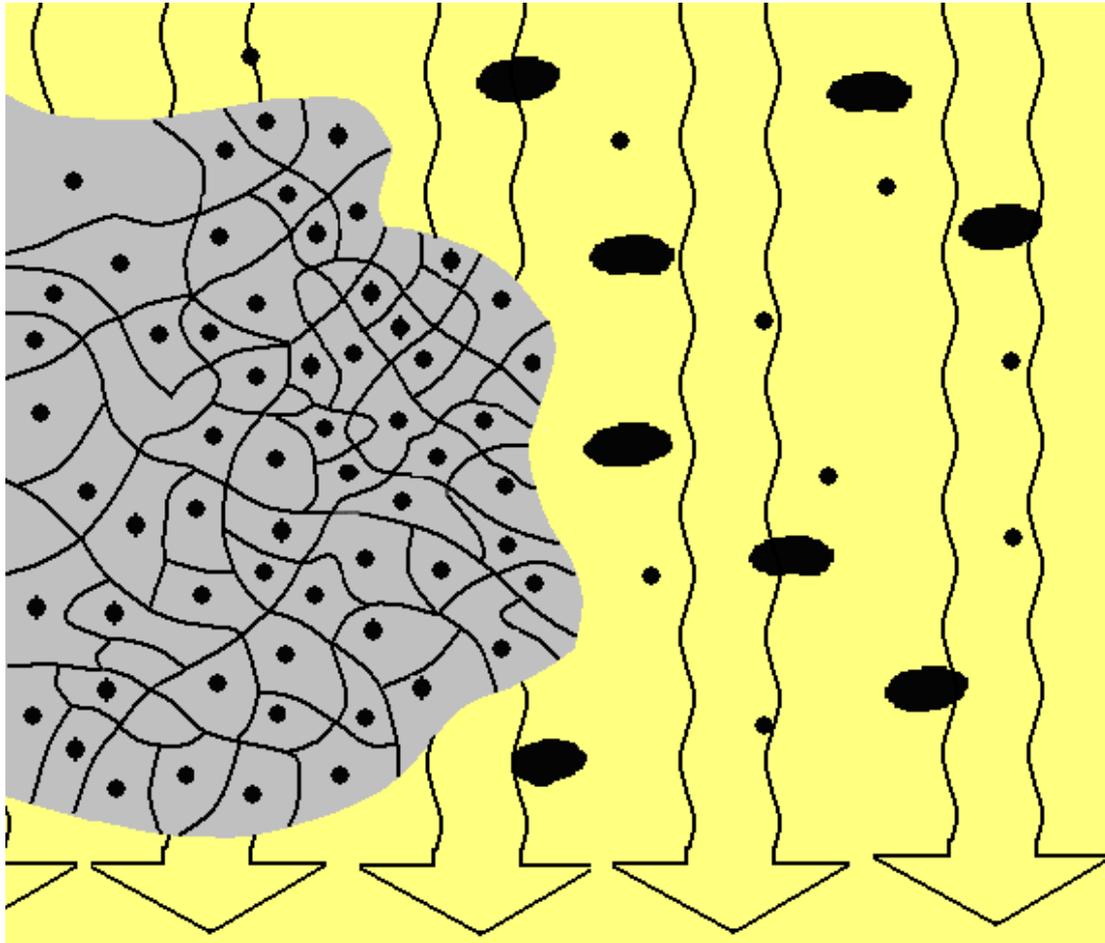




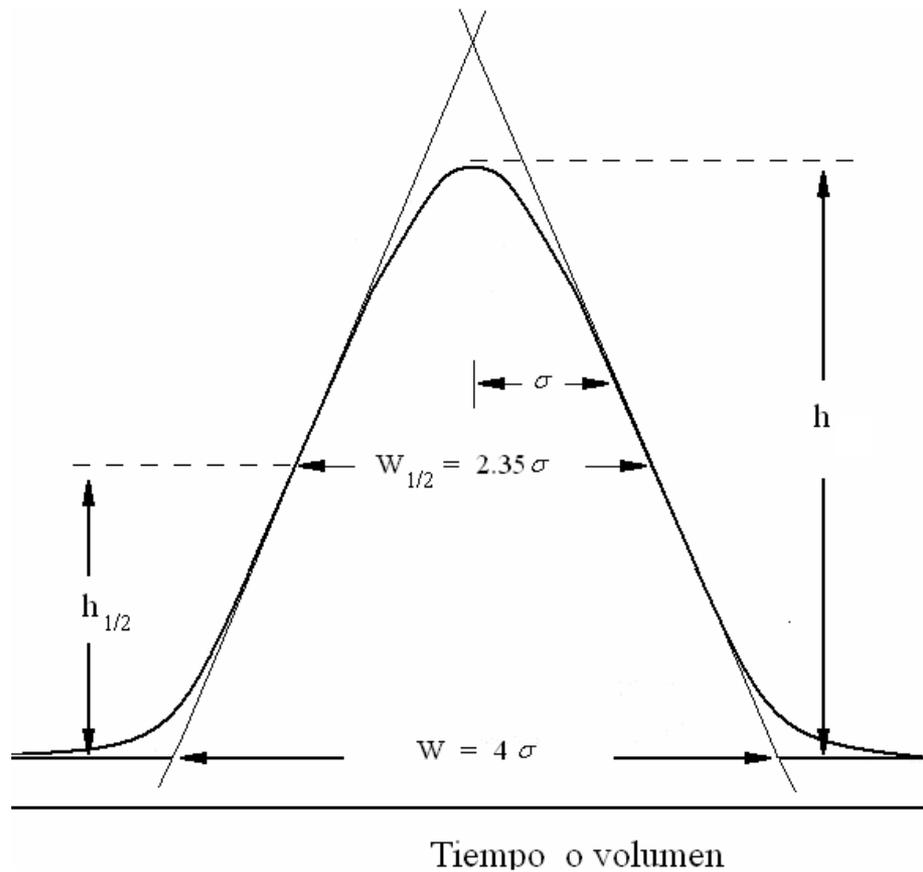




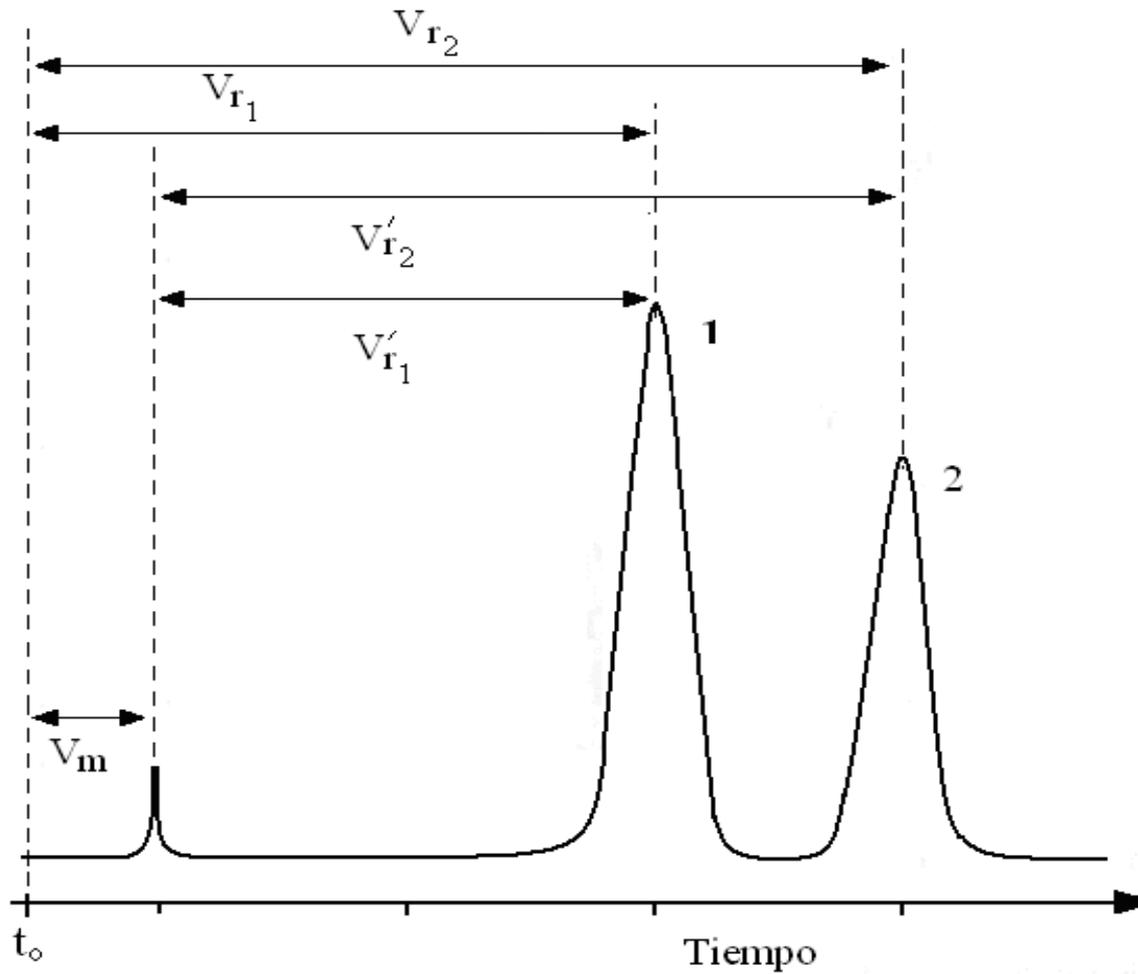




# SEÑAL CROMATOGRÁFICA IDEAL



# PARÁMETROS DE RETENCIÓN



# VOLUMEN DE FASE ESTACIONARIA

- Este volumen no aparece en el cromatograma y la forma de calcularlo es: restando al volumen total de la columna vacía, el volumen de la fase móvil

# VOLUMEN DE LA FASE MÓVIL O VOLUMEN MUERTO

- El volumen de la fase móvil en la columna o volumen muerto, corresponde al volumen intersticial accesible y se calcula en un cromatograma al introducir un soluto que no sea retenido por la fase estacionaria.

$$V_m = T_m * F$$

F es el flujo

# VOLUMEN DE RETENCIÓN

- El volumen de retención o de elución  $V_r$ , de cada soluto representa el volumen de la fase móvil necesario para que este migre de un extremo de la columna al otro.

$$V_r = T_r * F$$

F es el flujo

# VOLUMEN DE RETENCIÓN

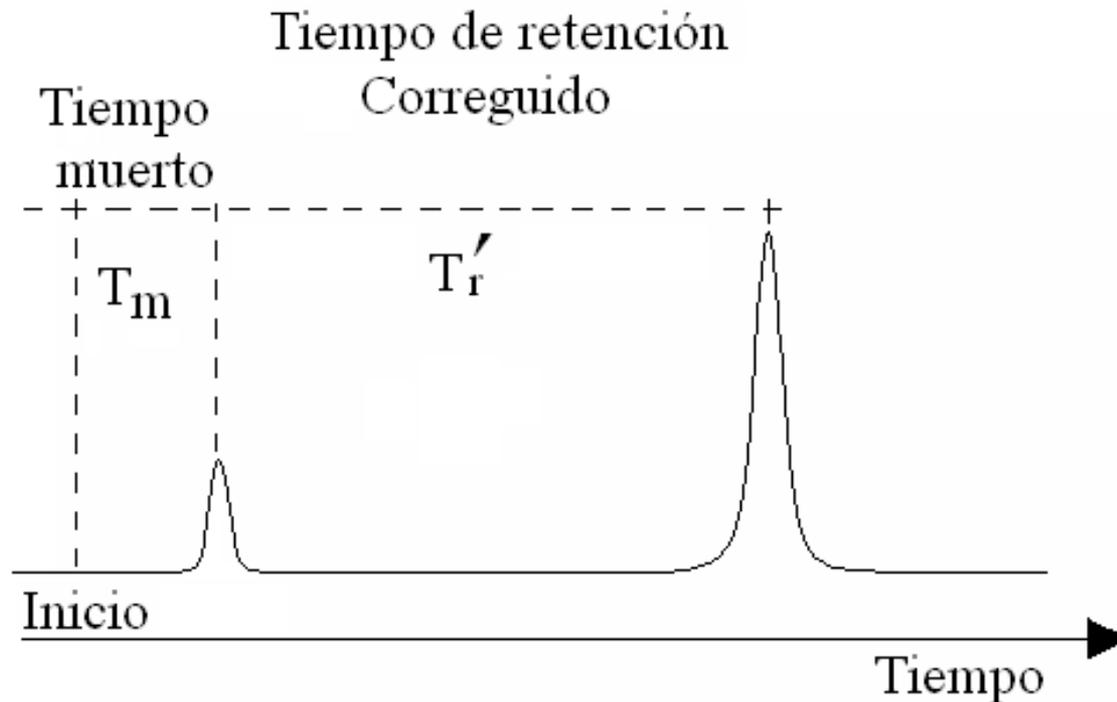
- El volumen de retención de un soluto, se puede expresar como

$$V_r = V_m (1 + K')$$

$$V_r = V_m + K * V_s$$

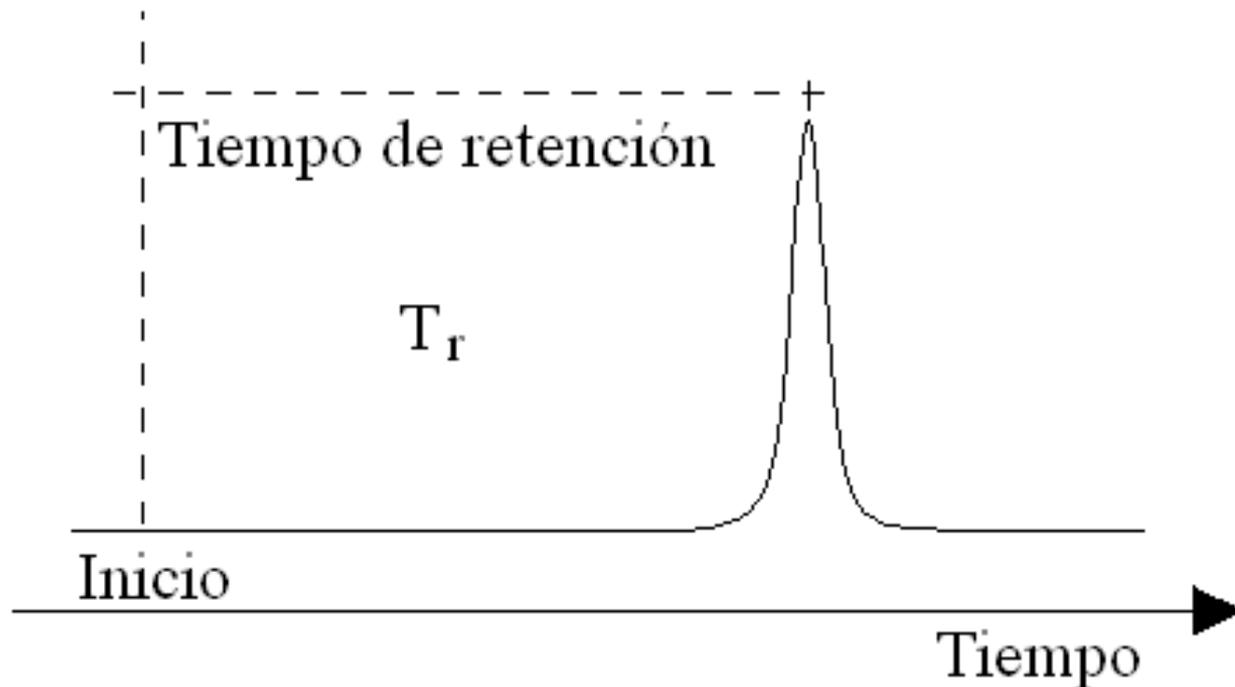
# TIEMPO MUERTO

- Si un soluto en la fase móvil, no interactúa en absoluto con la fase estacionaria, se moverá con la misma velocidad que la fase móvil, entonces su tiempo se denominará, tiempo muerto.



# TIEMPO DE RETENCIÓN

- Tiempo de retención, es el tiempo que tarda el soluto en eluirse de una columna



# VELOCIDAD LINEAL

- La velocidad lineal promedio de movimiento de la fase móvil, se puede expresar como

$$\bar{\mu} = \frac{L}{T_m}$$

L = Longitud de la columna  
en cm

T<sub>m</sub> = tiempo muerto

# VELOCIDAD LINEAL

- La velocidad lineal promedio de migración del soluto, está dada por

$$\bar{v} = \frac{L}{T_r}$$

L = Longitud de la columna  
en cm

Tr = tiempo retención

# VELOCIDAD DE MIGRACIÓN

- La velocidad de migración del soluto para determinado pico cromatográfico, se expresa como:

$$\bar{v} = \bar{\mu} * \frac{1}{1 + K_D * \frac{V_E}{V_M}}$$

$$\bar{v} = \frac{L}{T_m} * \frac{1}{1 + K_D * \frac{V_E}{V_M}}$$

# FACTOR DE CAPACIDAD

- Cuando se introduce un soluto en la columna, la masa total  $m_t$  se reparte entre la fase móvil y la fase estacionaria de manera que durante su migración en la columna, estas cantidades permanecen constantes

$$K' = \frac{m_s}{m_m} = \frac{C_s V_s}{C_m V_m} = K_D \frac{V_s}{V_m}$$

# FACTOR DE CAPACIDAD

- El factor de capacidad, es un parámetro para comparar las velocidades relativas de migración del soluto por la columna  $k'$

$$k' = \frac{T_r - T_m}{T_m}$$

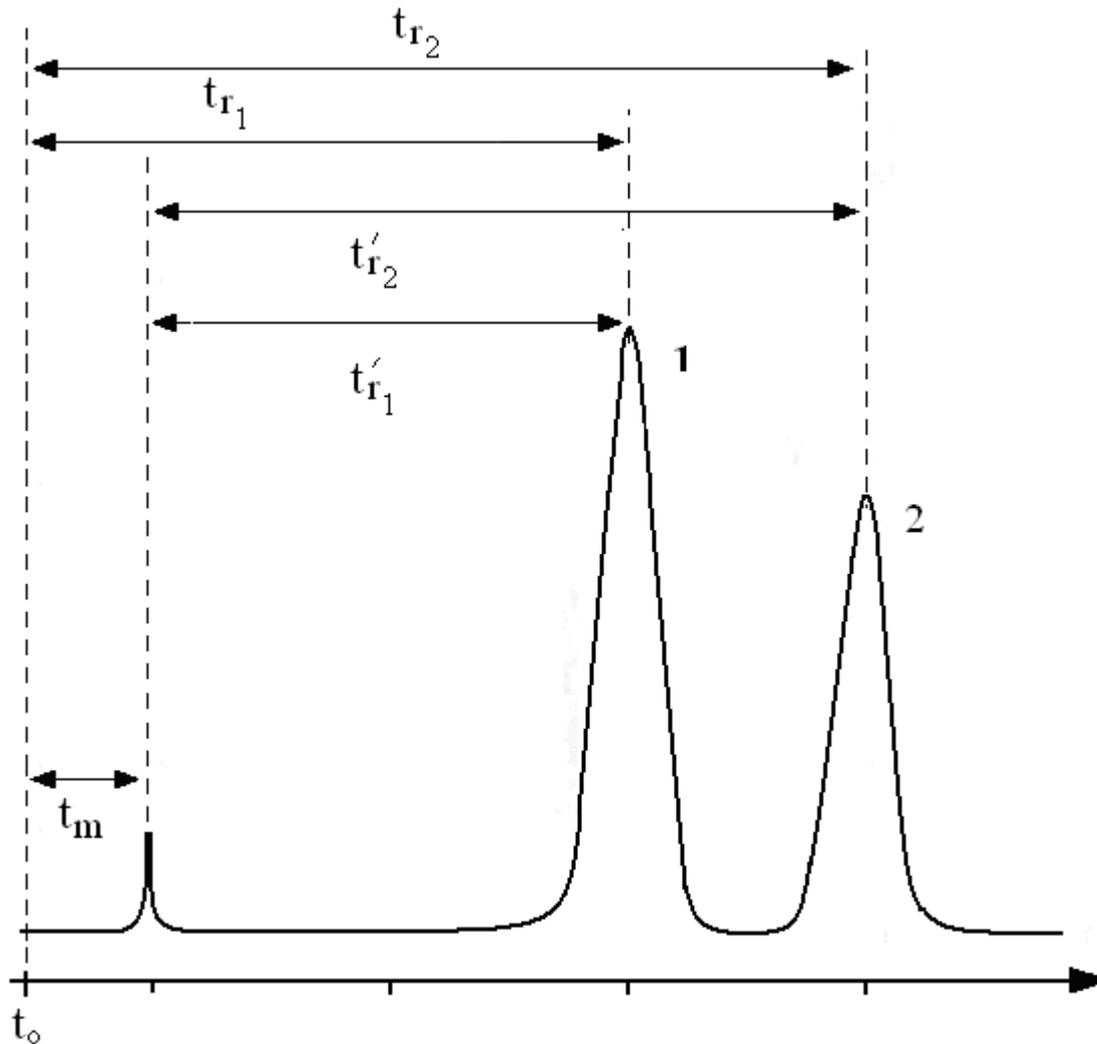
$K'$  es el factor de capacidad

$T_m$  es el tiempo muerto

Si  $k'$  tiende a 1, la elusión será tan rápida que será difícil determinar con exactitud los tiempos de retención.

Si  $k'$  es muy grande, los tiempos de retención serán excesivos.

# FACTOR RETENCIÓN o DE CAPACIDAD



$$K'_1 = \frac{T'_{r1}}{T_m}$$

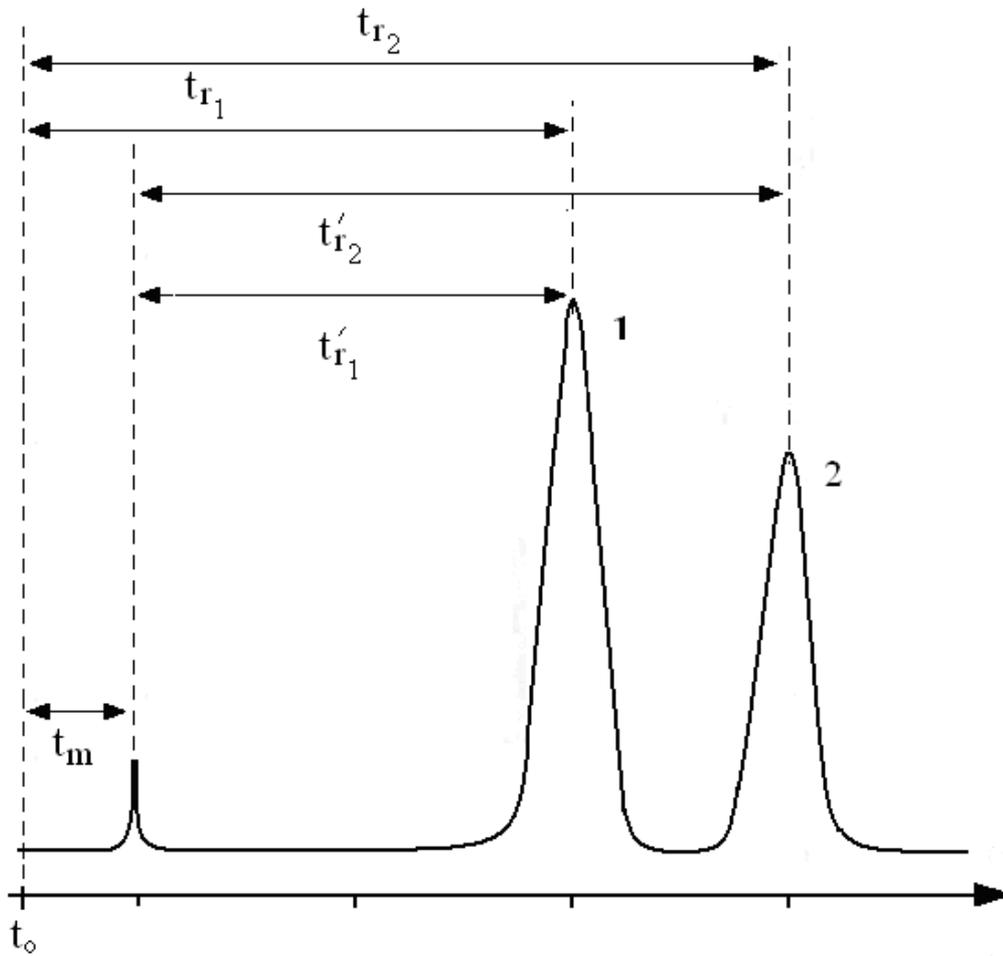
$$K'_2 = \frac{T'_{r2}}{T_m}$$

# FACTOR DE SEPARACIÓN O SELECTIVIDAD

- El factor de separación o factor de selectividad, permiten precisar las posiciones relativas de dos picos adyacentes, en un cromatograma y se definen como

$$\alpha = \frac{T_{r_2} - T_m}{T_{r_1} - T_m}$$

# FACTOR DE SEPARACIÓN O SELECTIVIDAD



$$\alpha = \frac{T'_{r_2}}{T'_{r_1}}$$

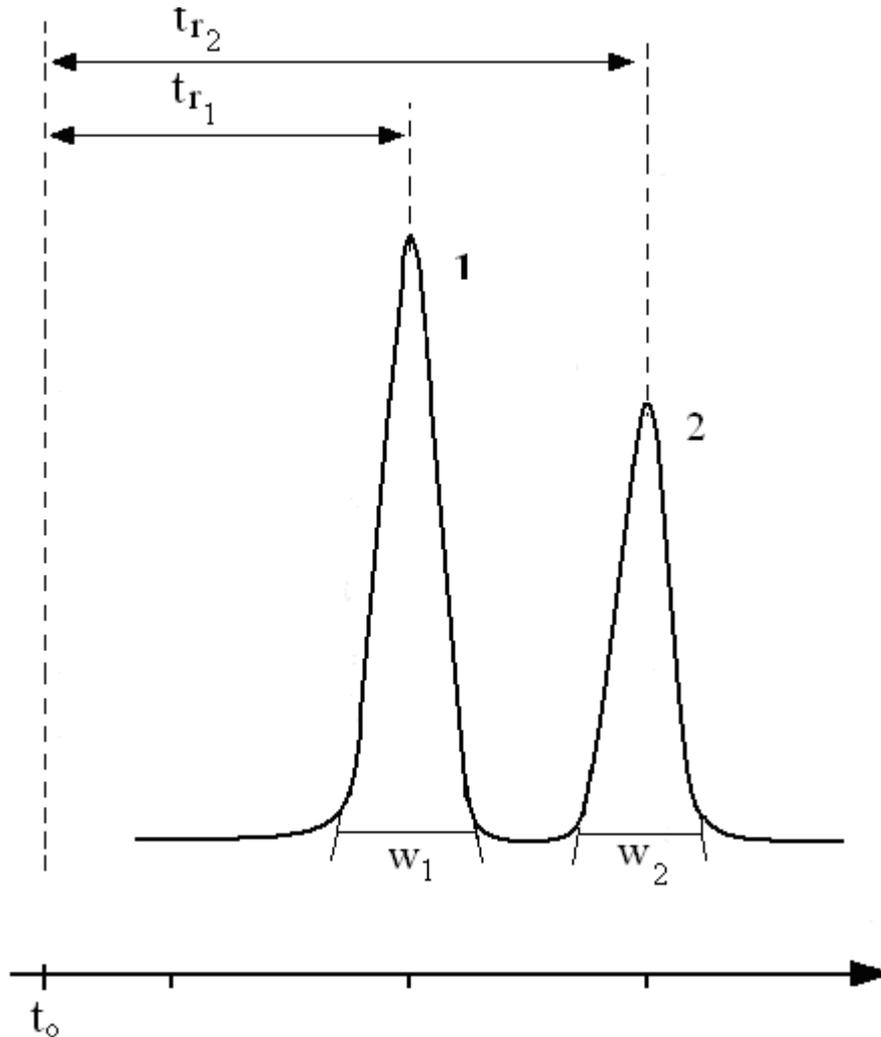
$$\alpha = \frac{K'_2}{K'_1}$$

# FACTOR DE RESOLUCIÓN

- El factor de resolución  $R$ , define numéricamente el qué una separación entre dos picos vecinos, sea apropiada y se define

$$R = 2 \left[ \frac{\Delta T_r}{w_1 + w_2} \right]$$

# FACTOR DE RESOLUCIÓN

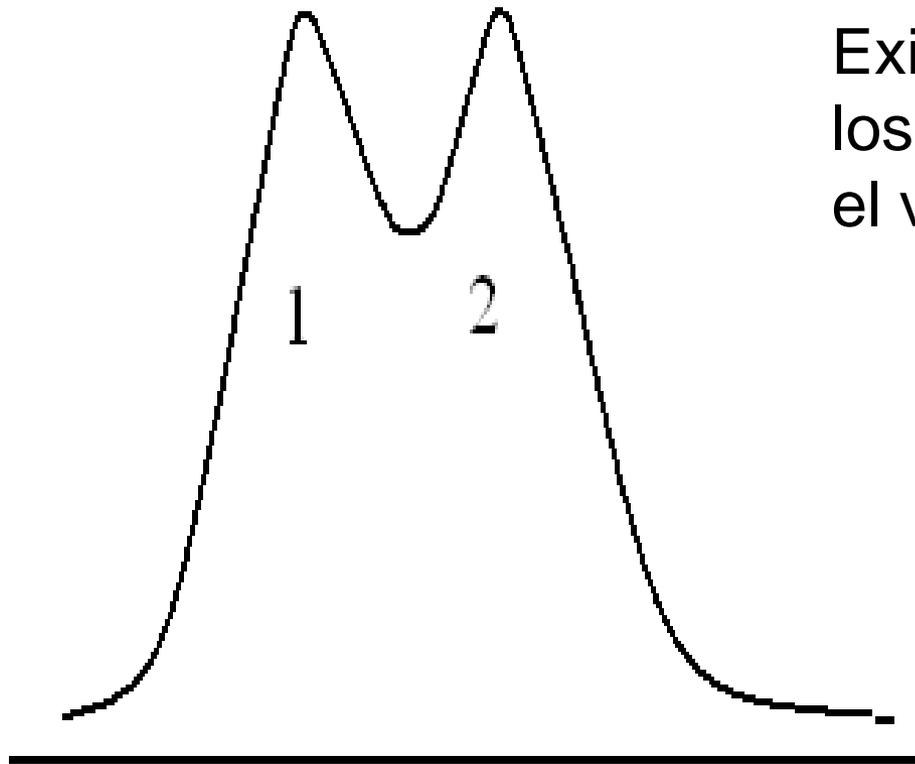


$$R = 2 \left[ \frac{\Delta T_r}{w_1 + w_2} \right]$$

$$R = \frac{1}{4} \sqrt{N_2} * \frac{\alpha - 1}{\alpha} * \frac{K'_2}{1 + K'_2}$$

$$R = \frac{\sqrt{N}}{2} * \frac{K'_2 - K'_1}{K'_2 + K'_1 + 2}$$

# FACTOR DE RESOLUCIÓN



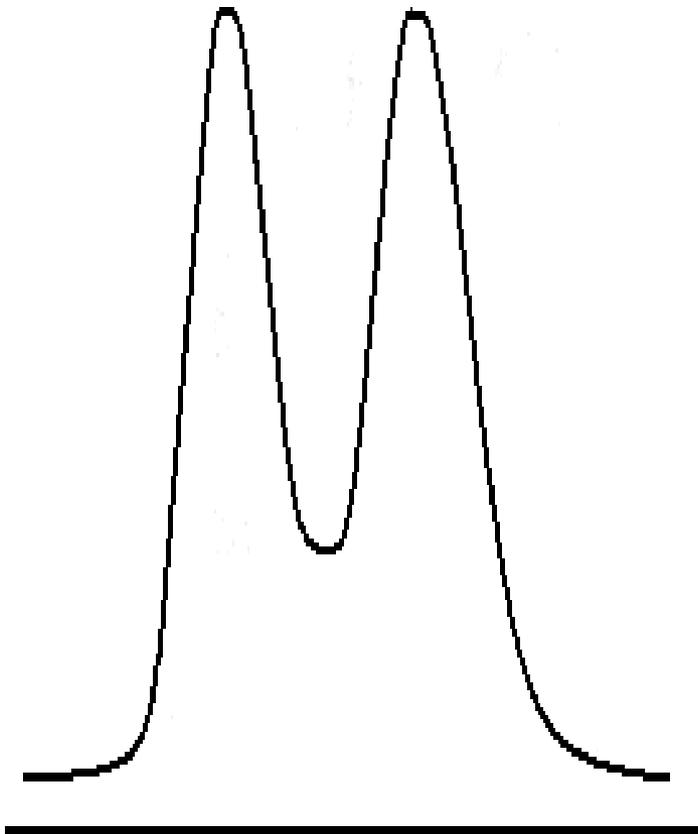
Existe una sobreposición de los picos del orden del 65 %, el valor de la resolución es

$$R = 0.75$$

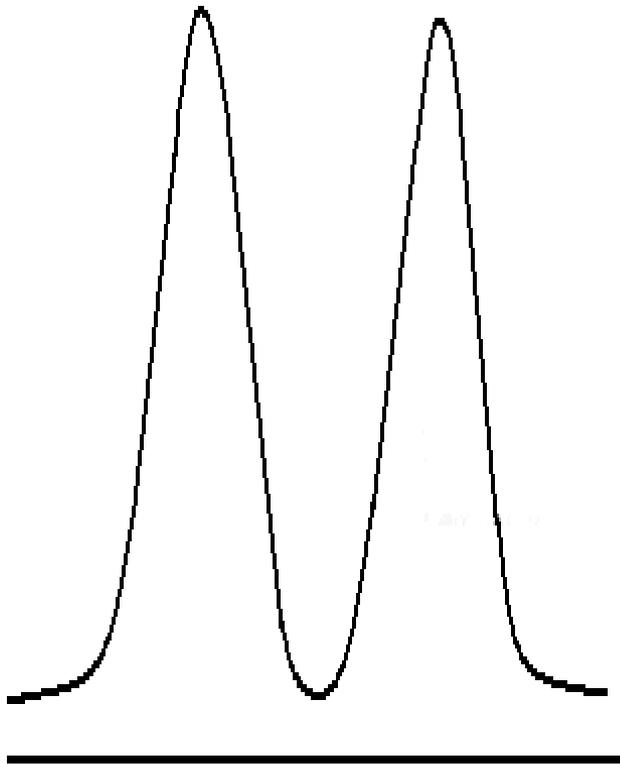
# FACTOR DE RESOLUCIÓN

Existe una superposición de los picos del orden del 27%, el valor de la resolución es

$$R = 1.0$$



# FACTOR DE RESOLUCIÓN



Existe una superposición de los picos del orden del 2%, el valor de la resolución es

$$R = 1.5$$

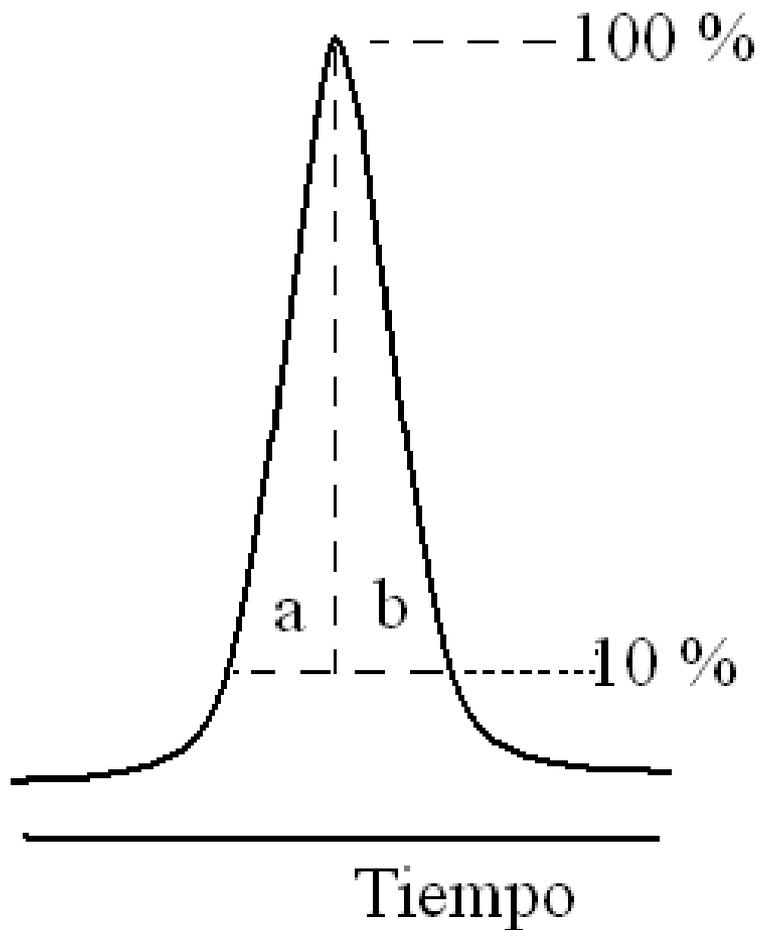
# SIMETRÍA DEL PICO GAUSSIANO

- La simetría observada en un pico, se traduce por dos parámetros denominados

» Factor de asimetría  $F_a$

» Factor de cola  $F_c$

# SIMETRÍA DEL PICO GAUSSIANO



$$F_a = \frac{b}{a}$$

$$F_c = \frac{a + b}{2a}$$

# EFICIENCIA DE LA COLUMNA CROMATOGRÁFICA

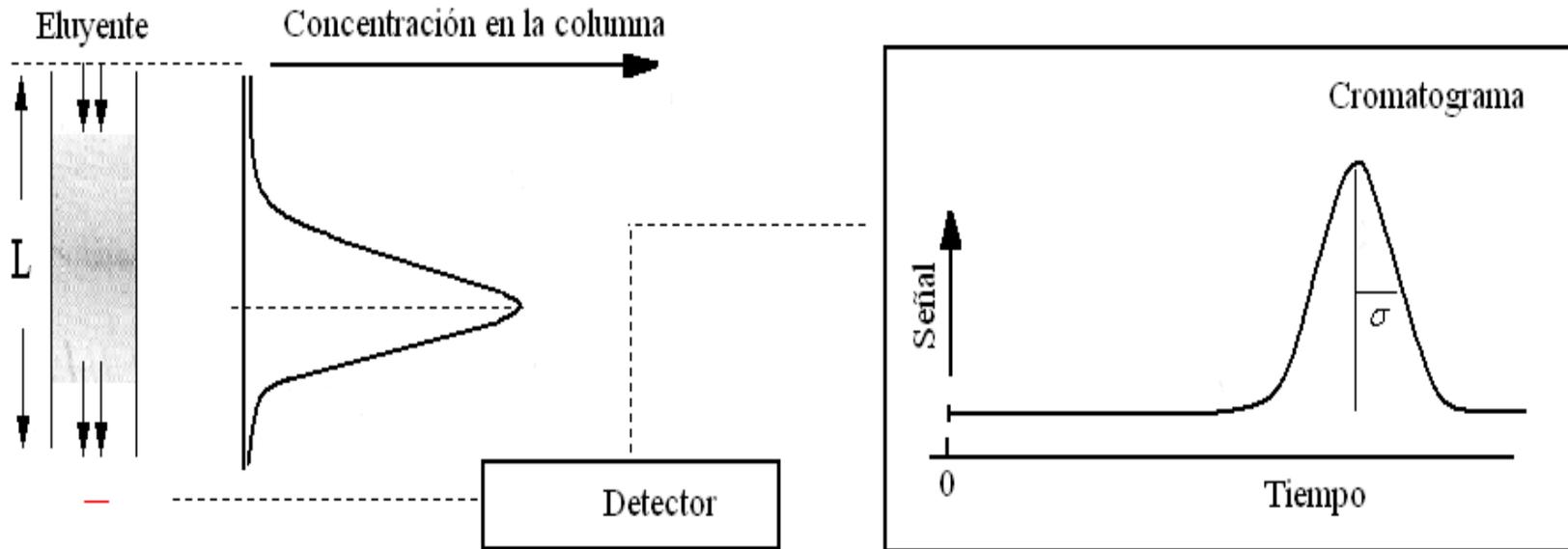
En función de:

Número de platos teóricos  $N$

Altura  $H$  o altura equivalente a un  
plato teórico  $H_{EPT}$



# DISPERSIÓN DE UN SOLUTO EN UNA COLUMNA



# EFICACIA DE UNA COLUMNA

## Número de platos teóricos

- Siendo la cromatografía un proceso continuo, es posible imaginar que la columna se divide en  $n$  segmentos o platos teóricos, en cada uno de los cuales se establece un equilibrio

# NÚMERO DE PLATOS TEÓRICOS

$$N = \left[ \frac{V_r}{\sigma} \right]^2 = \left[ \frac{T_r}{\sigma} \right]^2$$

$$N = 16 \left[ \frac{T_r}{W} \right]^2$$

$$N = 5.54 \left[ \frac{T_r}{W_{1/2}} \right]^2$$

# ALTURA EQUIVALENTE A UN PLATO TEÓRICO

$$H = \frac{L}{N}$$

$$H = \frac{L * W^2}{16 * T_r^2}$$

L es la longitud de la columna

# ALTURA EQUIVALENTE A UN PLATO TEÓRICO REDUCIDO

$$h = \frac{L}{N * d_m}$$

$$h = \frac{H}{d_m}$$

$d_m$  diámetro promedio de las partículas

# ALTURA EQUIVALENTE A UN PLATO TEÓRICO REDUCIDO

- Ecuación de Van Deemeter

$$H = A + \frac{B}{u} + C * \bar{u}$$

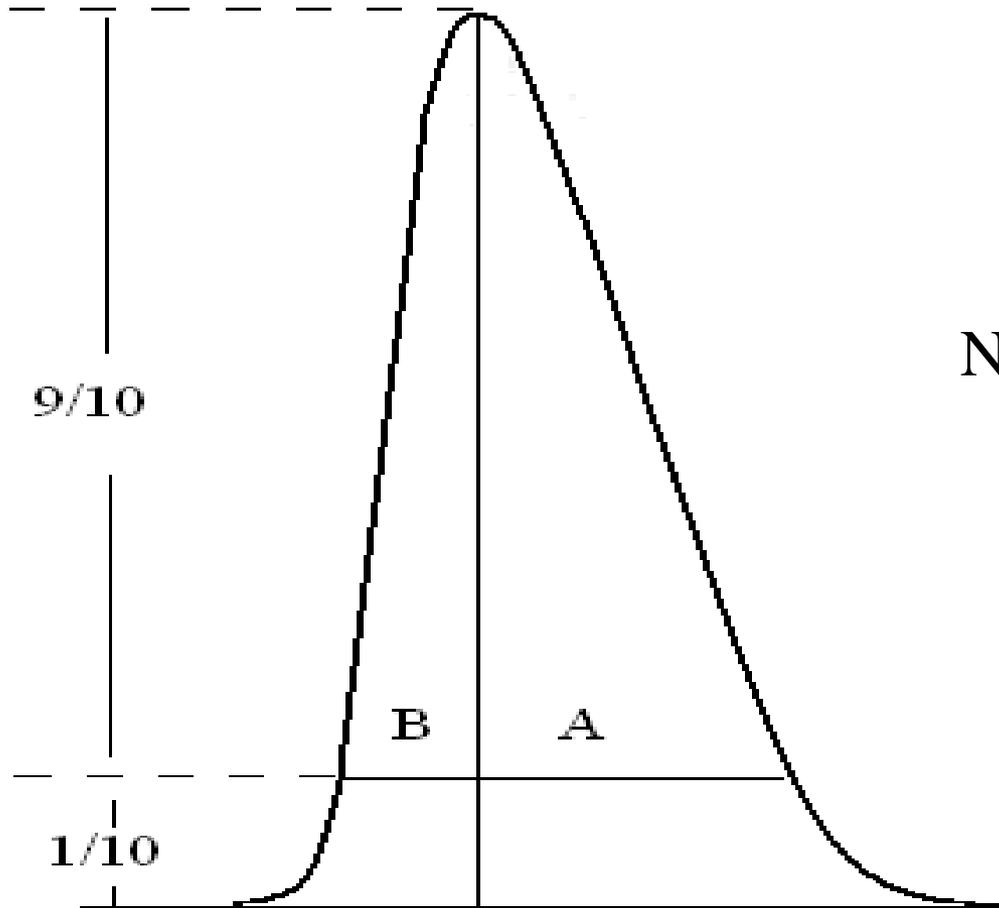
$\bar{u}$ , es la velocidad lineal promedio

A, es el término de difusión turbulenta

B, es el término de difusión longitudinal

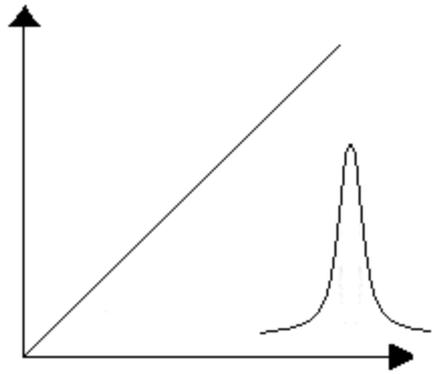
C, es el término de transferencia de masa

# NÚMERO DE PLATOS TEÓRICOS



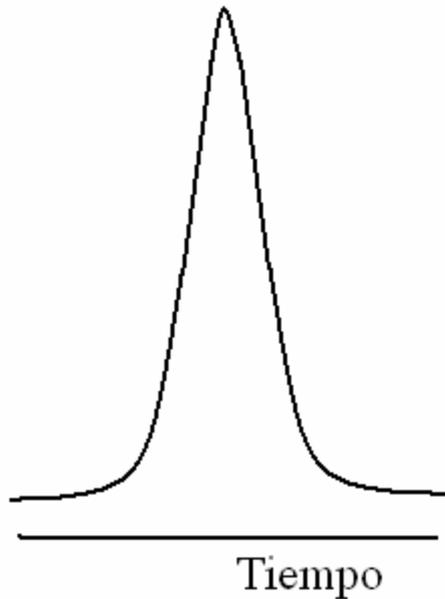
$$N = \frac{41.7 \left[ \frac{T_r}{W_{0.1}} \right]^2}{\frac{A}{B} * 1.25}$$

# ISOTERMA LINEAL

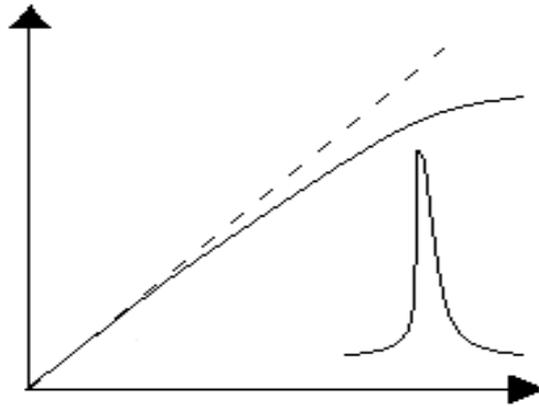


$$F_a = 1$$

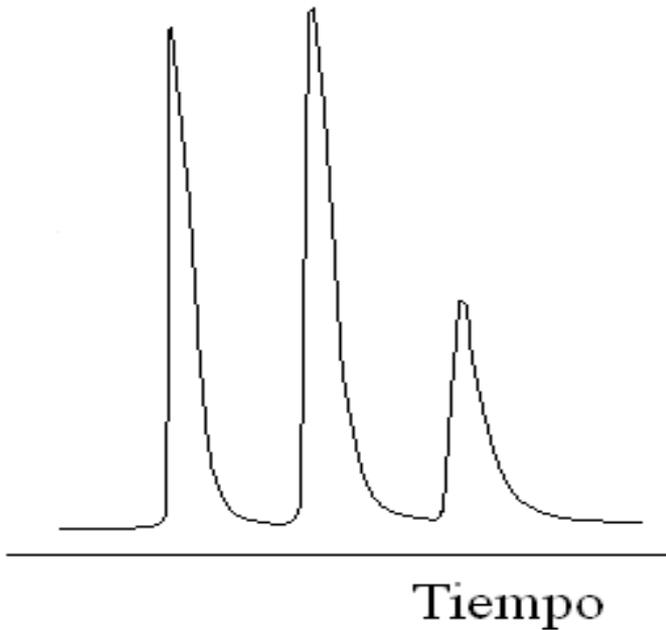
$$F_c = 1$$



# ISOTERMA CONVEXA

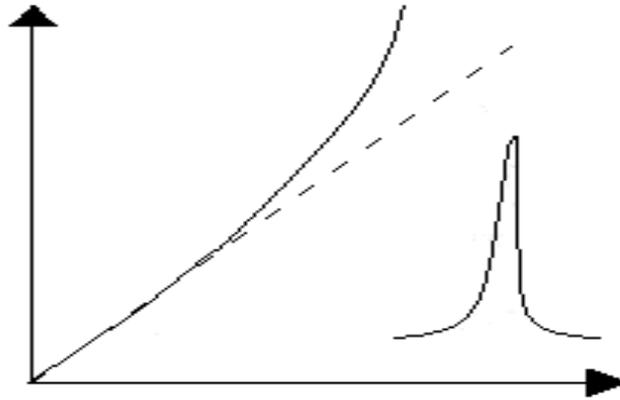


$$F_a > 1$$

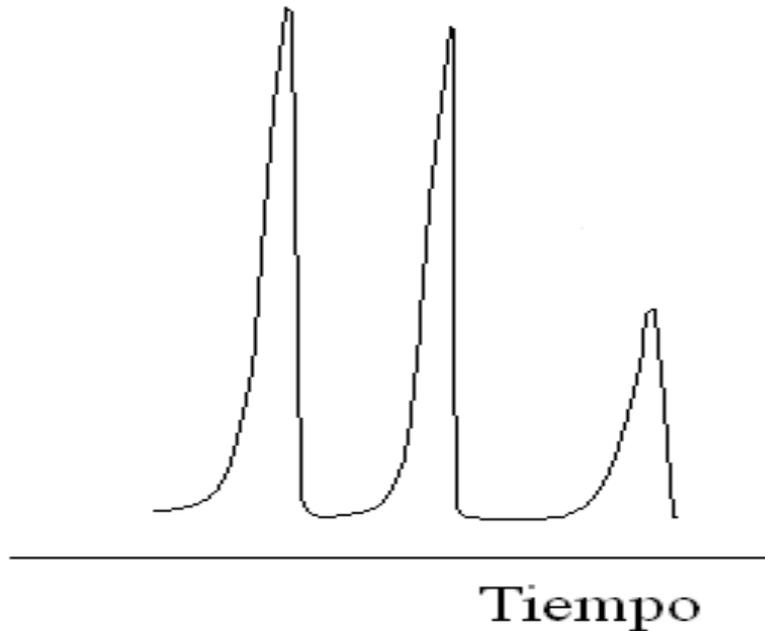


$$F_c > 1$$

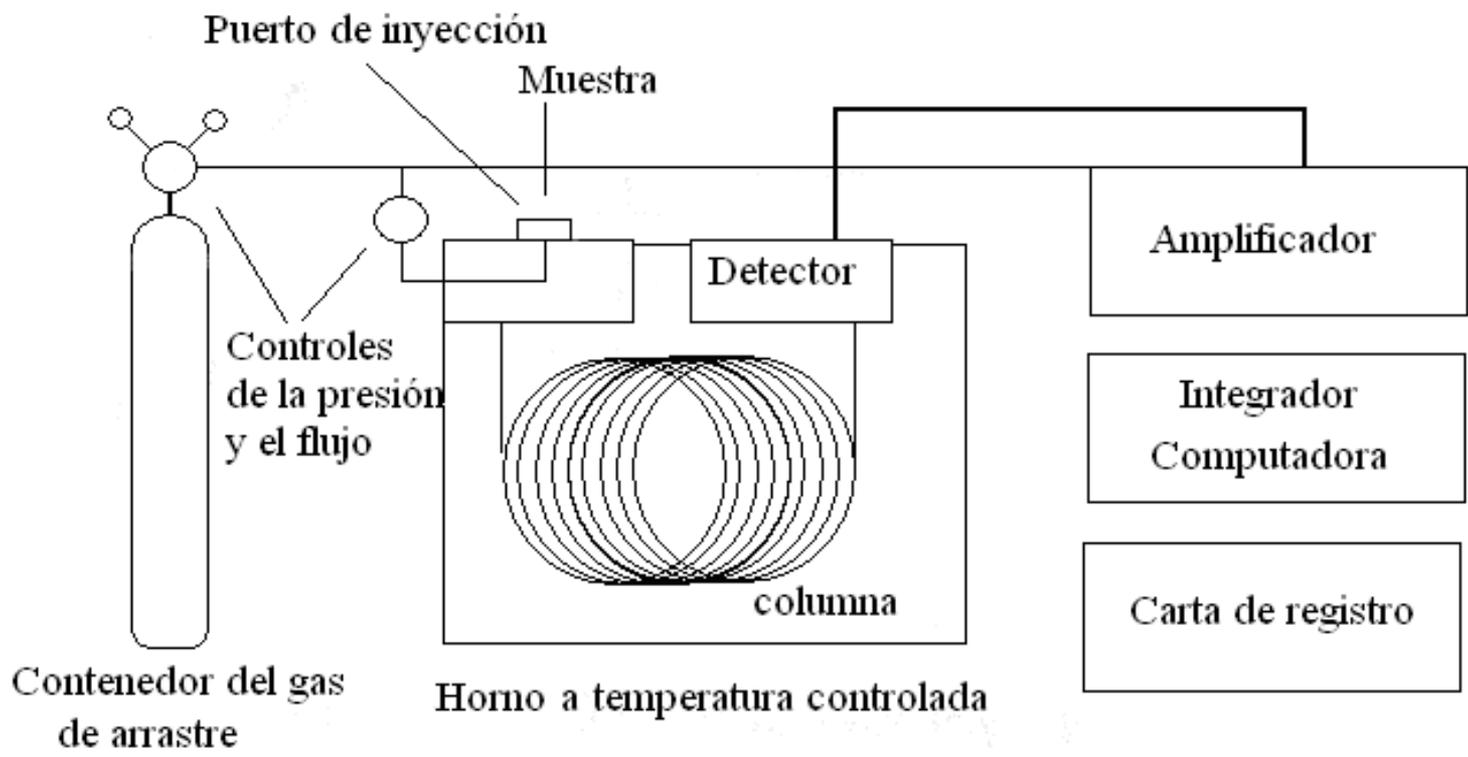
# ISOTERMA CÓNCAVA

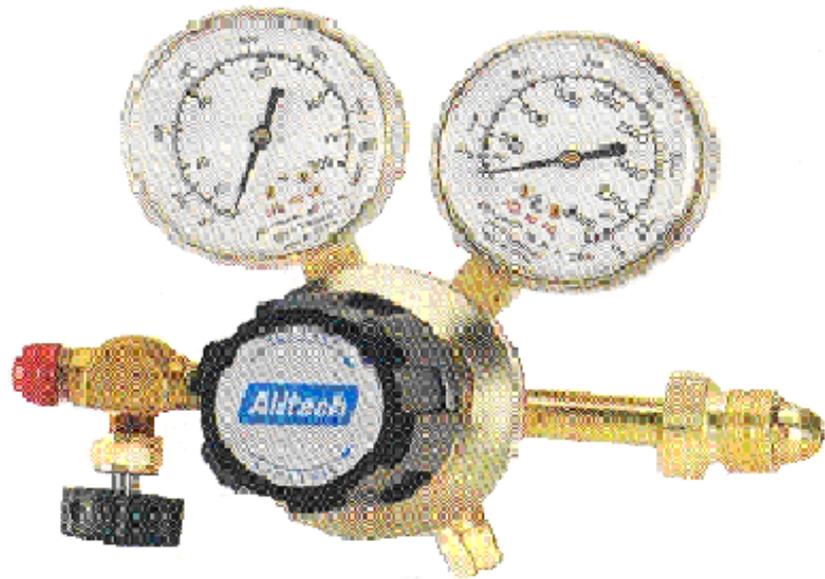
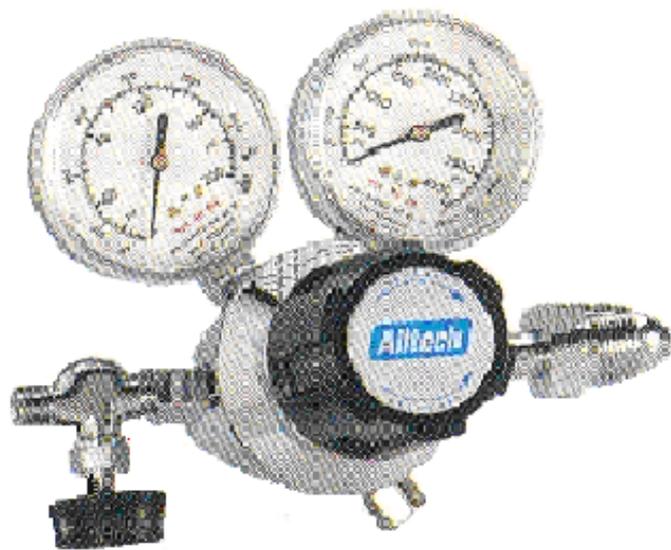


$$F_a < 1$$

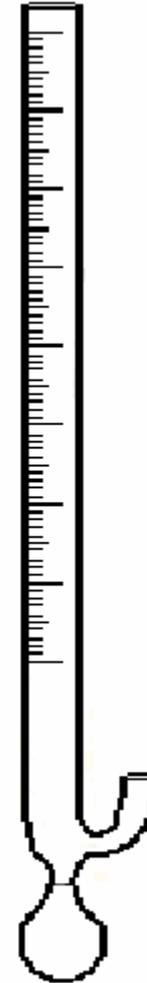
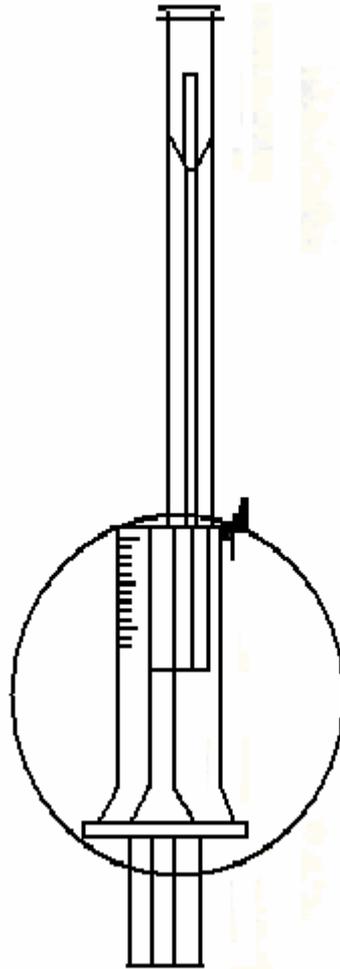
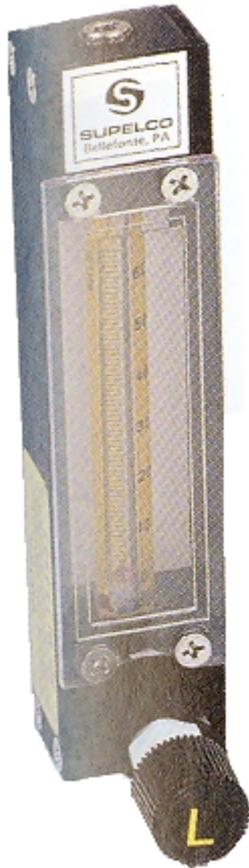


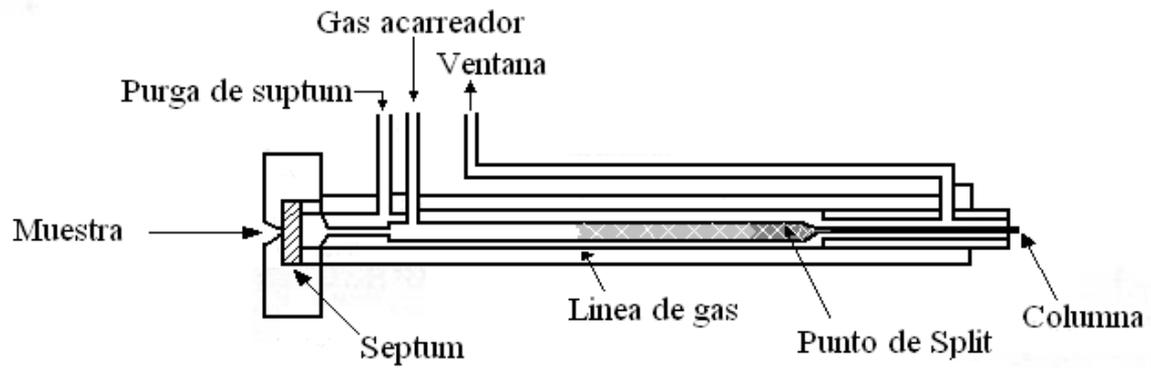
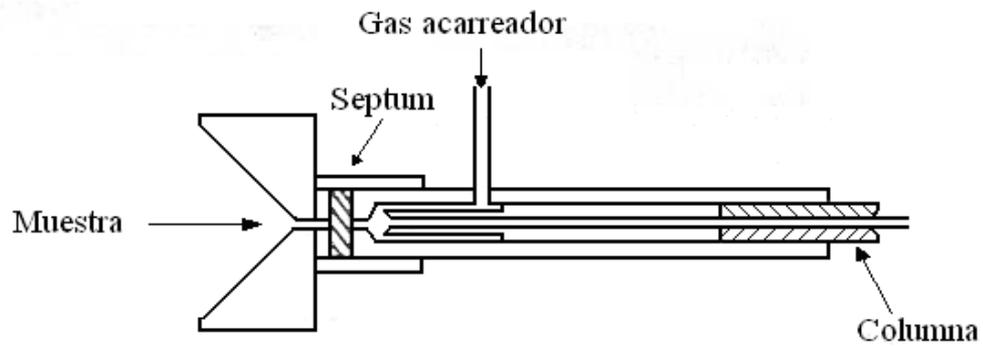
$$F_c < 1$$

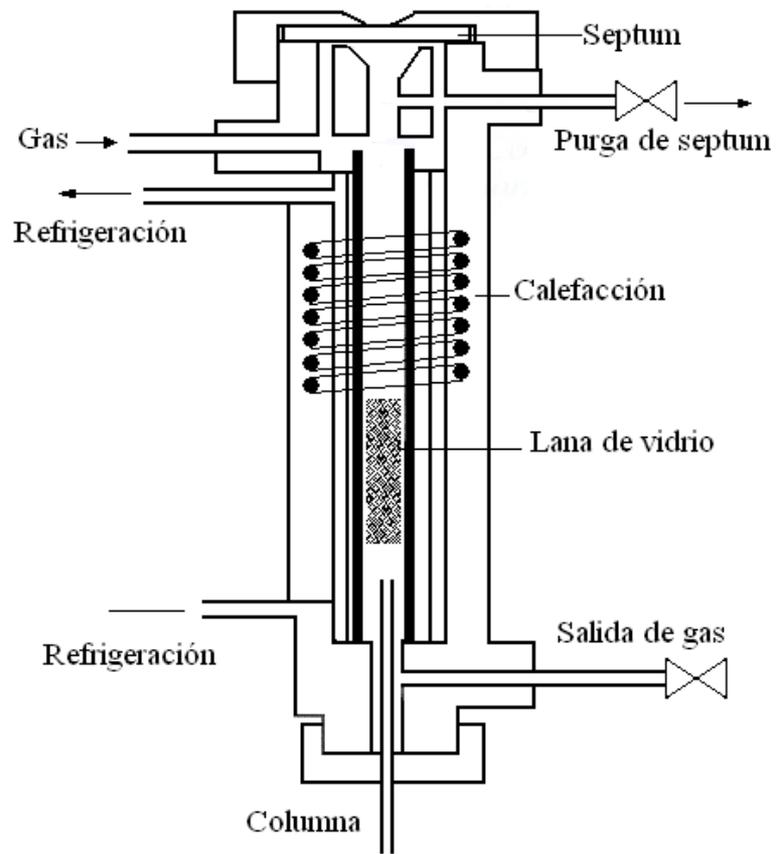


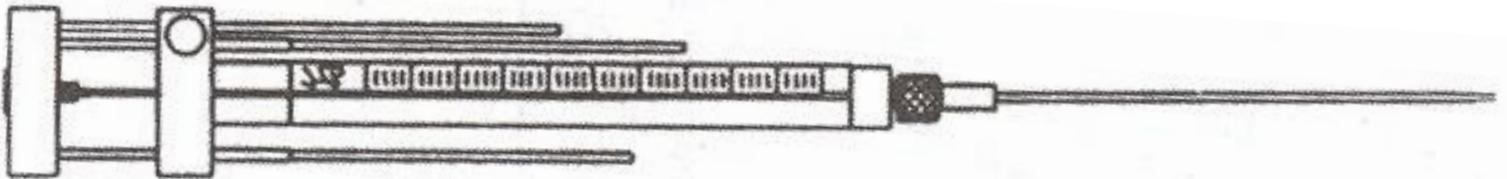


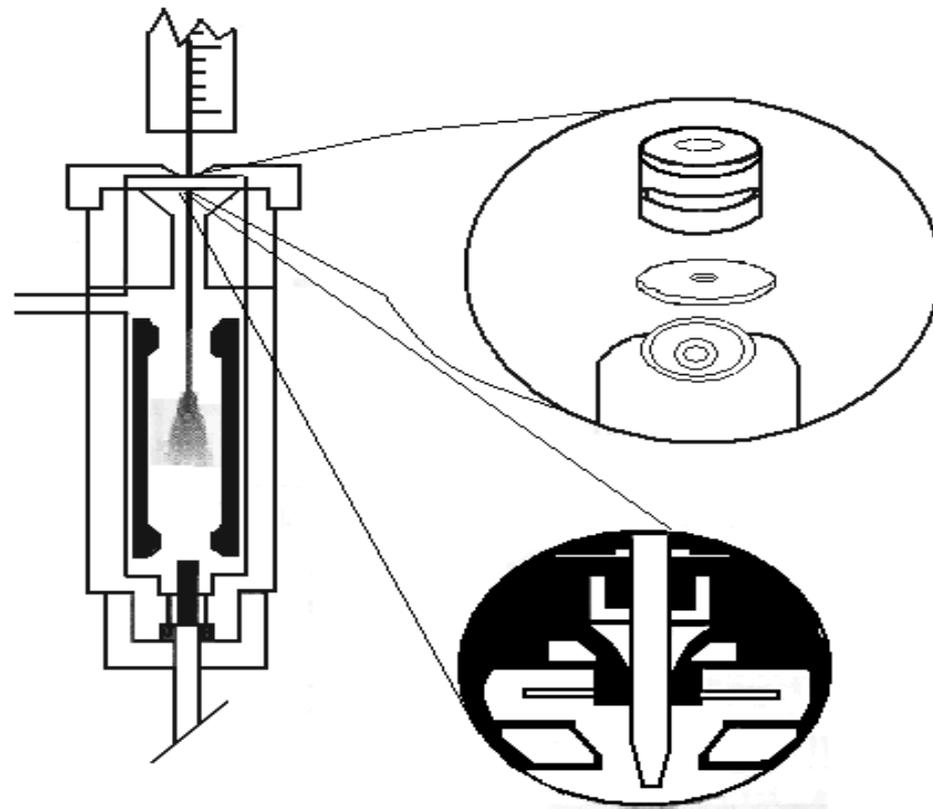
# Medidores de flujo



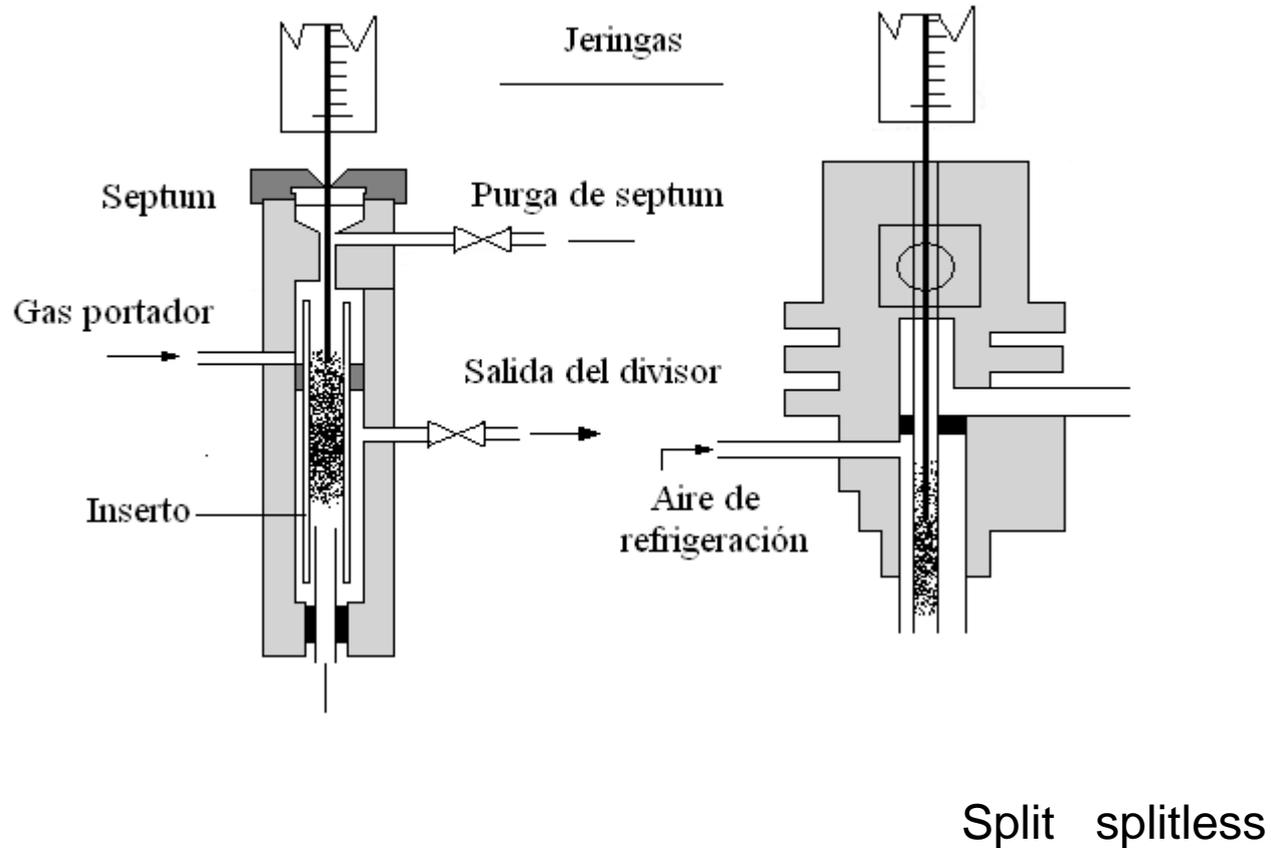








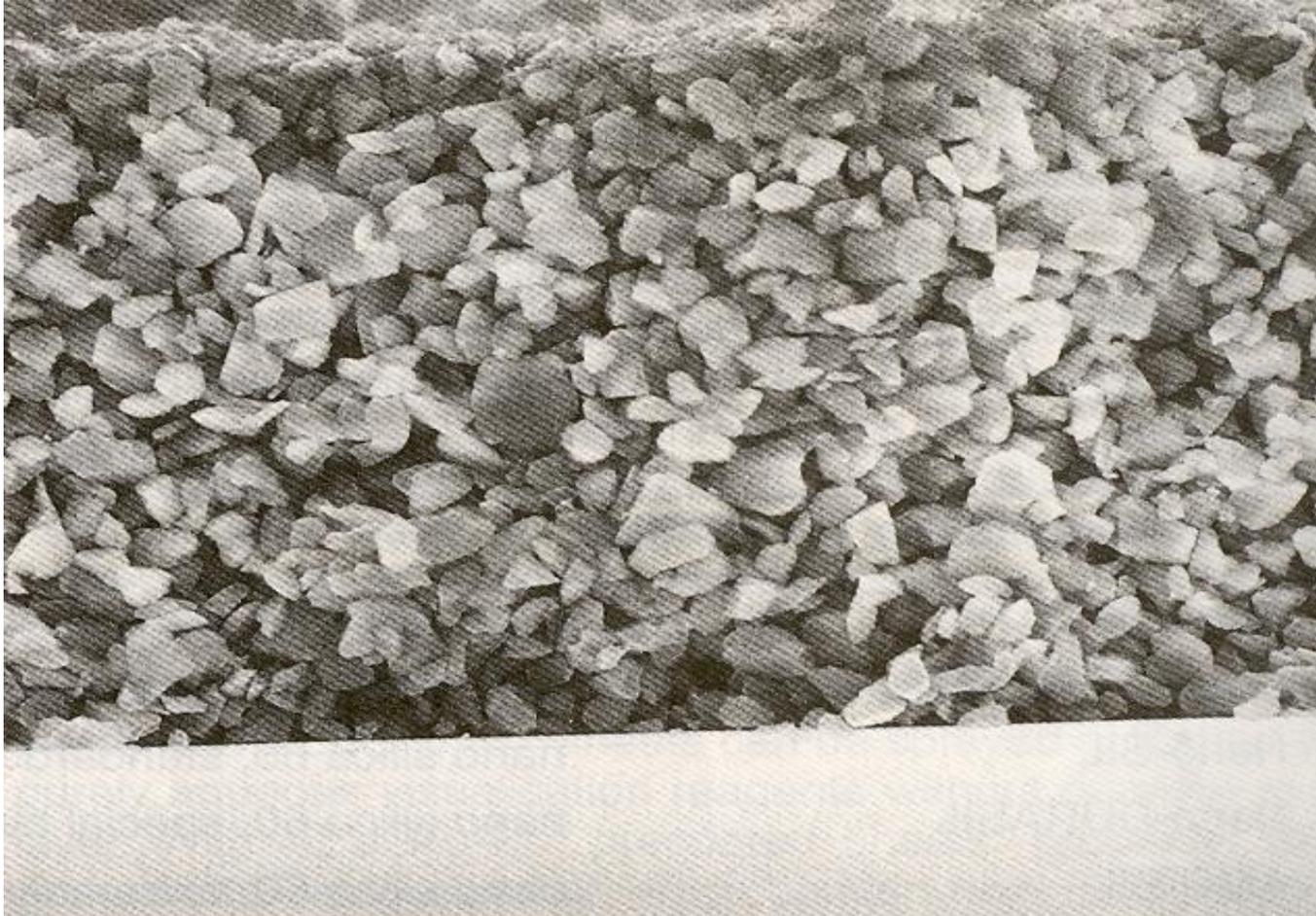
# Inyectores con y sin división

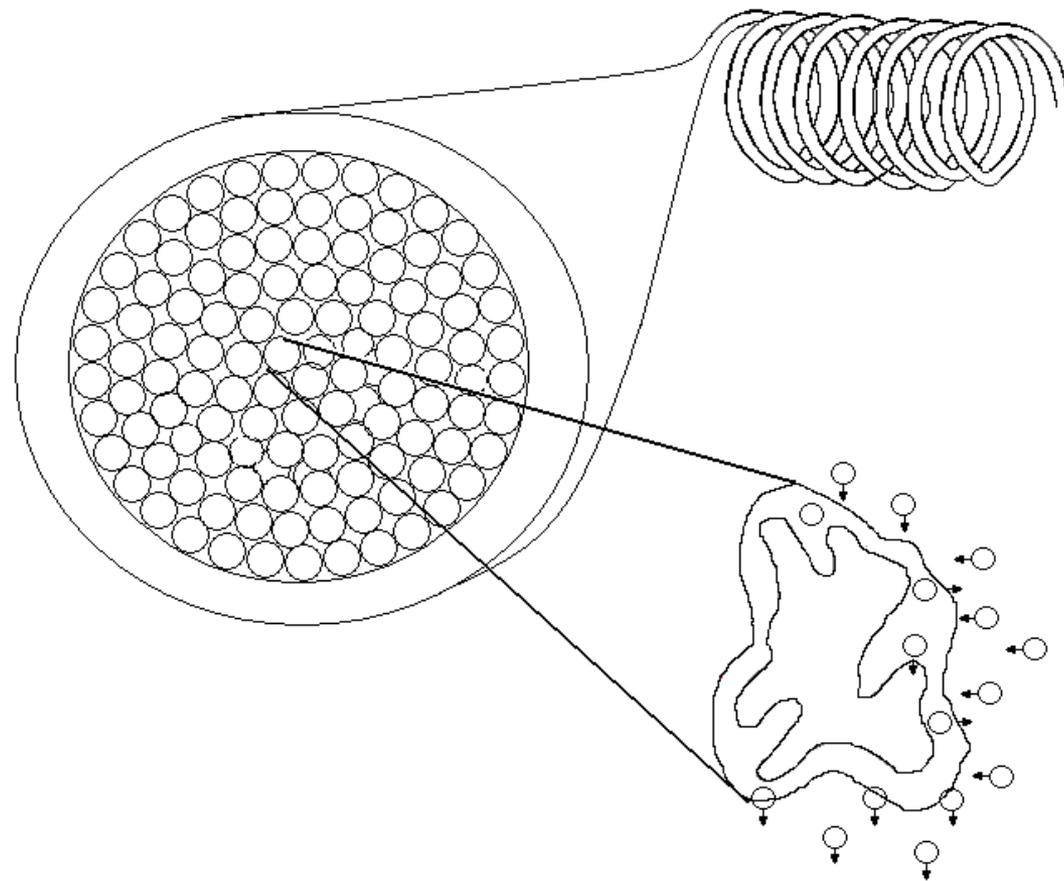


# Microscopía electrónica, columna de acero empacada col silica gel



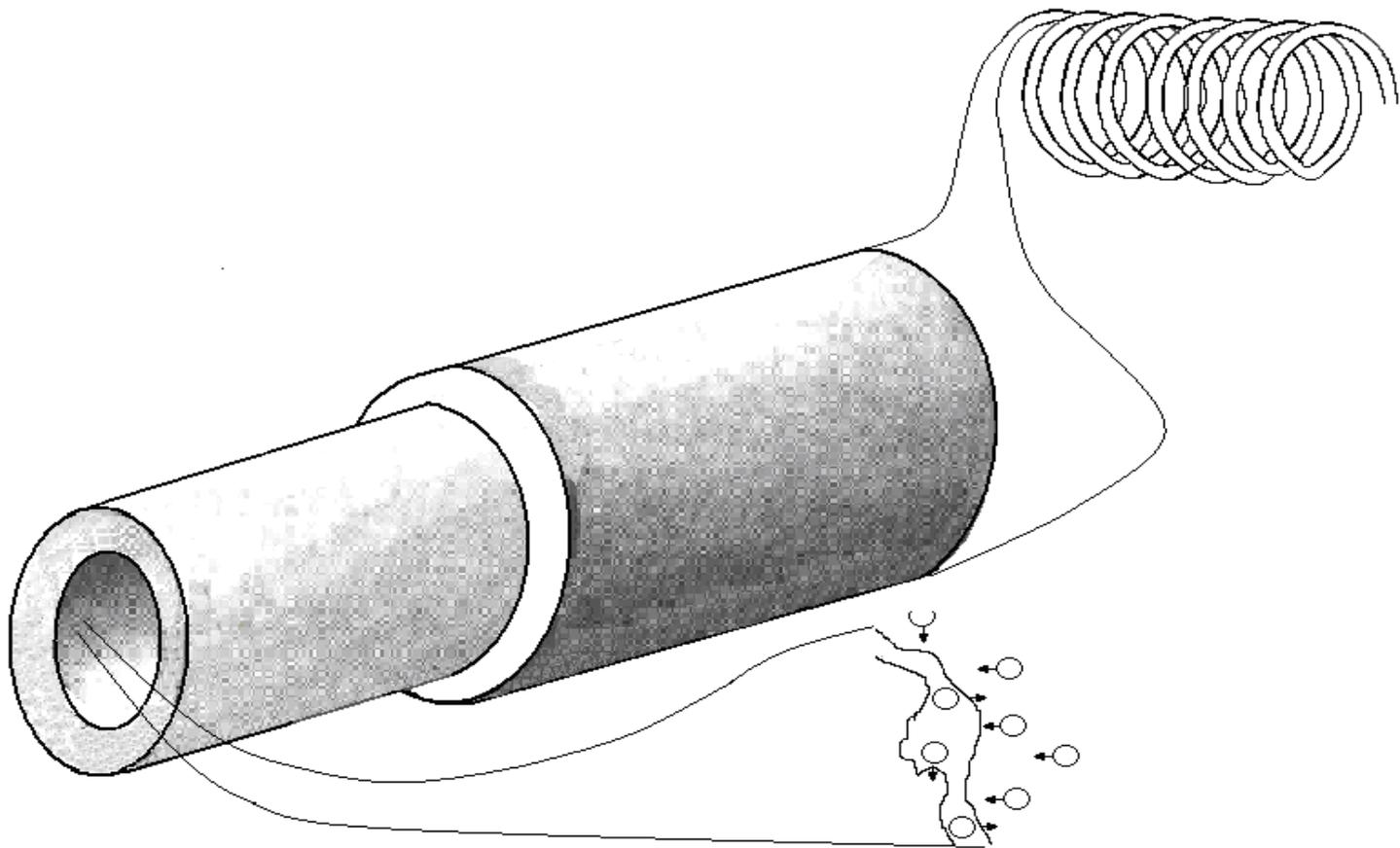
# Microscopía electrónica, placa de vidrio con silica gel





# Columnas cromatográficas





# Columna capilar

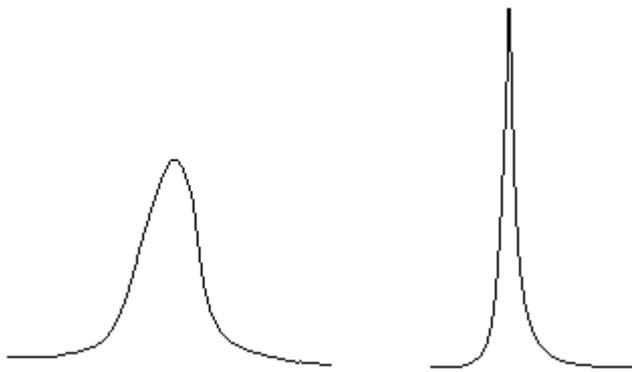
- Diámetro interno mucho menor
- Longitud, significativamente mayor
- Carecen de material de empaque
- Tienen menor capacidad de carga

Estas características, permiten que los componentes residan mayor tiempo en la columna, lográndose picos de buena forma y bien definidos.

# Columnas capilares

- Tienen mayor sensibilidad

Al ser los picos mas estrechos, la sensibilidad mejora



Empacada

Capilar

Ambos picos tienen un área de 5000 unidades arbitrarias, pero como el pico en la capilar tiene mayor altura, lo que se obtiene es una mayor relación señal/ruido

# Columnas

Disponibles en dos presentaciones

- Recubierta                      Sílice fundida con un recubrimiento en fase
- Enlazadas                      Fase química enlazada mediante uniones silano

Ambos tipos se hallan recubiertas por fuera con una capa de poliimida, para conferirles mayor flexibilidad y otras ventajas

# Factores que afectan la separación

- Longitud de la columna
- Diámetro interno de la columna
- Espesor de la película de la fase estacionaria
- Tipo de gas acarreador
- Velocidad del gas acarreador
- Temperatura de la columna

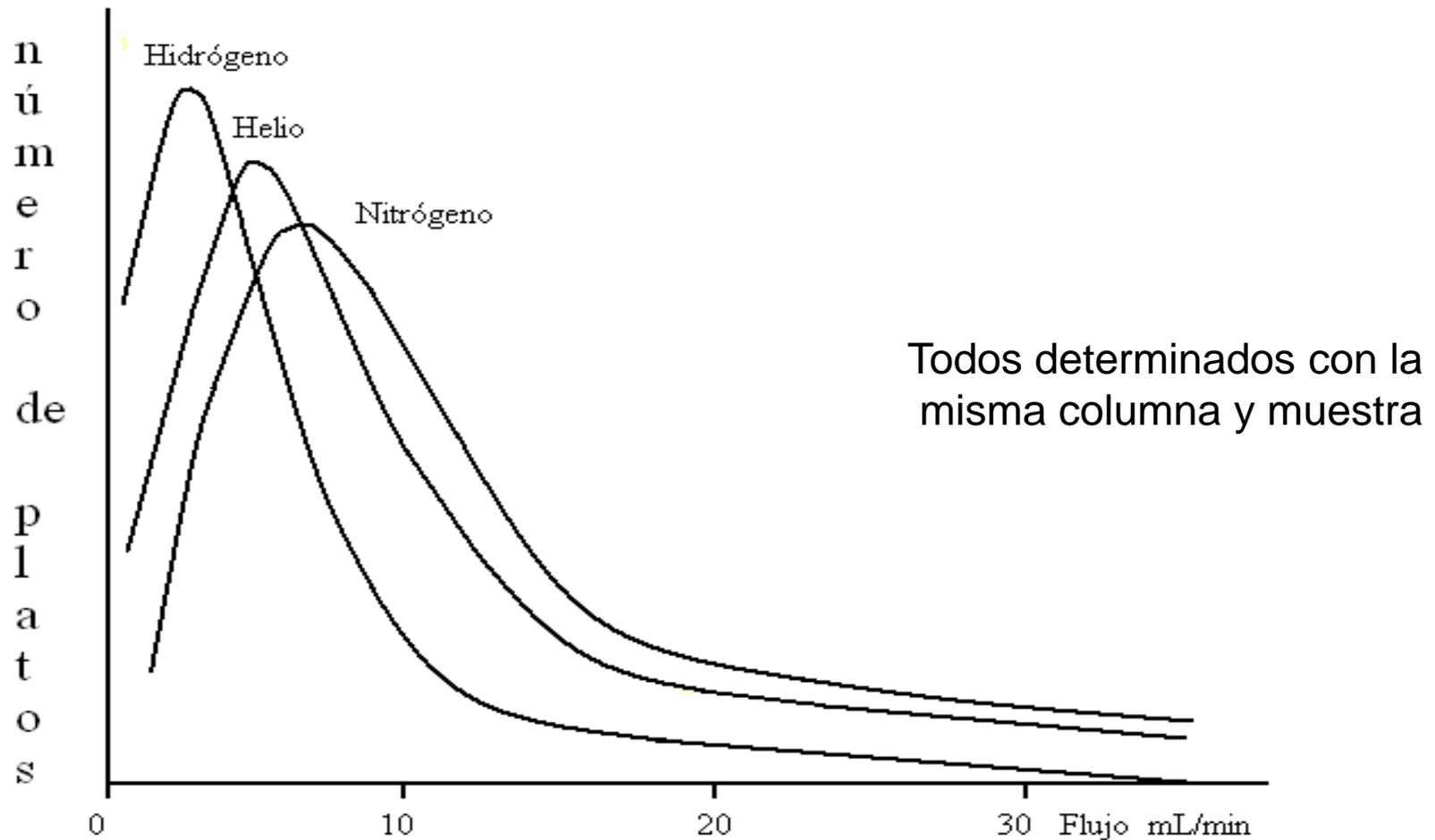
# Columnas capilares-Empacadas

Longitud (m)	0.5 – 5	5 – 100
D.I. (mm)	2 – 4	0.1 – 0.53
Flujo (mL/min)	10 – 60	0.5 – 15
Presión cabeza de columna psi	10 – 40	3 – 40
Número de platos	4000	250,000
Capacidad	10µg/pico	100 ng/pico
Espesor de la película µm	1 – 10	0.1 - 8

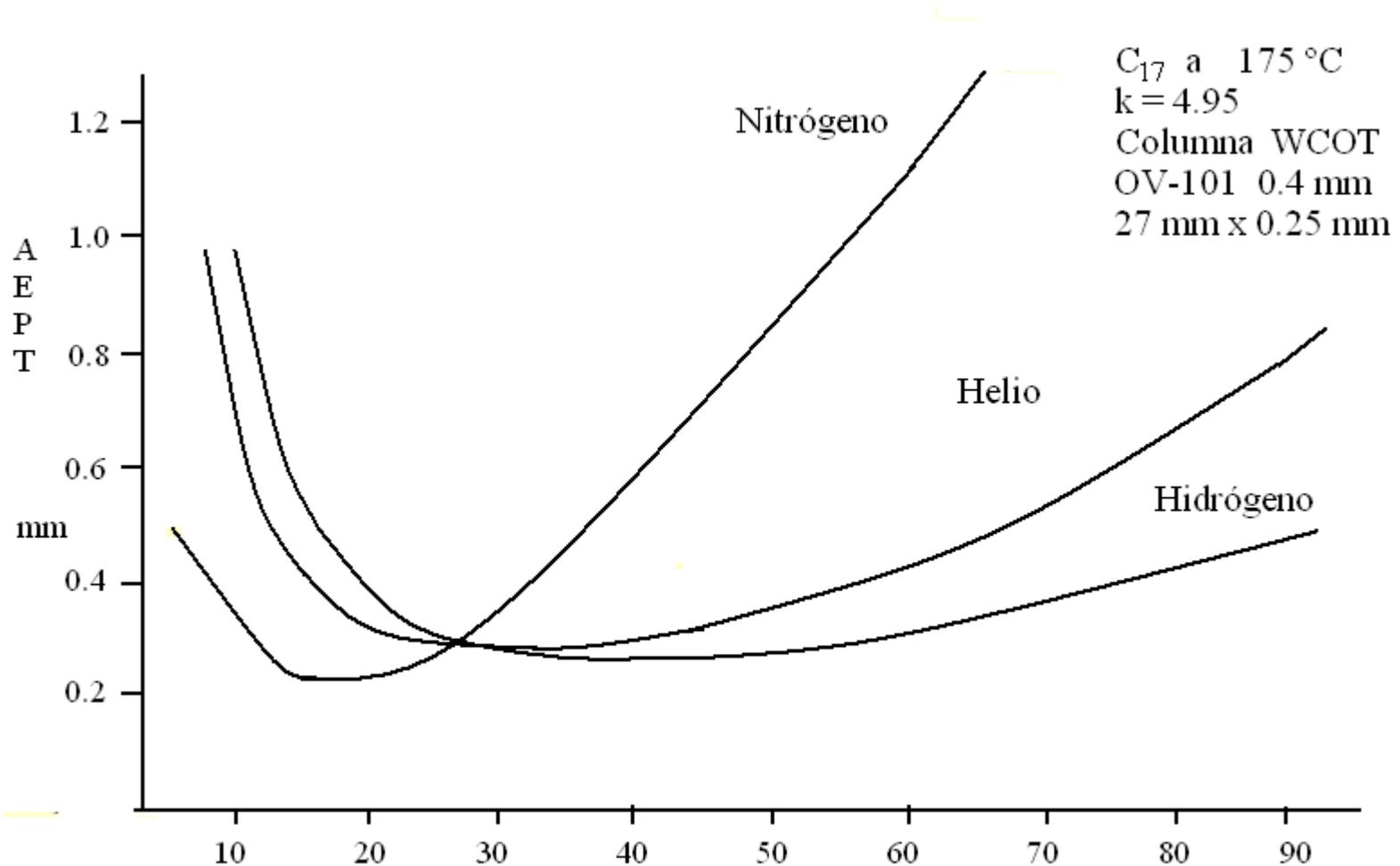
# Gas acarreador

- **Nitrógeno** Logra la menor altura equivalente a un plato teórico, a costa de la velocidad.
- **Helio** Mayor velocidad que el nitrógeno con pequeños incrementos en la altura equivalente a un plato teórico
- **Hidrógeno** el mejor, tiene mayor velocidad menor altura equivalente a un plato teórico, a costa de la velocidad.

# Influencia del flujo sobre el gas acarreador



# Influencia del flujo sobre el gas acarreador

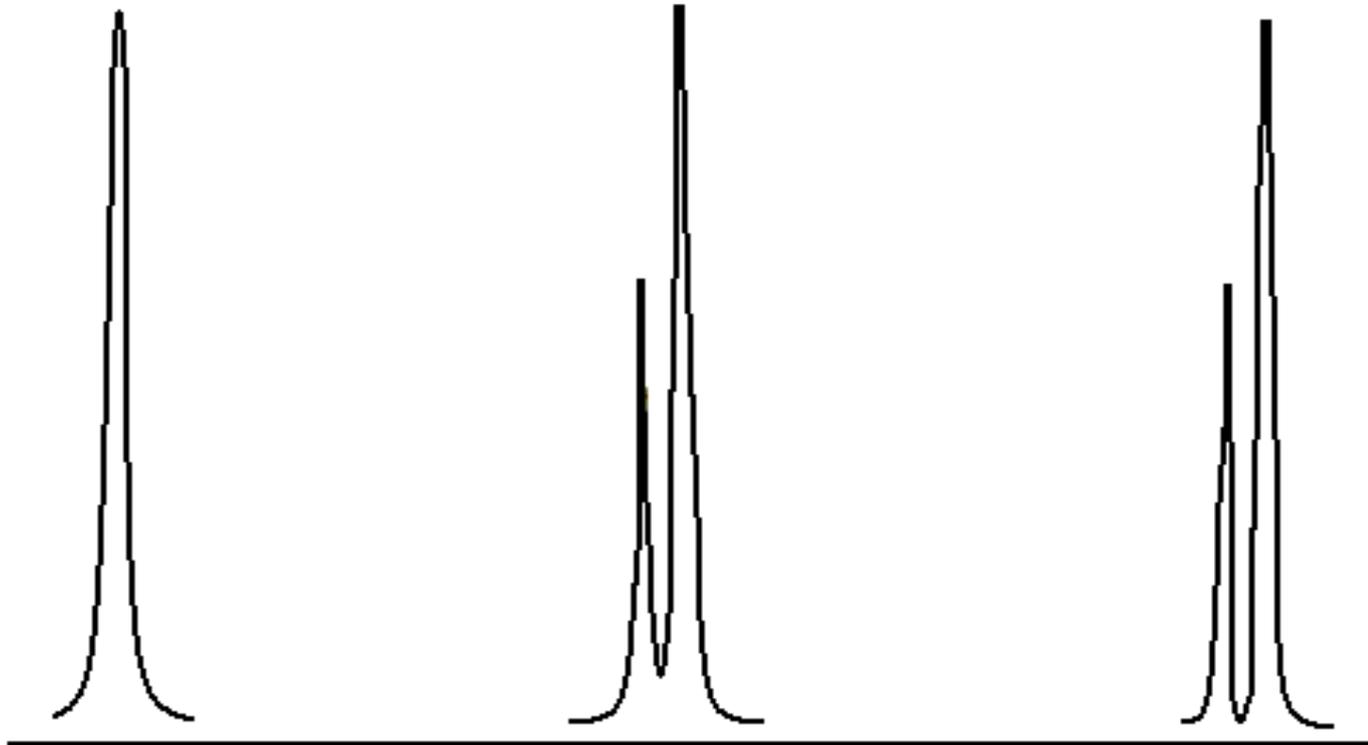


# Resolución por efecto del gas acarreador

Nitrógeno

helio

Hidrógeno



R = ----

1.15

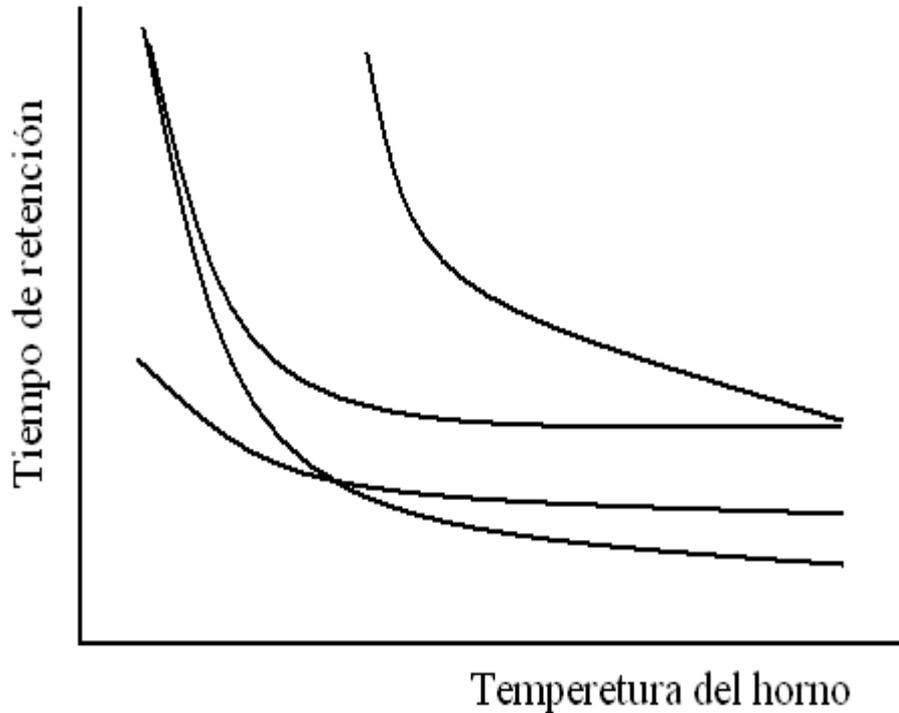
1.42

# Temperatura de la columna

Un incremento de la temperatura de la columna, reduce los tiempos de retención, más no todos los analitos son afectados con la misma intensidad

$$T_r = \frac{L}{v} (K + 1) \quad K \propto \frac{1}{T}$$

# Efecto de la temperatura



Al aumentar la T, se reduce el factor de retención  $k$  para cada analito

La intensidad de este efecto no es el mismo para todos los analitos.

La resolución puede mejorar o empeorar para un par crítico, e incluso el orden de elución se puede invertir

# Dimensiones de la columna

- Espesor de la fase estacionaria
- Diámetro interno de la columna
- Longitud de la columna

El espesor de la película y el diámetro interno, son los parámetros que mayor impacto causan

# Espesor de película de fase estacionaria y diámetro interno

$$K = \frac{\text{Masa del soluto en la fase líquida}}{\text{Masa del soluto en el gas acarreador}}$$

$$\beta = \frac{\text{volumen del gas acarreador en la columna}}{\text{Volumen de fase estacionaria en la columna}}$$

# Espesor de película de fase estacionaria y diámetro interno

K es el factor de retención

B es la relación de fases

$K_D$  es la constante de distribución

$$K_D = \frac{[A]_{\text{en fase líquida}}}{[A]_{\text{en fase gaseosa}}}$$

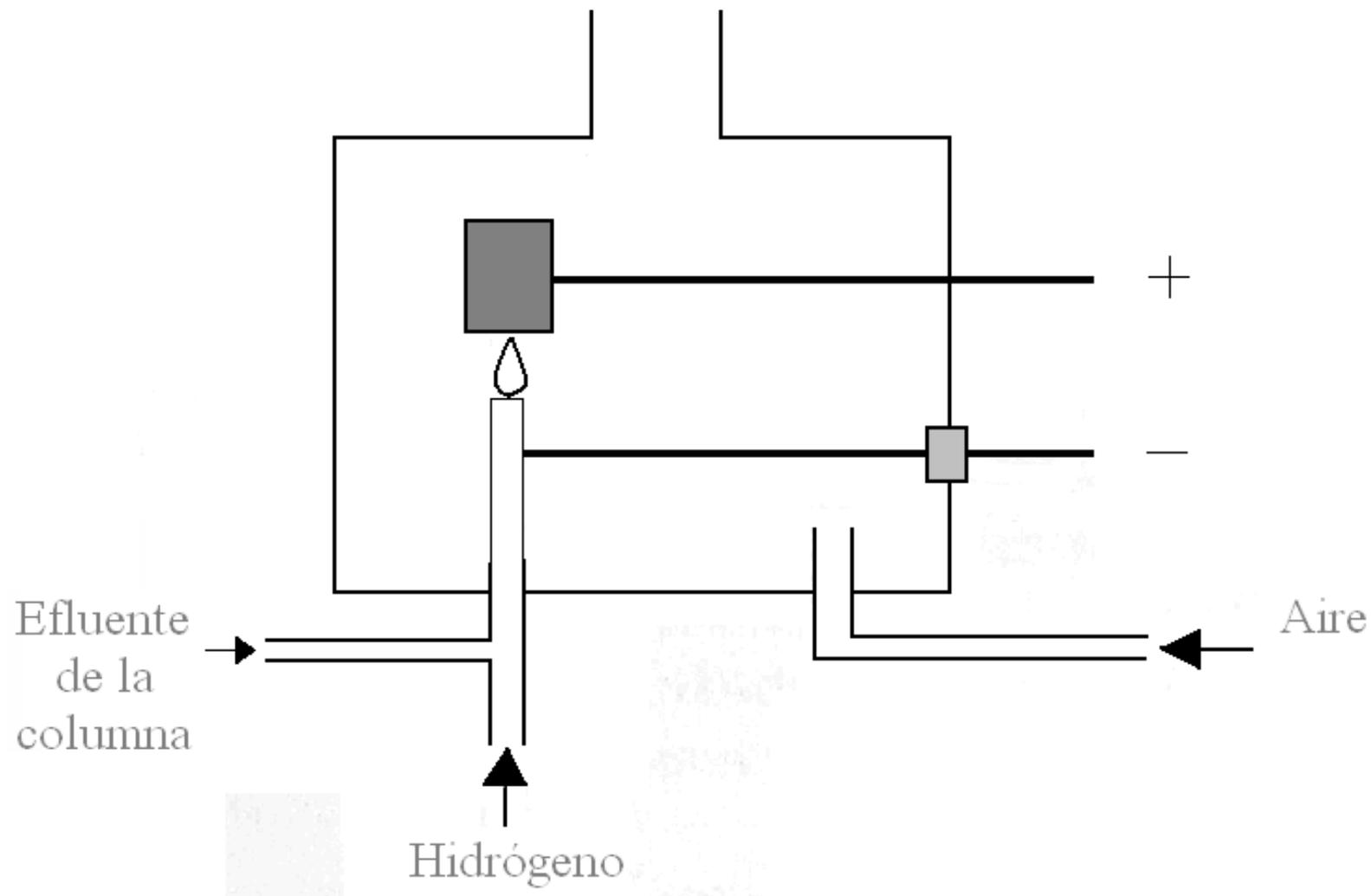
$$K_D = K \beta$$



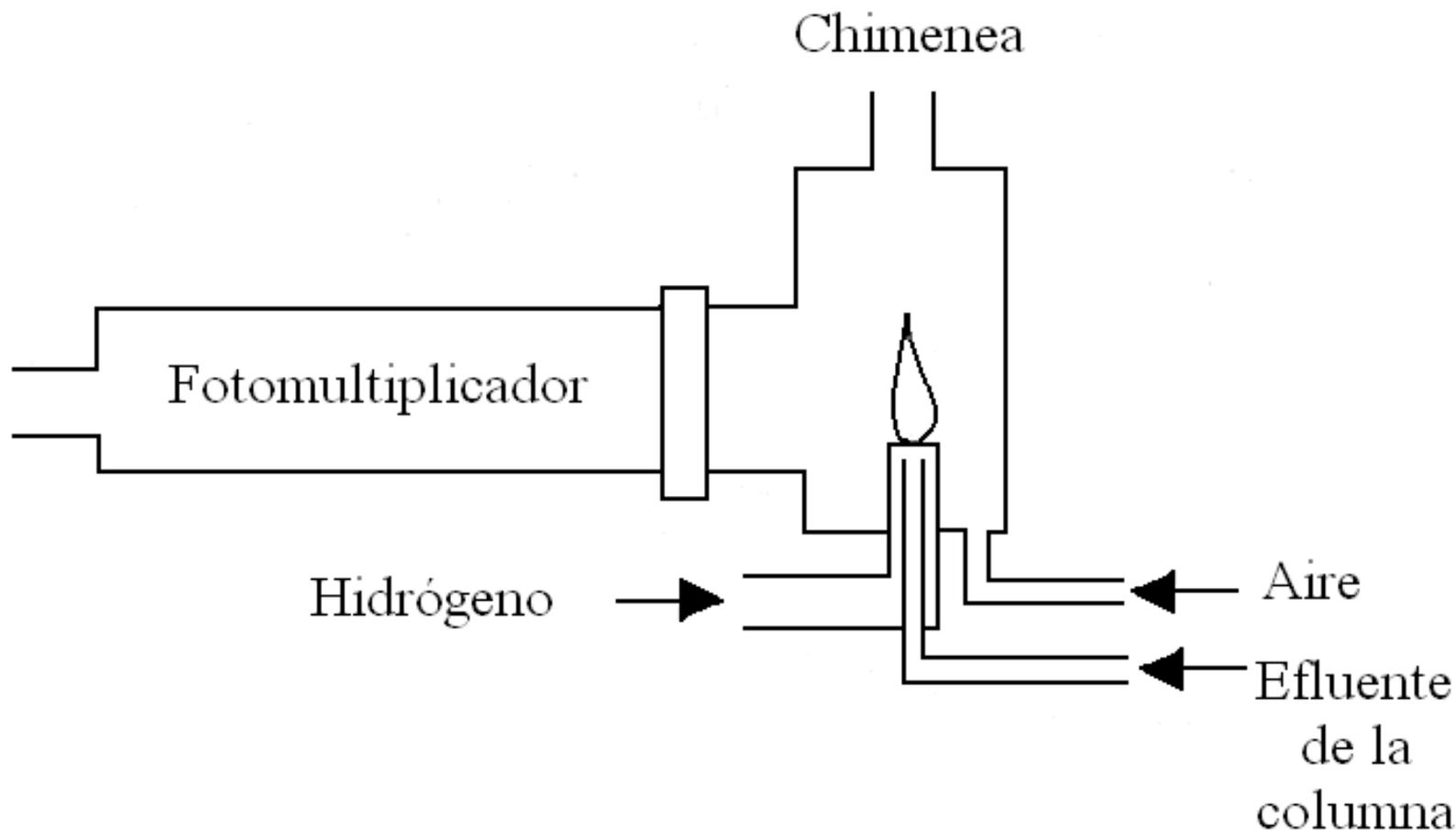




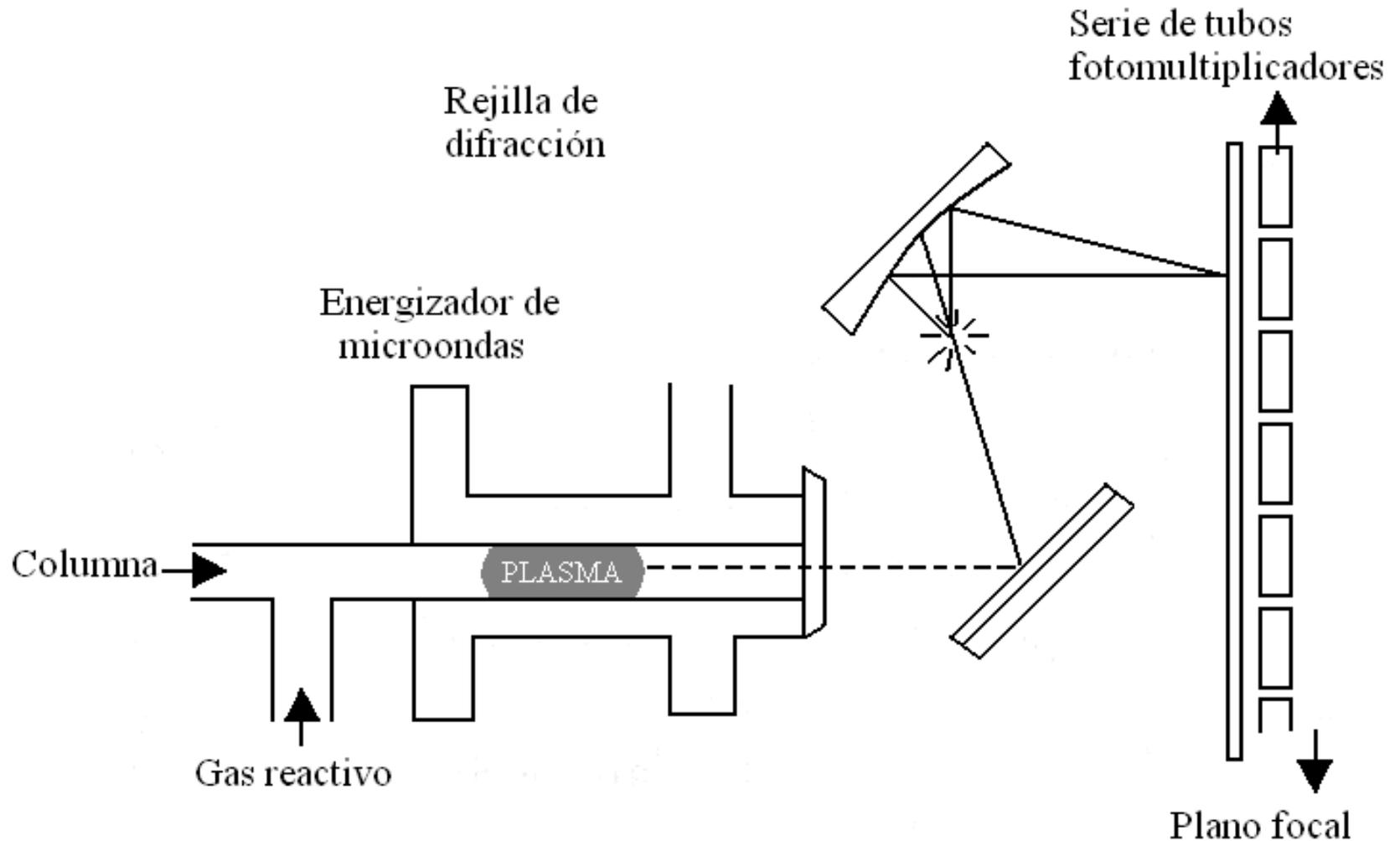
# DETECTOR DE IONIZACIÓN DE LLAMA



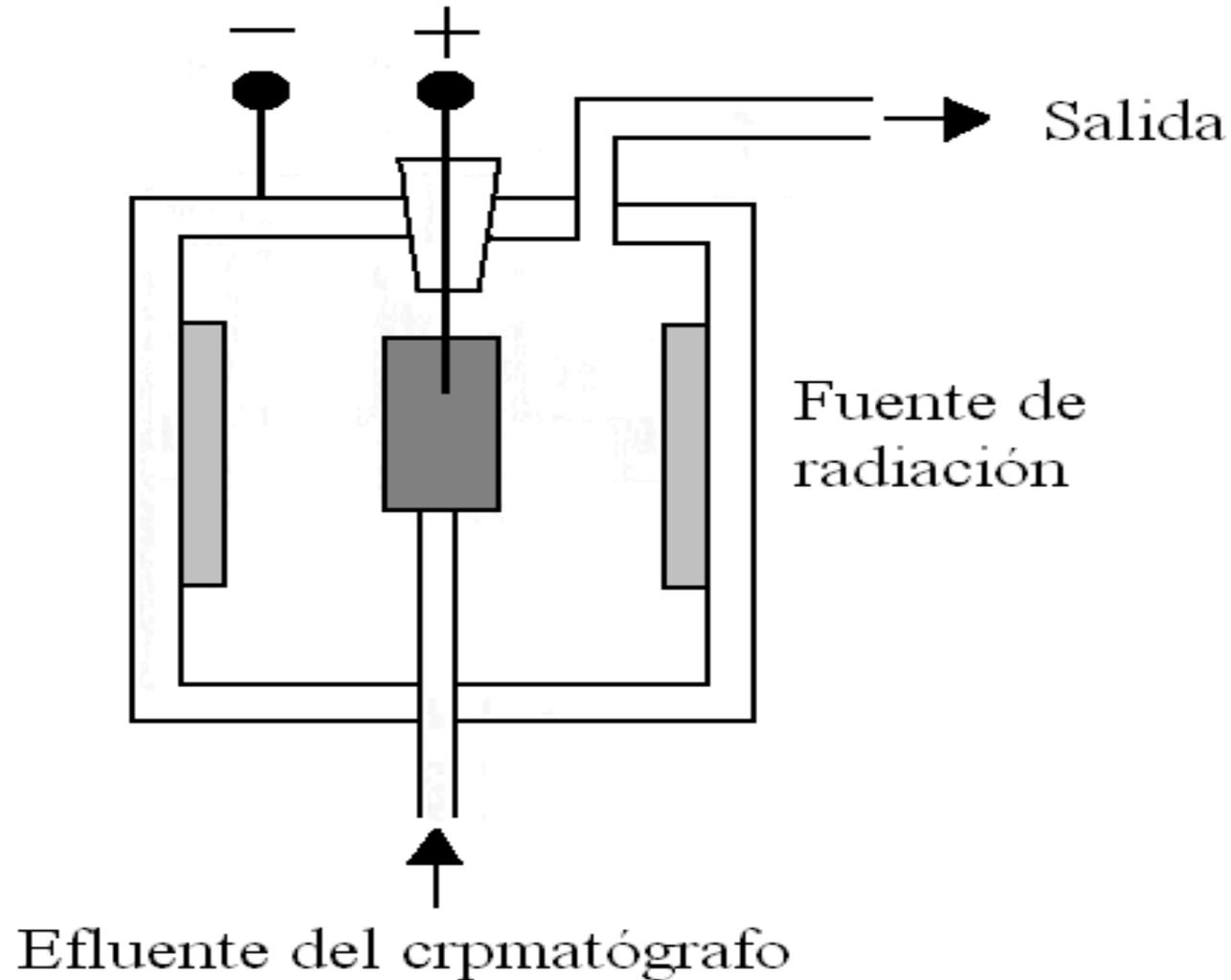
# DETECTOR FOTOMÉTRICO DE LLAMA



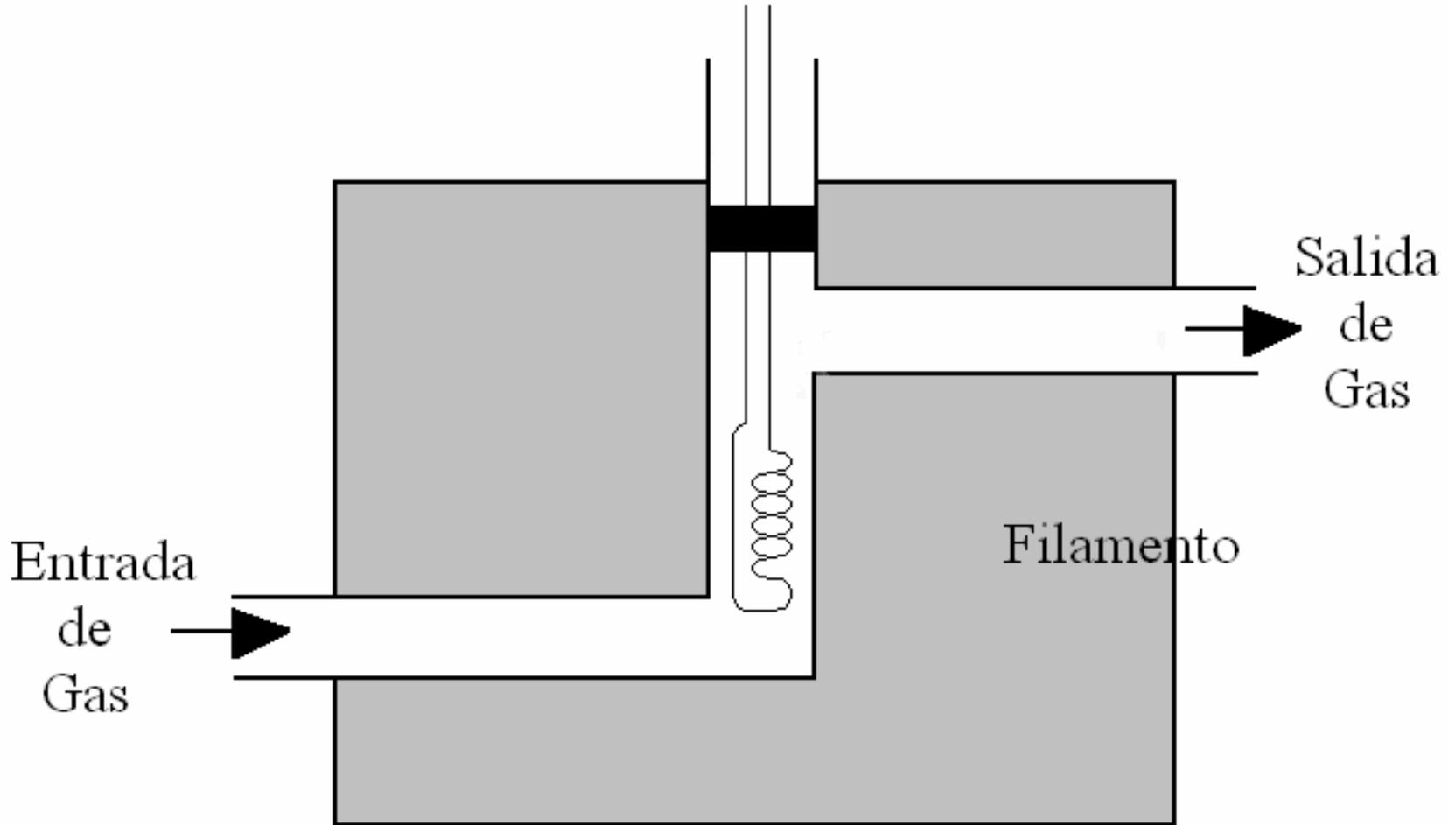
# DETECTOR DE EMISIÓN ATÓMICA



# DETECTOR DE CAPTURA DE ELECTRONES

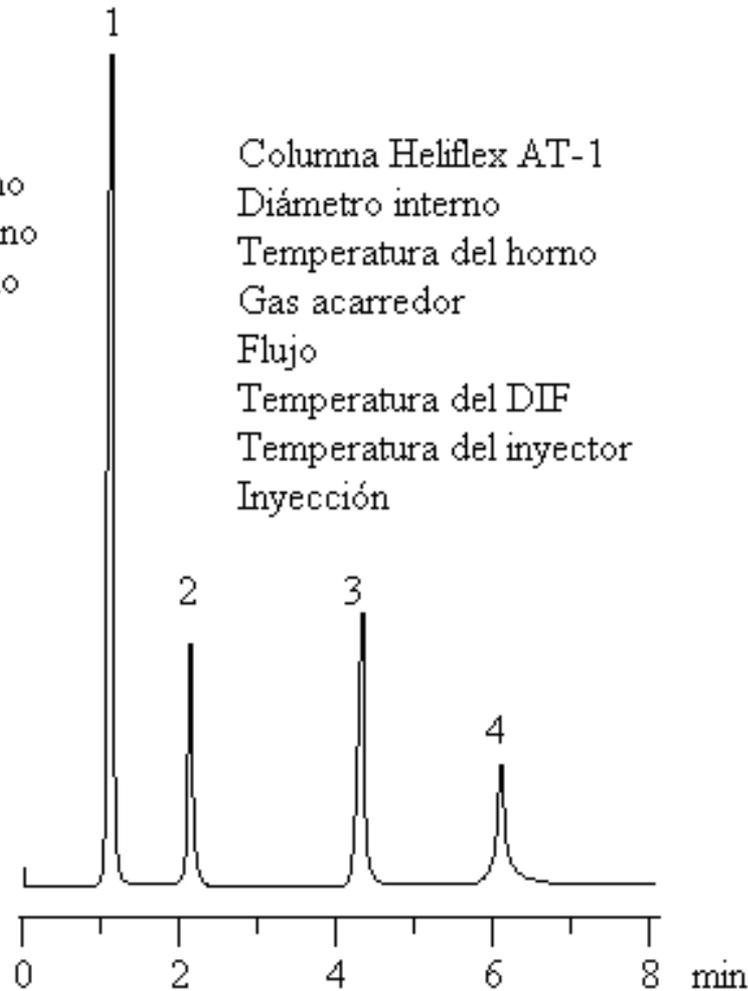


# DETECTOR DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA



# Hidrocarburos cíclicos

- 1.- Ciclohexano
- 2.- Cicloheptano
- 3.- Ciclooctano
- 4.- n-Decano



Columna Heliflex AT-1

Diámetro interno

Temperatura del horno

Gas acarredor

Flujo

Temperatura del DIF

Temperatura del inyector

Inyección

10 m

0.53 mm, 1.2  $\mu$ m

40 °C a 100 °C a 5 °C/min

helio

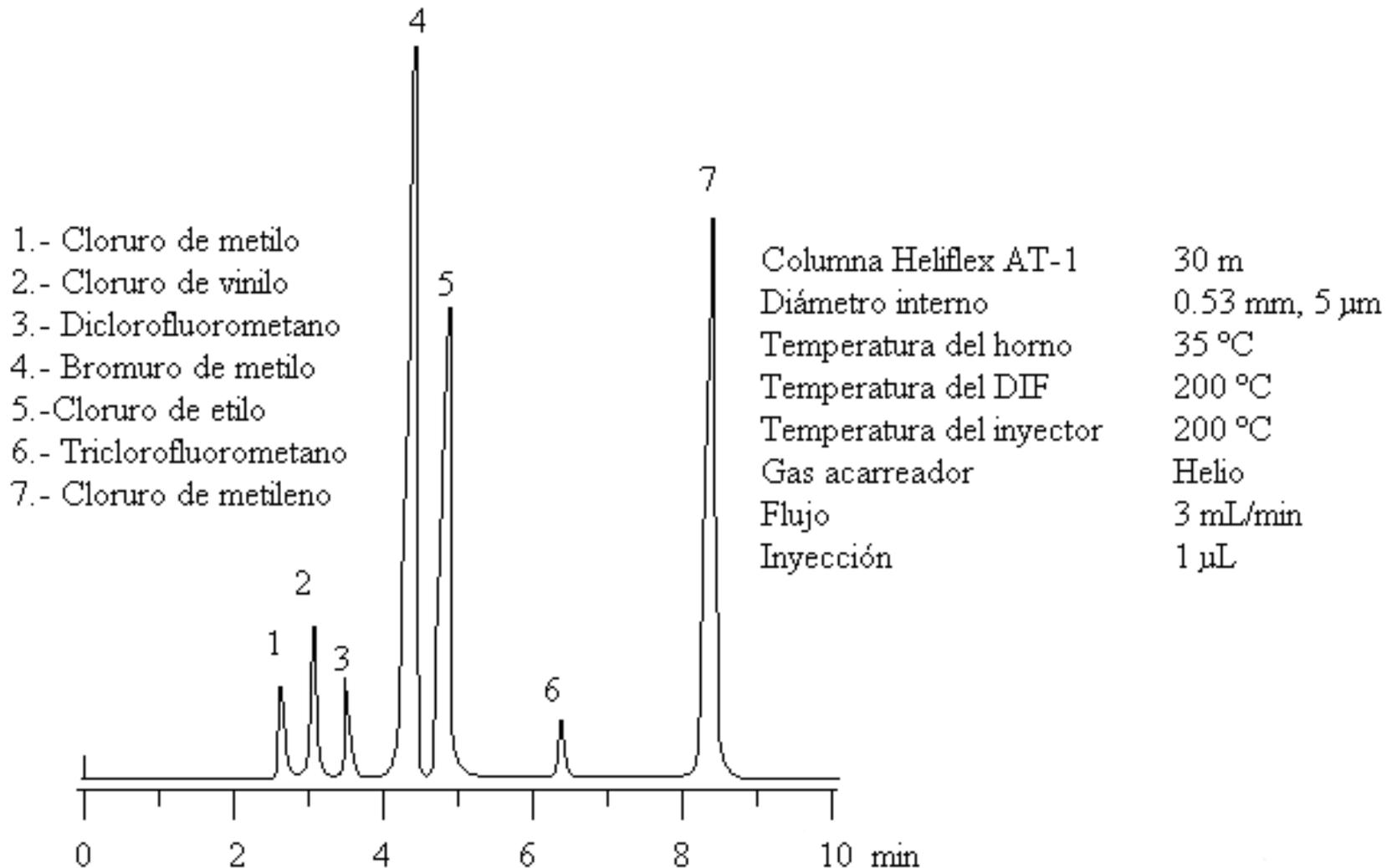
5 mL/min

200 °C

200 °C

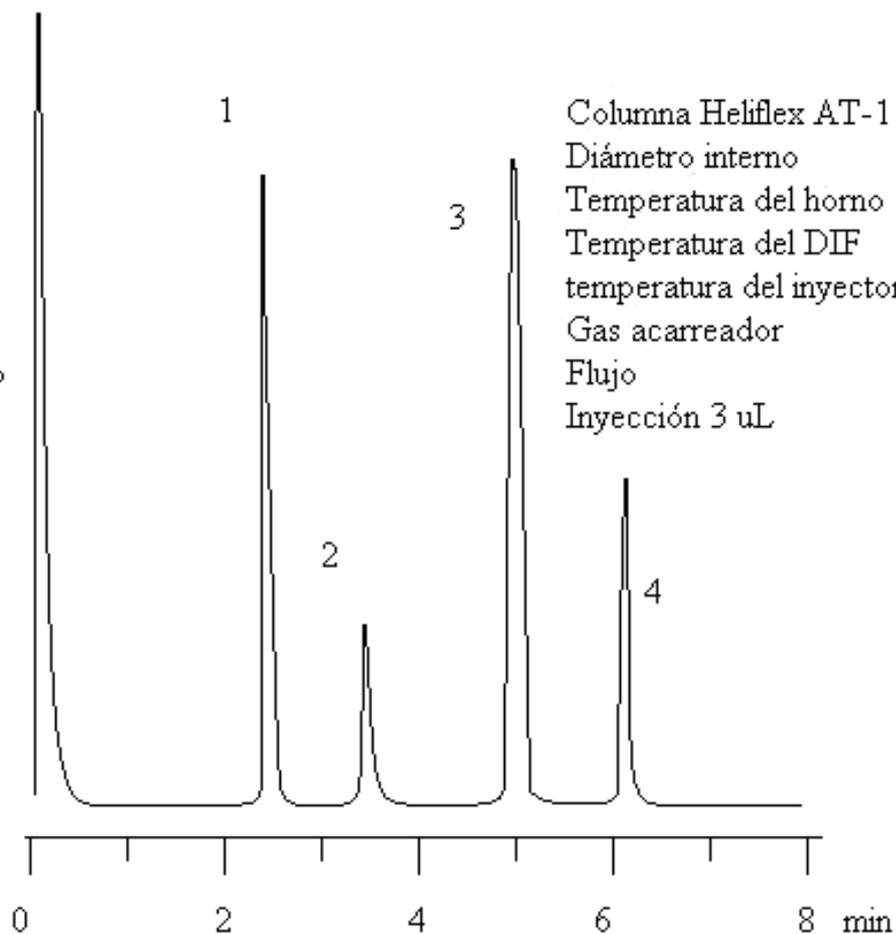
1  $\mu$ L

# Hidrocarburos halogenados



# Hidrocarburos halogenados

- 1.- 1,3-Dclorobenceno
- 2.- Hexacloroetano
- 3.- 1,2,4-Triclorobenceno
- 4.- Hexacloro-1,3-butadieno

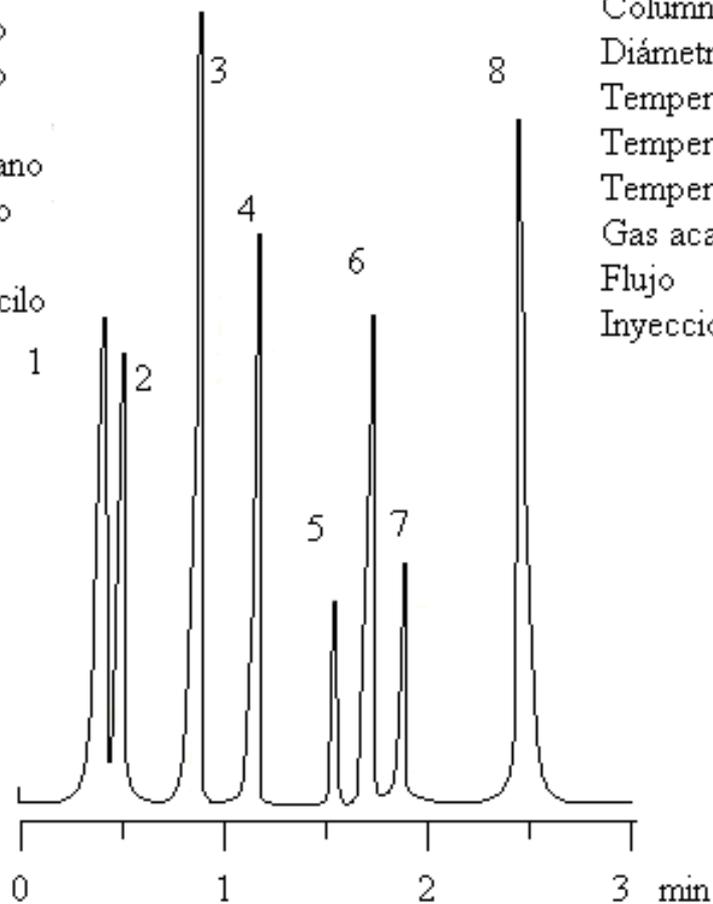


Columna Heliflex AT-1 10 m  
Diámetro interno 0.53 mm, 1.2  $\mu$ m  
Temperatura del horno 40 °C a 90 °C a 5 °C/min  
Temperatura del DIF 200 °C  
temperatura del inyector 200 °C  
Gas acarreador Helio  
Flujo 20 mL/min  
Inyección 3  $\mu$ L

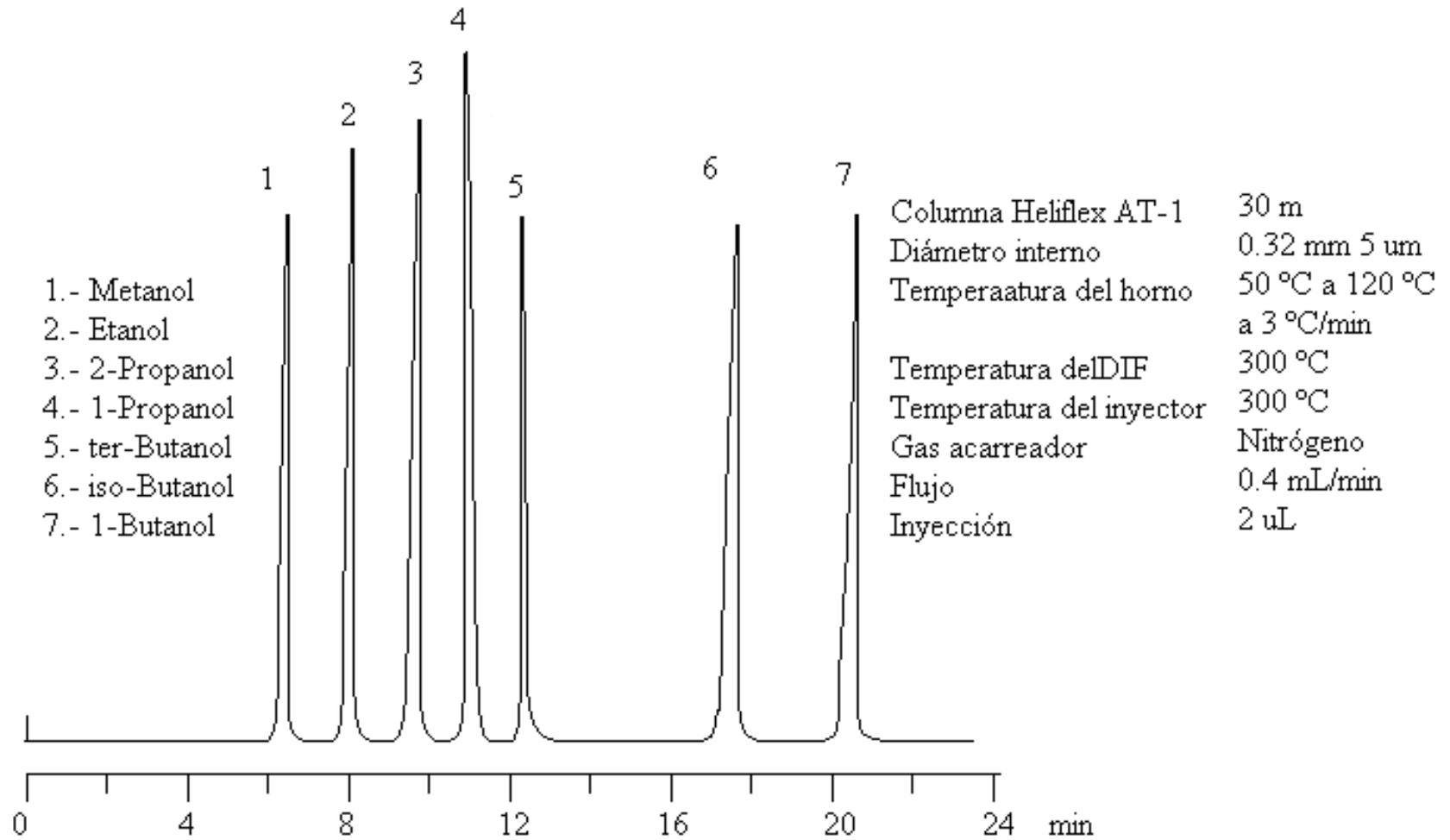
# Halogenados aromáticos

- 1.- 2-Bromobutano
- 2.- 1-Bromobutano
- 3.- Clorobenceno
- 4.- 1,4-Diclorobutano
- 6.- 1-Bromohexano
- 7.- o-Clorotulueno
- 8.- Cloruro de bencilo

Columna heliflex AT-1	10 m
Diámetro interno	0.53 mm, 1.2 $\mu$ m
Temperatura del horno	60 °C
Temperatura del DIF	150 °C
Temperatura del inyector	150 °C
Gas acarreador	Helio
Flujo	10 mL/min
Inyección	2 $\mu$ L

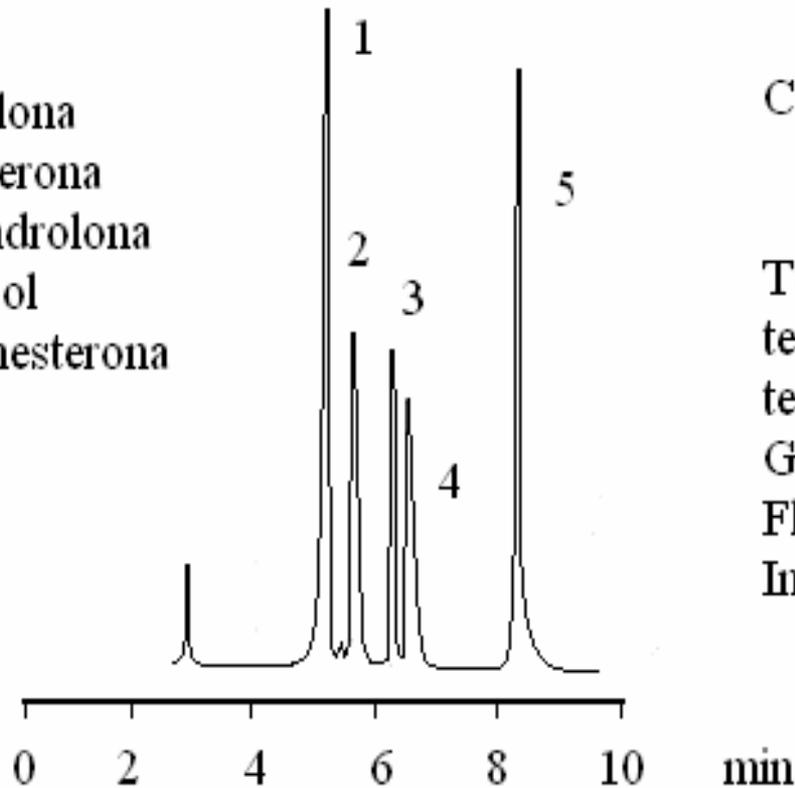


# Alcoholes



# Esteroides anabólicos

- 1 Nandrolona
- 2 Testosterona
- 3 Noretandrolona
- 4 Clostebol
- 5 Fluoximesterona

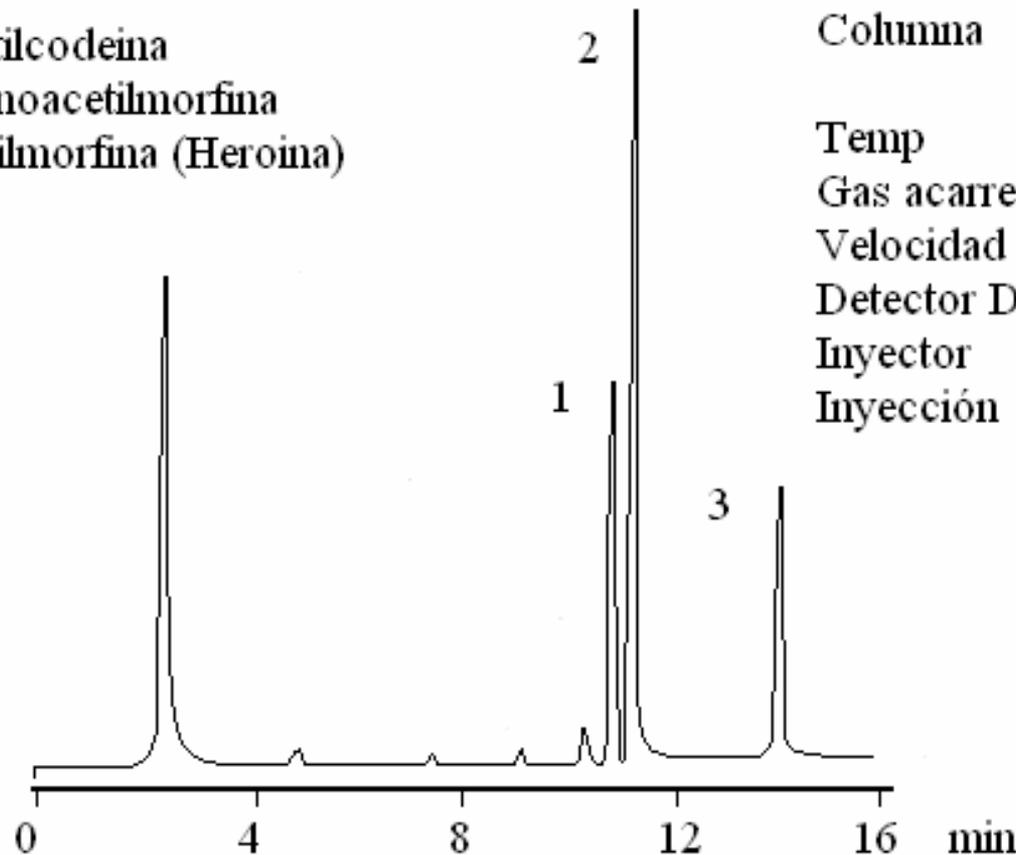


Columna	Cap EC-5
	30 m x 0.25 mm
	x 0.25 $\mu$ m
Temp. columna	300 °C
temp detector FID	340 °C
temp inyector	320 °C
Gas acarreador	helio
Flujo	0.65 mL/min
Inyección	1.0 $\mu$ L

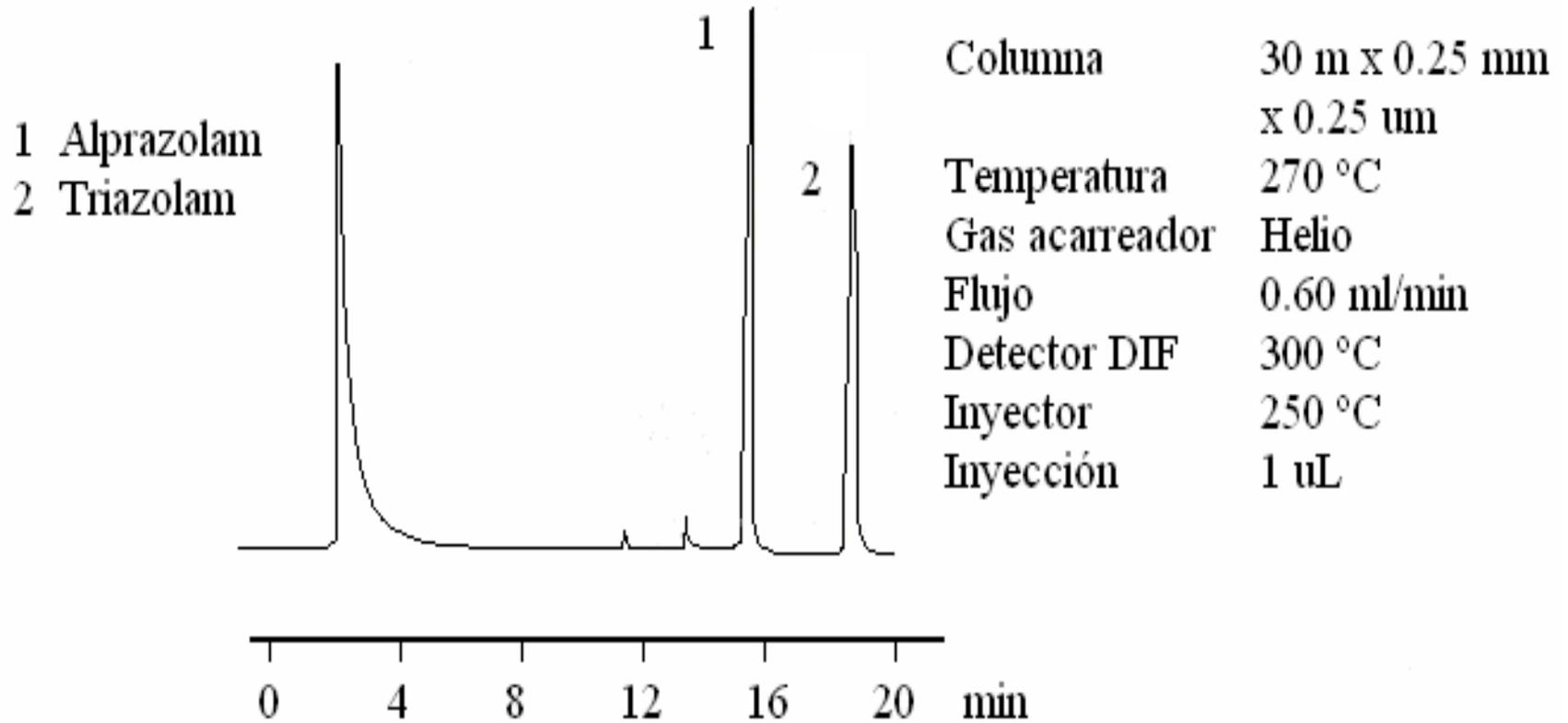
# Opiatos

- 1 6-Acetilcodeína
- 2 6- Monoacetilmorfina
- 3 Diacetilmorfina (Heroína)

Columna	30 m x 0.25 mm x 0.25 $\mu$ m
Temp	260 °C
Gas acarreador	Helio
Velocidad de flujo	0.65 mL/min
Detector DIF	300 °C
Inyector	280 °C
Inyección	0.5 $\mu$ L

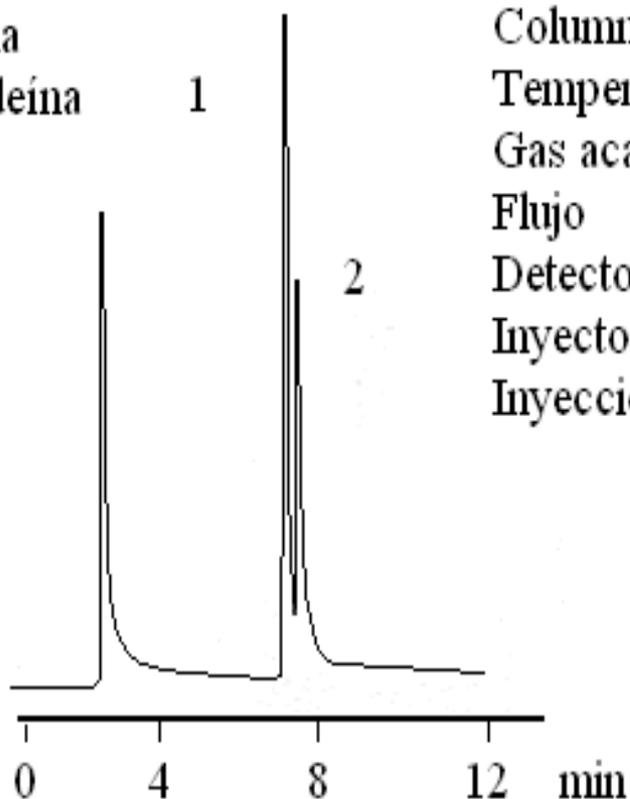


# Sedativos



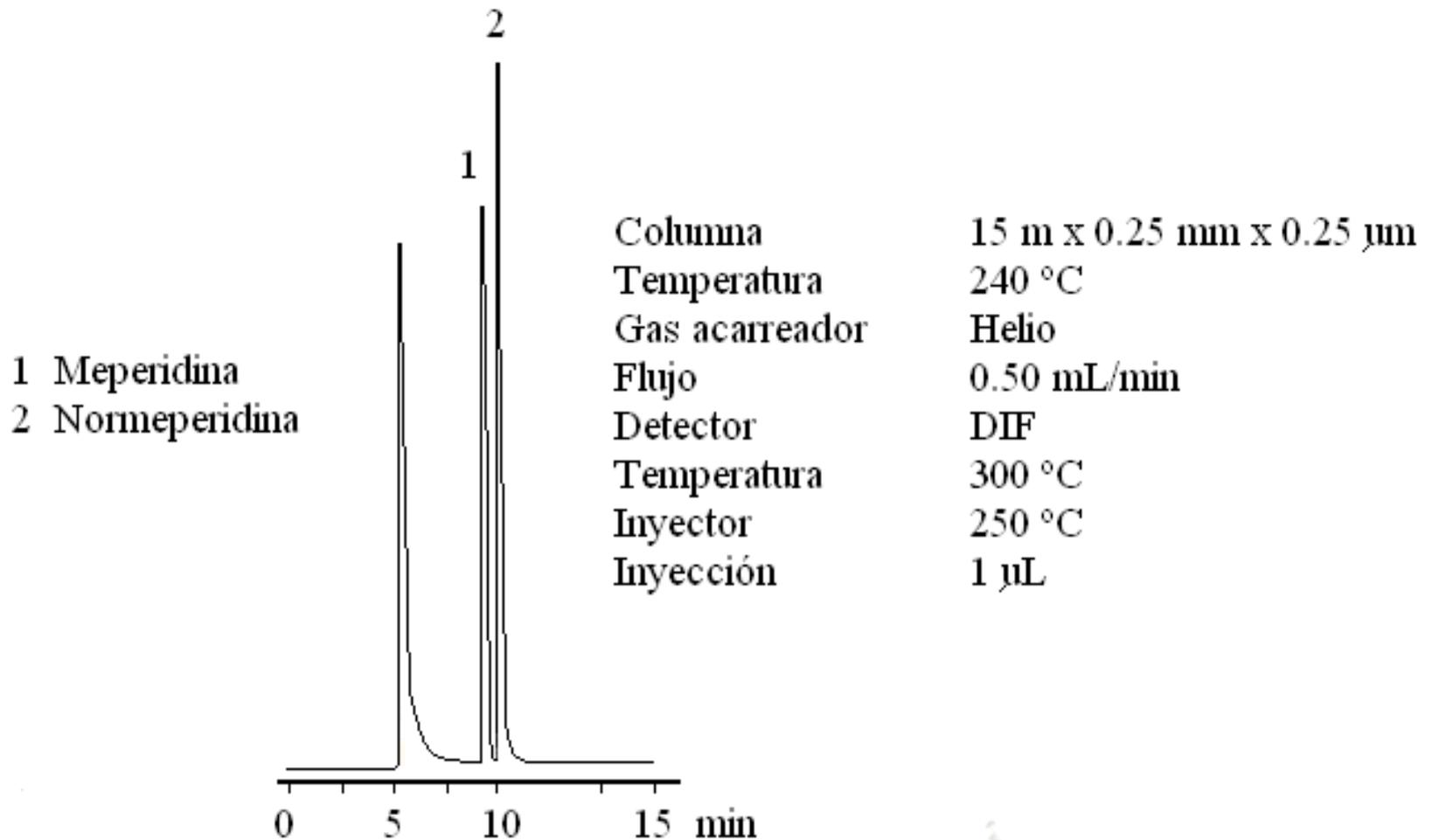
# Codeína y metabolito

1 Codeína  
2 Norcodeína



Columna	30 m x 0.25 mm x 0.25 $\mu$ m
Temperatura	250 °C
Gas acareador	Helio
Flujo	0.75 mL/min
Detector DIF	280 °C
Inyector	280 °C
Inyección	1.2 $\mu$ L

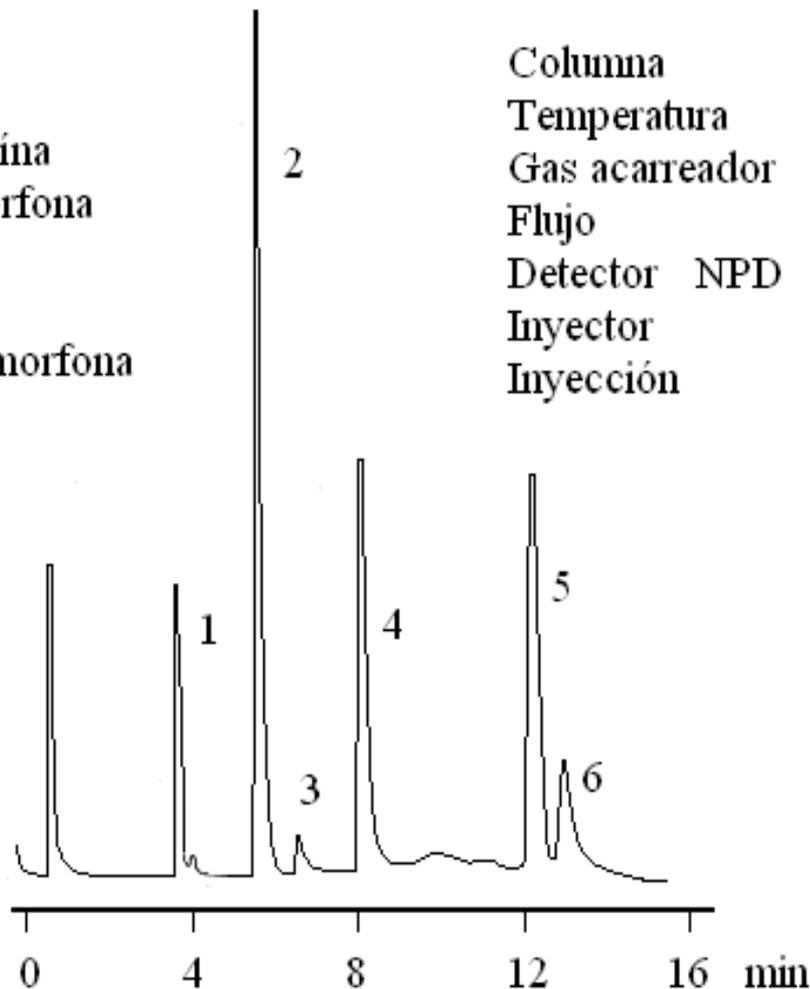
# Meperidina y metabolito



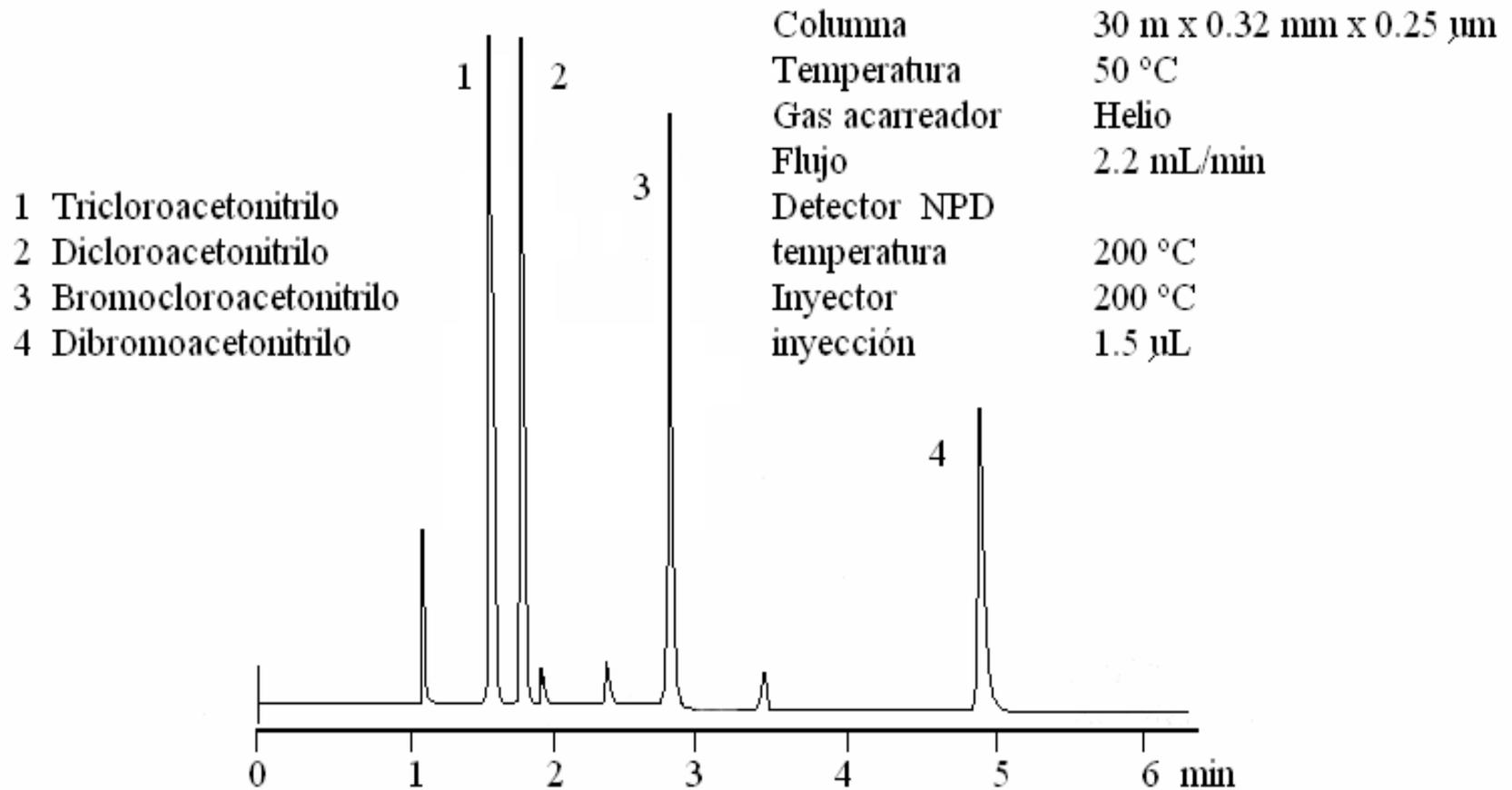
# Narcóticos Analgésicos

- 1 Levorfanol
- 2 Dihidrocodeína
- 3 TMS.Oximorfona
- 4 Oxicodona
- 5 Fenazocina
- 6 TMS-Hidromorfona

Columna	15 m x 0.563 mm x 1.20 $\mu$ m
Temperatura	240 °C
Gas acarreador	Helio
Flujo	10 mL/min
Detector NPD	300 °C
Inyector	270 °C
Inyección	2 $\mu$ l



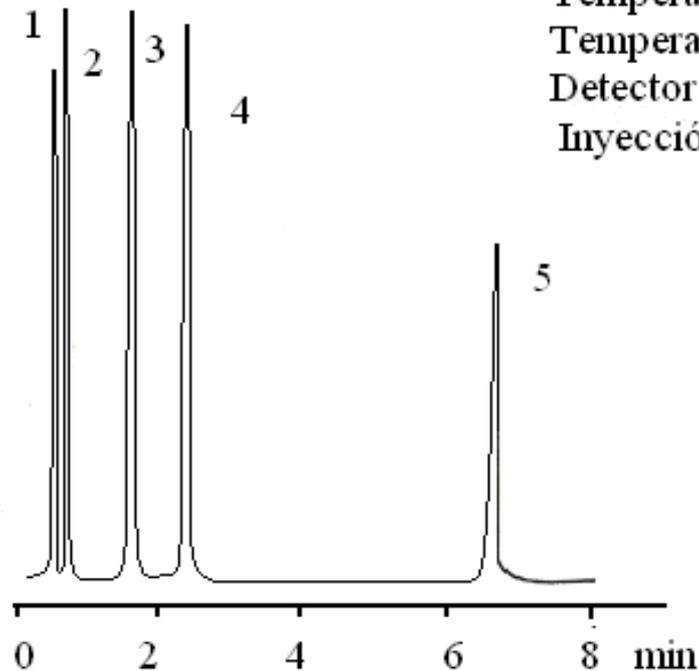
# Acetonitrilos halogenados



# Alcoholes aromáticos

- 1 Alcohol bencílico
- 2 Alcohol  $\alpha$ - $\alpha$ -dimetilbencílico
- 3 3-fenil-1-propanol
- 4 Alcohol cinámico
- 5 Benzohidrol

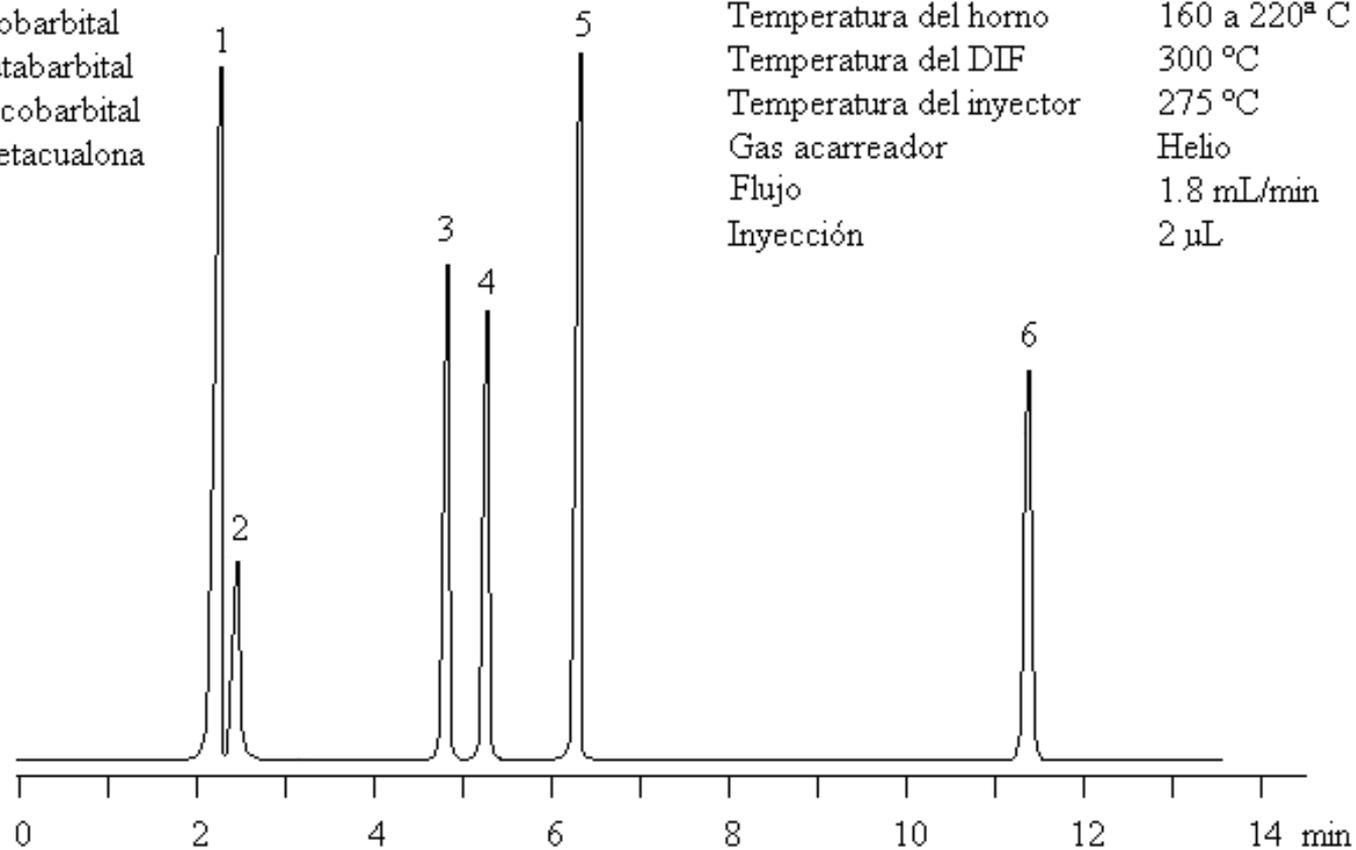
Columna	Heliflex AT 10 m x 0.53 mm x 1.20 $\mu$ m
Gas acarreador	helio
Velocidad de flujo	9.6 mL/min
Temperatura del horno	140 °C
Temperatura de inyección	140 °C
Detector FID	140 °C
Inyección	1.5 $\mu$ L



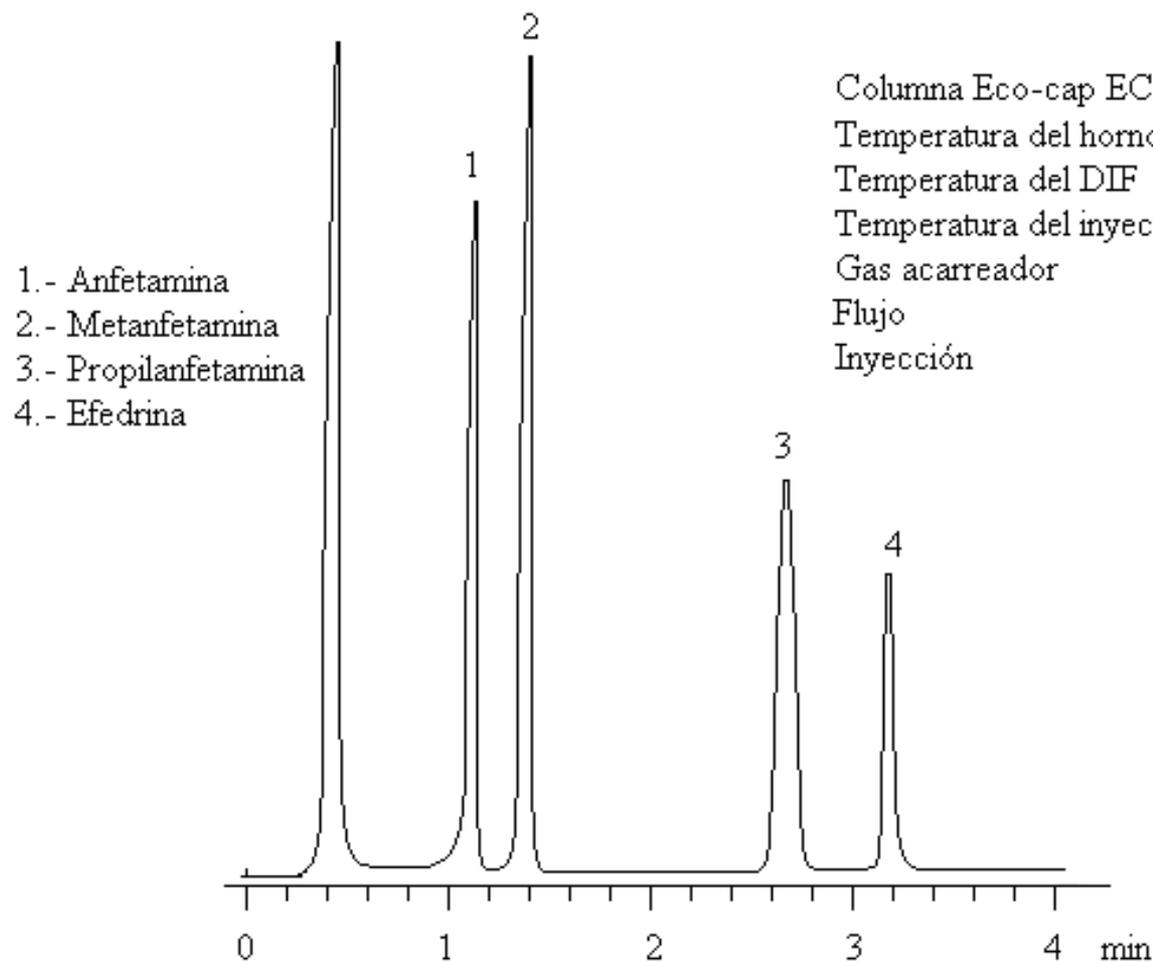
# Hipnóticos

- 1.- Tricloroetanol
- 2.- Alobarbital
- 3.- Butabarbital
- 4.- Secobarbital
- 6.- Metacualona

Columna Eco-cap-1 30 m x 0.32 mm x 0.25  $\mu$ m  
Temperatura del horno 160 a 220<sup>a</sup> C a 10 °C/min  
Temperatura del DIF 300 °C  
Temperatura del inyector 275 °C  
Gas acarreador Helio  
Flujo 1.8 mL/min  
Inyección 2  $\mu$ L



# Estimulantes

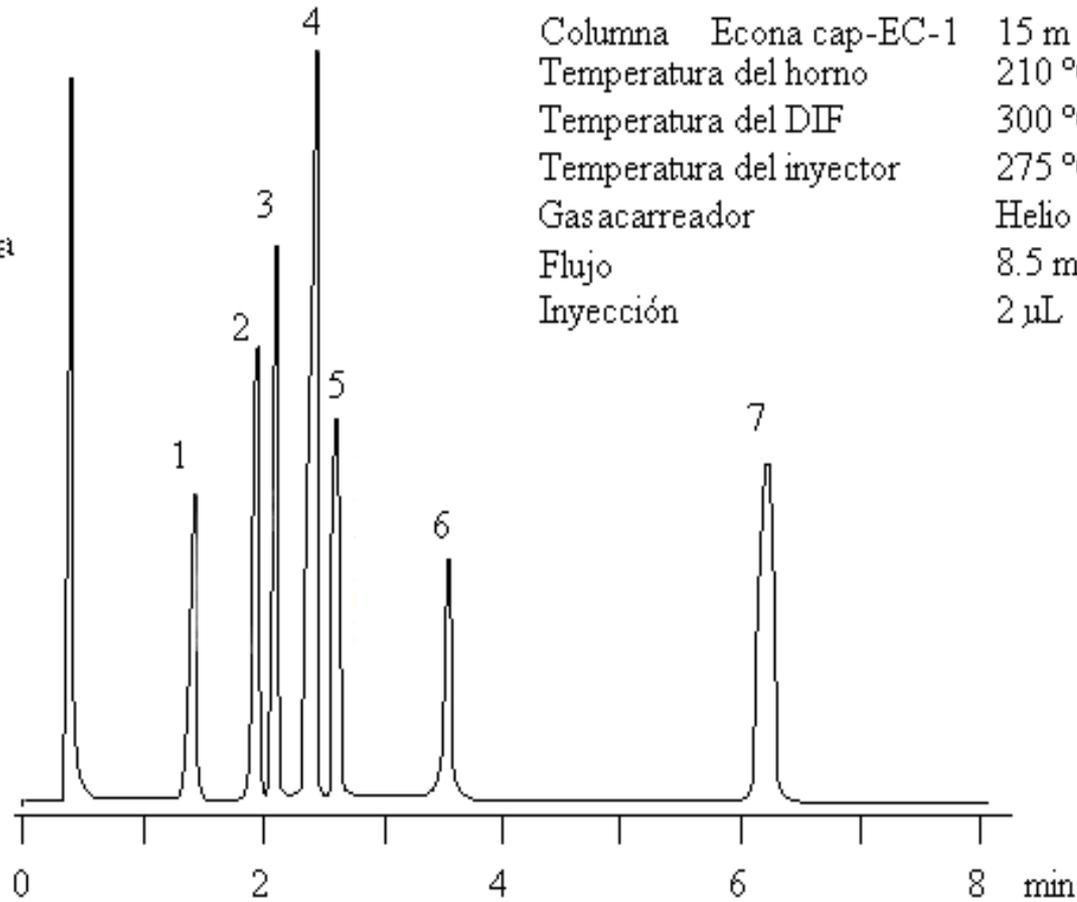


Columna Eco-cap EC-1	15 m x 0.53 mm x 1.2 $\mu$ m
Temperatura del horno	130 $^{\circ}$ C
Temperatura del DIF	300 $^{\circ}$ C
Temperatura del inyector	275 $^{\circ}$ C
Gas acarreador	Helio
Flujo	8.7 mL/min
Inyección	1 $\mu$ L

# Antihistamínicos

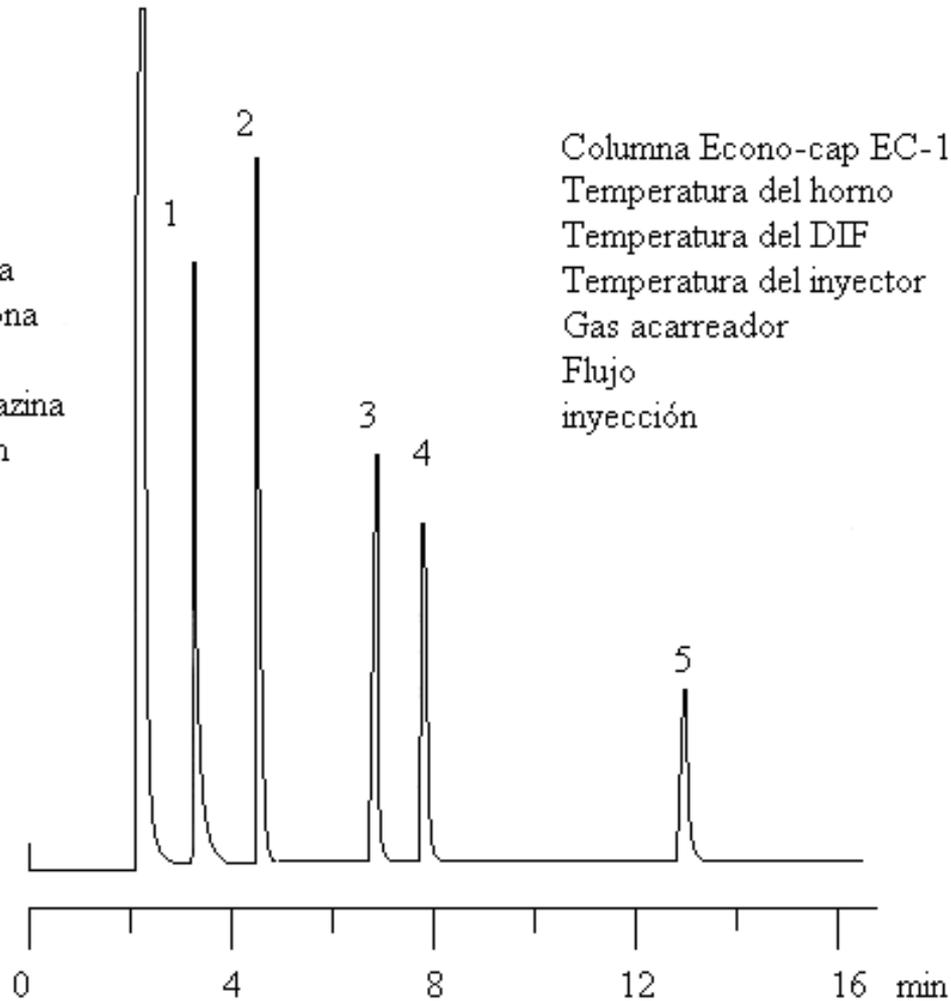
- 1.- feniramina
- 2.- Doxilamina
- 3.- Orfenadrina
- 4.- Metapirralina
- 5.- Clorfeniramina
- 6.- Difetilpiralina
- 7.- Prometazina

Columna	Econa cap-EC-1	15 m X 0.53 mm X 1.2 $\mu$ m
Temperatura del horno		210 °C
Temperatura del DIF		300 °C
Temperatura del inyector		275 °C
Gasacarreador		Helio
Flujo		8.5 mL/min
Inyección		2 $\mu$ L



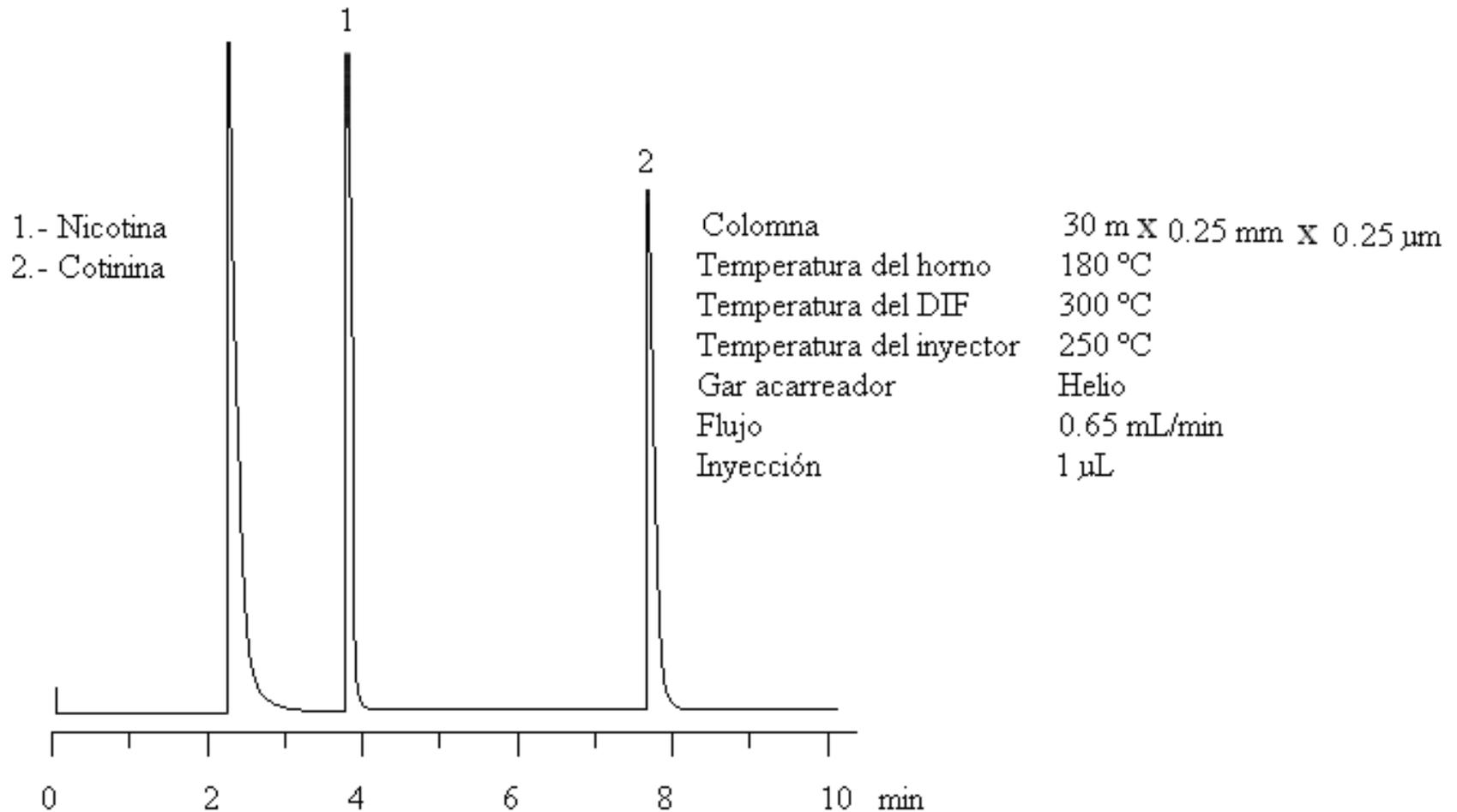
# Depresivos

- 1.- Glutetimida
- 2.- Metacualona
- 3.- Diazepan
- 4.- Clorpromazina
- 5.- Flurazepan



Columna Econo-cap EC-1	30 m X 0.25 mm X 0.25 $\mu$ m
Temperatura del horno	260 $^{\circ}$ C
Temperatura del DIF	300 $^{\circ}$ C
Temperatura del inyector	280 $^{\circ}$ C
Gas acarreador	Helio
Flujo inyección	0.65 mL/min 2 $\mu$ L

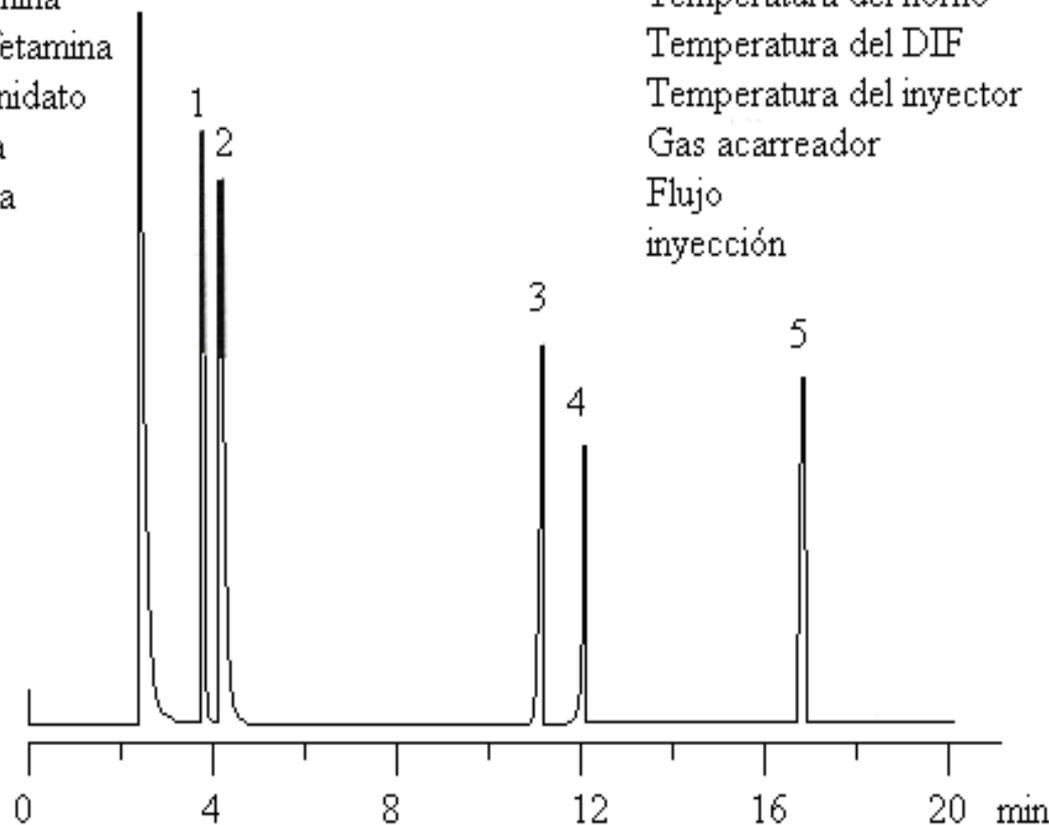
# Nicotina y metabolito



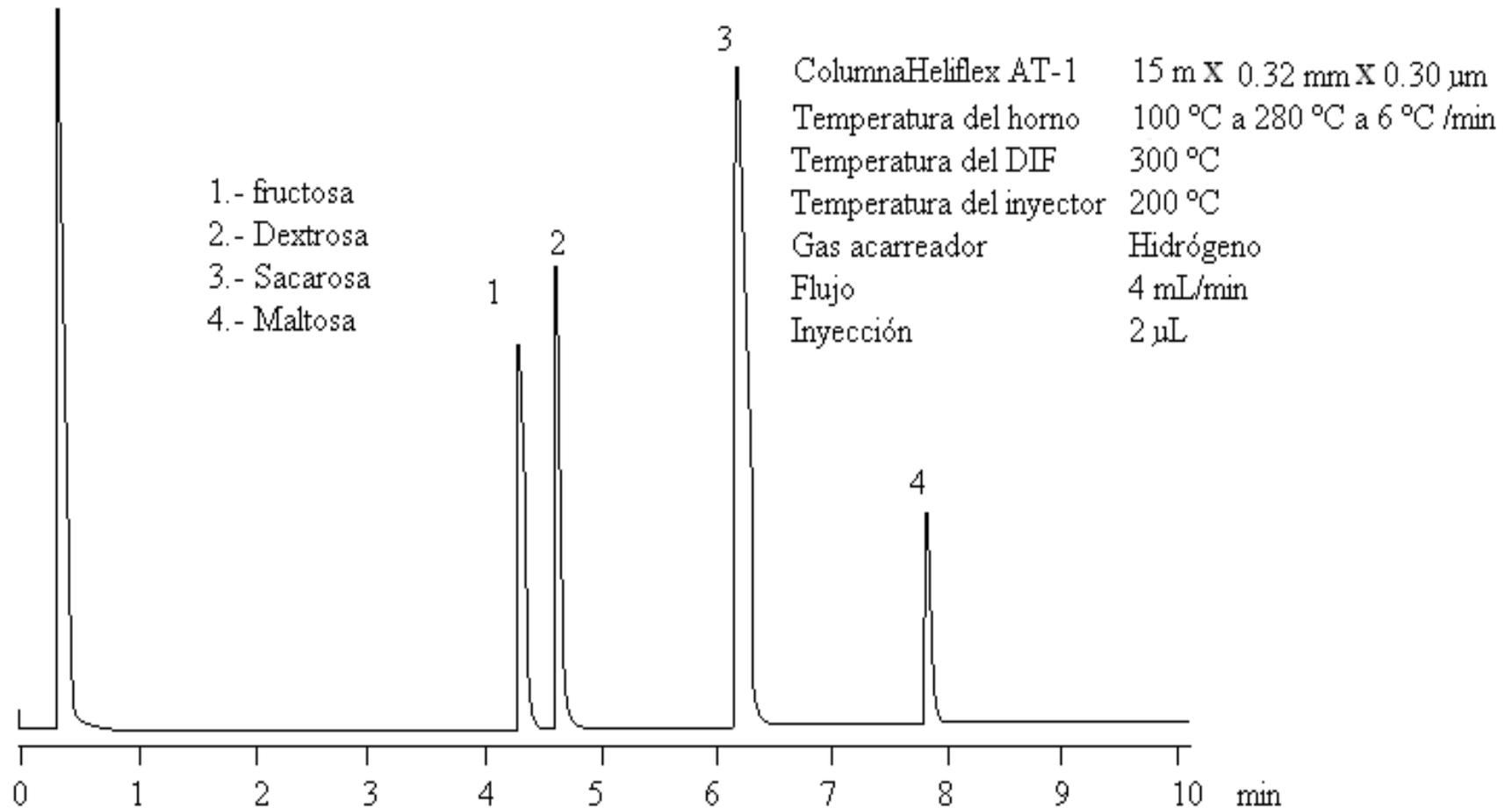
# Estimulantes

- 1.- Anfetamina
- 2.- Metanfetamina
- 3.- Metilfenidato
- 4.- Cafeína
- 5.- Cocaína

Columna Eco-cap EC-1	30 m X 0.25 mm X 0.25 $\mu$ m
Temperatura del horno	150 °C
Temperatura del DIF	300 °C
Temperatura del inyector	250 °C
Gas acarreador	helio
Flujo inyección	0.65 mL/min
	1 $\mu$ L



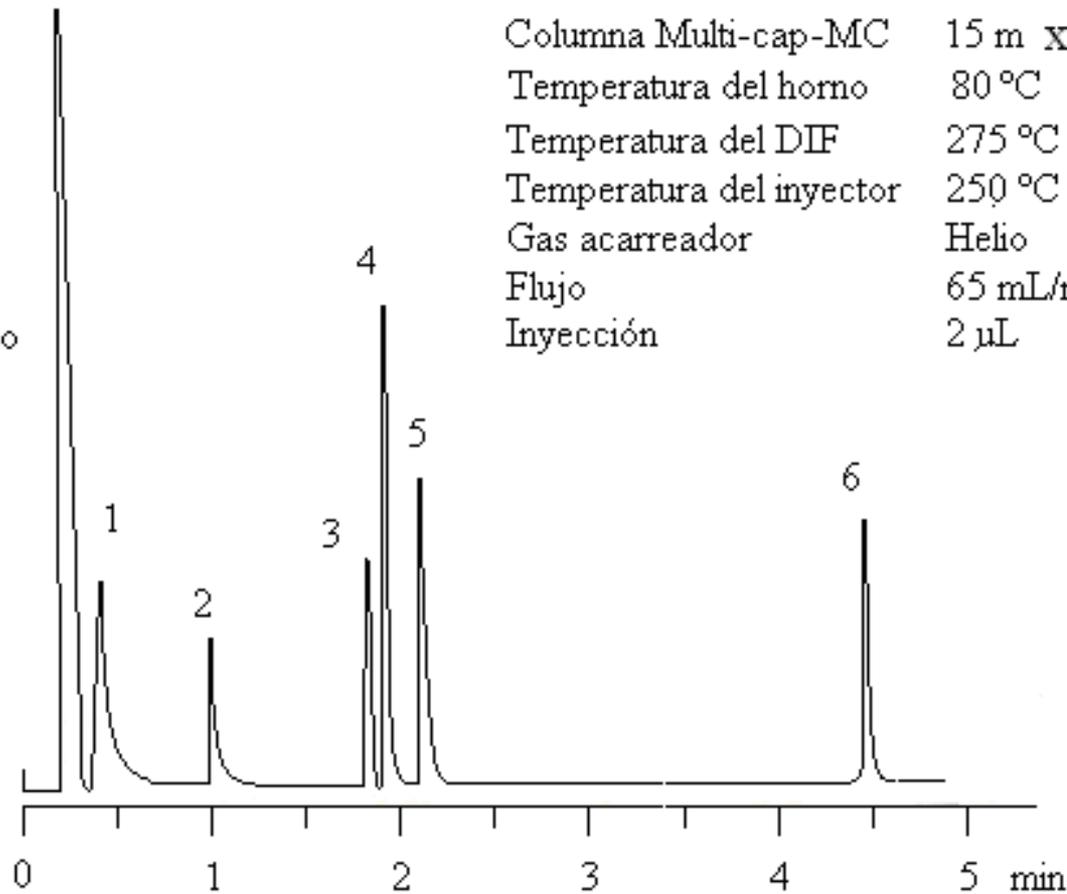
# Azúcares



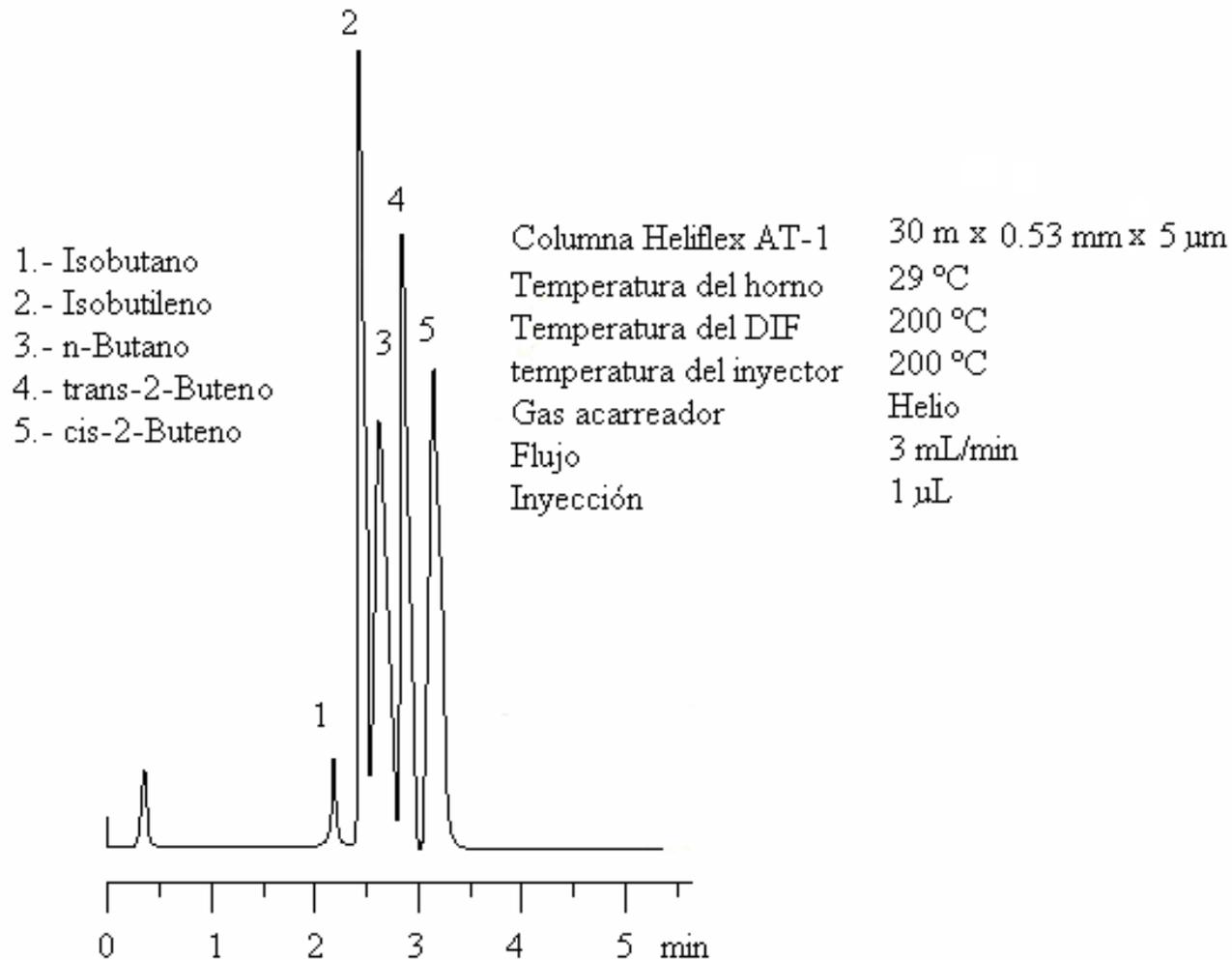
# Hidrocarburos aromáticos

- 1.- Benceno
- 2.- Tolueno
- 3.- Etilbenceno
- 4.- p-Xileno
- 5.- o-Xileno
- 6.- 1-Metilnaptaleno

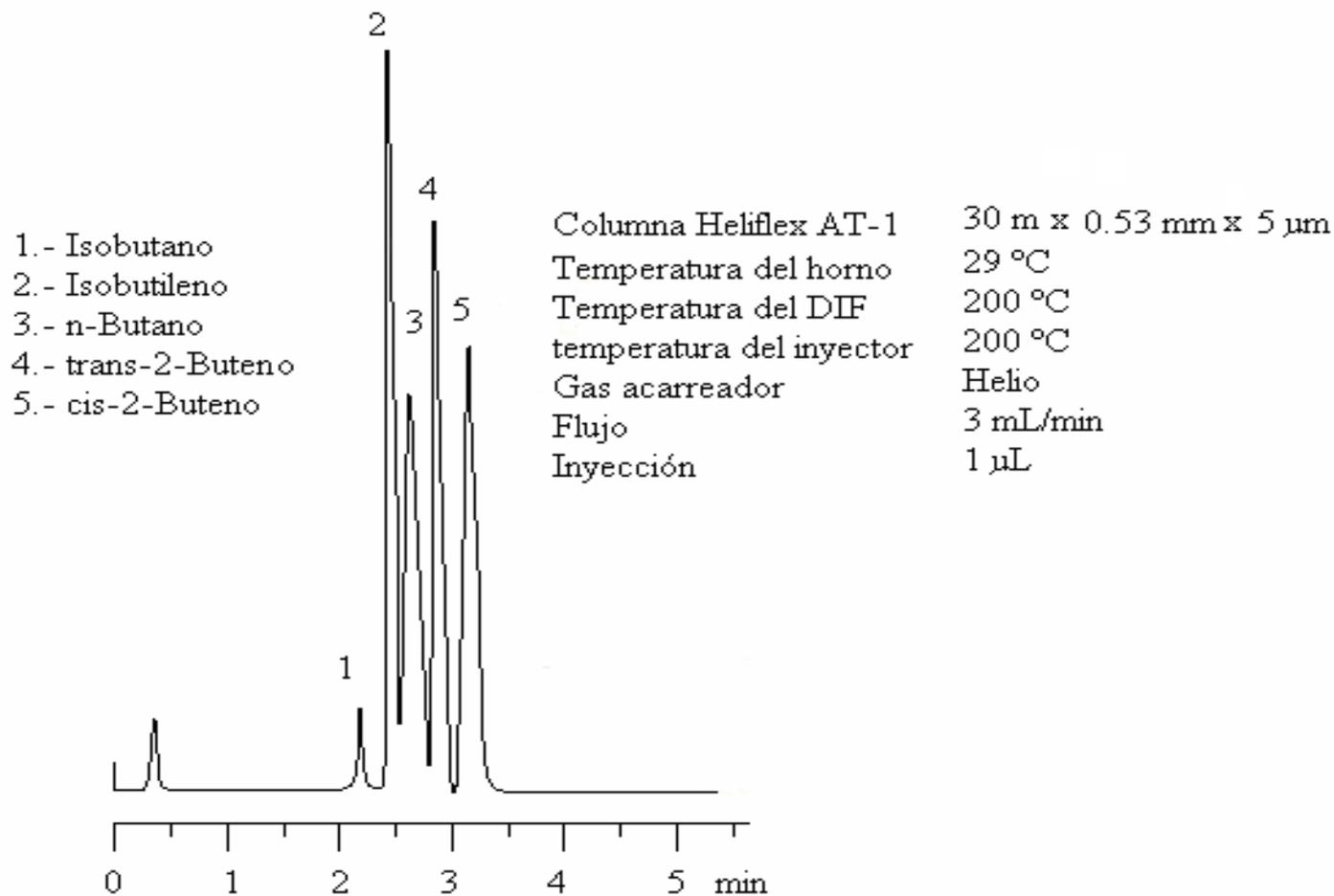
Columna Multi-cap-MC	15 m X 0.2 mm X 0.25 $\mu$ m
Temperatura del horno	80 °C
Temperatura del DIF	275 °C
Temperatura del inyector	250 °C
Gas acarreador	Helio
Flujo	65 mL/min
Inyección	2 $\mu$ L



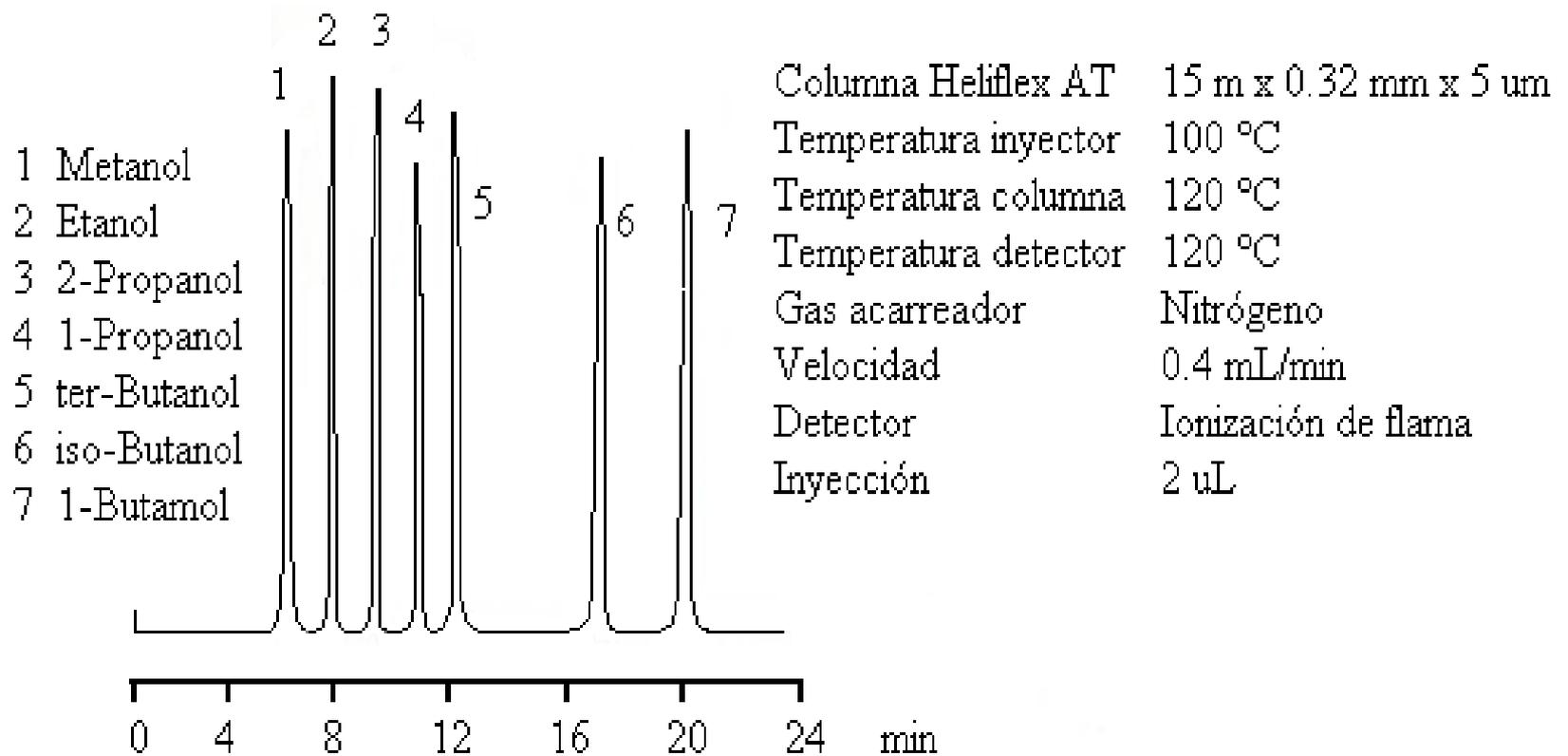
# Hidrocarburos



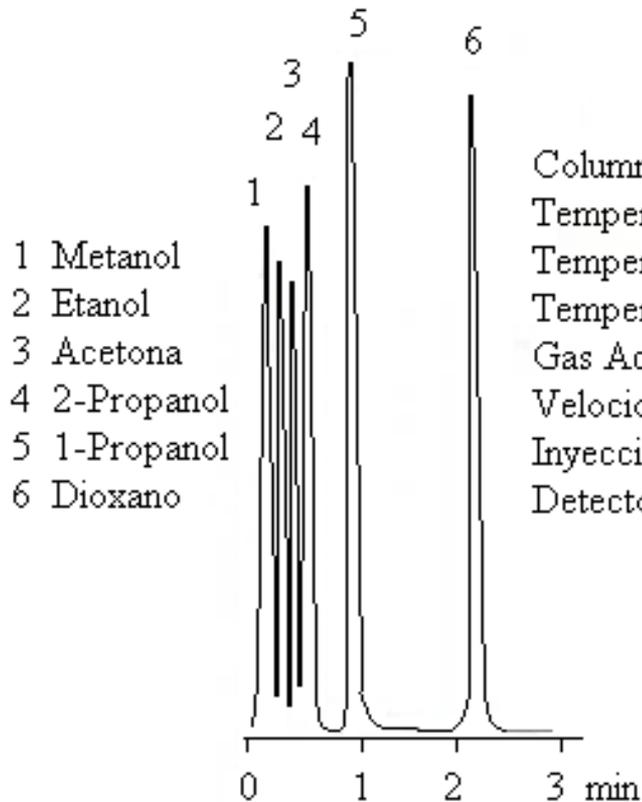
# Parabenos



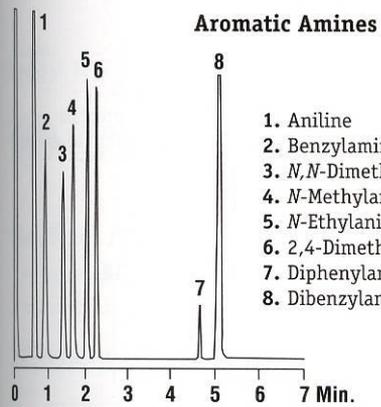
# Alcoholes C<sub>1</sub>-C<sub>4</sub>



# Alcoholes en Sangre

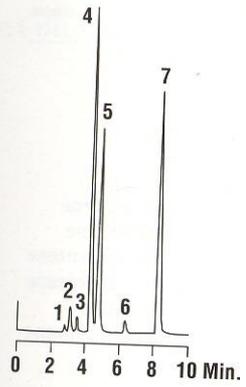


Columna Heliflex	10 m x 0.53 mm x 5 $\mu$ m
Temperatura inyección	35 °C 1 min a 130 °C a 30 °C/min
Temperatura columna	100 °C
Temperatura Inyector	100 °C
Gas Acarreador	Helio
Velocidad de flujo	6 mL/min
Inyección	2 $\mu$ L
Detector	Ionización de flama



**Column:** Heliflex® AT™-1, 10m x 0.53mm x 1.20µm  
(Part No. 935110)  
**Temp:** 50°C (4min) to 150°C at 10°C/min  
**Carrier Gas:** Nitrogen, 20mL/min  
**Detector:** FID

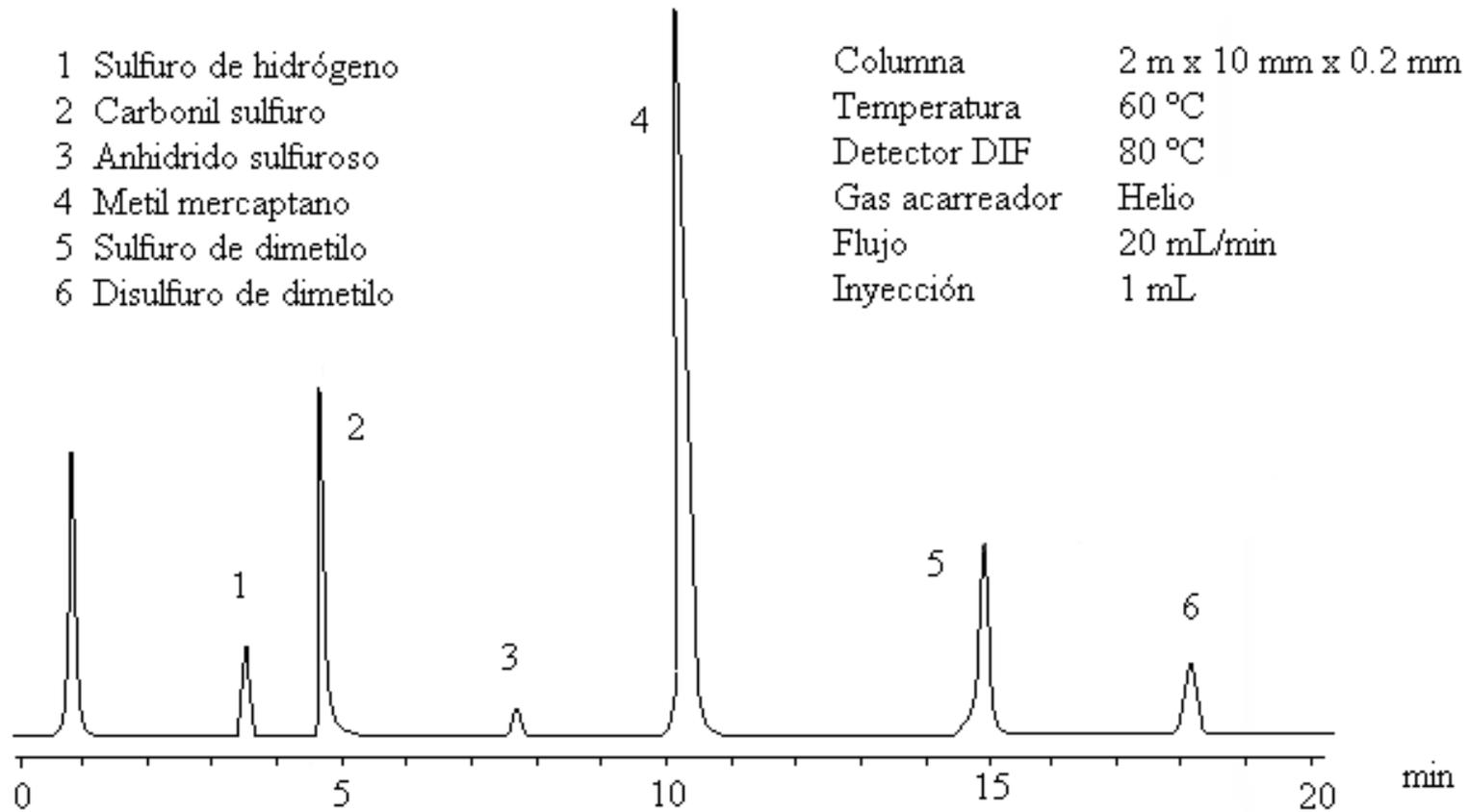
## Halocarbons



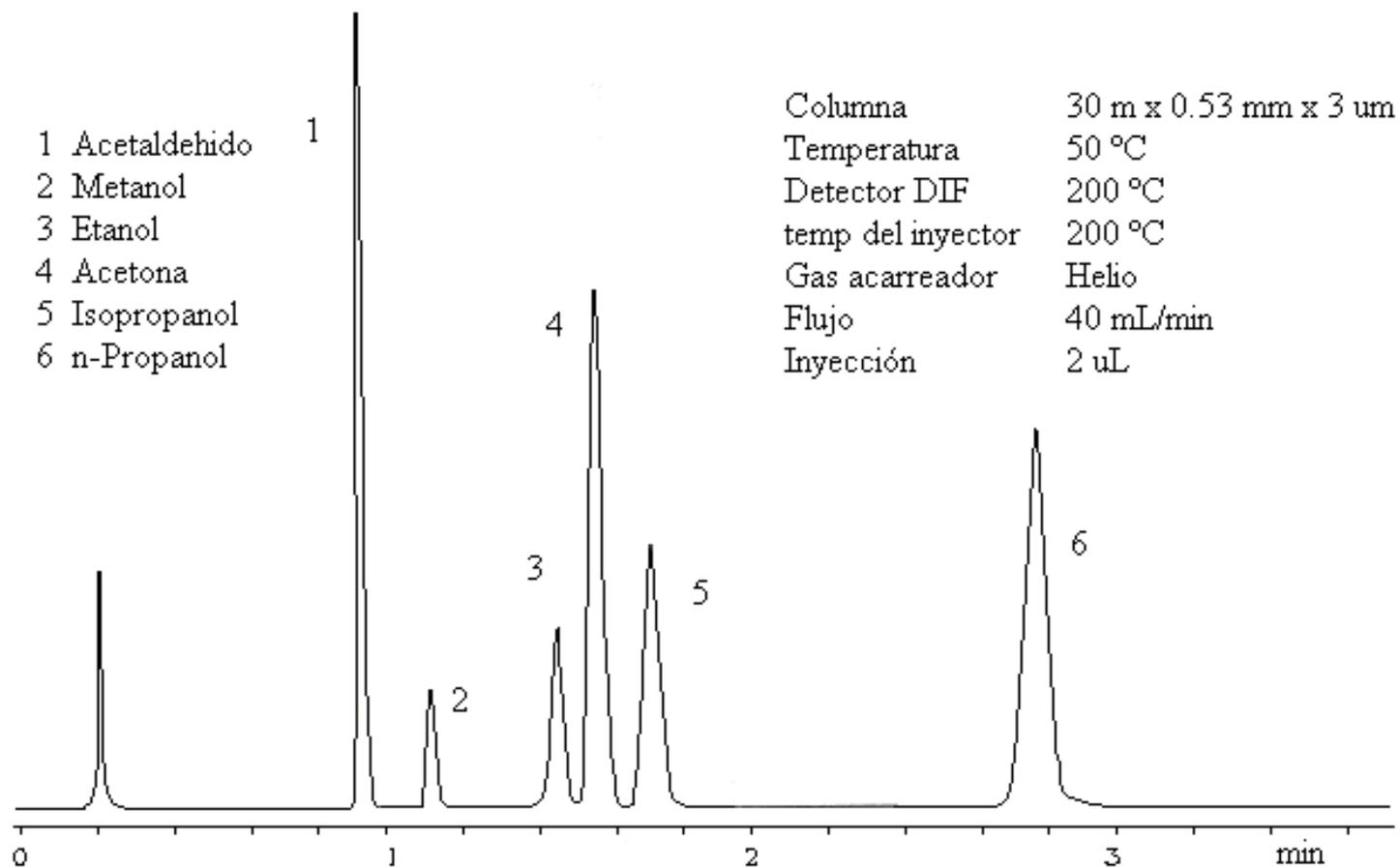
1. Methyl Chloride
2. Vinyl Chloride
3. Dichlorofluorometha
4. Methyl Bromide
5. Ethyl Chloride
6. Trichlorofluorometha
7. Methylene Chloride

**Column:** Heliflex® AT™-1, 30m x 0.53mm x 5.00µm  
(Part No. 16843)  
**Temp:** 35°C  
**Carrier Gas:** Helium, 3mL/min  
**Detector:** FID

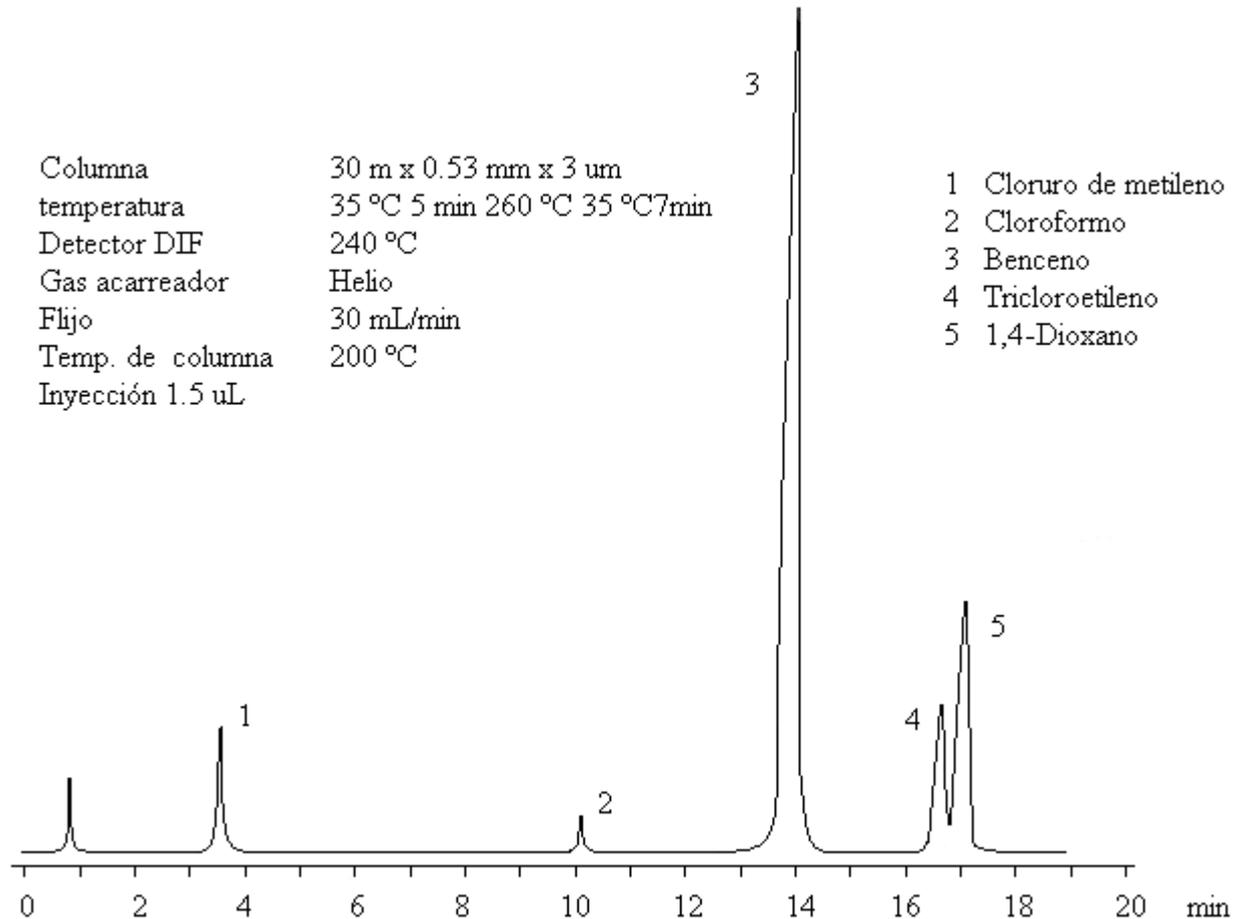
# Derivados sulfurados



# Mezcla diversa



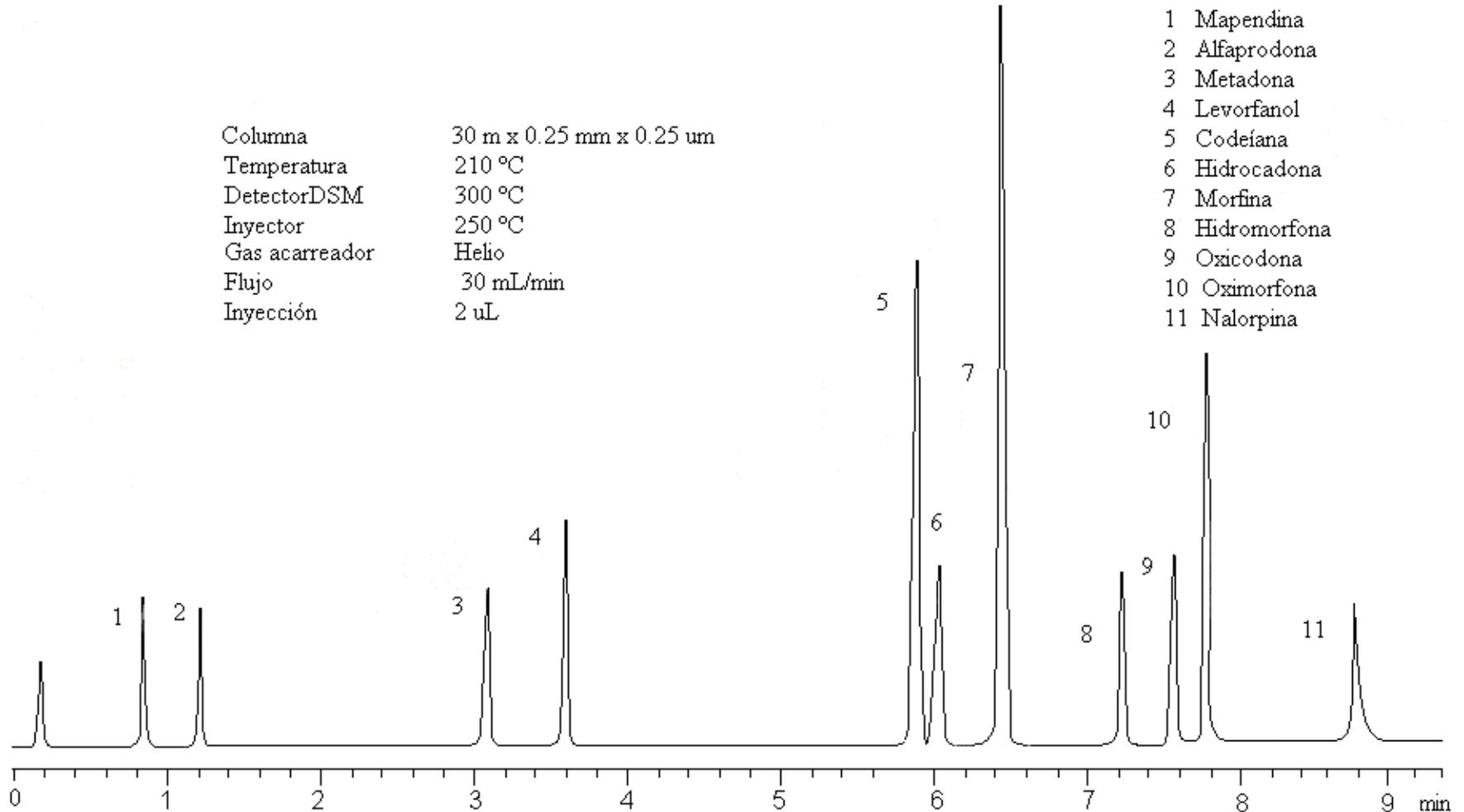
# Disolventes



# Mezcla

Columna 30 m x 0.25 mm x 0.25  $\mu$ m  
Temperatura 210  $^{\circ}$ C  
Detector DSM 300  $^{\circ}$ C  
Inyector 250  $^{\circ}$ C  
Gas acarreador Helio  
Flujo 30 mL/min  
Inyección 2  $\mu$ L

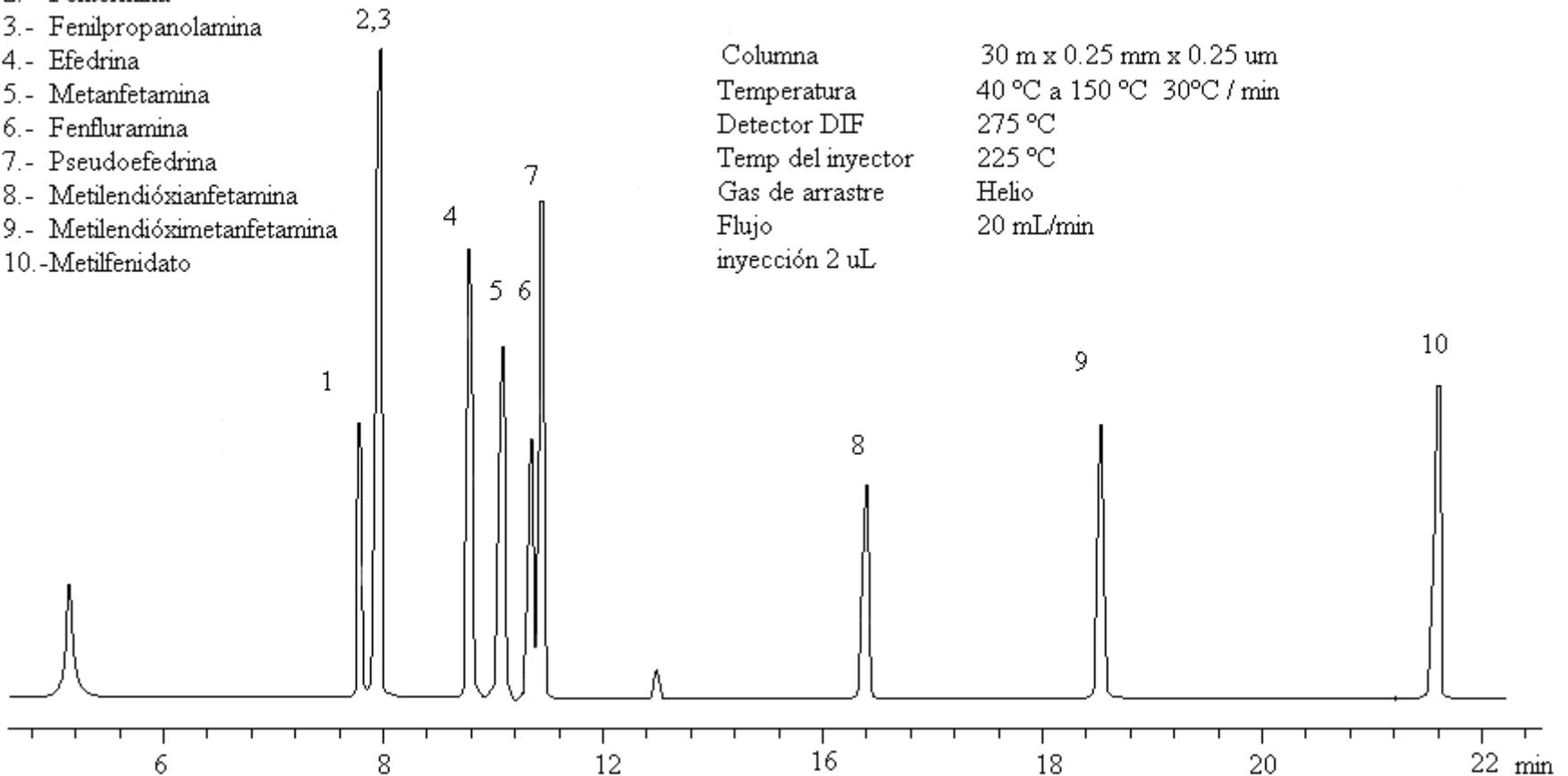
- 1 Mapendina
- 2 Alfaprodona
- 3 Metadona
- 4 Levorfanol
- 5 Codeína
- 6 Hidrocodona
- 7 Morfina
- 8 Hidromorfona
- 9 Oxycodona
- 10 Oximorfona
- 11 Nalorpina



# Anfetaminas

- 1.- Anfetamina
- 2.- Fentermina
- 3.- Fenilpropanolamina
- 4.- Efedrina
- 5.- Metanfetamina
- 6.- Fenfluramina
- 7.- Pseudoefedrina
- 8.- Metilendioxianfetamina
- 9.- Metilendioximetanfetamina
- 10.-Metilfenidato

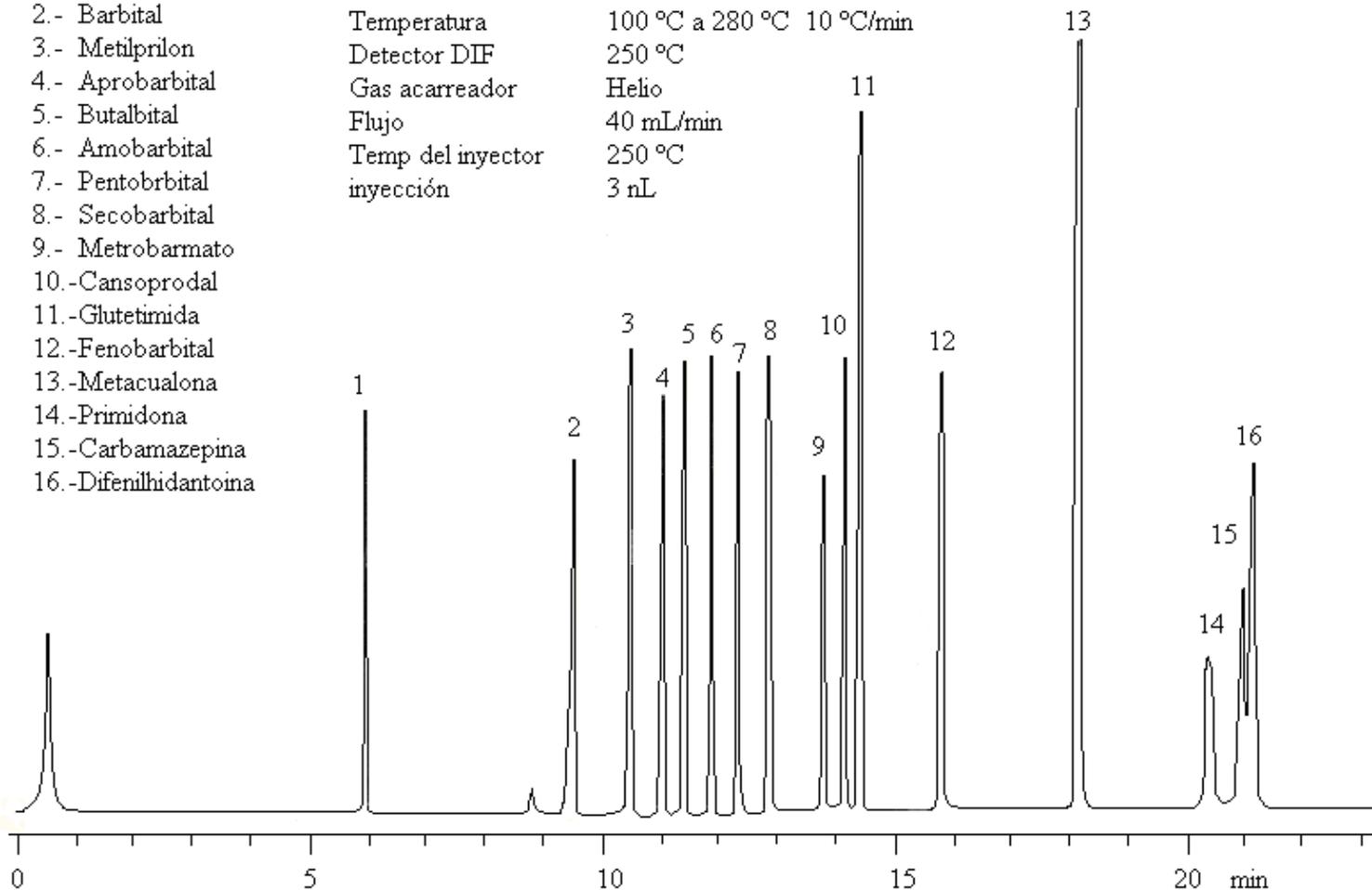
Columna 30 m x 0.25 mm x 0.25  $\mu$ m  
Temperatura 40 °C a 150 °C 30°C / min  
Detector DIF 275 °C  
Temp del inyector 225 °C  
Gas de arrastre Helio  
Flujo 20 mL/min  
inyección 2  $\mu$ L



# Barbitales

- 1.- Etosuximida
- 2.- Barbital
- 3.- Metilprilon
- 4.- Aprobarbital
- 5.- Butalbital
- 6.- Amobarbital
- 7.- Pentobarbital
- 8.- Secobarbital
- 9.- Metrobarmato
- 10.- Cansoprodal
- 11.- Glutetimida
- 12.- Fenobarbital
- 13.- Metacualona
- 14.- Primidona
- 15.- Carbamazepina
- 16.- Difenilhidantoina

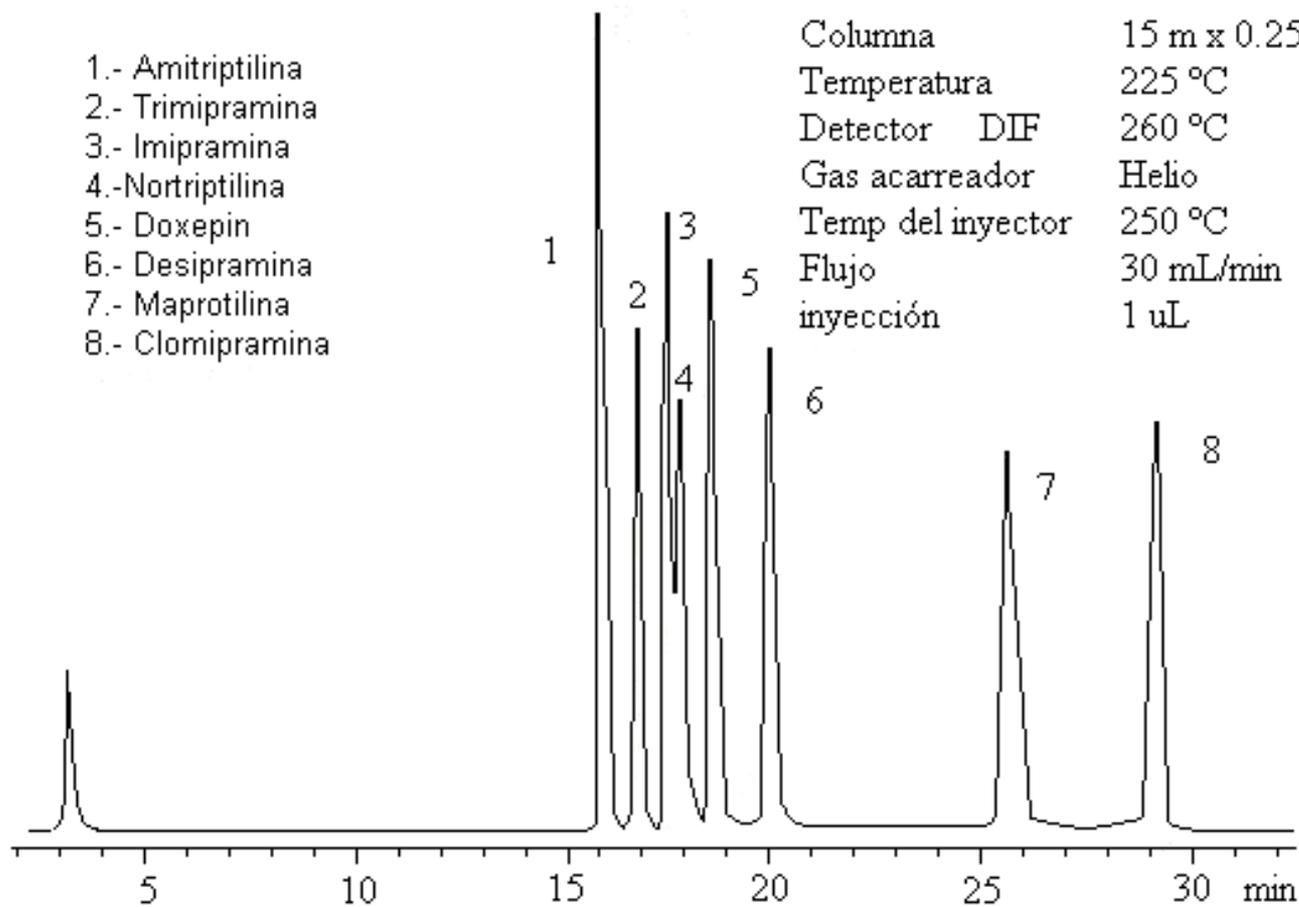
Columna	30 m x 0.53 mm x 0.1 $\mu$ m
Temperatura	100 °C a 280 °C 10 °C/min
Detector DIF	250 °C
Gas acarreador	Helio
Flujo	40 mL/min
Temp del inyector	250 °C
inyección	3 nL



# Mezcla

- 1.- Amitriptilina
- 2.- Trimipramina
- 3.- Imipramina
- 4.- Nortriptilina
- 5.- Doxepin
- 6.- Desipramina
- 7.- Maprotilina
- 8.- Clomipramina

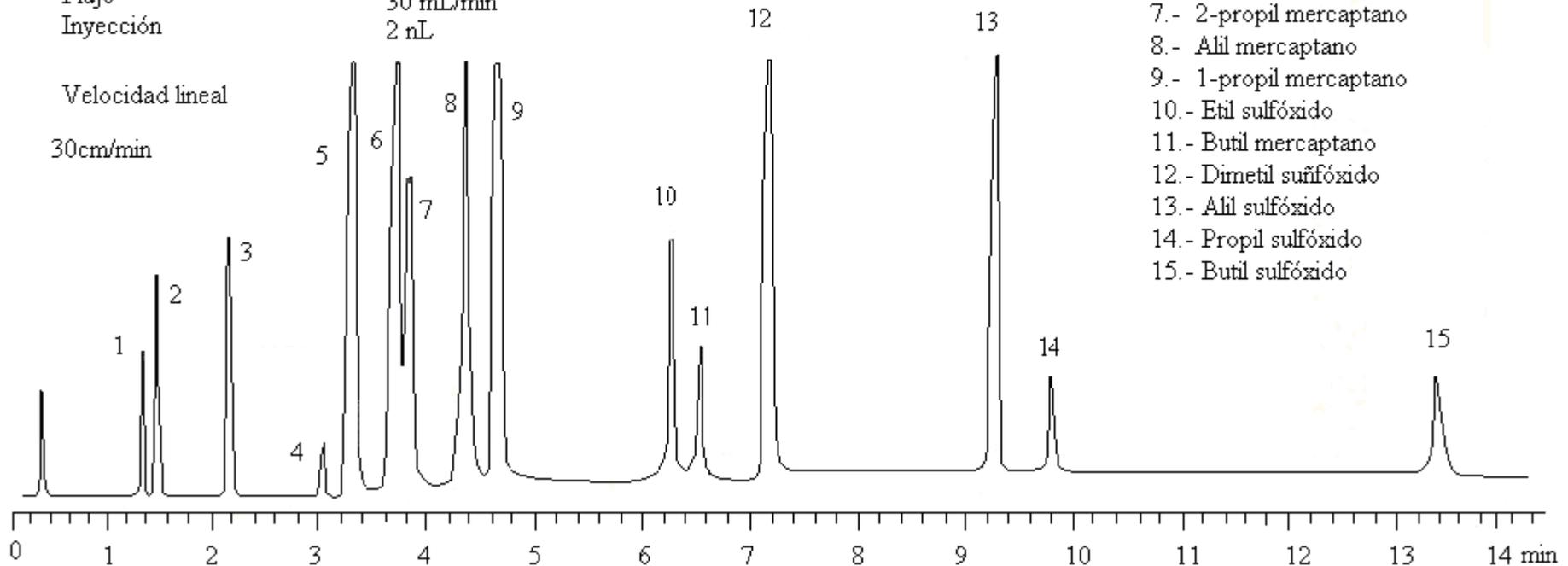
Columna	15 m x 0.25 mm x 1 $\mu$ m
Temperatura	225 $^{\circ}$ C
Detector	DIF 260 $^{\circ}$ C
Gas acarreador	Helio
Temp del inyector	250 $^{\circ}$ C
Flujo inyección	30 mL/min 1 $\mu$ L



# Derivados sulfurados

Columna 15 m x 0.5 mm x 0.25um  
Temperatura del horno 50° C a 200° C 15° C/ min.  
Temperatura del inyector 50° C  
Temperatura del detector 230° C  
Gas acarreador Helio  
Flujo 30 mL/min  
Inyección 2 nL

Velocidad lineal  
30cm/min



- 1.- Ácido sulfídrico
- 2.- Dioxido de azufre
- 3.- Metil mercaptano
- 4.- Etil mercaptano
- 5.- Sulfuro de carbono
- 6.- Dimetil sulfóxido
- 7.- 2-propil mercaptano
- 8.- Alil mercaptano
- 9.- 1-propil mercaptano
- 10.- Etil sulfóxido
- 11.- Butil mercaptano
- 12.- Dimetil sulfóxido
- 13.- Alil sulfóxido
- 14.- Propil sulfóxido
- 15.- Butil sulfóxido





