

# MADURACION

## **DECLARACION - DISCLAIMER**

**Los presentadores han utilizado numerosas ilustraciones propias, tomadas de internet y publicaciones de diferentes autores, con el único objetivo de apoyar la presentación. Estos recursos se utilizan sin menoscabo de los derechos de autor (autores) debidamente referenciados y serán utilizados estrictamente para fines académicos y de divulgación del conocimiento, sin que los presentadores reciba retribución económica alguna.**

**The presenters have used numerous illustrations of her own, taken from the internet and publications by various authors, for the sole purpose of supporting the presentation. These resources are used without prejudice to the copyrights of the authors, duly referenced, and will be used strictly for academic and knowledge dissemination purposes, without the presenters receiving any financial compensation.**

## ¿QUE SON MADURACION Y CARBONIZACION?

**Son procesos que generan:**

- liberacion de gases y liquidos
- condensación de los solidos residuales

### CARBONIZACION

Turba    Lignito    Hulla    Antracita    Grafito

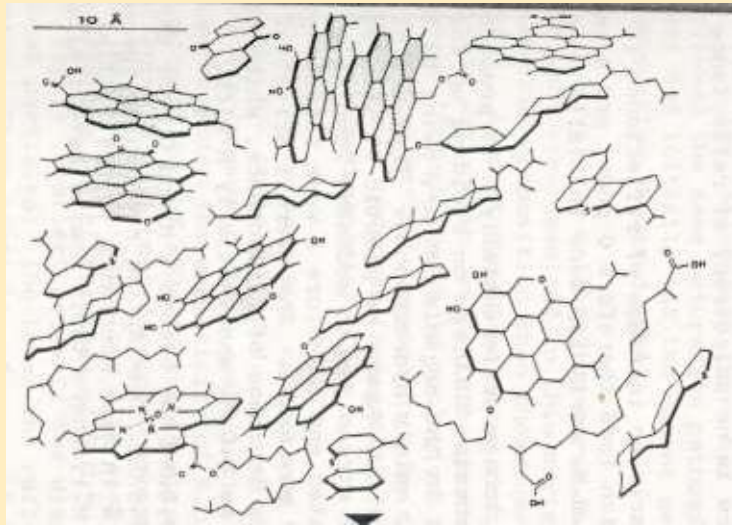
### BITUMINIZACION

Petróleo

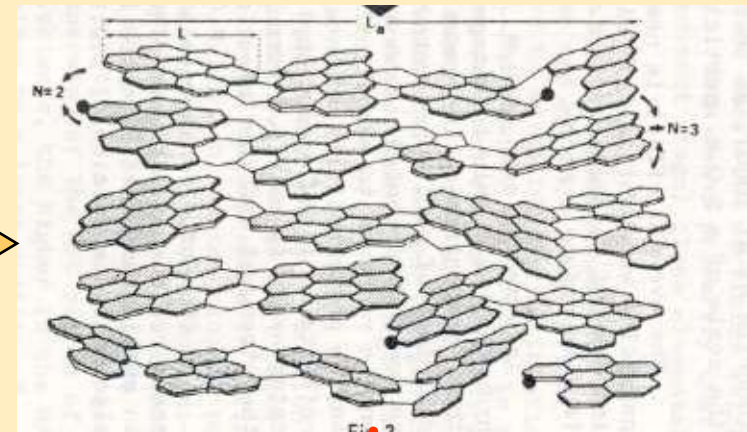
Querógeno

Hidrocarburos

### MADURACION



## Reorganización



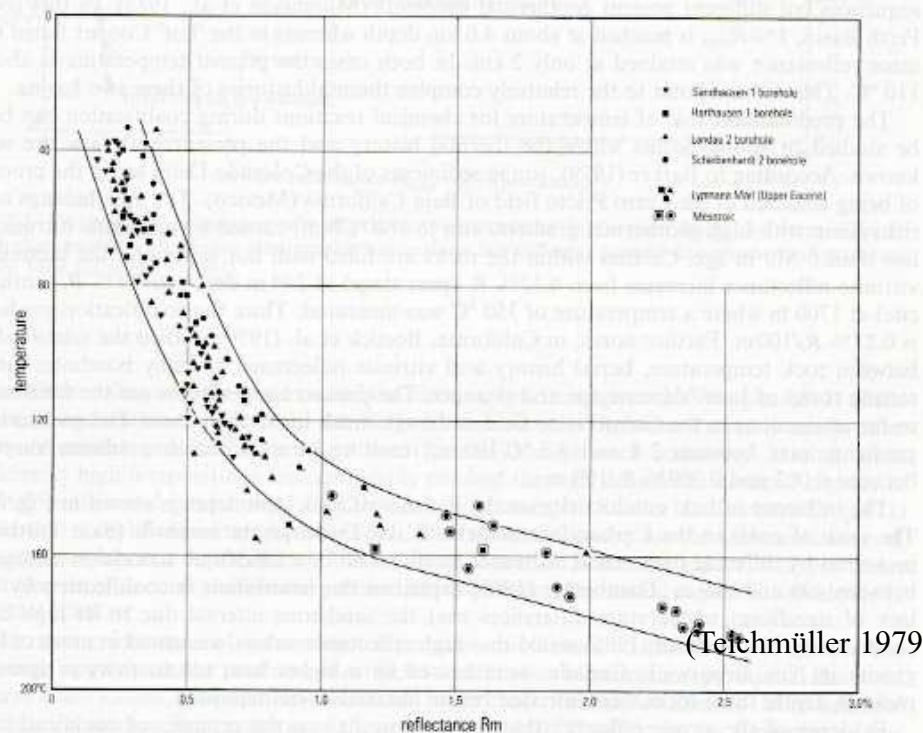
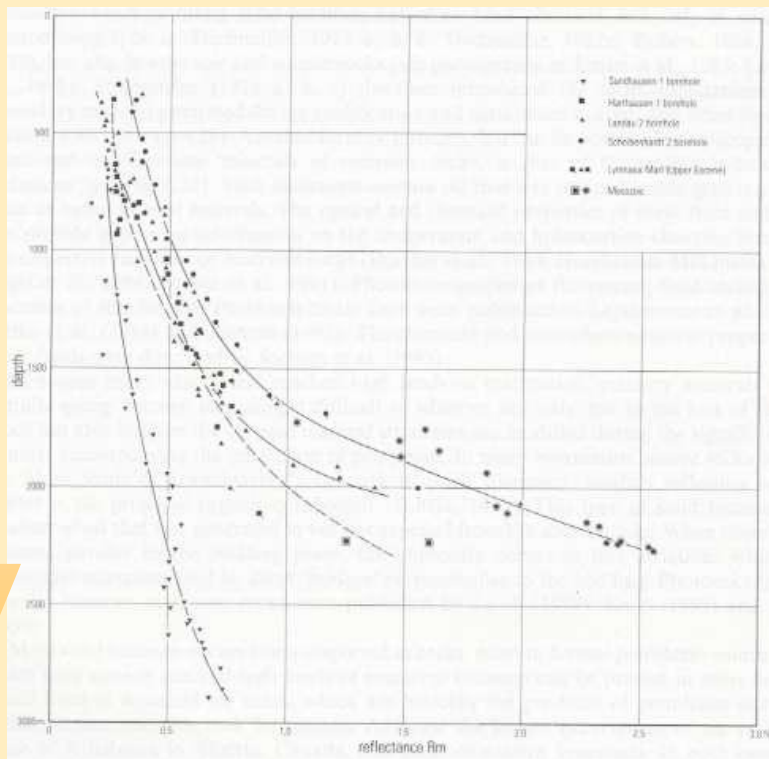
**Reorganización molecular a través de una progresiva eliminación de componentes líquido y gaseosos así como un incremento en el contenido de carbono**

## FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO

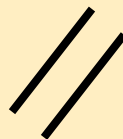
- **Temperatura**
- **Tiempo**
- **Presión**
- **Velocidad de calentamiento**
- **Tipo de querógeno**
- **Componentes específicos del querógeno**
- **Catalisis natural**

# TEMPERATURA

El incremento del Rango (Rank) con la profundidad es causado por el aumento de la temperatura con la profundidad.

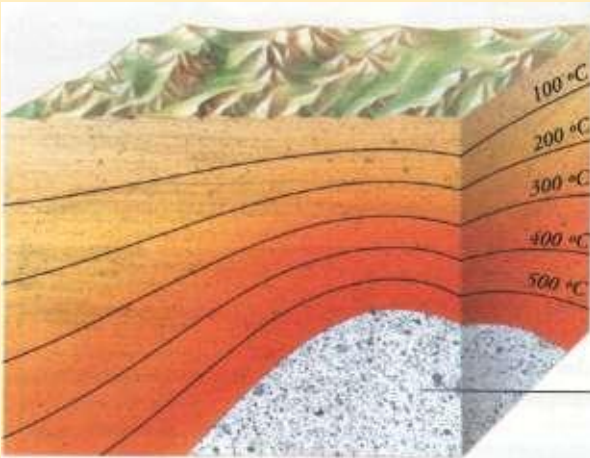


Gradiente de carbonización

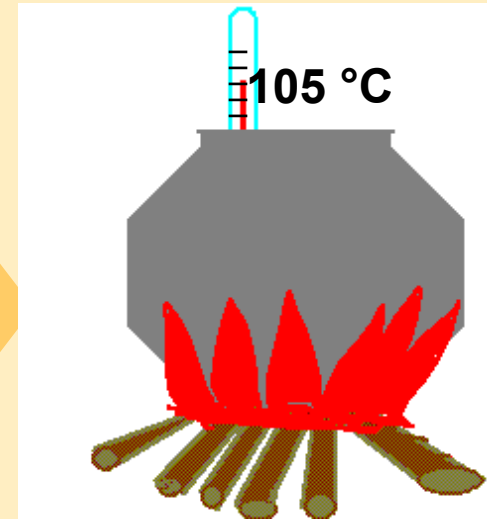


Gradiente geotermico

# TEMPERATURA



El flujo de calor del basamento es la principal fuente de energía que determina la formación de la temperatura.



La transferencia de calor en la corteza es por convección (manifestaciones geotermicas) y por conducción

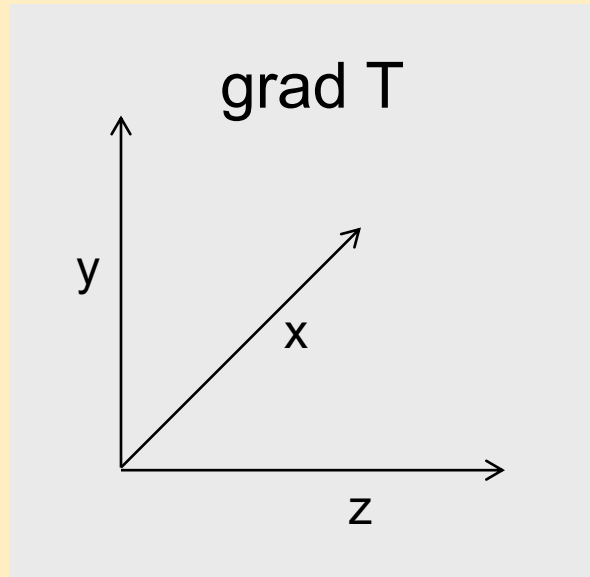
El comportamiento del flujo de calor en una cuenca es controlado por factores tales como Flujo de calor desde el basamento, radioactividad de los sedimentos y flujo de fluidos.

# Flujo de calor

El flujo de calor  $q$  ( calor transmitido por unidad de superficie en unidad de tiempo) depende de la conductividad  $K$  y de la temperatura  $T$  de la corteza.

El flujo de calor se expresa en unidad de flujo de calor (HFU) y es medido en microcalorias/cm<sup>2</sup>sec o miliwatios/m<sup>2</sup>.

$$1 \text{ HFU} = 10^{-6} \text{ cal cm}^{-2} \text{ sec}^{-1} = 41.8 \times 10^{-3} \text{ Wm}^{-2}$$



$$q = K \text{ grad } T$$

$$Tx = \frac{dT}{dx'}; Ty = \frac{dT}{dy'}; Tz = \frac{dT}{dz'}$$

UNIDADES:

°C/Km

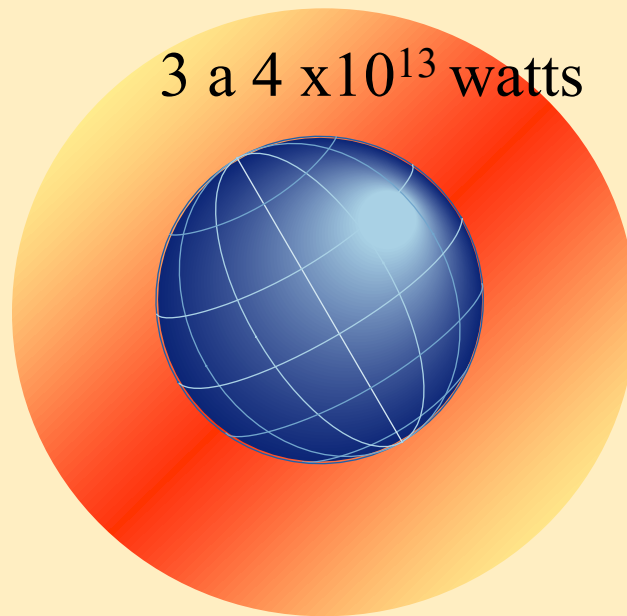
°F/100ft

$$1,0^{\circ}\text{F}/100 \text{ ft} = 18.23^{\circ}\text{C}/\text{km}$$



## Flujo de calor

Composición, edad y  
espesor de la crosta



Fondo del mar  
zonas tectonicamente activas  
regiones geologicamente activas

Interior de continentes estables  
Areas de escudos pre-Cambricos  
Sedimentación rapida

# ESTIMACION DEL FLUJO DE CALOR

## METODOS GEOFISICOS

- Modelo por estimación de la subsidencia tectónica en cuencas de rift el cual provee una variación exponencial del flujo de calor en función del tiempo.
- El flujo de calor actual puede ser estimado a partir de las mediciones en los pozos

El paleo-flujo de calor (el calor que ha fluido a través de los sedimentos en el pasado) solamente puede calcularse a partir de modelos.

## METODOS GEOQUIMICOS

Modelaje geoquímico (Matoil, Themis Pack, Basin Mod etc.)

## INDICADORES TERMALES

Un indicador termal se define como un indicador cuyos cambios esten relacionados con eventos de tiempo y temperatura:

**ISOMERIZACION Y AROMATIZACION DE BIOMARCADORES**  
**REFLECTANCIA DE VITRINITA**  
**CONVERSION ESMECTITA A ILITA**  
**APATITO FISSION TRACK**

# CINETICA DE LA REACCION



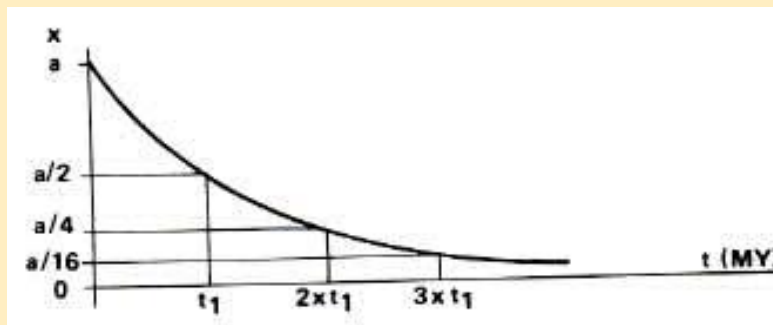
A UNA TEMPERATURA DETERMINADA LA VELOCIDAD DE REACCION ES PROPORCIONAL A LA CONCENTRACIONES

$$dc/dt = -Kc$$

$$dc/c = -Kdt$$

$$\ln c = -Kt + \text{cons.}$$

$$K = Ae^{-E/RT}$$

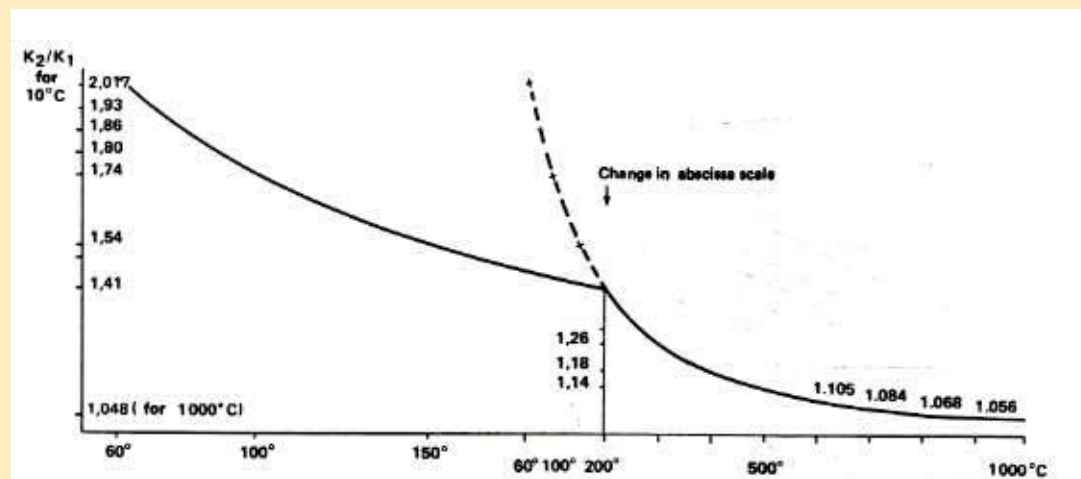


# CINETICA DE LA REACCION

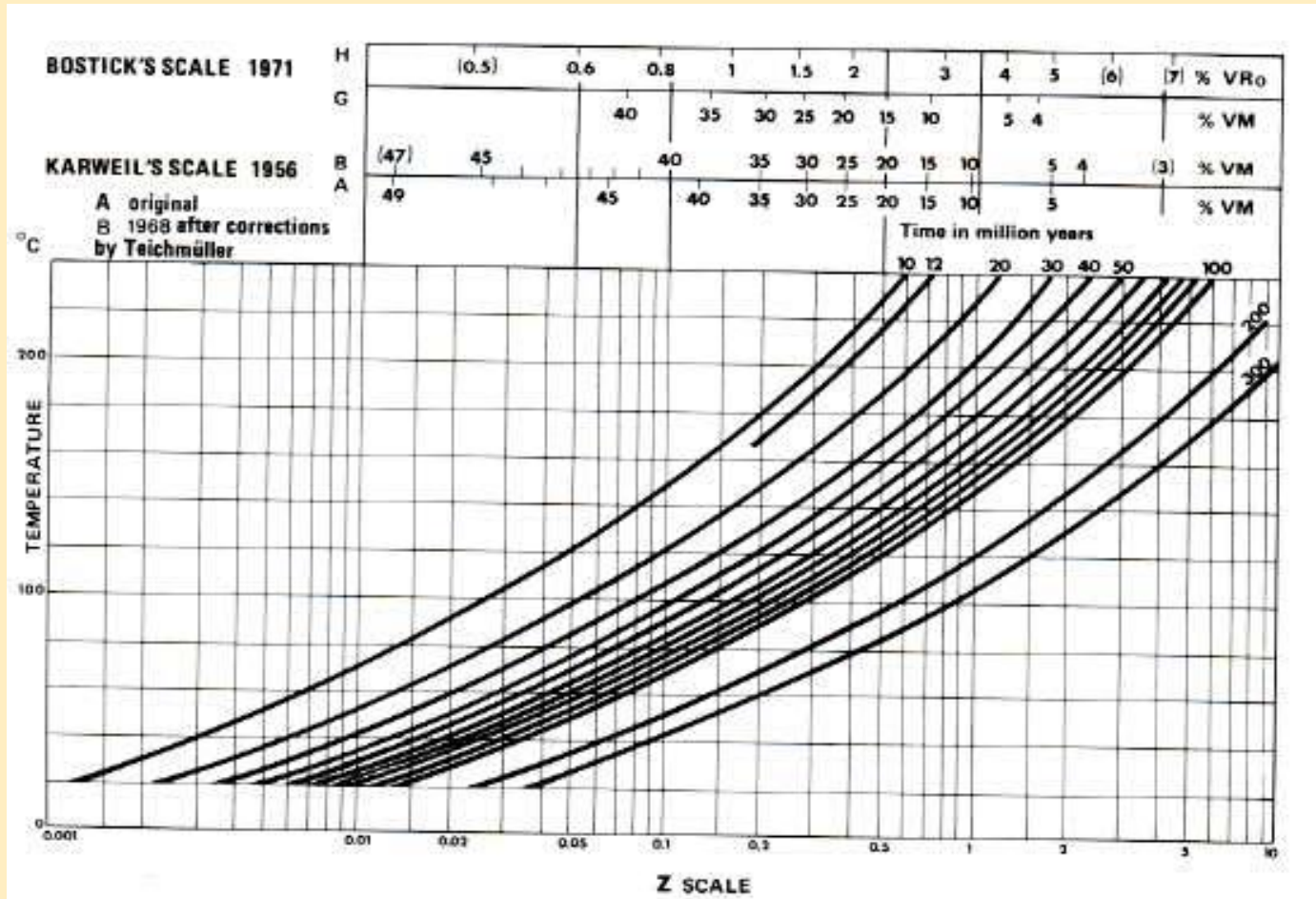
$$\ln \frac{k_2}{k_1} = \frac{E}{R} \frac{T_2 - T_1}{T_1 - T_2}$$

$$E = 60 \text{ kJ/mole}$$

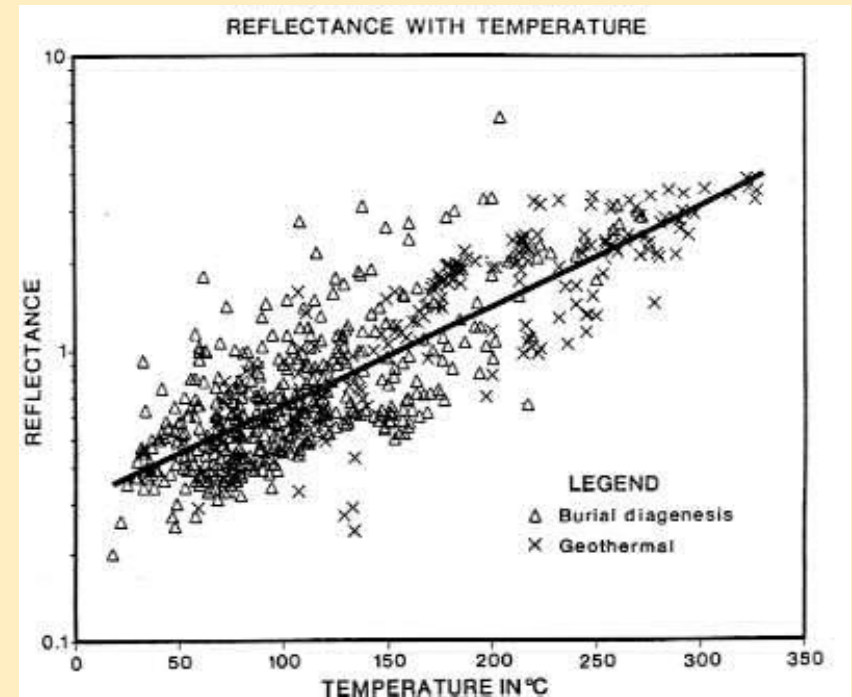
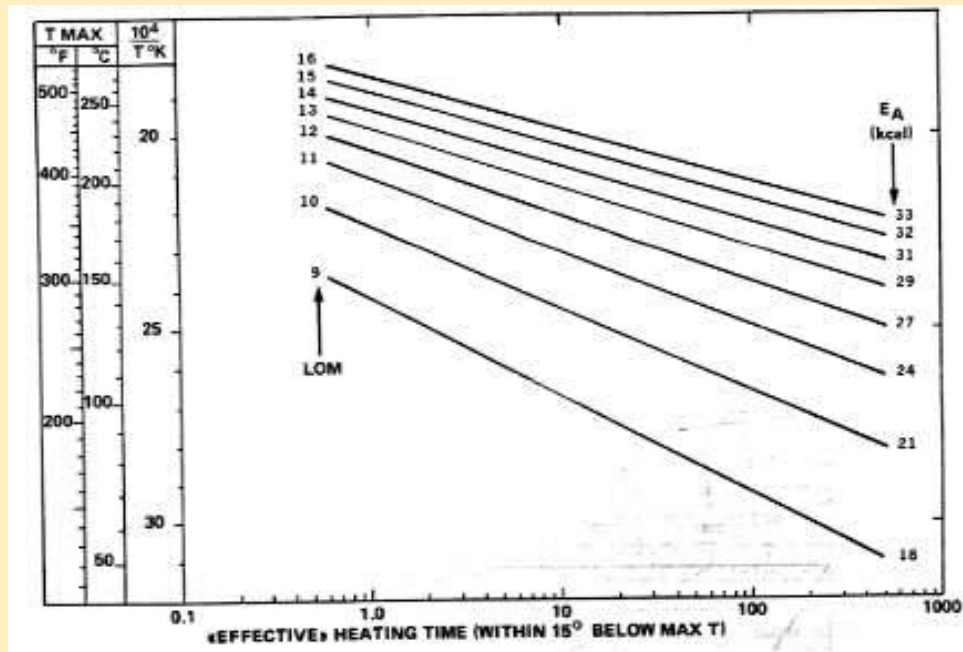
$$K_2/k_1 = 2$$



# ESTIMACION DE LA TEMPERATURA



# ESTIMACION DE LA TEMPERATURA



$$\ln (R_r) = 0,0078 T_{\max} - 1,2$$

Barker & Pawlewicz (1986)

$$\text{wt\% C} = 1200/[12 + (\text{H/C}) + 16 (\text{O/C})]$$

Burnham and Sweeney (1989)

$$\%R_o = 12 \exp[-3.3 (\text{H/C})] - (\text{O/C})$$

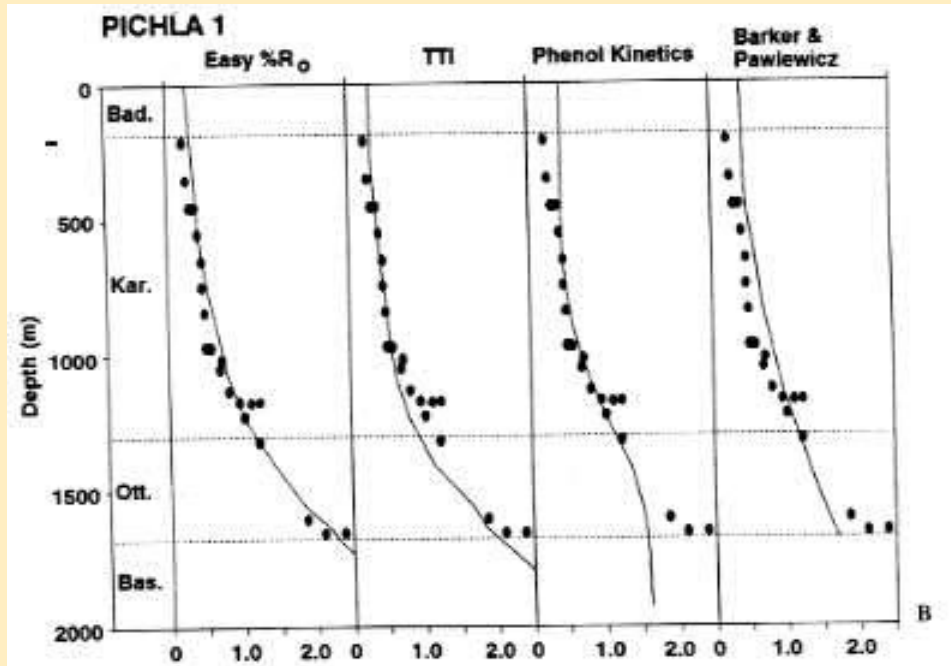
van Krevelen (1976) and Neavel (1981)

**Vitrinite -> residual vitrinite + H<sub>2</sub>O**

**Vitrinite -> residual vitrinite + CO<sub>2</sub>**

**Vitrinite -> residual vitrinite + CH<sub>n</sub>**

**Vitrinite -> residual vitrinite + CH<sub>4</sub>**



$$TTI = \sum_{n=1}^n (\Delta T_n)(r^n)$$

n= numero de intervalos de temperatura de 10°C  
r = 2

$$\%R_o = \exp (-1.6 + 3.7F)$$

$$dw_i/dt = -w_i A \exp[-E_i/RT(t)]$$

$$dw_i/dt = S_i dw_i / dt$$

$$F = 1 - w/w_0 = 1 - S_i \ddot{A}_i [w_i/w_{0i}]$$

F = the fraction of reactant converted

w<sub>0</sub> = the initial concentration of the total reactant

w<sub>0i</sub> = the initial concentration for component i

Ä<sub>i</sub> = the stoichiometric or weighted coefficients for the parallel reaction components

w<sub>i</sub> = the amount of unreacted component (ith component).

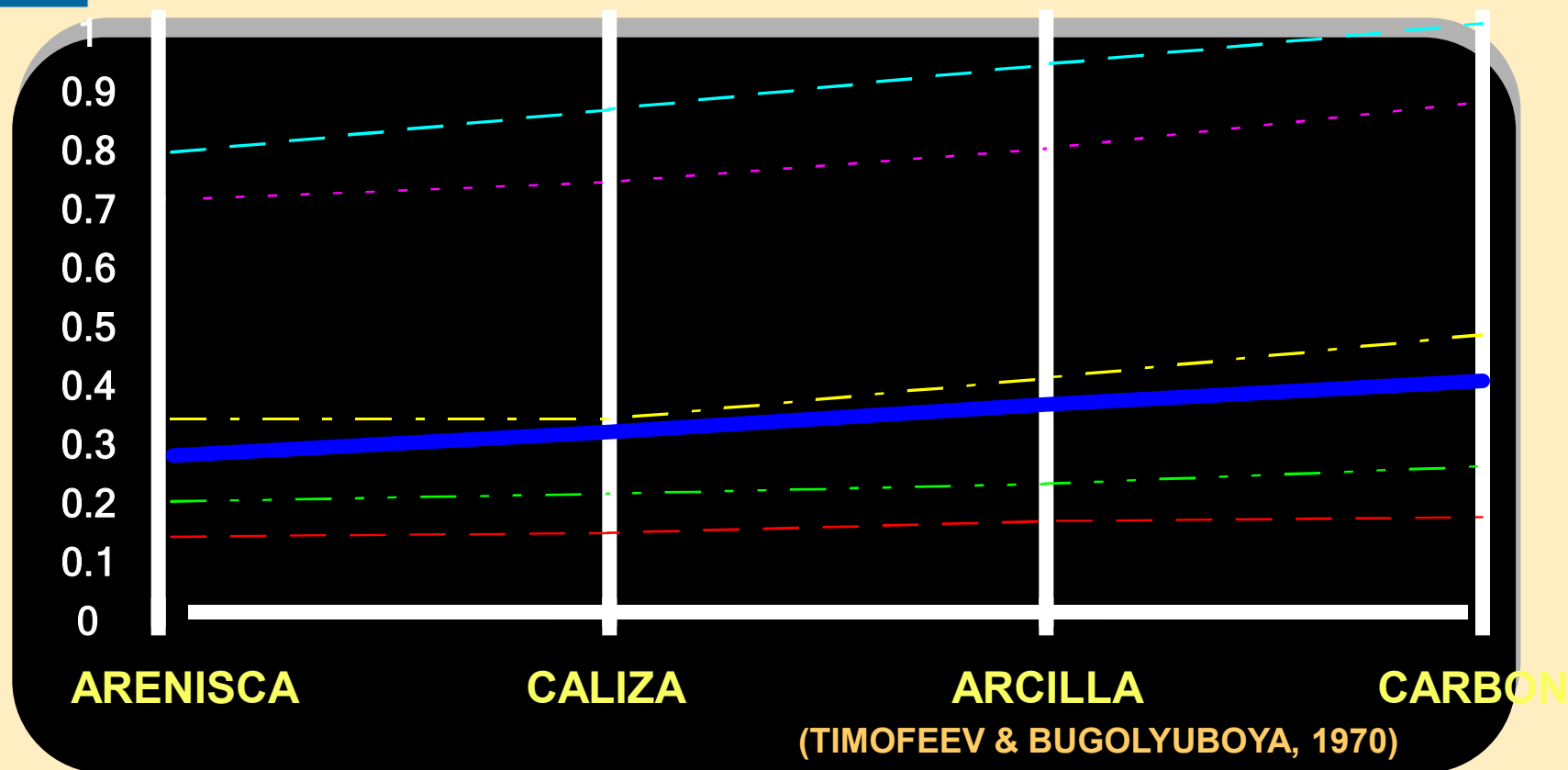
t = time

(Sweeney and Burnham 1990)

# Conductividad térmica

$$q = K \text{ grad } T$$

% Ro



## CONDUCTIVIDADES TERMICAS

CARBON 0,58 [W/(mk)]

LUTITAS 1,98 [W/(mk)]

ARENA CALCAREA 3,00 [W/(mk)]



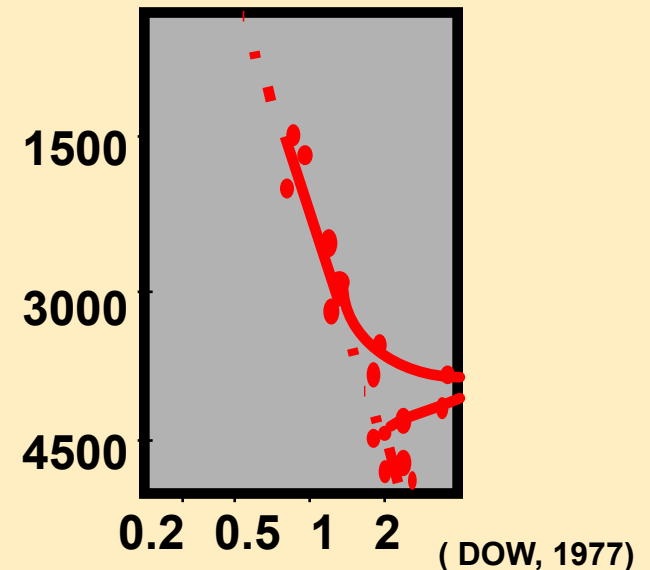
# VELOCIDAD DE CALENTAMIENTO

El incremento de la velocidad de calentamiento las reacciones químicas son retardadas con respecto a la temperatura.

## Tiempo necesario para alcanzar el equilibrio

- $10^6$  a  $10^7$  de soterramiento
- $10^4$  en un sistema geotérmico
- 1 año en un contacto metamórfico con un intrusivo

Baker and Pawlewicz(1986)

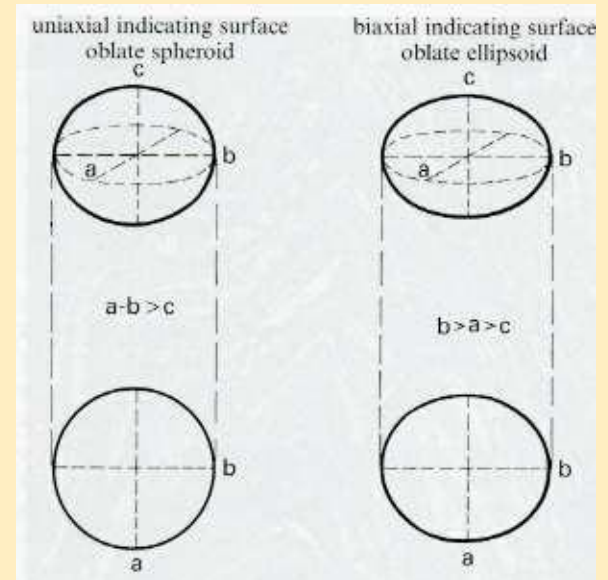
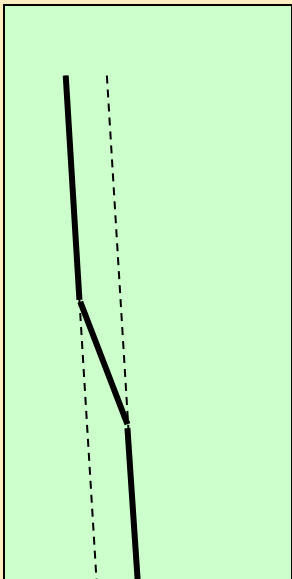


La presión acelera las reacciones químicas .

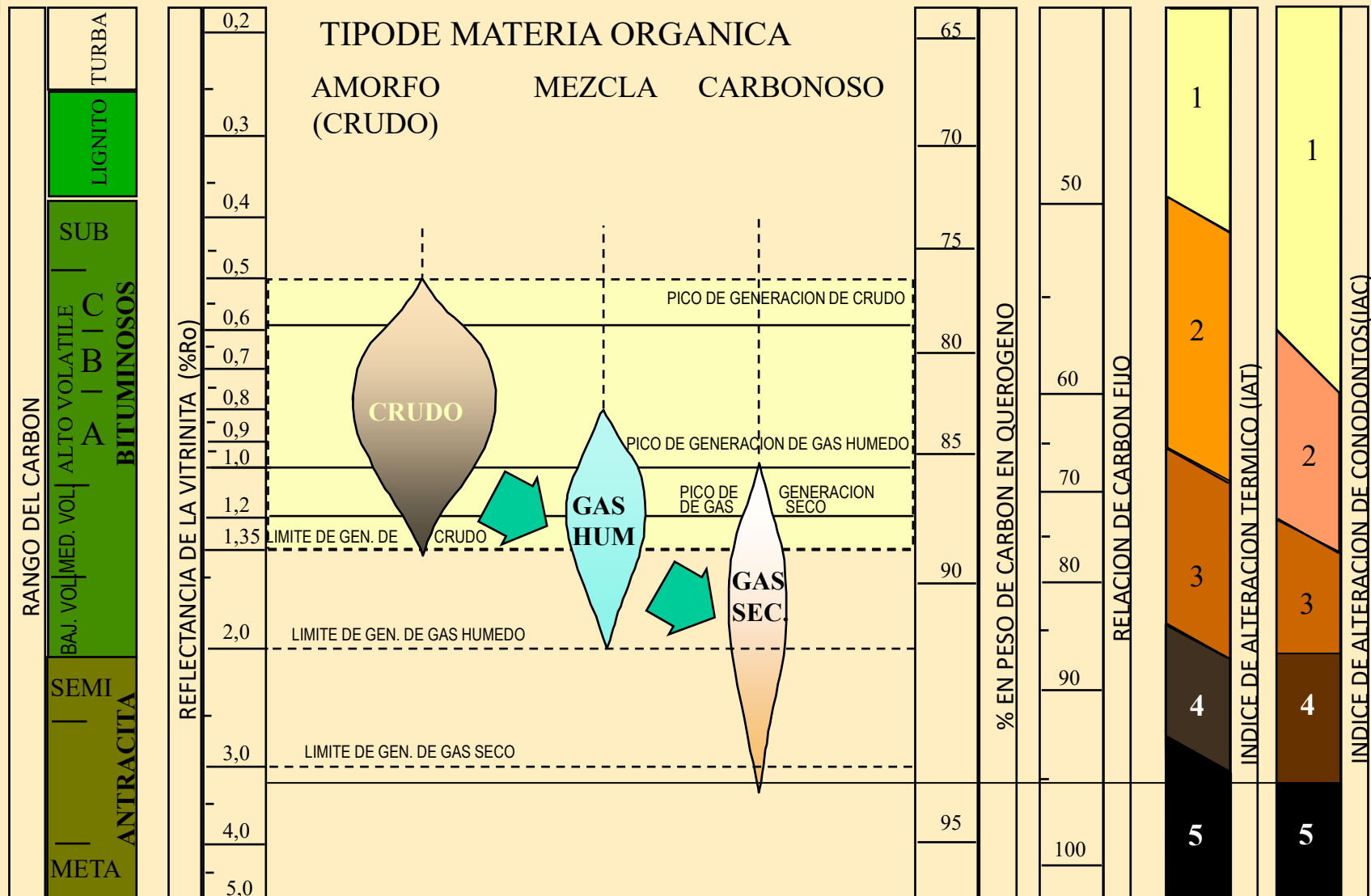
Es muy importante en una primera fase de transformación de Turba a Lignito Bituminoso.

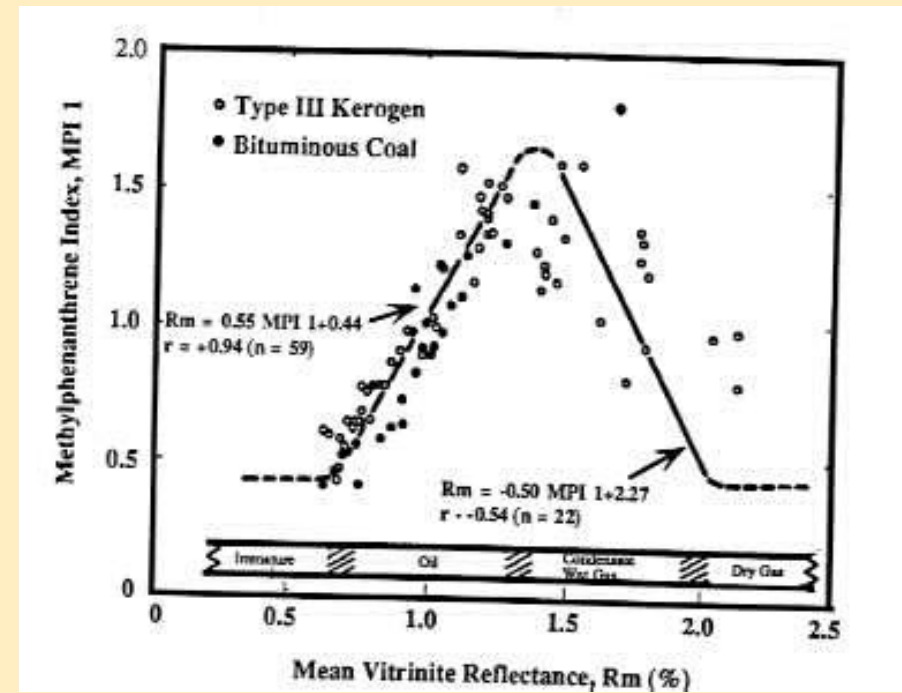
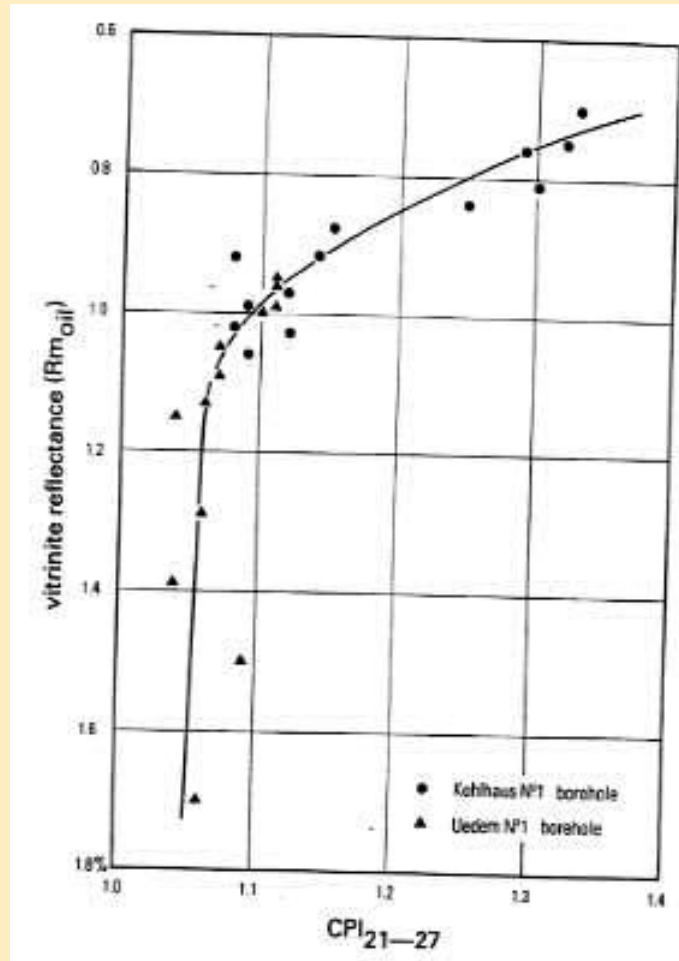
Retarda la reacciones químicas ya que retarda la eliminación de los productos de las reacciones

## CAMBIO DE GRADIENTE

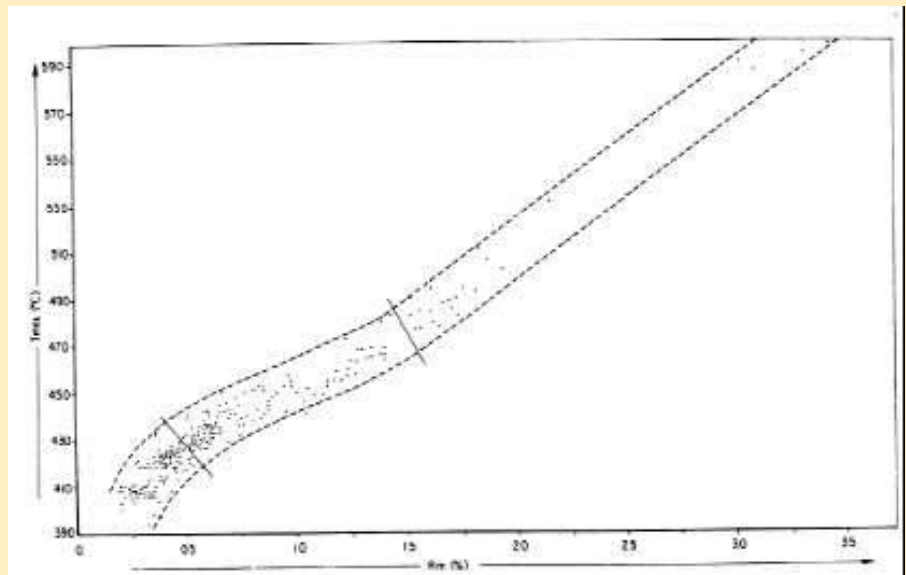


## GENERACION Y DESTRUCCION






**Comparación entre %Ro  
y otros parametros de  
madurez**



# Parámetros microscópicos para la madurés y el rango

- **Luz Reflejada o incidente**
  - Reflectancia de la vitrinita
  - Reflectancia de la exudatinita ('migrabitumen)
  - Reflectancia de microfósiles
  - **Fluorescencia de liptinitas**
    - Intensidad (I<sub>546nm</sub>)
    - Máximo del espectro (I<sub>max</sub>)
    - Cuociente Q
    - Alteración durante la irradiación
- **Luz Transmitida**
  - Índice de Alteración Termal (IAT)
  - Color y traslucencia de los Conodontos (ICA)

	I AT	COLOR		NIVEL DE MADURACION
	1	AMARILLO PALIDO	}	INMADURA
	2	AMARILLO INTENSO		
	3	MARRON	}	MADURA
	4	MARRON OSCURO CASI NEGRO		
	5	NEGRO	}	POST MADURA

(MOD. STAPLIN, 1969)



A fluorescence microscopy image showing a dense population of cells. The cells exhibit a mix of green and red fluorescence, suggesting the presence of different fluorescent markers or dyes. The green signal is more widespread, while the red signal appears in more localized, bright spots. The overall texture is granular and complex, typical of biological tissue or cell cultures under a microscope.

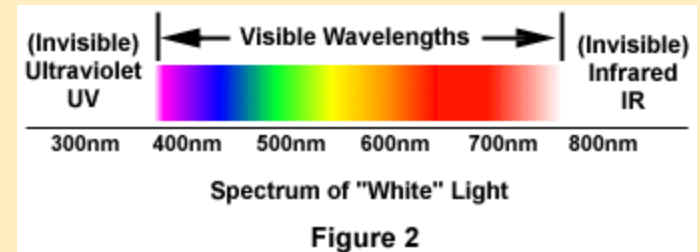
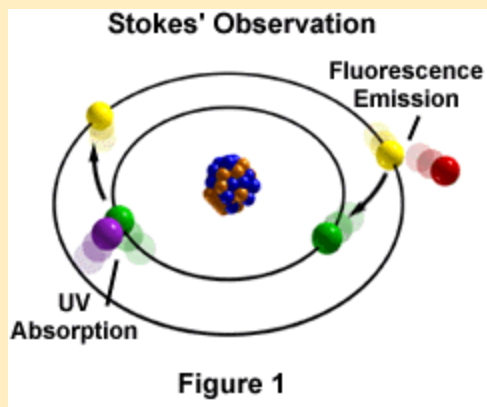
# FLUORESCENCIA

# LUMINISCENCIA

Fenómenos de emisión de luz como consecuencia de una irradiación

FOSFORESCENCIA

FLUORESCENCIA



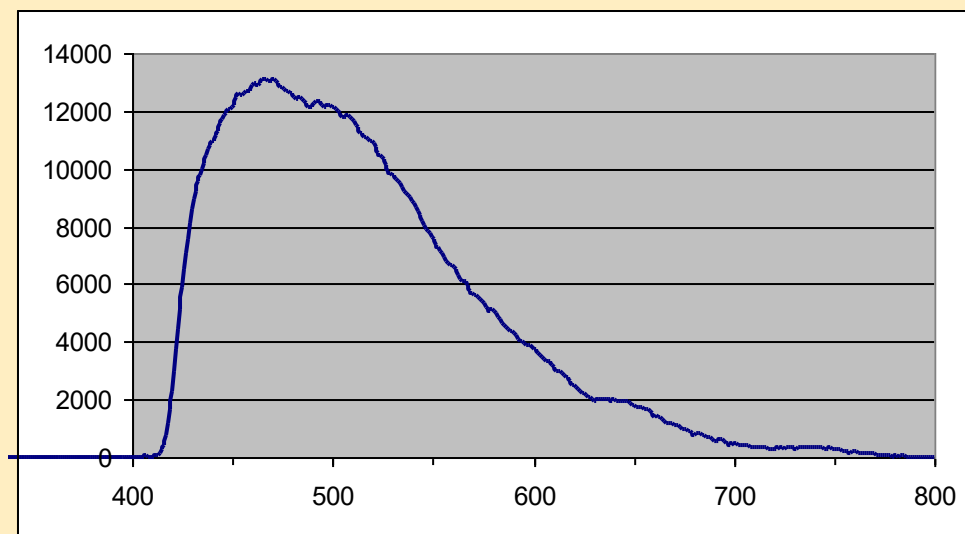
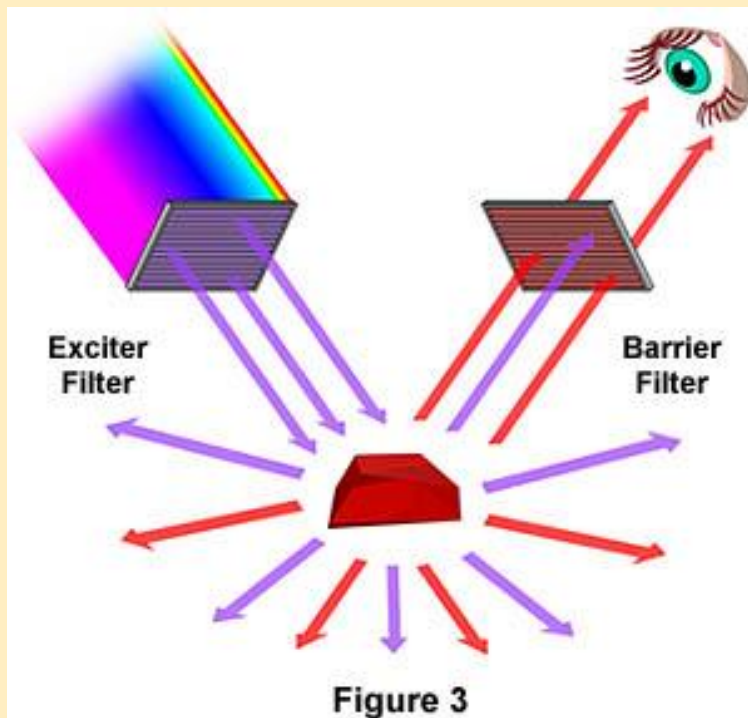


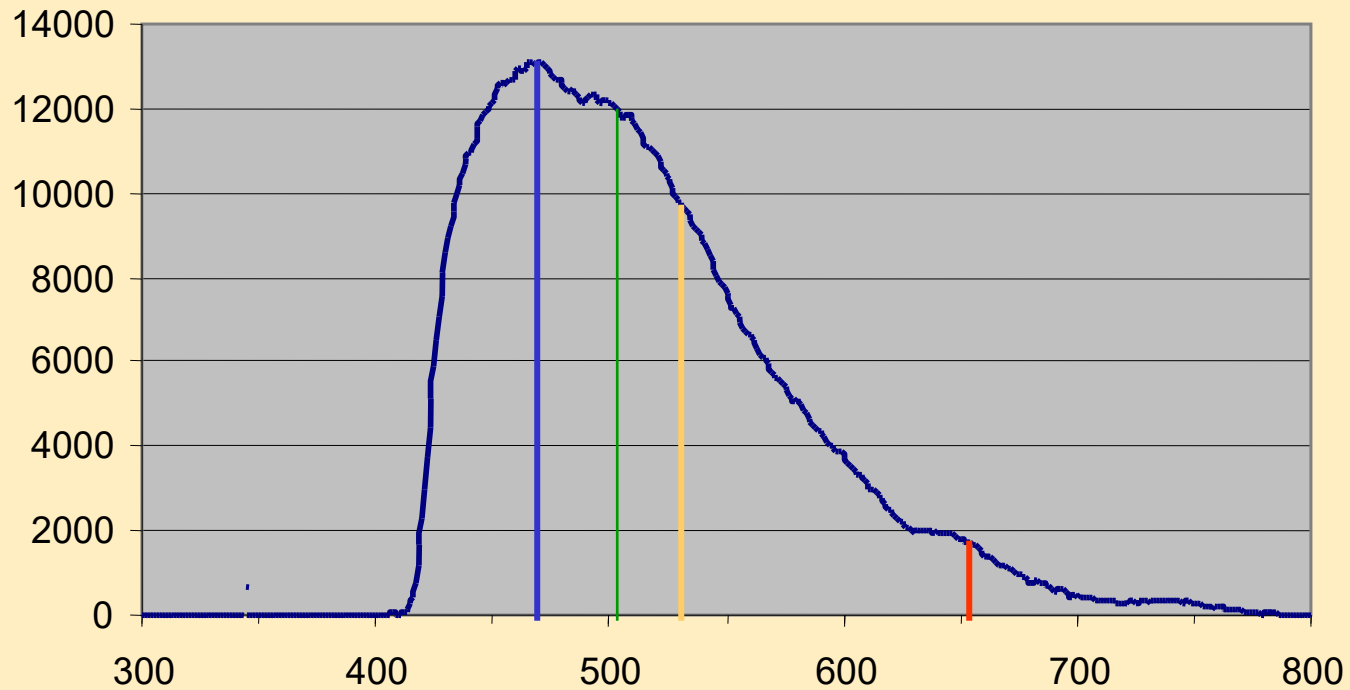
# FLUORESCENCIA PRIMARIA SECUNDARIA



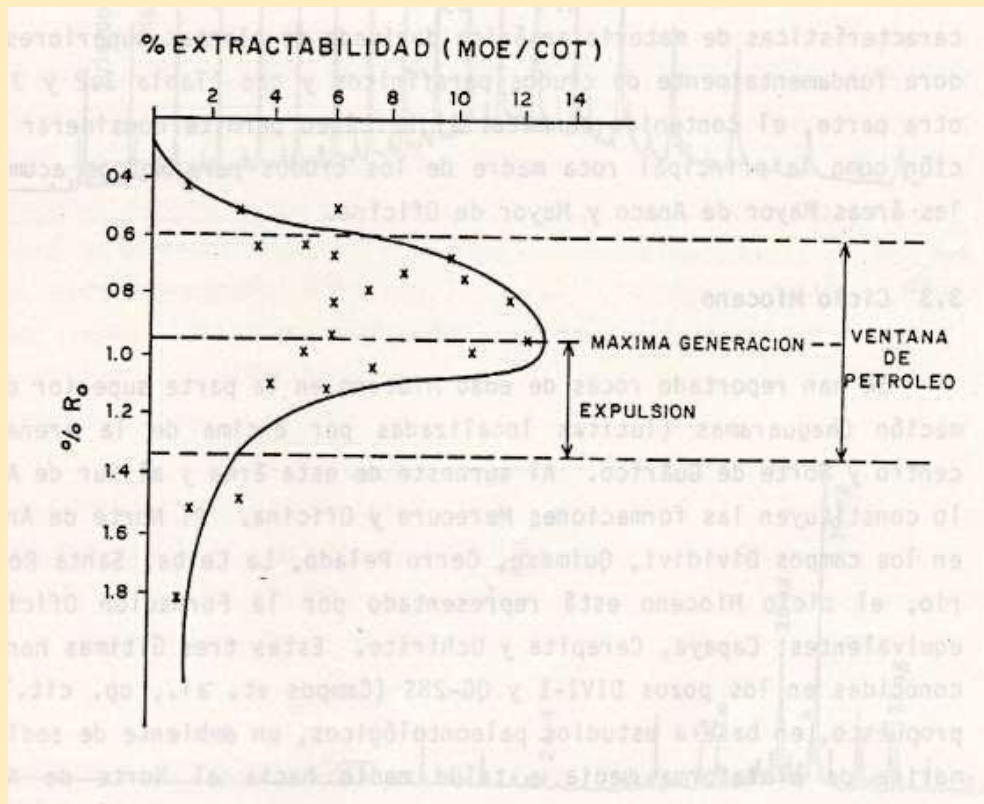
Figure 4

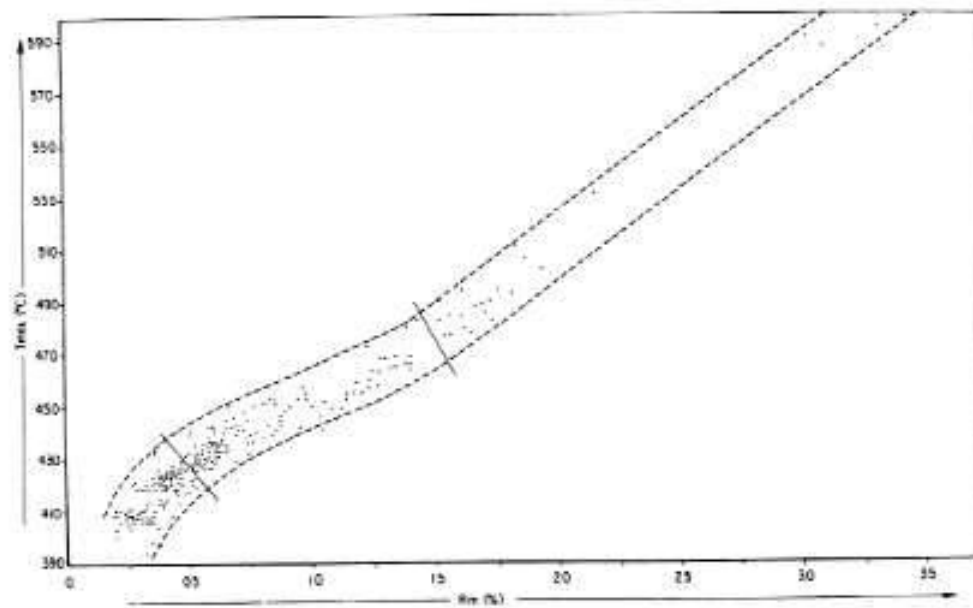
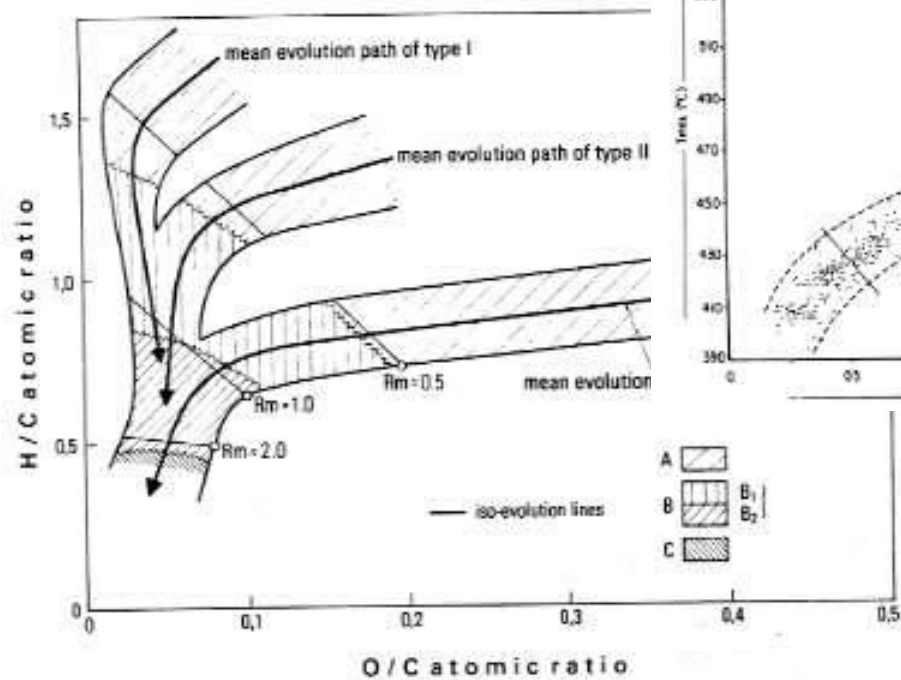
FLUOROCROMOS  
FLUOROFOROS



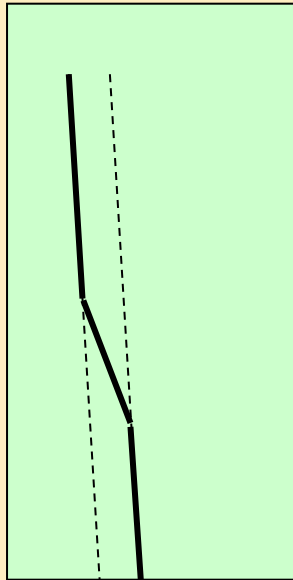


EFFECTO FADING



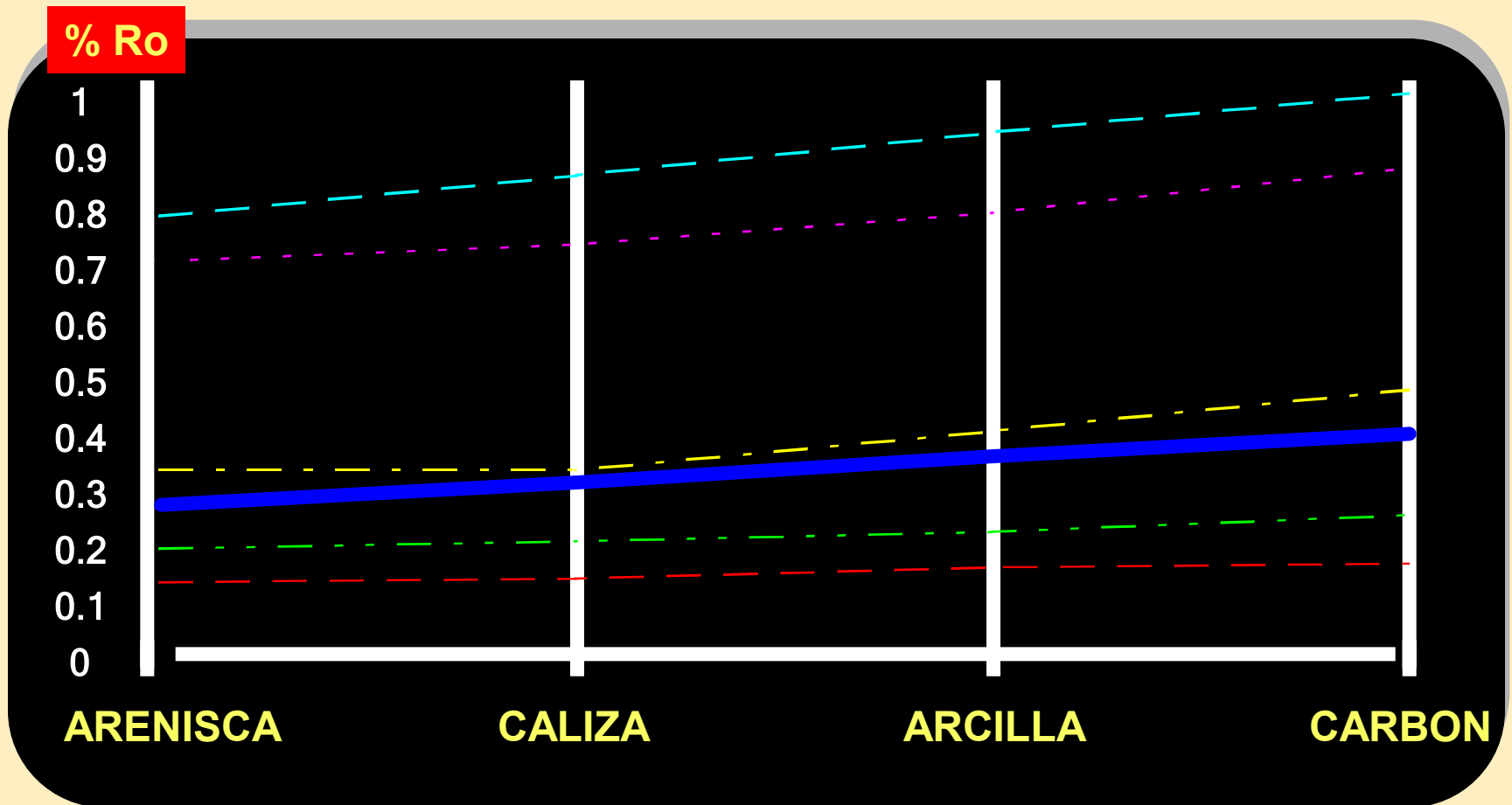


**La presión acelera las reacciones químicas .  
Es muy importante en una primera fase de  
transformación de Turba a Lignito Bituminoso.**



**Retarda la reacciones  
químicas ya que retarda la  
eliminación de los productos  
de las reacciones**

# VARIACION DE $L R_o$ CON LA LITOLOGIA





(TIMOFEEV & BUGOLYUBOYA, 1970)





# Parámetros microscópicos para la madurés y el rango

- Luz Reflejada o incidente
  - Reflectancia de la vitrinita
  - Reflectancia de la exudatinita ('migrabitumen)
  - Reflectancia de microfósiles
  - Fluorescencia de liptinitas
    - Intensidad (I<sub>546nm</sub>)
    - Máximo del espectro (I<sub>max</sub>)
    - Cuociente Q
    - Alteracion durante la irradiación
- Luz Transmitida
  - Índice de Alteración Termal (IAT)
  - Color y translucencia de los Conodontos (ICA)

	I AT	COLOR	NIVEL DE MADURACION
	1	AMARILLO PALIDO	INMADURA
	2	AMARILLO INTENSO	
	3	MARRON	MADURA
	4	MARRON OSCURO CASI NEGRO	
	5	NEGRO	POST MADURA

(MOD. STAPLIN, 1969)

TABLE 7. Heat Flow Statistics for the Continental Age Provinces

Age Province, Ma	<i>N</i>	<i>m</i>	$\sigma$	Median	Mean Deviation About Median
<i>Africa and Madagascar</i>					
250–800	19	1.15 (48)	0.82 (34)	0.93 (39)	0.64 (27)
800–1700	6	1.36 (57)	0.11 (5)	1.34 (56)	0.10 (4)
>1700	39	1.14 (48)	0.52 (22)	1.10 (46)	0.31 (13)
<i>South America</i>					
0–250	19	1.31 (55)	0.22 (9)	1.22 (51)	0.19 (8)
<i>North America</i>					
0–250	164	1.97 (82)	1.07 (45)	1.84 (77)	0.64 (27)
250–800	44	1.53 (64)	0.79 (33)	1.40 (59)	0.59 (25)
800–1700	50	1.26 (53)	0.33 (14)	1.20 (50)	0.24 (12)
>1700	216	1.11 (46)	0.38 (16)	1.05 (44)	0.26 (11)
<i>Australasia</i>					
0–250	18	1.09 (46)	0.76 (32)	0.91 (38)	0.51 (21)
250–800	17	1.81 (76)	0.78 (33)	1.50 (63)	0.62 (26)
800–1700	10	1.76 (74)	0.27 (11)	1.79 (75)	0.17 (7)
>1700	14	1.14 (48)	0.44 (18)	0.97 (41)	0.29 (12)
<i>Europe and Asia</i>					
0–250	197	1.81 (76)	1.24 (52)	1.53 (64)	0.70 (29)
250–800	420	1.50 (63)	0.44 (18)	1.48 (62)	0.32 (13)
800–1700	72	1.07 (45)	0.15 (7)	1.10 (46)	0.12 (5)
>1700	106	1.05 (44)	0.31 (13)	1.00 (42)	0.21 (9)
<i>All Continents</i>					
0–250	398	1.82 (76)	1.26 (53)	1.67 (70)	0.76 (32)
250–800	500	1.50 (63)	0.51 (21)	1.46 (61)	0.34 (14)
800–1700	138	1.20 (50)	0.24 (10)	1.17 (49)	0.22 (9)
>1700	375	1.10 (46)	0.38 (16)	1.05 (44)	0.29 (12)

*N* is the number of values, *m* is the mean in  $\mu\text{cal}/\text{cm}^2 \text{ s}$  ( $\text{mW}/\text{m}^2$ ), and  $\sigma$  is the standard deviation in  $\mu\text{cal}/\text{cm}^2 \text{ s}$  ( $\text{mW}/\text{m}^2$ ).

TABLE 1. Oceanic Heat Flow Data

Age, Ma												
0-4	4-9	9-20	20-35	35-52	52-65	65-80	80-95	95-110	110-125	125-140	140-160	>160
<i>North Pacific</i>												
<i>N</i> 268	207	214	126	57	23	36	57	35	33	72	19	12
<i>m</i> 4.04	2.49	1.90	1.59	1.21	1.35	1.48	1.34	1.16	1.11	1.12	1.23	1.29
<i>σ</i> 3.57	1.74	1.26	0.89	0.76	0.52	0.63	0.35	0.46	0.22	0.42	0.37	0.85
<i>South Pacific</i>												
<i>N</i> 87	64	99	47	51	7	13	6	24	10	19		
<i>m</i> 3.01	2.49	1.82	1.15	1.10	1.12	0.93	1.27	1.30	1.16	0.96		
<i>σ</i> 2.03	2.11	1.30	0.74	0.83	0.53	0.66	0.85	0.41	0.26	0.32		
<i>Indian Ocean</i>												
<i>N</i> 70	71	67	42	50	122	96	49	35	34	42		
<i>m</i> 2.86	5.23	1.22	1.07	1.49	1.61	1.57	1.28	1.32	1.45	1.16		
<i>σ</i> 1.85	9.9	1.04	0.67	0.72	0.86	0.86	0.75	0.46	0.90	0.39		
<i>North Atlantic</i>												
<i>N</i> 56	78	63	65	62	82	85	65	43	30	45	47	14
<i>m</i> 3.31	2.13	1.80	1.56	1.62	1.43	1.23	1.19	1.28	1.31	1.29	1.13	1.11
<i>σ</i> 2.69	1.68	1.55	1.06	1.04	0.66	0.50	0.31	0.27	0.36	0.30	0.40	0.22
<i>South Atlantic</i>												
<i>N</i> 25	24	37	24	32	31	47	27	56	55			
<i>m</i> 2.61	1.31	1.23	1.45	1.32	1.35	1.26	1.35	1.32	1.36			
<i>σ</i> 2.25	1.27	0.73	1.02	0.53	0.53	0.53	0.35	0.46	0.36			
<i>All Oceans</i>												
<i>N</i> 506	444	470	304	252	265	277	204	193	162	178	66	26
<i>m</i> 3.55 (149)	2.80 (117)	1.69 (71)	1.43 (60)	1.36 (57)	1.49 (62)	1.37 (57)	1.28 (54)	1.28 (54)	1.31 (55)	1.16 (49)	1.16 (49)	1.19 (50)
<i>σ</i> 3.01 (126)	4.30 (180)	1.24 (52)	0.92 (38)	0.83 (35)	0.73 (31)	0.68 (28)	0.48 (20)	0.40 (17)	0.51 (21)	0.38 (16)	0.39 (16)	0.59 (25)
<i>Marginal Basins</i>												
<i>N</i>	122	46	402	48	32	118			141			
<i>m</i>	2.14	1.92	1.92	1.54	1.28	1.43			101			
<i>σ</i>	1.46	1.16	0.72	0.66	0.74	0.43			0.71			

*N* is the number of heat flow stations, *m* is the mean heat flow in  $\mu\text{cal}/\text{cm}^2 \text{ s}$  ( $\text{mW}/\text{m}^2$ ), and *σ* is the standard deviation in  $\mu\text{cal}/\text{cm}^2 \text{ s}$  ( $\text{mW}/\text{m}^2$ ).

