

# TRABAJO PRÁCTICO N° 1

Estudio de sedimentos sueltos:

Granulometría, composición y forma de las partículas

---

TP1A: Análisis granulométrico y composicional de sedimentos de ambientes actuales

TP1B: Morfología de clastos y análisis granulométrico de gravas

# Objeto de estudio: sedimentos y rocas sedimentarias

## Caracterización:

---

- ✓ tamaño de las partículas
- ✓ forma, redondez y esfericidad de las partículas
- ✓ texturas superficiales de las partículas
- ✓ estructuras sedimentarias
- ✓ composición mineralógica

# TRABAJO PRACTICO N° 1A

## Análisis mecánico de sedimentos

### Objetivos del TP:

- ✓ Estudiar las técnicas para la determinación del tamaño de las partículas sedimentarias
- ✓ Realizar un tamizado de muestras en el laboratorio
- ✓ Aprender los procedimientos de análisis estadísticos de datos granulométricos
- ✓ Utilizar los resultados obtenidos junto con información complementaria para caracterizar depósitos sedimentarios y analizar los procesos de transporte y depositación

Caracterizar a un sedimento a partir de la **DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑOS DE GRANOS** de las partículas que lo componen

# Escalas granulométricas

- 1) Estandarizar la terminología sedimentológica
- 2) Simplificar los análisis estadísticos de los sedimentos

Escala de UDDEN-WENTWORTH

Escala phi

ESCALA en mm: 16 8 4 2 1 1/2 1/4 1/8 1/16 1/32

Escala logarítmica donde cada grado es el doble de grande que el grado menor anterior

Representación equivalente de tamaño finos y gruesos

# Escala de UDDEN-WENTWORTH

		U. Wentworth (mm)
GRAVA	Bloque	1024.0000
		256.0000
	Guijarro	128.0000
		64.0000
	Guija	32.0000
		16.0000
		8.0000
		4.0000
	Sábulo o Gránulo	
ARENA	Muy gruesa	
		1.0000
	Gruesa	
		0.5000
	Mediana	
		0.2500
	Fina	
		0.1250
	Muy fina	
		0.0625

2 mm

1/16 mm - 62 μm

LIMO	Gruoso	
		0.0313
	Mediano	
		0.0156
	Fino	
		0.0078
Muy fino		
	0.0039	
ARCILLA		
		0.0020
		0.0010

1/32 mm  
39 μm

## Escala phi:

transformación de la escala Udden-Wentworth para obtener números enteros

---

$$\Phi = -\log_2 d(\text{mm})$$

$$\Phi = -\log_2 2^n \quad \longrightarrow \quad \phi = -n$$

$$\begin{aligned} 4 &= 2^2 \\ 2 &= 2^1 \\ 1 &= 2^0 \\ 0,5 &= 2^{-1} \quad (1/2^1) \\ 0,25 &= 2^{-2} \quad (1/2^2) \end{aligned}$$

### Raíz cuadrada

$2^2$	4
$2^{1,5}$	2,83
$2^1$	2

### Raíz cuarta

$2^2$	4
$2^{1,75}$	3,36
$2^{1,5}$	2,83
$2^{1,25}$	2,38
$2^1$	2

ESCALA PHI:

ESCALA en mm:

<u>-3</u>	<u>-2</u>	<u>-1</u>	<u>0</u>	<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>
8	4	2	1	1/2	1/4	1/8	1/16

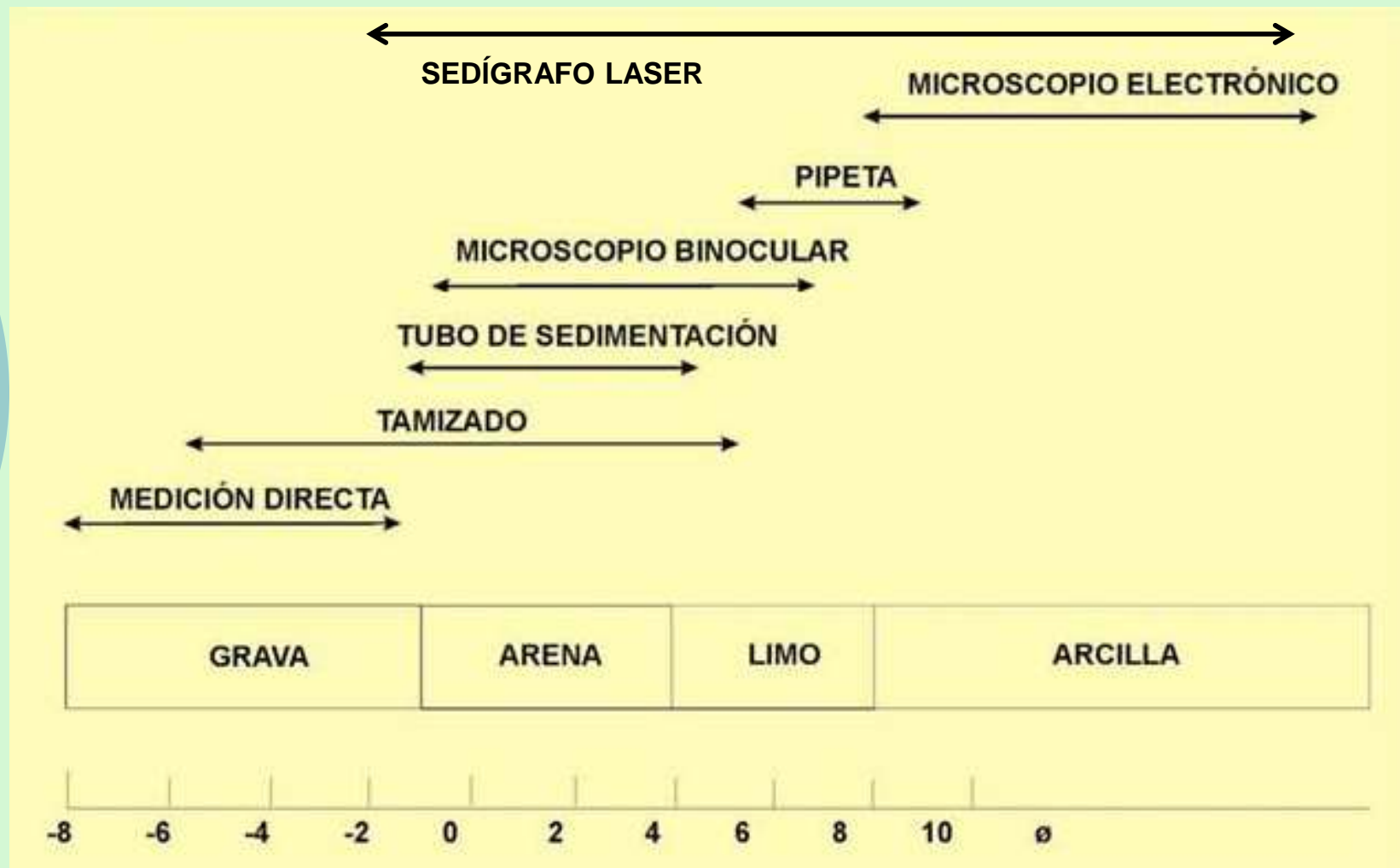
		U. Wentworth (mm)	2 (mm)	4 (mm)	phi	tamiz
G R A V A	Bloque	1024.0000			-10.00	
		256.0000			-8.00	
	Guijarro	128.0000			-7.00	
		64.0000			-6.00	
	Guija	32.0000			-5.00	
		16.0000			-4.00	
		8.0000			-3.00	4
		4.0000	4.00000	4.00000	-2.00	5
	Sábulo o Gránulo			3.36000	-1.75	6
			2.83000	2.83000	-1.50	7
			2.38000	-1.25	8	
2.0000		2.00000	2.00000	-1.00	10	
A R E N A	Muy gruesa			1.68000	-0.75	12
			1.41000	1.41000	-0.50	14
				1.19000	-0.25	16
		1.0000	1.00000	1.00000	0.00	18
	Gruesa			0.84000	0.25	20
			0.70700	0.70700	0.50	25
				0.59500	0.75	30
		0.5000	0.50000	0.50000	1.00	35
	Mediana			0.42000	1.25	40
			0.35400	0.35400	1.50	45
				0.29700	1.75	50
		0.2500	0.25000	0.25000	2.00	60
	Fina			0.21000	2.25	70
			0.17700	0.17700	2.50	80
				0.14900	2.75	100
		0.1250	0.12500	0.12500	3.00	120
Muy fina			0.10500	3.25	140	
		0.08800	0.08800	3.50	170	
			0.07400	3.75	200	
	0.0625	0.06200	0.06200	4.00	230	



		U. Wentwort (mm)	2 (mm)	4 (mm)	phi	tamiz
L I M O	Grueso			0.05300	4.25	
			0.04400	0.04400	4.50	
				0.03700	4.75	
		0.0313	0.03120	0.03120	5.00	
	Mediano			0.02660	5.25	
			0.02200	0.02200	5.50	
				0.01880	5.75	
		0.0156	0.01560	0.01560	6.00	
	Fino			0.01330	6.25	
			0.01100	0.01100	6.50	
				0.00940	6.75	
		0.0078	0.00780	0.00780	7.00	
Muy fino			0.00660	7.25		
		0.00550	0.00550	7.50		
			0.00470	7.75		
	0.0039	0.00390	0.00390	8.00		
A R C I L L A			0.00330	8.25		
		0.00276	0.00276	8.50		
			0.00232	8.75		
	0.0020	0.00195	0.00195	9.00		
			0.00164	9.25		
		0.00138	0.00138	9.50		
			0.00116	9.75		
	0.0010	0.00098	0.00098	10.00		
			0.00082	10.25		
	0.00069	0.00069	10.50			



# MÉTODOS DE ANÁLISIS

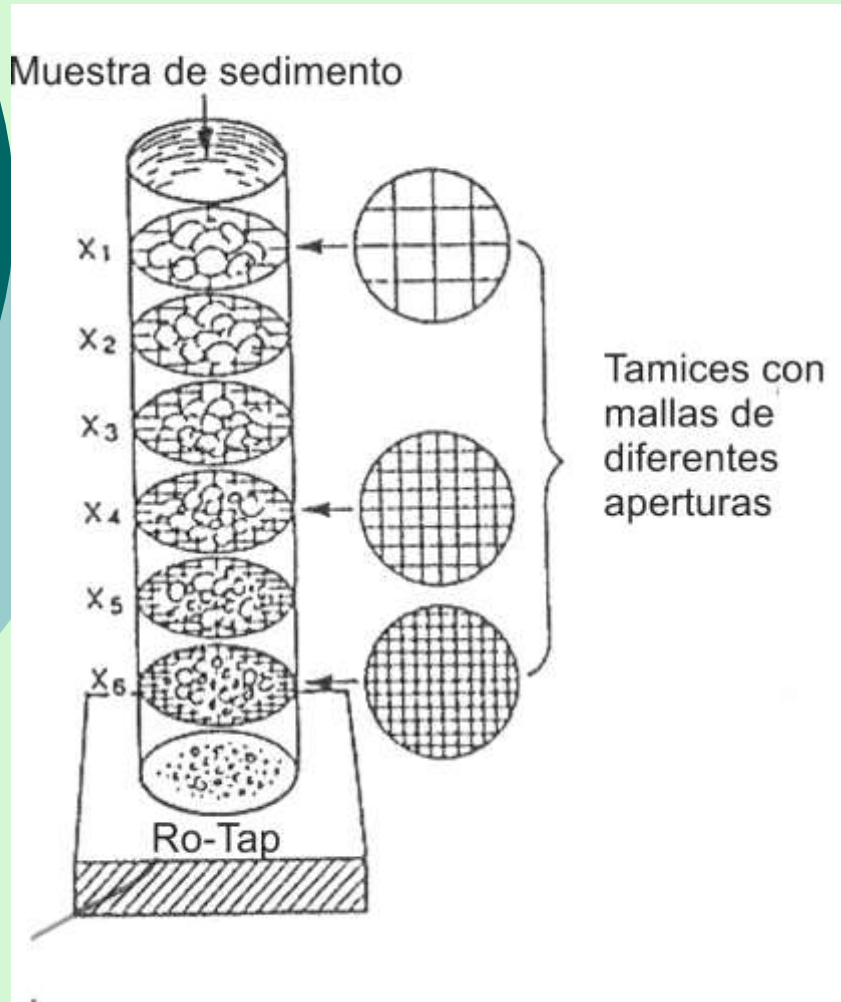


# TAMIZADO – PIPETEO // SEDÍGRAFO

Preparación de la muestra:

- ✓ Cuarteo
- ✓ Desagregación Mecánica
- ✓ Desagregación Química
  - a) Eliminación de materia orgánica (con peróxido de hidrógeno)
  - b) Eliminación de carbonatos (con ácido clorhídrico)
  - c) Eliminación de óxidos e hidróxidos de hierro (con ácido oxálico)
  - d) Eliminación de sales solubles (con agua destilada, al regular el pH)
- ✓ Secado y pesado de la muestra

# TAMIZADO

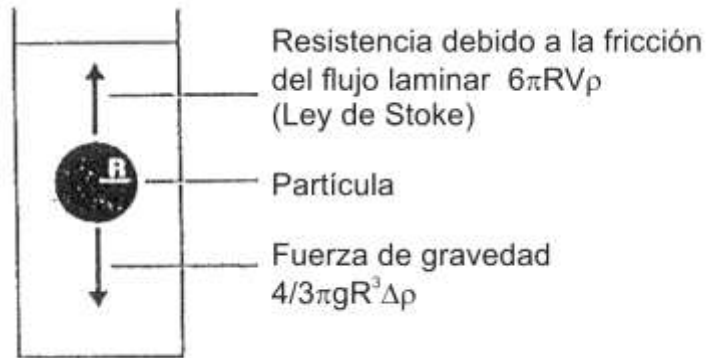


Ejemplo:

TAMIZ	phi	Peso neto
2000	-1,00	0,324
1680	-0,75	3,235
1416	-0,50	4,895
1190	-0,25	4,814
1000	0,00	4,220
840	0,25	2,156

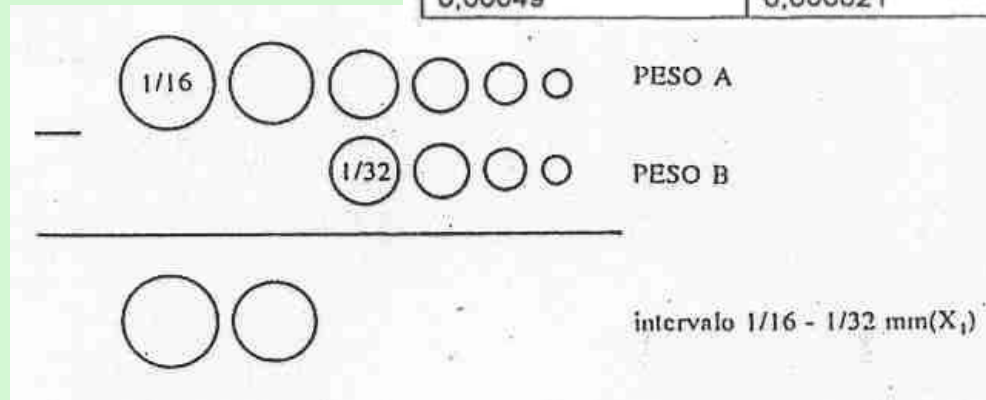
# PIPETEO

tiempos de extracción



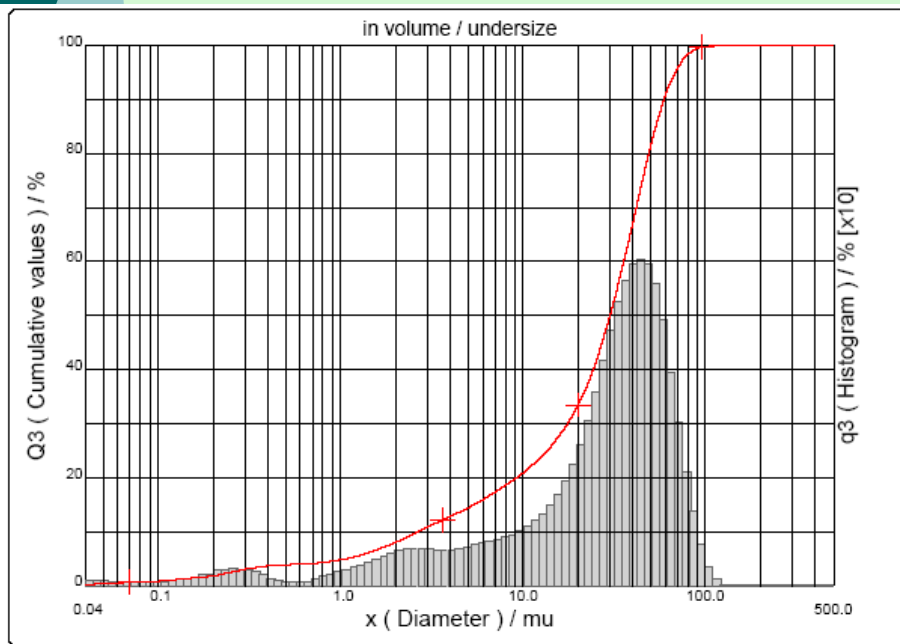
## Ley de Stokes

Diámetro en mm	Velocidad cm/seg	Profundidad cm/seg	Hora-minuto-segundo
0,0625	0,347	20	00 00 58
0,0442	0,174	20	00 01 56
0,0312	0,0869	10	00 01 56
0,0221	0,0435	10	00 03 52
0,0156	0,0217	10	00 07 44
0,0110	0,0109	10	00 15 --
0,0078	0,00543	10	00 31 --
0,0055	0,00272	10	01 01 --
0,0039	0,00136	10	02 03 --
0,00276	0,00068	10	04 05 --
0,00195	0,00034	10	08 10 --
0,00138	0,000168	10	16 21 --
0,00098	0,000085	5	16 21 --
0,00069	0,000043	5	32 42 --
0,00049	0,000021	5	65 25 --



# Sedígrafo o contador de partículas laser

El software del contador de partículas calcula la distribución de tamaño de granos según el **patrón de dispersión de la luz**, como un porcentaje en volumen de los rangos de tamaños, asumiendo que las partículas de sedimento tienen una geometría esférica



arenas, limos y arcillas



Customer defined classes

	Customer defined classes										in volume / undersize									
x	0.69	0.98	1.38	1.95	2.76	3.90	5.50	7.80	11.00	15.60	22.00	31.20	44.00	62.00	88.00	125.0	177.0	250.0	354.0	500.0
Q3	4.11	4.81	6.03	7.92	10.37	12.71	15.26	18.34	22.08	27.55	36.51	52.30	73.48	91.92	99.33	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

x : diameter / mu    Q3 : cumulative value / %    q3 : population density / %

# Análisis granulométrico de rocas litificadas

Método de Friedman:

Medición del eje mayor del clasto ubicado en el cruce de hilos del microscopio

Qué eje se mide con los tamices?

Ecuaciones de conversión propuestas por Harrell y Eriksson (1979):

$$X^* \text{ (media corregida)} = 0,934 \cdot X \text{ (media en sección delgada)} + 0,376$$

$$\sigma^* \text{ (selección corregida)} = 0,880 \cdot \sigma \text{ (selección en sección delgada)} + 0,122$$

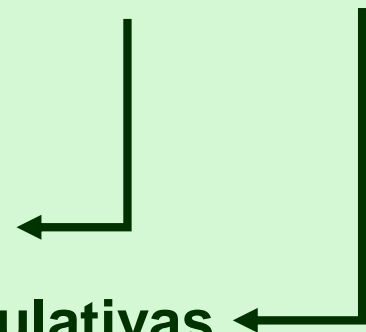
## Que hacemos con los datos?

TAMIZ	phi	Peso bruto	Peso del vaso	Peso neto	f (%)	% Acumul.
2000	-1,00	23,989	23,665	0,324	0,408	0,408
1680	-0,75	28,220	24,985	3,235	4,075	4,484
1416	-0,50	30,143	25,248	4,895	6,167	10,650
1190	-0,25	29,461	24,647	4,814	6,065	16,715
1000	0,00	28,712	24,492	4,220	5,316	22,031
840	0,25	25,962	23,806	2,156	2,716	24,747

## Representaciones gráficas?

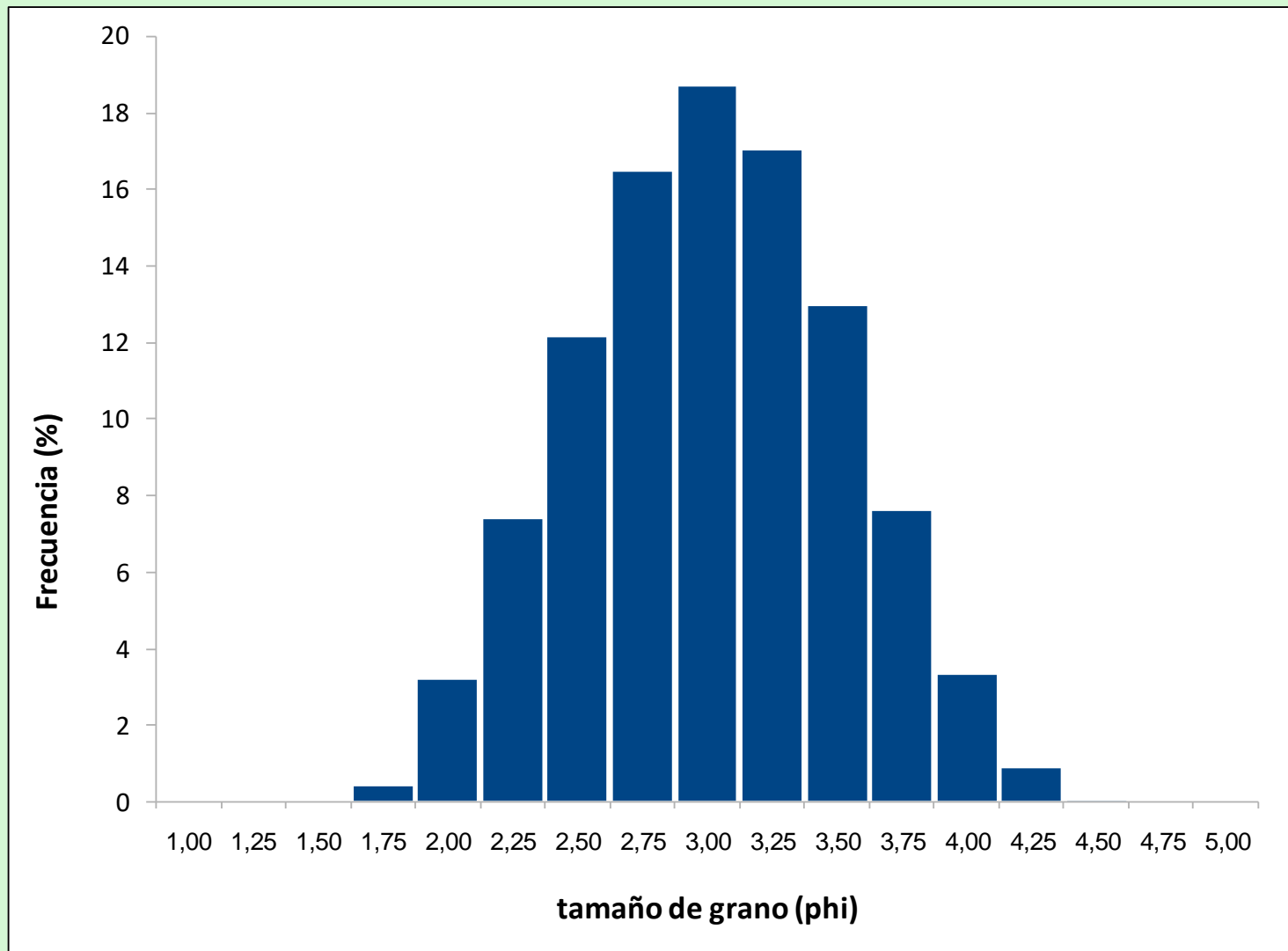
histogramas, curvas de frecuencia

curvas acumulativas

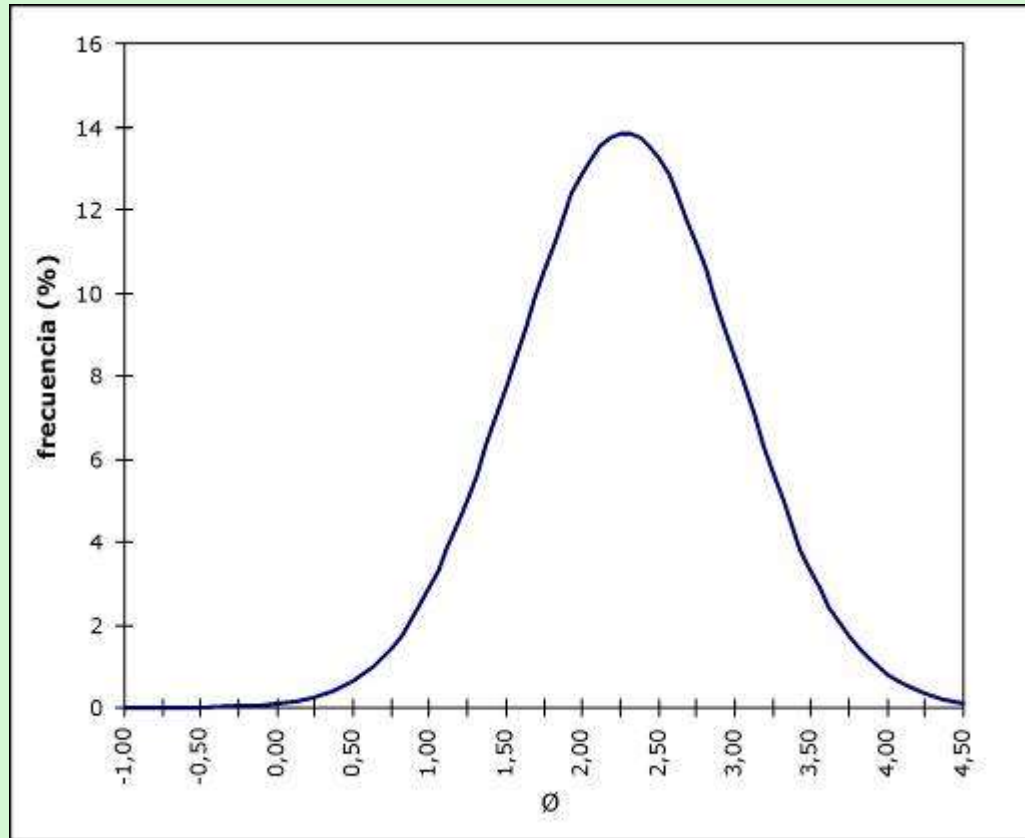




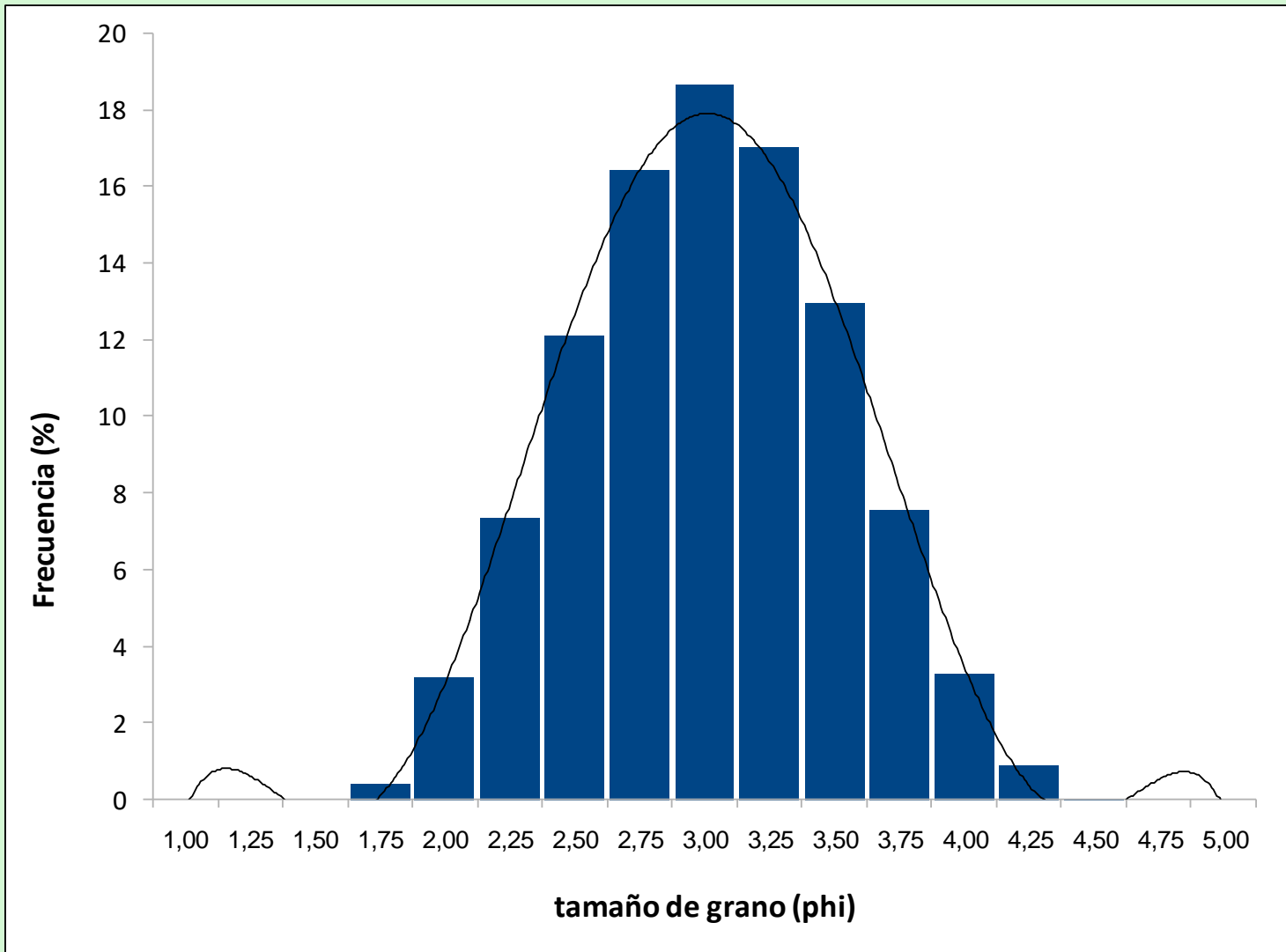
# Histogramas



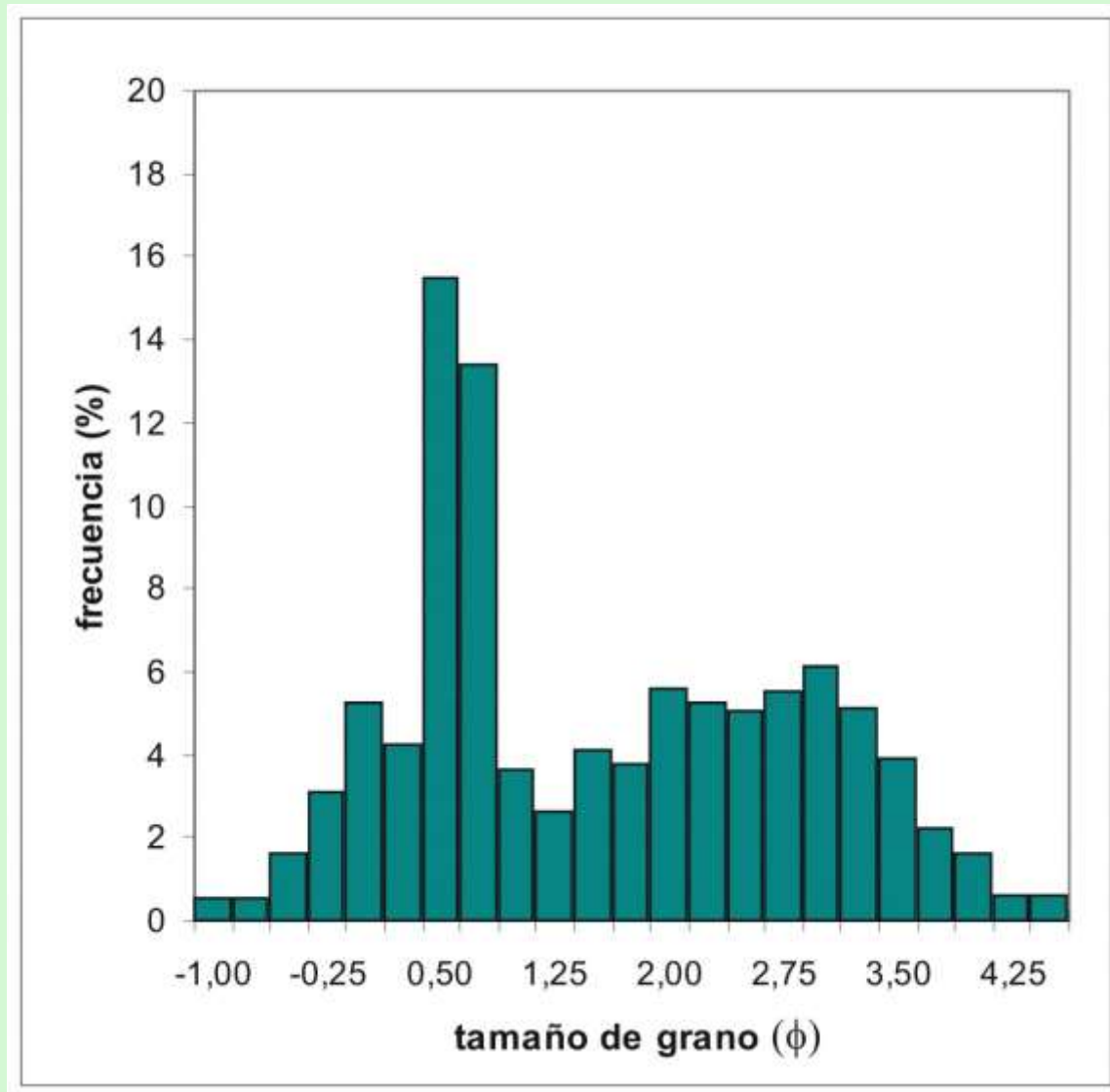
# Curvas de frecuencia



Distribución gaussiana, curva de probabilidad normal



# Histogramas



# Análisis estadístico

## ✓ Representaciones gráficas

- Histograma
- Curva de frecuencia
- Curva acumulativa (escala aritmética, escala logarítmica)

## ✓ Parámetros estadísticos

- Tendencia Central o Promedios
- Dispersión o Selección (Sorting)
- Asimetría (Skewness)
- Agudeza (Kurtosis)

{ Media (*Mean*)  
Mediana (*Median*)  
Moda (*Mode*)



**Tamaño del sedimento**

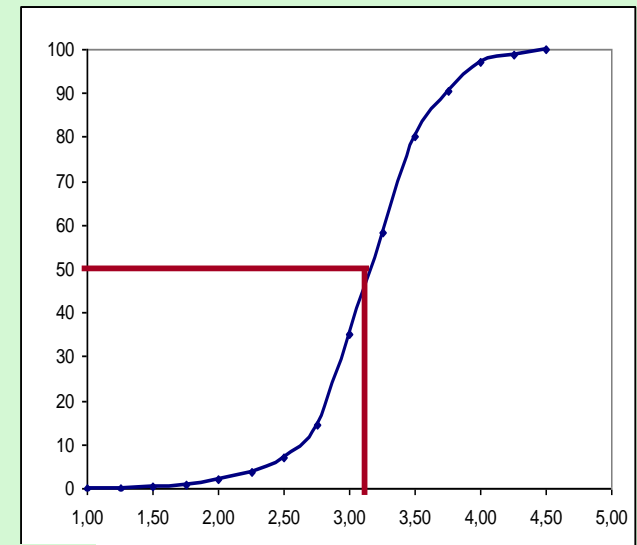
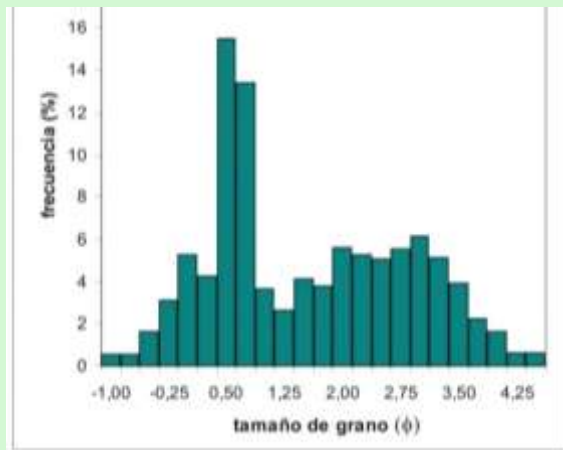


**Distribución de tamaños con respecto al valor medio**

Parámetros estadísticos	Fórmulas del método de momentos	Fórmulas del método gráfico (de Folk y Ward, 1957)
media ( $\bar{x}$ )	$\frac{\sum f \cdot m}{100}$	$\frac{(\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84})}{3}$
selección ( $\sigma$ )	$\sqrt{\frac{\sum f \cdot (m - \bar{x})^2}{100}}$	$\frac{(\phi_{84} - \phi_{16})}{4} + \frac{(\phi_{95} - \phi_5)}{6,6}$
asimetría ( $SK_1$ )	$\frac{\sum f \cdot (m - \bar{x})^3}{100 \cdot \sigma^3}$	$\frac{(\phi_{16} + \phi_{84} - 2 \cdot \phi_{50})}{2 \cdot (\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{(\phi_5 + \phi_{95} - 2 \cdot \phi_{50})}{2 \cdot (\phi_{95} - \phi_5)}$
mediana ( $M_d$ )		$\phi_{50}$
agudeza ( $K_G$ )	$\frac{\sum f \cdot (m - \bar{x})^4}{100 \cdot \sigma^4}$	$\frac{(\phi_{95} - \phi_5)}{2,44 \cdot (\phi_{75} - \phi_{25})}$

**Media** valor promedio

**Moda** intervalo más representado



**Mediana** divide a la muestra en dos poblaciones iguales

## Parámetros estadísticos según McManus (1988):

SELECCIÓN	
muy bien seleccionado	< 0,35
bien seleccionado	0,35 - 0,5
moderadamente bien seleccionado	0,5 - 0,70
moderadamente seleccionado	0,7 - 1,00
pobrementemente seleccionado	1,00 - 2,00
muy pobrementemente seleccionado	2,00 - 4,00
extremadamente mal seleccionado	>4,00

Grado de uniformidad de la distribución de tamaños del sedimento

Predominio de una población respecto a otra

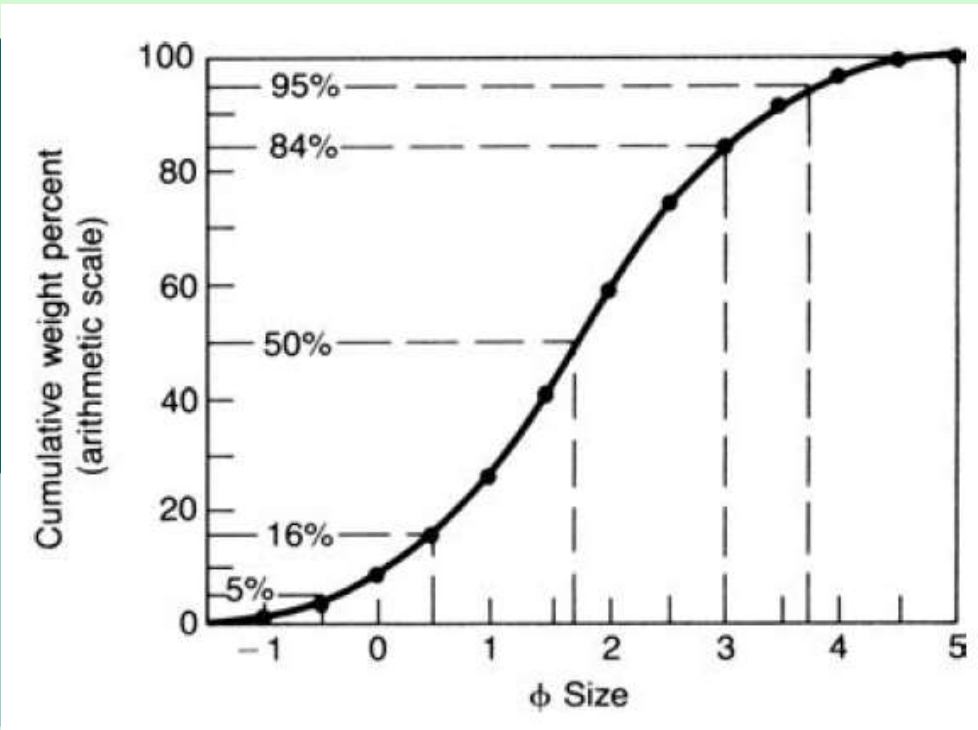
ASIMETRÍA	
asimetría muy positiva	+ 0,3 a +1,0
asimetría positiva	+0,1 a +0,3
simétrica	+0,1 a -0,1
asimetría negativa	-0,1 a -0,3
asimetría muy negativa	-0,3 a -1,0

AGUDEZA	
muy platicúrtico	< 0,67
platicúrtico	0,67 - 0,90
mesocúrtico	0,90 - 1,11
leptocúrtico	1,11 - 1,50
muy leptocúrtico	1,50 - 3,00
extremadamente leptocúrtico	> 3,00

Comparación entre la dispersión de la parte central y la dispersión de los extremos de la curva de frecuencia



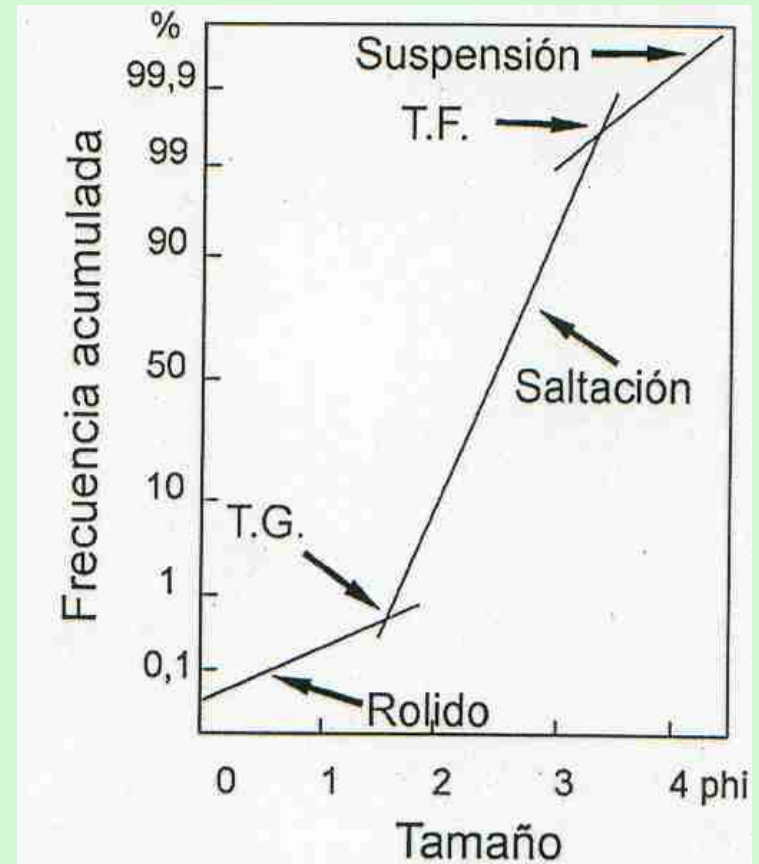
# Curvas acumulativas



Escala aritmética  
Udden-Wentworth en mm

Qué son los percentiles?

Escala logarítmica  
Udden-Wentworth en phi

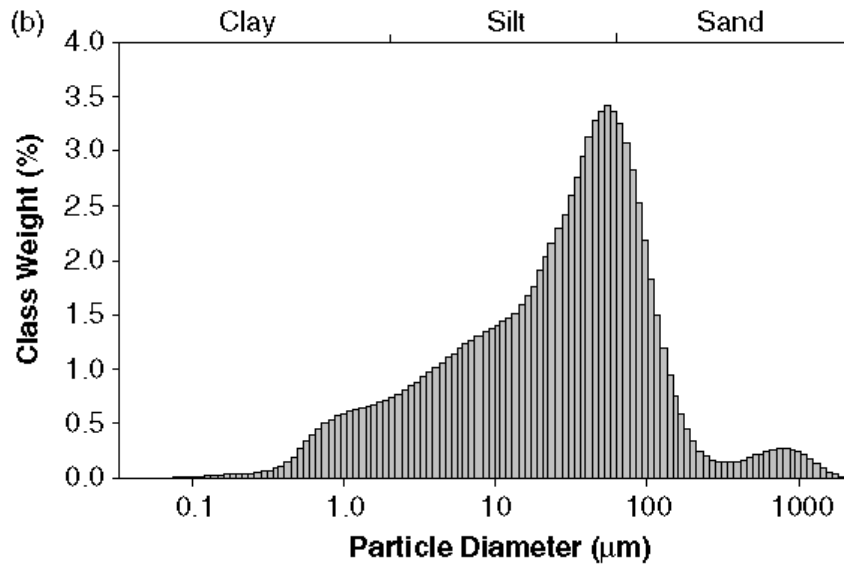


Por sí solos los parámetros texturales  
**NO** permiten interpretar el paleoambiente de depositación,  
ya que la distribución granulométrica  
**NO** es función exclusiva del ambiente de sedimentación.

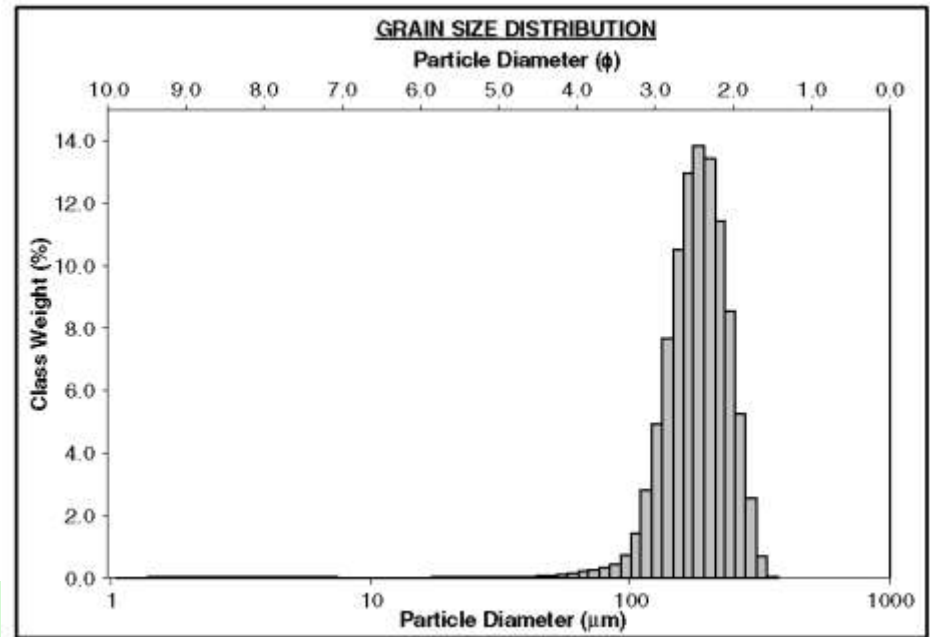
De que dependen las  
características texturales?

- ✓ Procesos de transporte y depositación
- ✓ Material disponible para el transporte  
(*sediment supply*)

Las características texturales de los depósitos sedimentarios  
**PERMITEN** hacer inferencias sobre el tipo de mecanismo de  
transporte, las condiciones del medio de sedimentación (ej.  
energía del flujo, etc.), de los procesos de transporte, y de cuál  
fue el tipo de sedimento disponible para ser transportado.



Depósito glacial (till)



Depósito de dunas costeras

De Blott&Pye  
(2001) ESPL

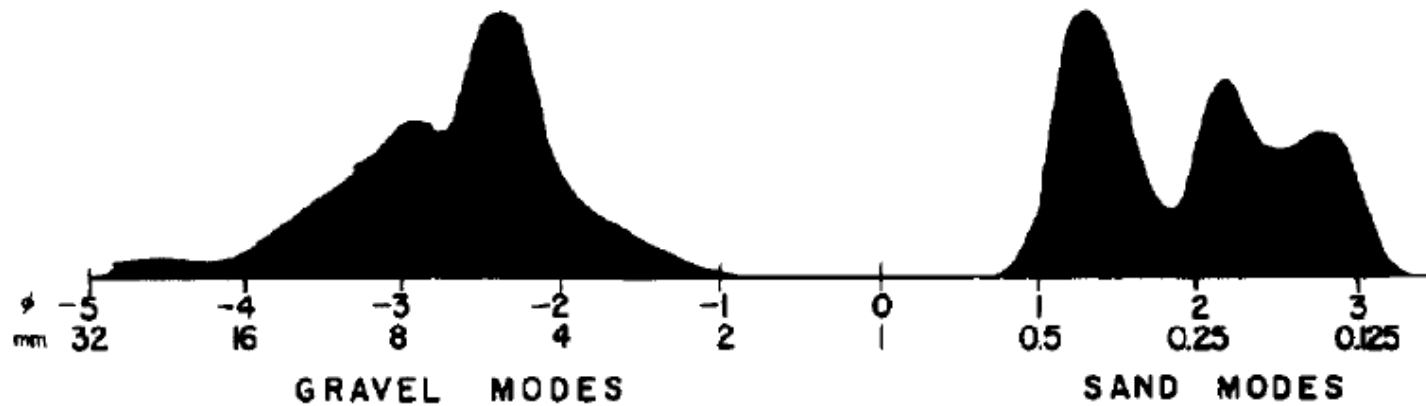
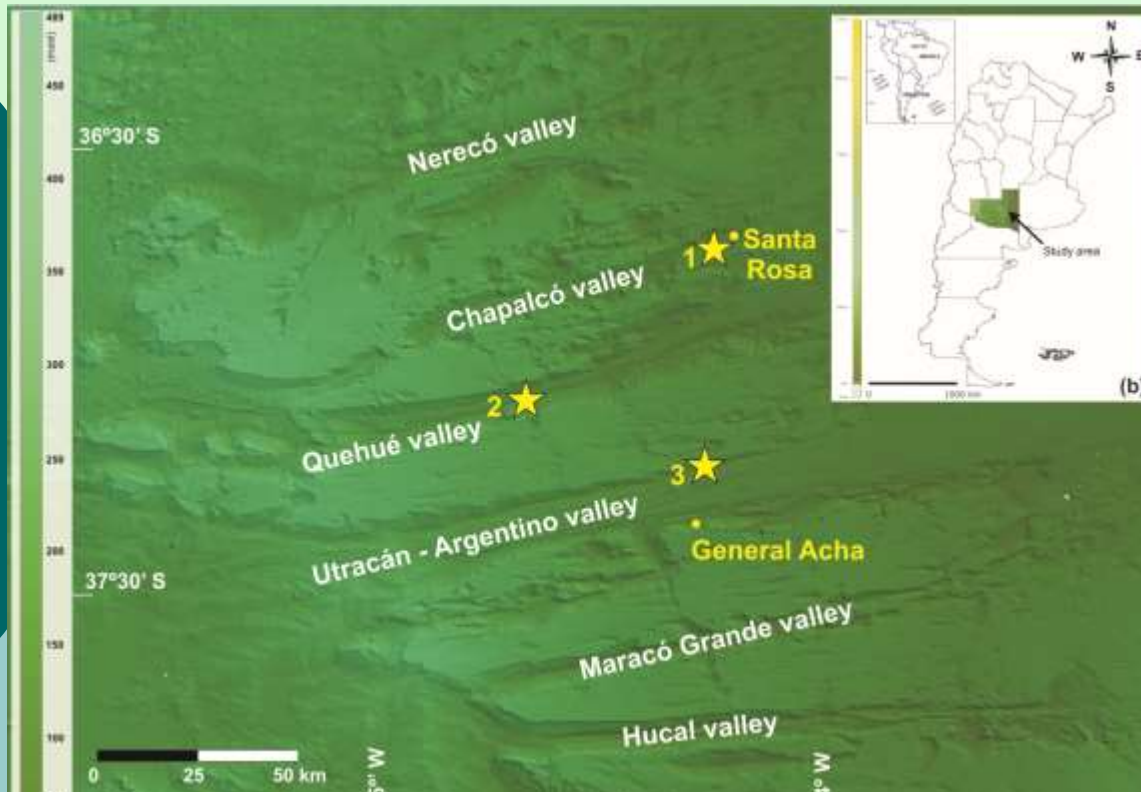


FIG. 4.—Frequency distribution of the sand and gravel modes for all samples.

De Folk&Ward (1957) JSP

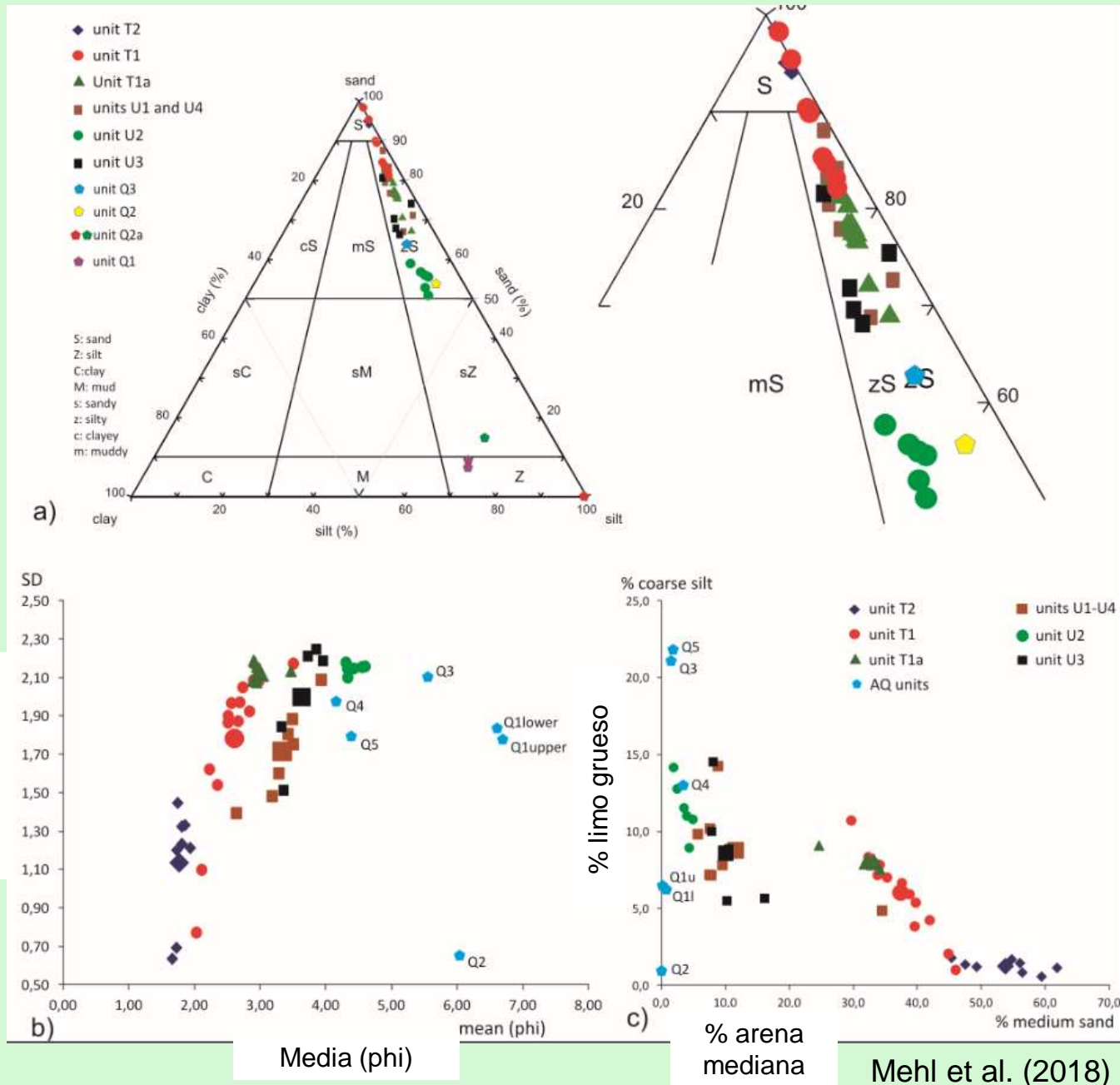
# Ejemplo de aplicación de datos texturales granulométricos



Mehl, Tripaldi y Zárata (2018)  
Late Quaternary aeolian and  
fluvial-aeolian interaction  
deposits from southwestern  
Pampas of Argentina,  
southern South America. PPP  
En prensa.



# Clasificación y comparación de depósitos sedimentarios

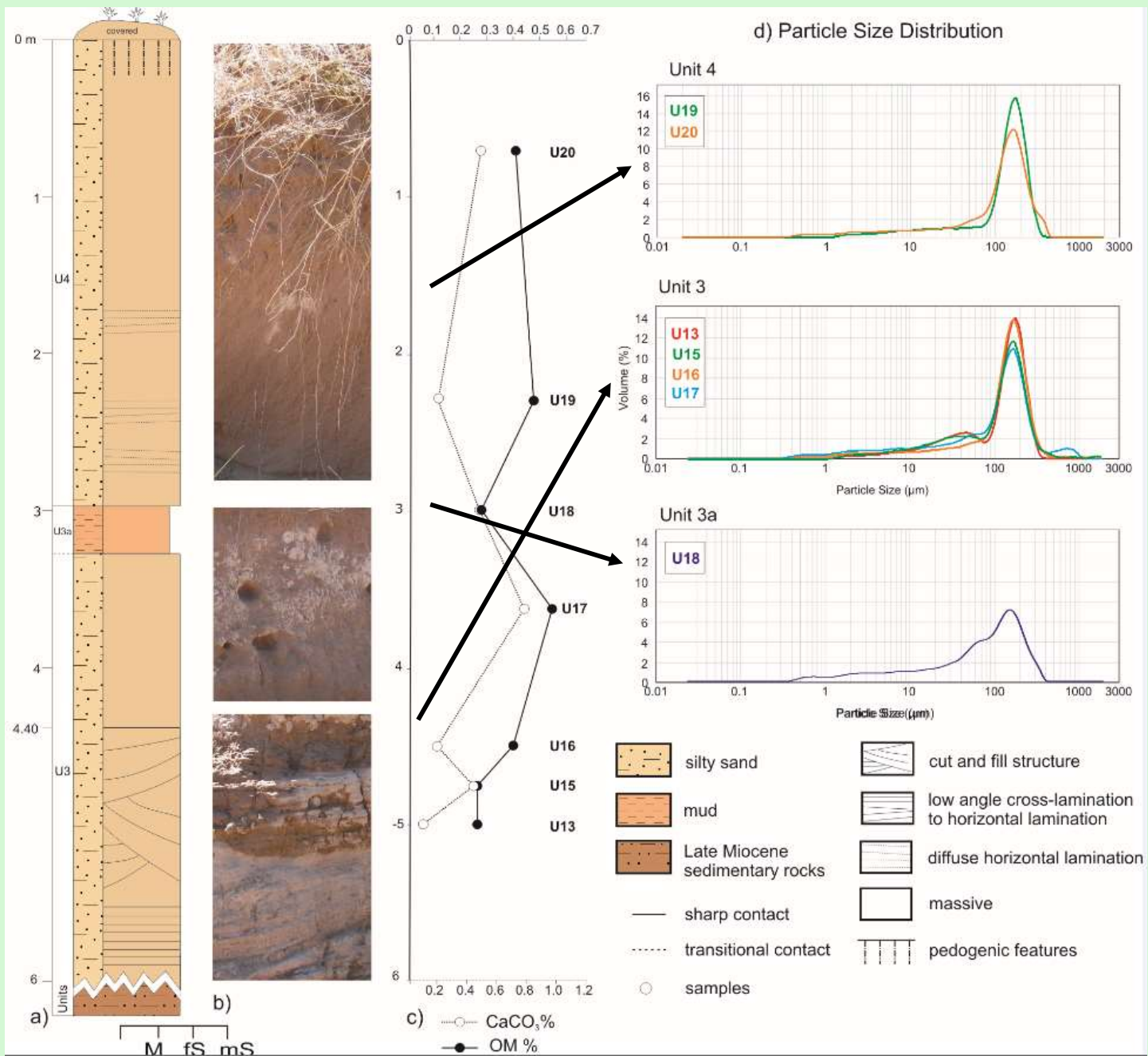


Desviación estandar

Media (phi)

% arena mediana







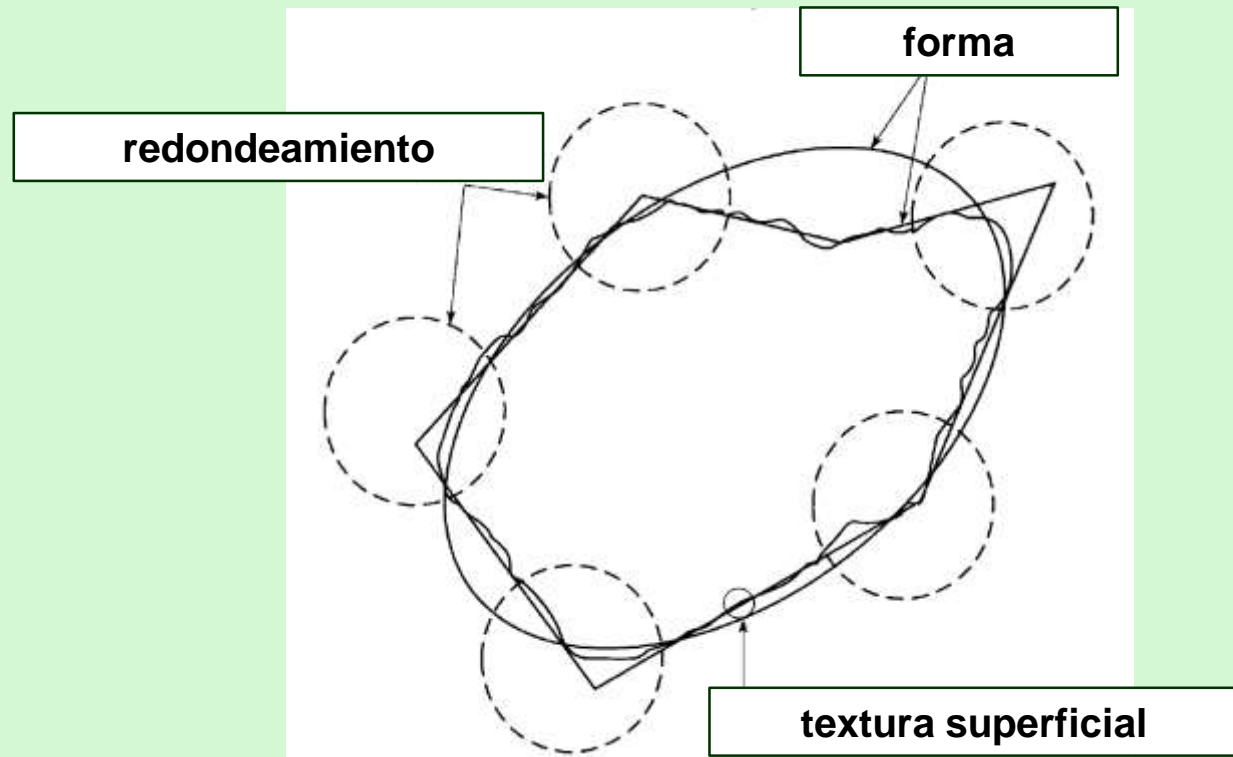


# TRABAJO PRACTICO N° 1B

Morfología de clastos y análisis granulométrico de gravas

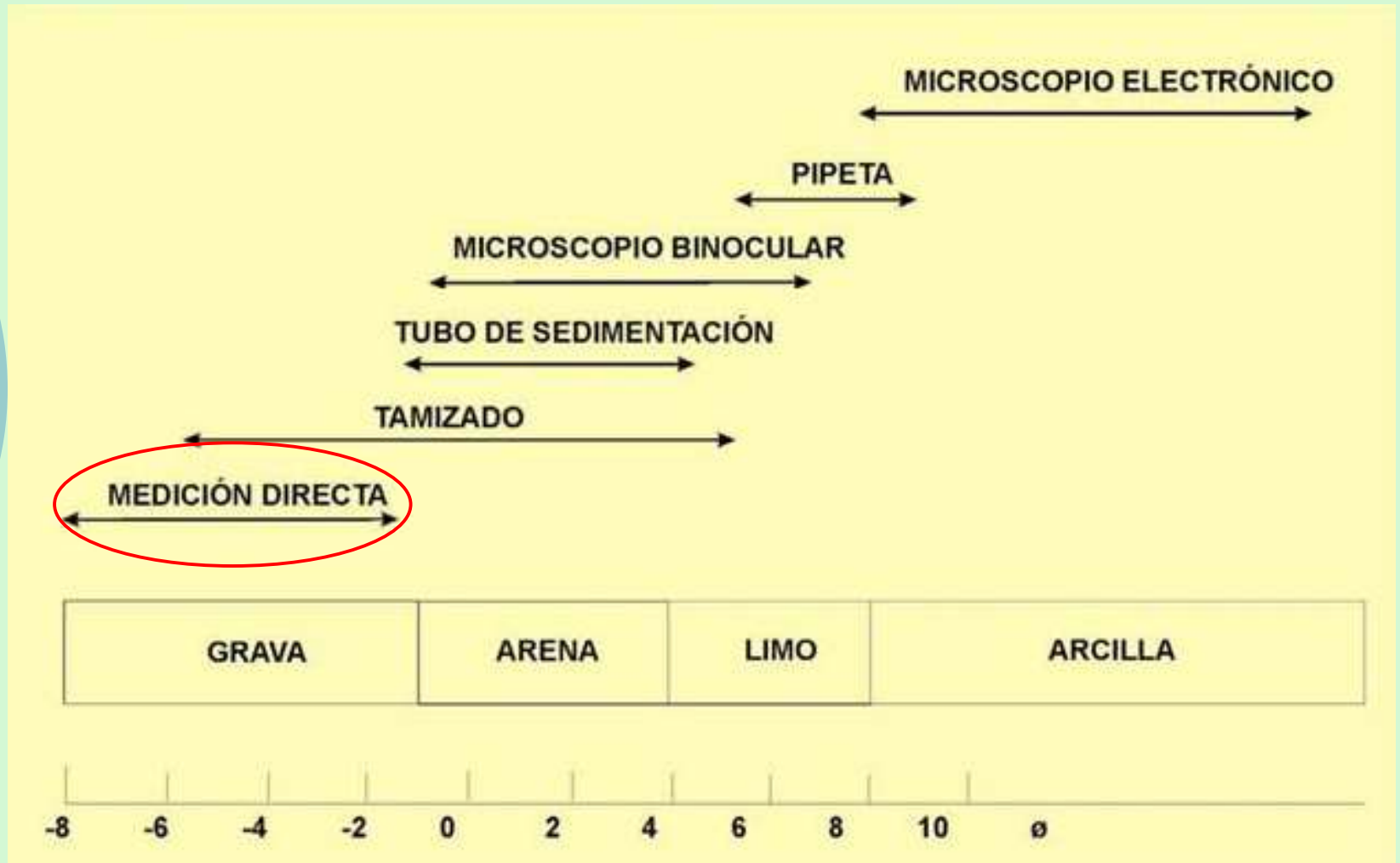
## Objetivos del TP:

- ✓ Caracterizar la granulometría y morfología de gravas
- ✓ Consideraciones geológicas de los resultados



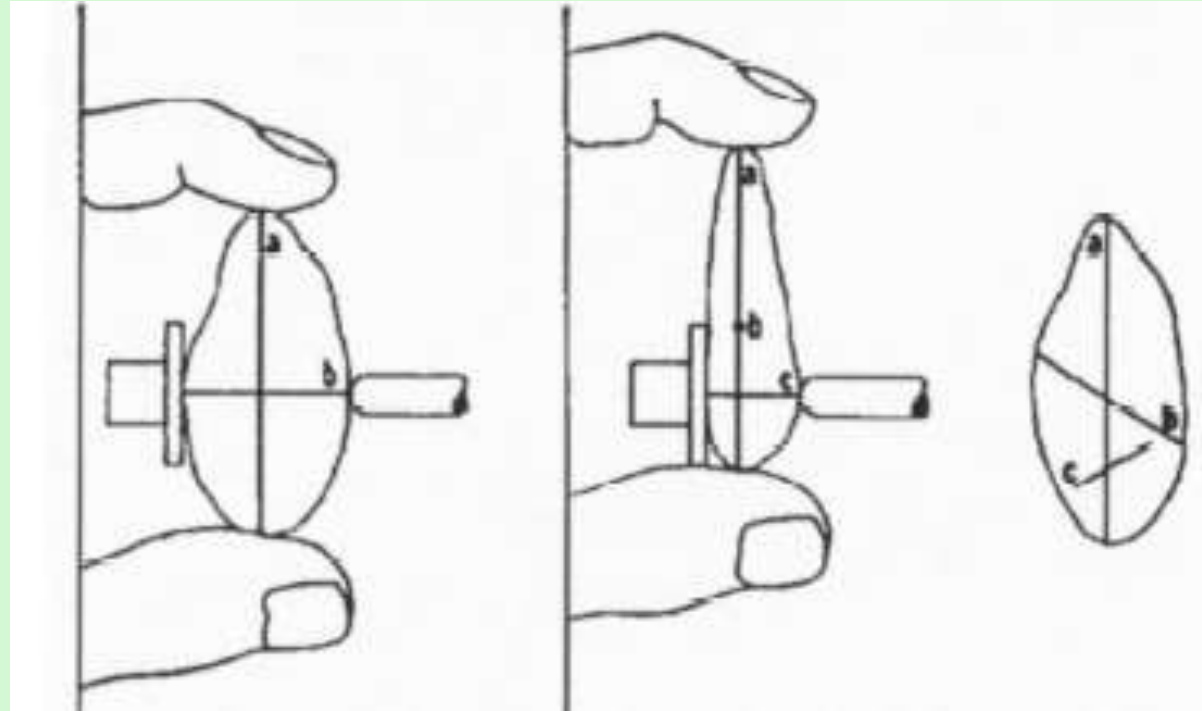
		U. Wentworth (mm)	2 (mm)	4 (mm)	phi	tamiz
G R A V A	Bloque	1024.0000			-10.00	
		256.0000			-8.00	
	Guijarro	128.0000			-7.00	
		64.0000			-6.00	
	Guija	32.0000			-5.00	
		16.0000			-4.00	
		8.0000			-3.00	4
		4.0000	4.00000	4.00000	-2.00	5
	Sábulo o Gránulo			3.36000	-1.75	6
			2.83000	2.83000	-1.50	7
			2.38000	-1.25	8	
2.0000		2.00000	2.00000	-1.00	10	
A R E N A	Muy gruesa			1.68000	-0.75	12
			1.41000	1.41000	-0.50	14
				1.19000	-0.25	16
		1.0000	1.00000	1.00000	0.00	18
	Gruesa			0.84000	0.25	20
			0.70700	0.70700	0.50	25
				0.59500	0.75	30
		0.5000	0.50000	0.50000	1.00	35
	Mediana			0.42000	1.25	40
			0.35400	0.35400	1.50	45
				0.29700	1.75	50
		0.2500	0.25000	0.25000	2.00	60
	Fina			0.21000	2.25	70
			0.17700	0.17700	2.50	80
				0.14900	2.75	100
		0.1250	0.12500	0.12500	3.00	120
Muy fina			0.10500	3.25	140	
		0.08800	0.08800	3.50	170	
			0.07400	3.75	200	
	0.0625	0.06200	0.06200	4.00	230	

# Método de medición



**Tamaño de las gravas:** Se usan las medidas de los ejes

MAYOR (a)  
MEDIO (b)  
MENOR (c)



Se determina como el promedio de los tres ejes

## Morfología de clastos

- ✓ Configuración o morfología general de las partículas
  - ✓ No se ajustan a formas geométricas sencillas
- 

- ✓ Para caracterizar la geometría de las partículas:

FORMA

ESFERICIDAD

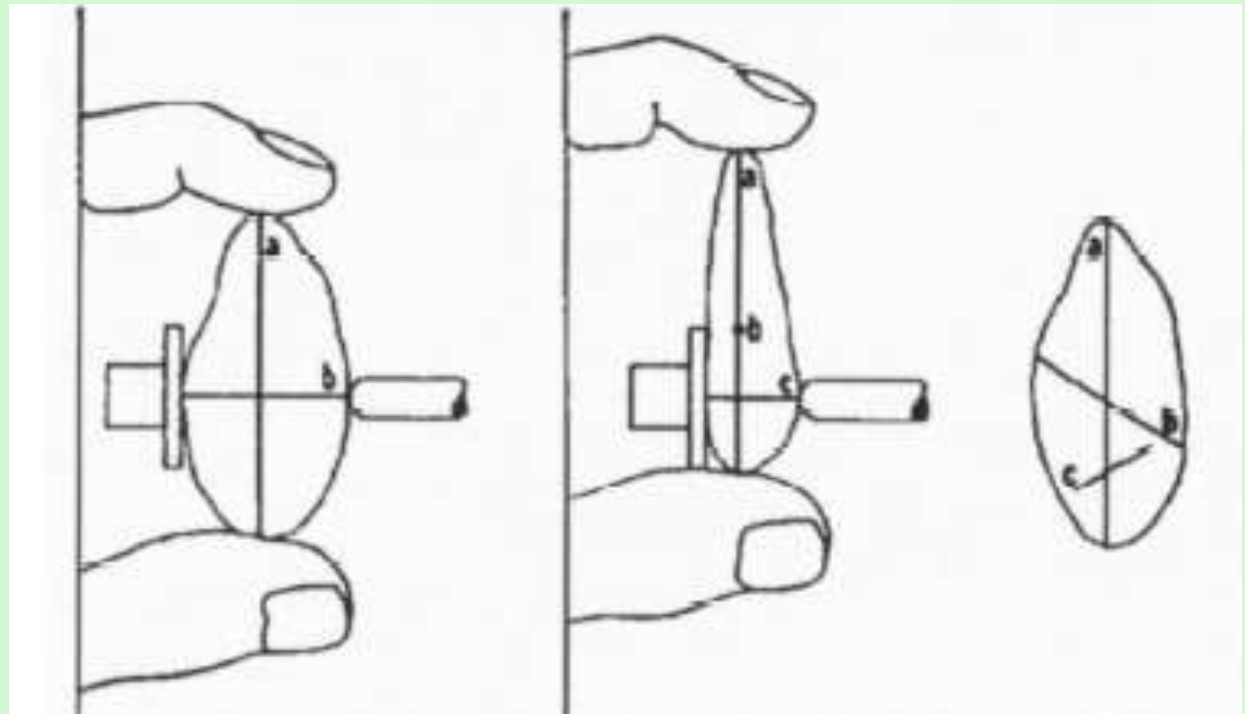
REDONDEAMIENTO

TEXTURAS SUPERFICIALES

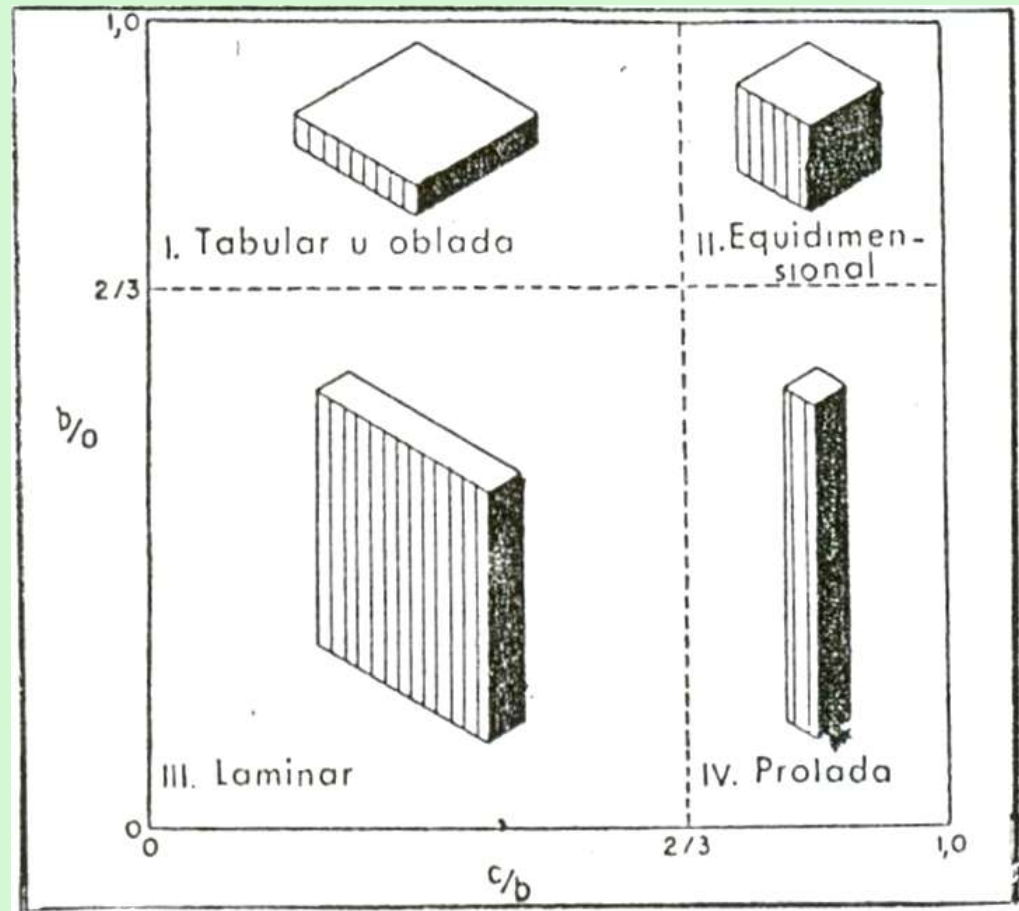
## Forma

- ✓ Se determina en 3 dimensiones
- ✓ Se usan las medidas de los ejes

MAYOR (a)  
MEDIO (b)  
MENOR (c)

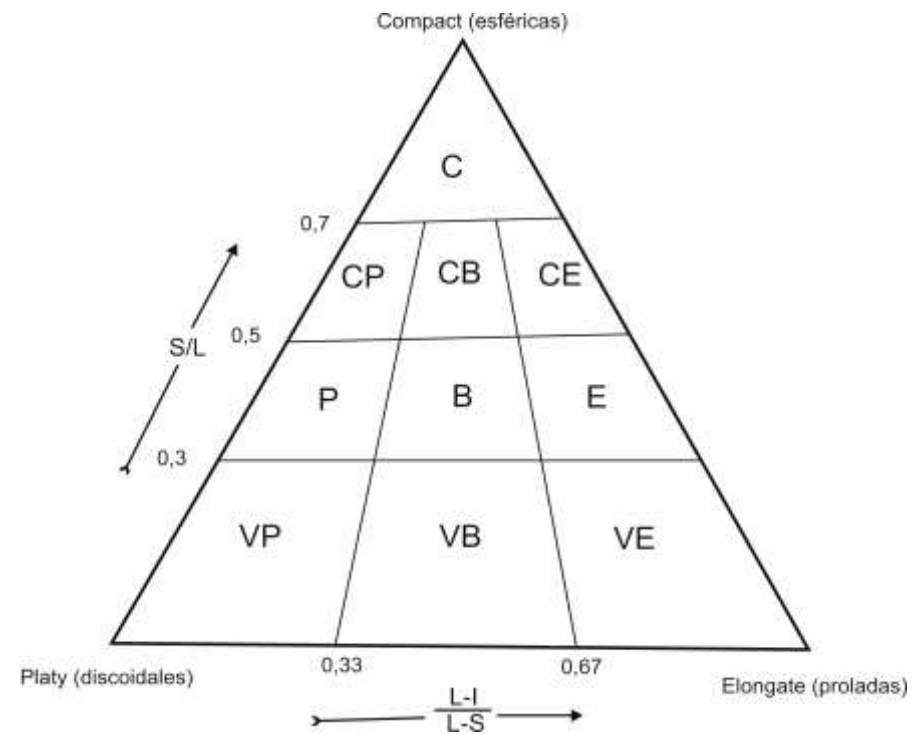
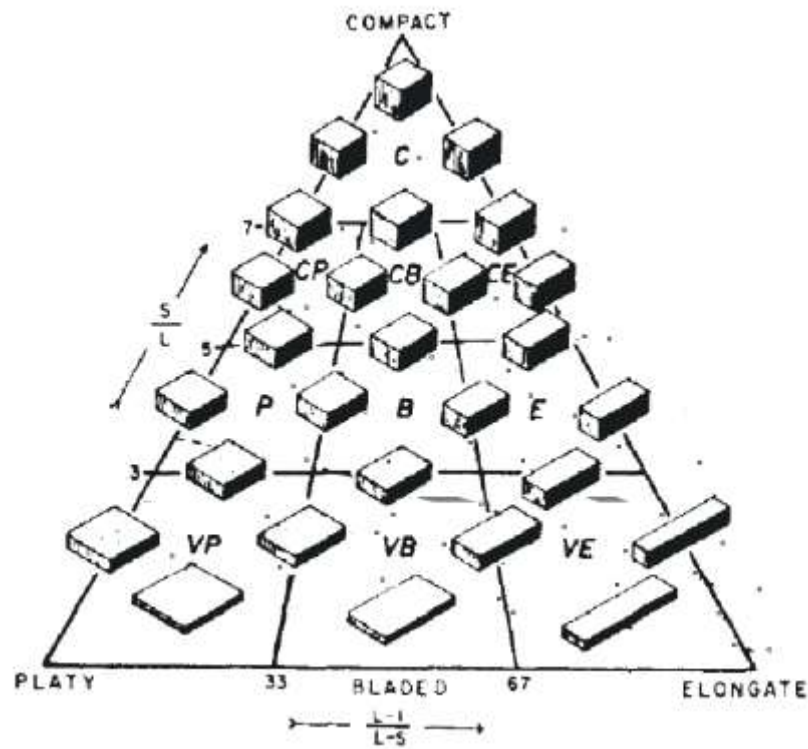


# Propuesta de Zingg (1935):



MAYOR (a)  
MEDIO (b)  
MENOR (c)

# Propuesta de Sneed y Folk (1958):




MAYOR (a): L  
 MEDIO (b): I  
 MENOR (c): S

C: esférico  
 P: discoidal  
 B: laminar  
 E: proladas  
 V: muy ... (proladas, laminares o discoidales)



# Morfología de clastos



---

FORMA

**ESFERICIDAD**

REDONDEAMIENTO

TEXTURAS SUPERFICIALES

# Esfericidad

**Grado en que la forma de un clasto se asemeja a la forma de una esfera**

Teóricamente se expresa como la relación entre sup. de una esfera de igual vol. que el clasto / sup. del clasto (Wadell, 1933)

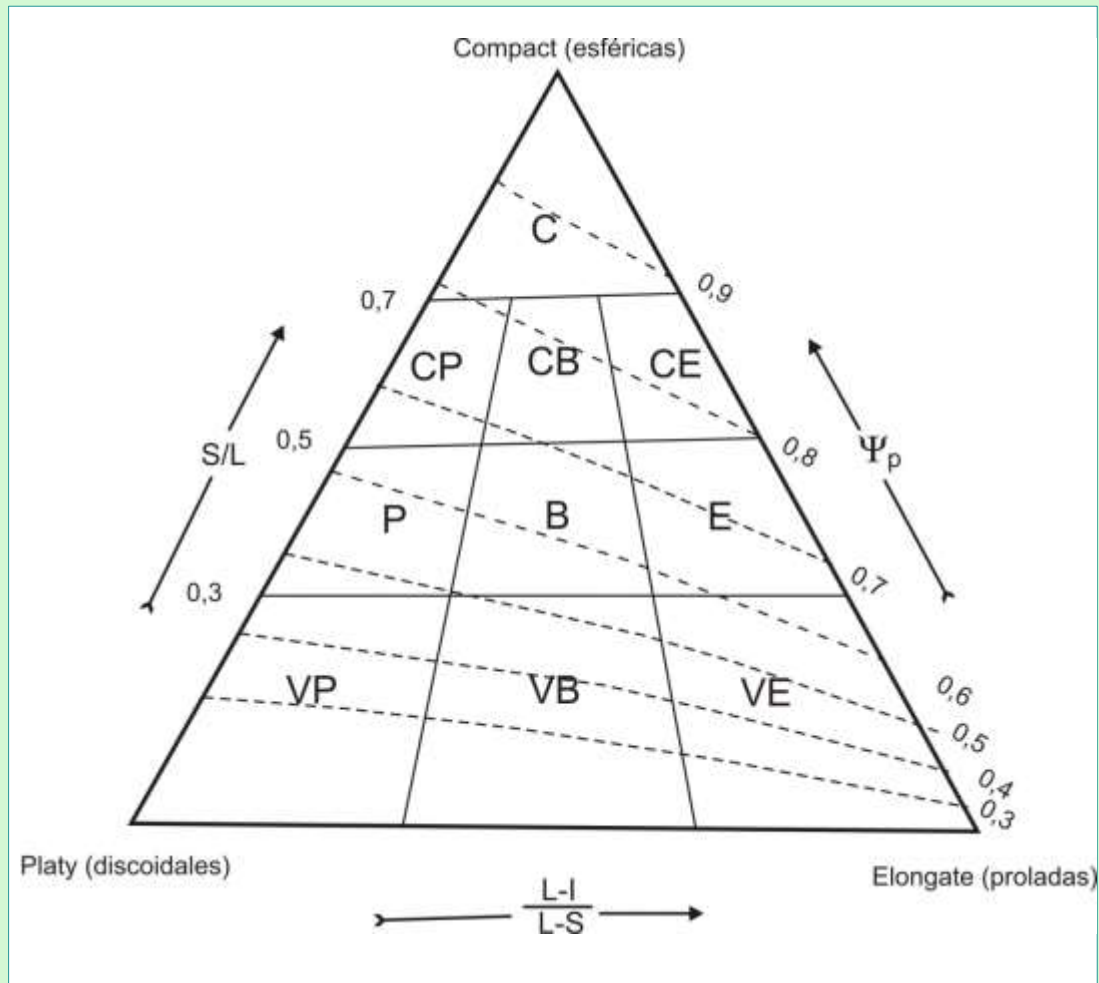
**Esfericidad de máxima proyección ( $\Psi_p$ )** o de decantación efectiva (Sneed y Folk, 1958)

Relación entre el área longitudinal de una esfera del mismo volumen de la partícula / su máxima área de proyección


$$\psi_P = \sqrt[3]{S^2 / LI}$$

# Esfericidad de máxima proyección ( $\Psi_p$ )

$$\Psi_P = \sqrt[3]{S^2 / LI}$$



# Morfología de clastos



---

FORMA

ESFERICIDAD

**REDONDEAMIENTO**

TEXTURAS SUPERFICIALES

# Redondeamiento

Medida de la agudeza de los vértices y aristas que presenta un clasto

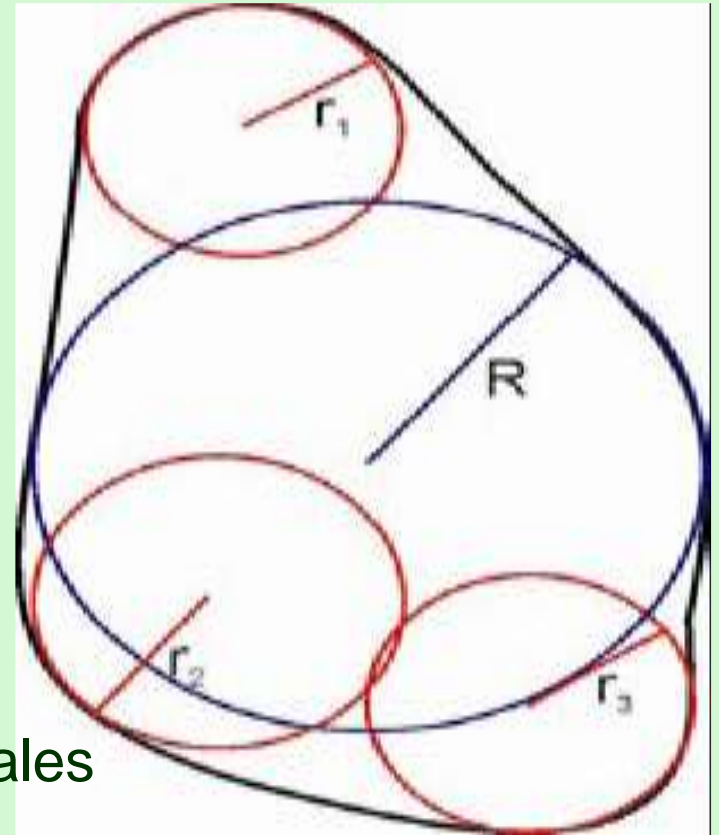
Análisis bidimensional

$$Rw = \Sigma(r/R) / N$$

r: radio de curvatura de aristas individuales

R: radio del máximo círculo inscripto

N: número de aristas

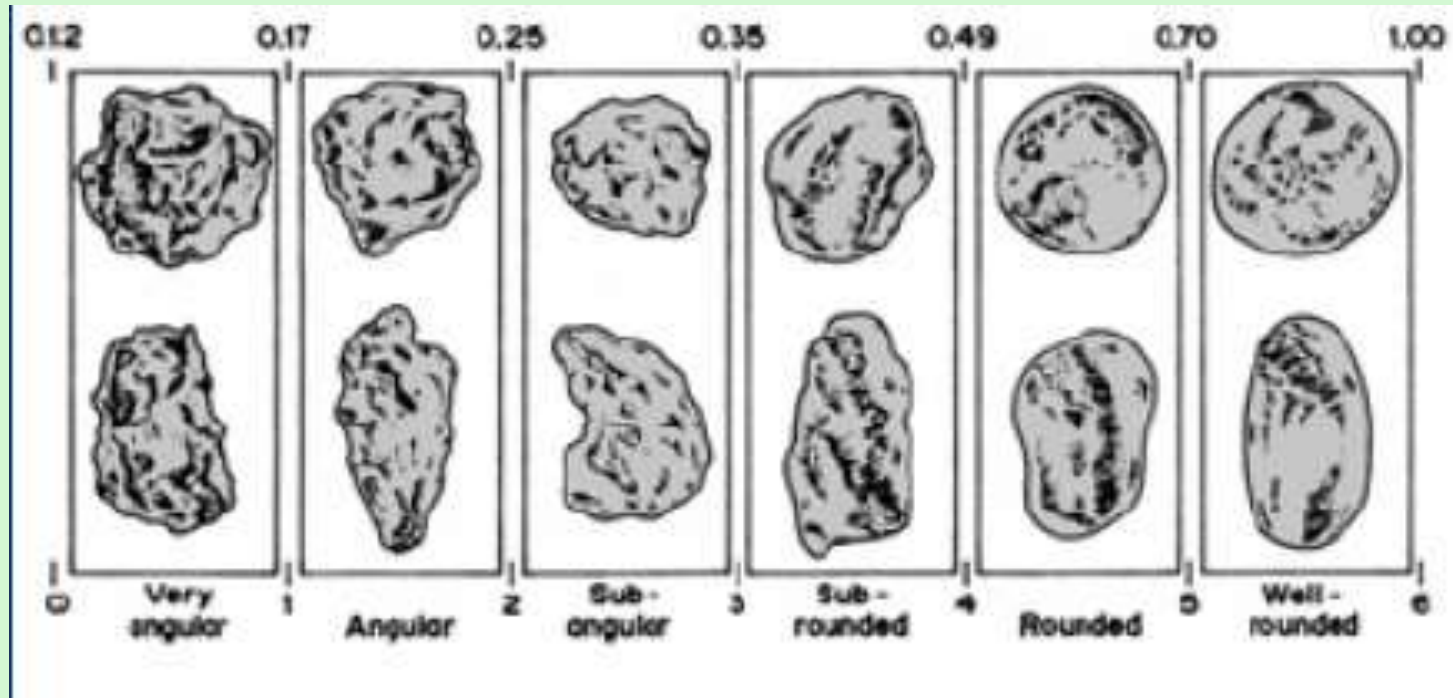


# Redondeamiento

## Cartas de comparación visual

Alta  
esfericidad


Baja  
esfericidad



## Escala de Powers (1982)

Powers, M.C., 1953. A new roundness scale for sedimentary particles. *Journal of Sedimentary Petrology* 23(2), 117-119.

# Morfología de clastos



---

FORMA

ESFERICIDAD

REDONDEAMIENTO

**TEXTURAS SUPERFICIALES**

# Texturas superficiales

Las texturas superficiales se pueden observar directamente en los clastos de las psefíticas

Ej. estrías producidas por la acción de los glaciares



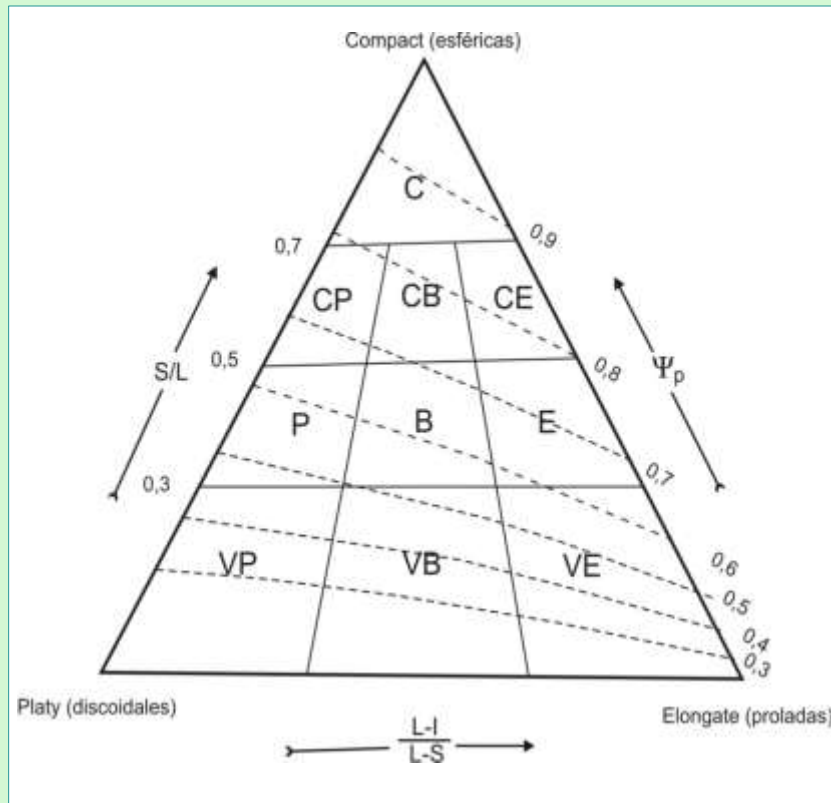
También se identifican en granos de arena, y en este caso su estudio efectúa a través del análisis de imágenes de microscopio electrónico de barrido



# Consideraciones geológicas

## Forma y esfericidad

Tiene gran influencia la roca madre  
roca masiva (equidimensionales)  
roca foliada (laminares)

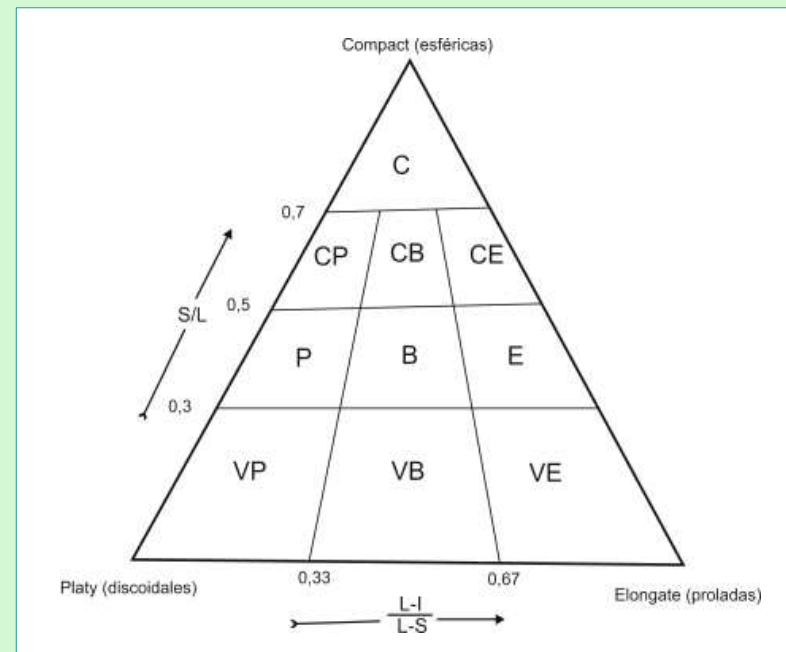


# Consideraciones geológicas

**Forma** Relación entre la forma de los clastos y su transporte, la forma puede retardar o acelerar la velocidad de caída o influir sobre la efectividad de los desplazamientos sobre el sustrato

El transporte por **tracción** es más efectivo en clastos **equidimensionales**, luego los **prolados** y con menor movilidad se encuentran los **tabulares** (discoidales o laminares).

Los clastos que se transportan de forma más efectiva por suspensión son **laminares**.



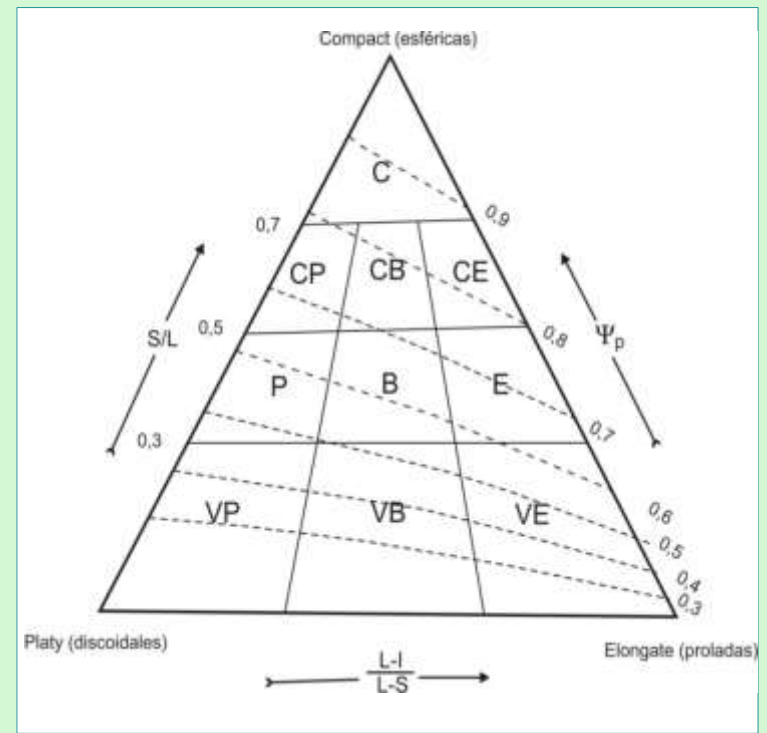
# Consideraciones geológicas

## Esfericidad Relación entre la esfericidad y el transporte

A mayor esfericidad:

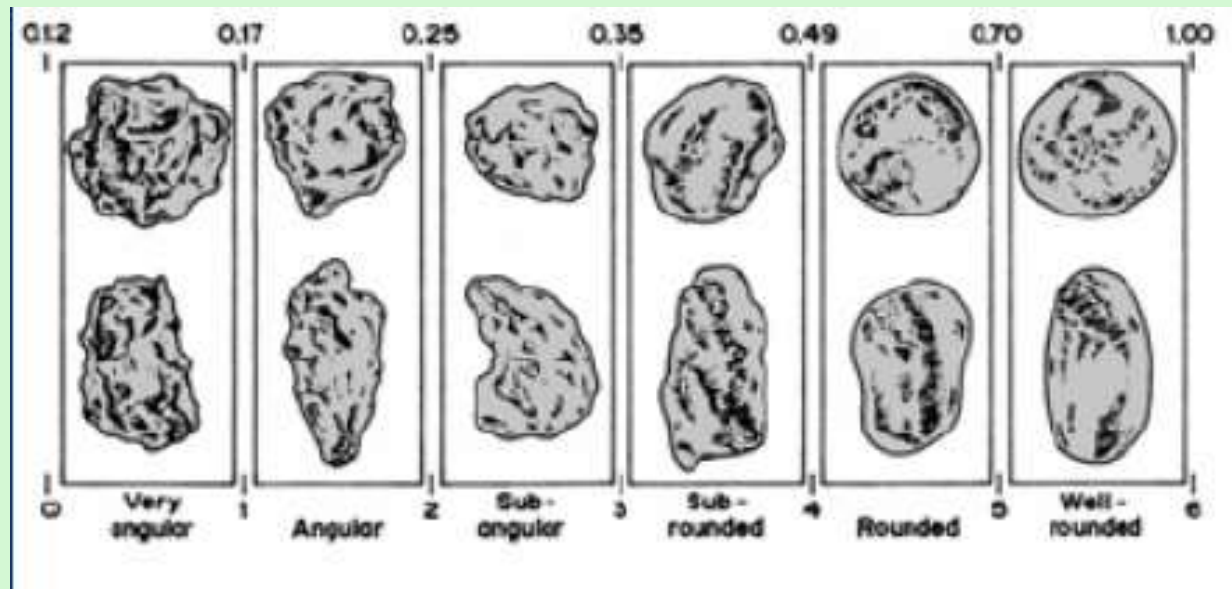
mayor velocidad de asentamiento (si son llevados por suspensión)

mayor distancia de transporte (si son llevados por rolido)



## Consideraciones geológicas

El redondeamiento se incrementa con la duración del transporte y el retrabajo



En un agente de transporte lineal (por ejemplo fluvial) aumenta con la distancia

Arenas de playa mucho retrabajo

## Consideraciones geológicas

El redondeamiento se incrementa con la duración del transporte y el retrabajo

Sin embargo ....

Los clastos de materiales blandos (por ejemplo carbonatos) y los de mayor granulometría son más susceptibles al incremento del redondeamiento

El redondeamiento puede ser una característica heredada de ciclos sedimentarios previos

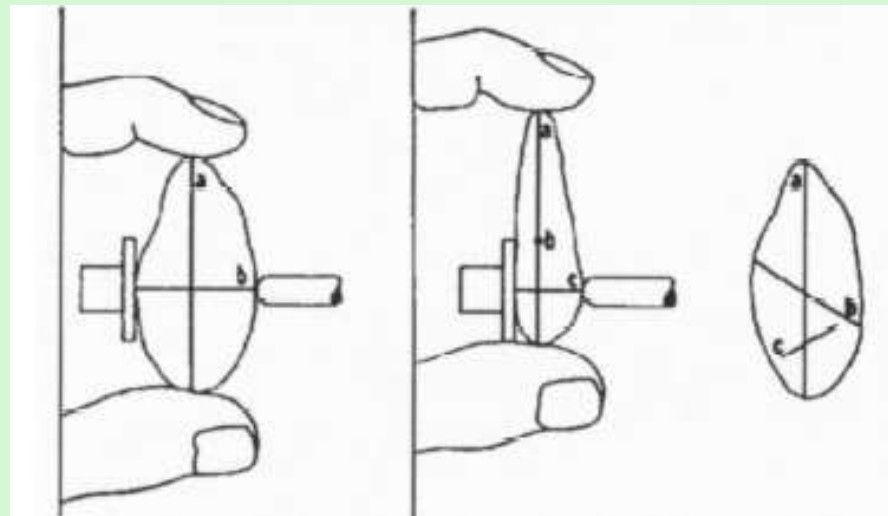
Un intenso retrabajo puede romper los clastos y volverlos angulosos

# Trabajo Práctico

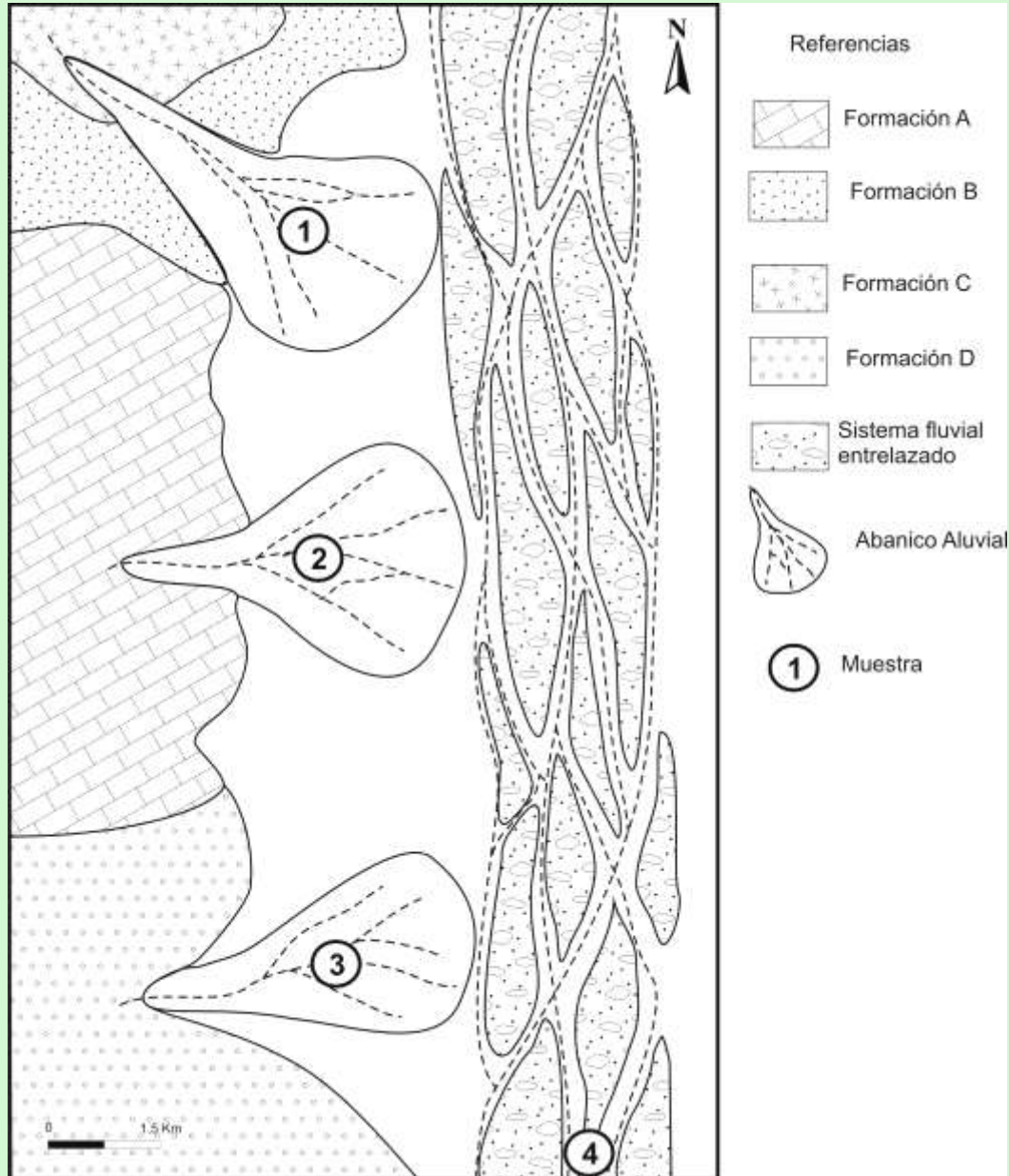
## Morfología de clastos y análisis granulométrico de gravas

Al igual que sucede con la granulometría, las propiedades morfométricas deben determinarse en número estadísticamente representativo de clastos. La cantidad de determinaciones varía entre 200 y 500 por cada una de las muestras de sedimentos.

4 poblaciones, cada grupo debe medir 3 ejes de 100 clastos



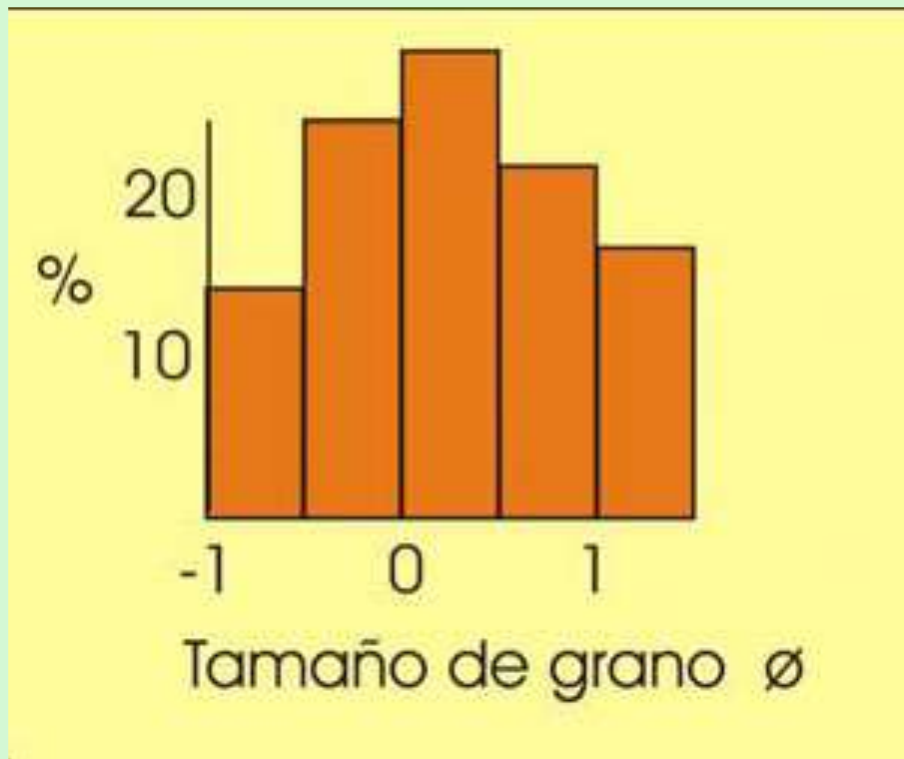
# Trabajo Práctico



# Trabajo Práctico

El promedio de los tres ejes se utiliza para obtener el tamaño de grano

Realizar un histograma y obtener la moda

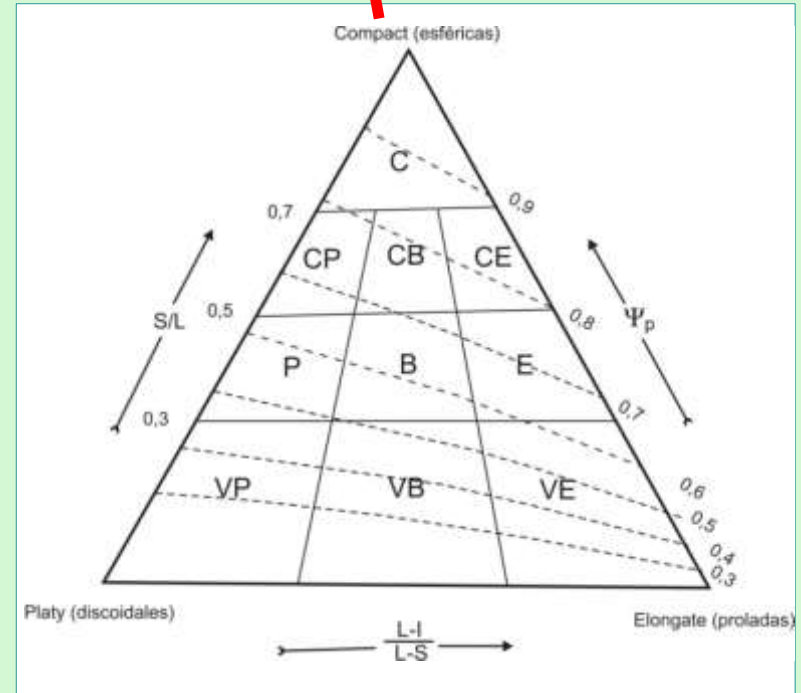
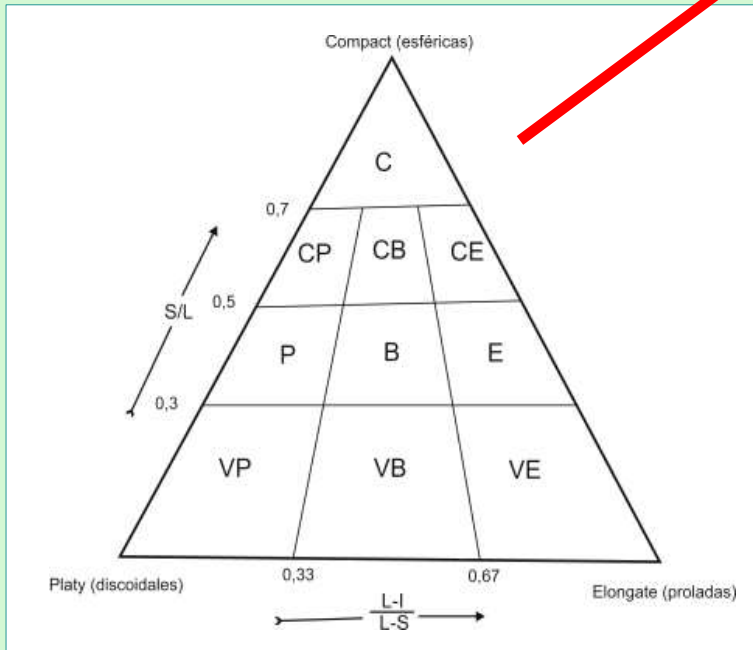




# Trabajo Práctico

Con esos datos se puede determinar la clase y el intervalo de esfericidad

N° de clasto	litología					FORMA	Intervalo esfericidad	Intervalo de redondeamiento
	L (a)	I (b)	S (c)	S/L	(L-I) / (L-S)			





# Trabajo Práctico

Cuadros resumen para cada población:

LITOLOGÍA DOMINANTE

TAMAÑO DE GRANO

FORMA

ESFERICIDAD

REDONDEAMIENTO

Cuadros resumen, deben intercambiar con los otros grupos los datos de forma, redondeamiento y esfericidad media de cada población

Responder cuestionario, relacionando los diferentes parámetros

Tamiz micrones	Tamiz phi	Peso bruto	Peso del vaso	Peso neto	f (%)	% Acumulado	Punto medio del intervalo (mi)	f.mi
2000	-1,00	PB	PV	PB-PV	x	=x	-1,13	
1680	-0,75				x1	x+x1	-0,88	
1416	-0,50				x2	x+x1+x2	-0,63	
1190	-0,25						-0,38	
1000	0,00						-0,13	
840	0,25						0,13	
					xn	100		
				$\Sigma(\text{PB-PV})$	100			$\Sigma(\text{f.mi})$





# Origen de las muestras a tamizar



valle del río Guandacol





# Valle del río Guandacol

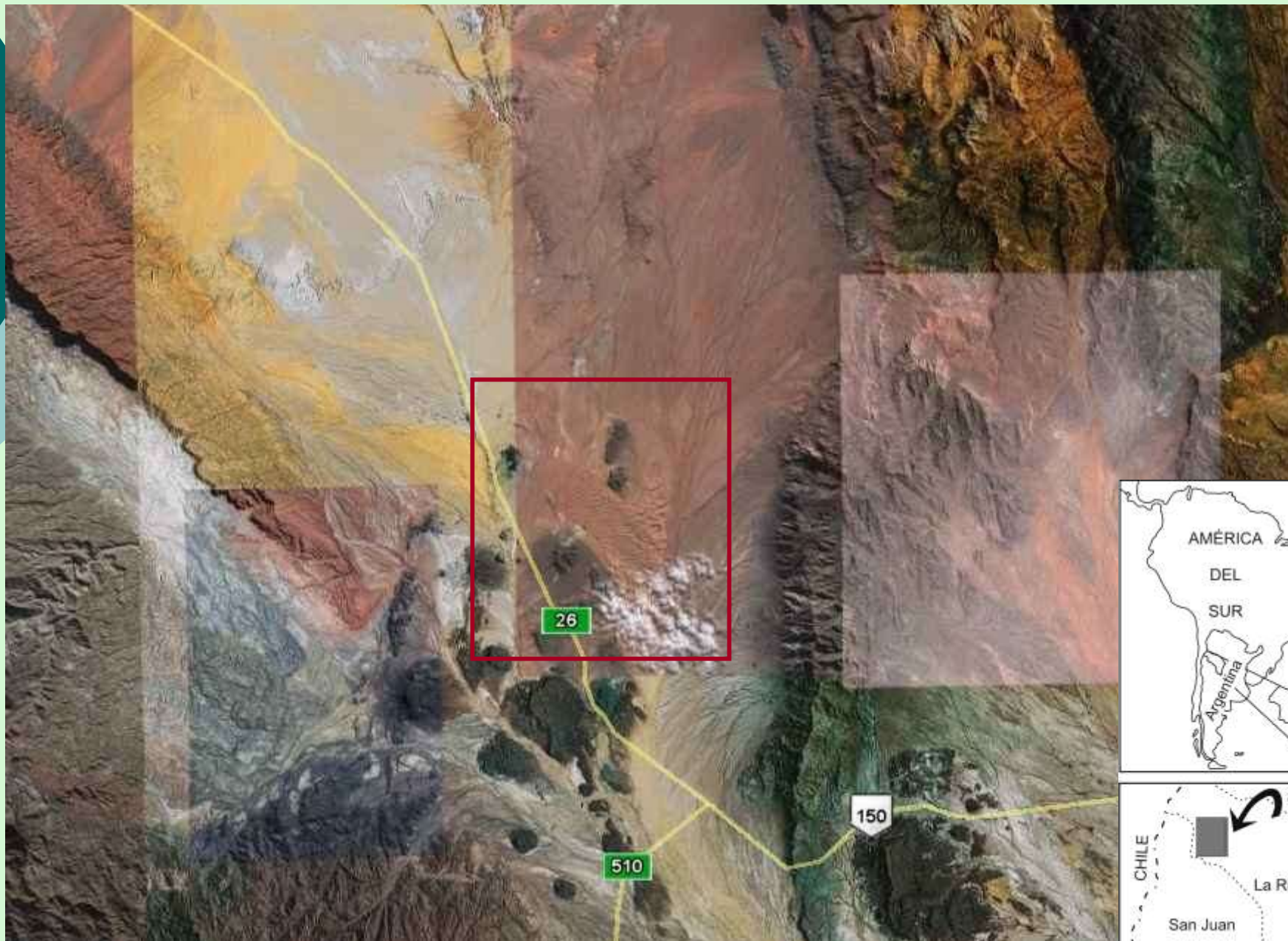
Arenas fluviales  
Arenas eólicas





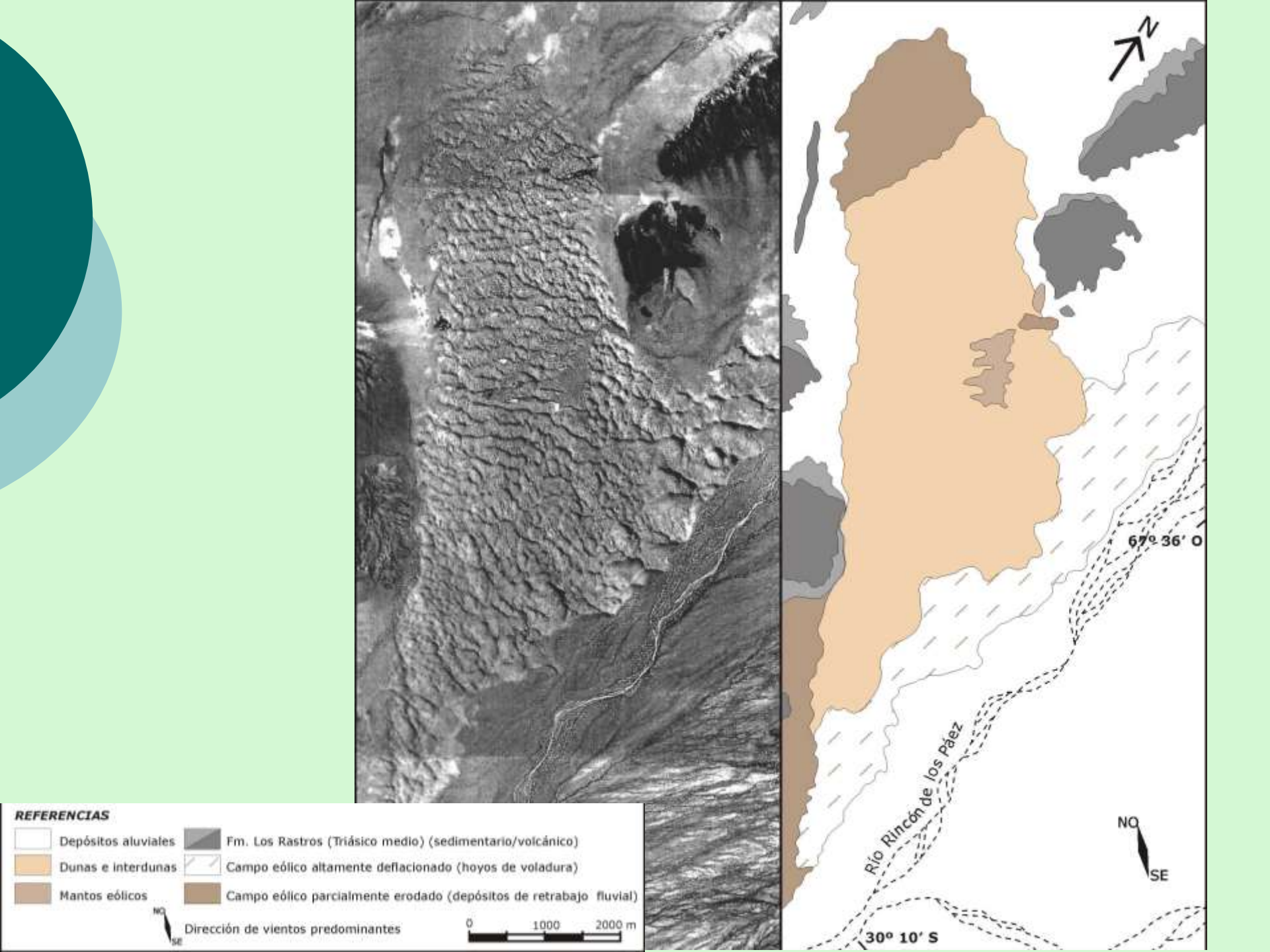


# Parte A: Campo de dunas Lomas de la Estancia, La Rioja












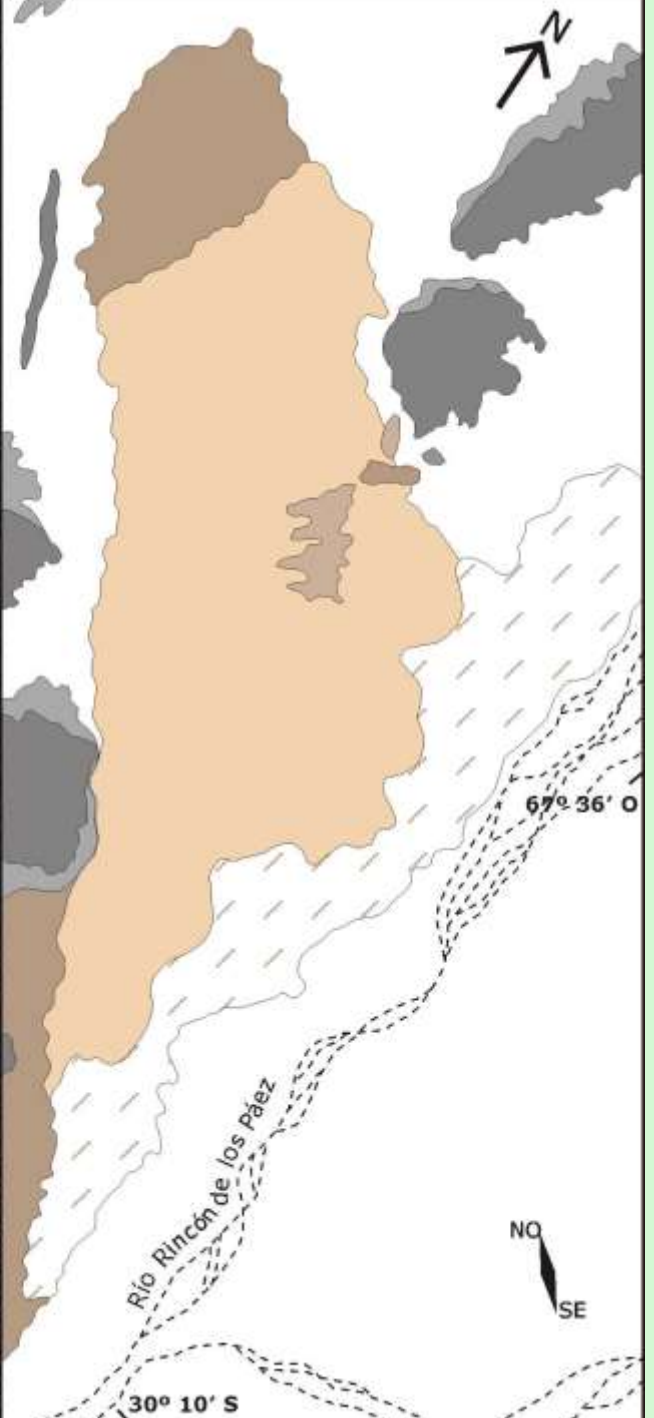


**REFERENCIAS**

- |   |                     |   |  |
|---|---------------------|---|--|
|  | Depósitos aluviales |  | Fm. Los Rastrros (Triásico medio) (sedimentario/volcánico)         |
|  | Dunas e interdunas  |  | Campo eólico altamente deflacionado (hoyos de voladura)            |
|  | Mantos eólicos      |  | Campo eólico parcialmente erodado (depósitos de retrabajo fluvial) |



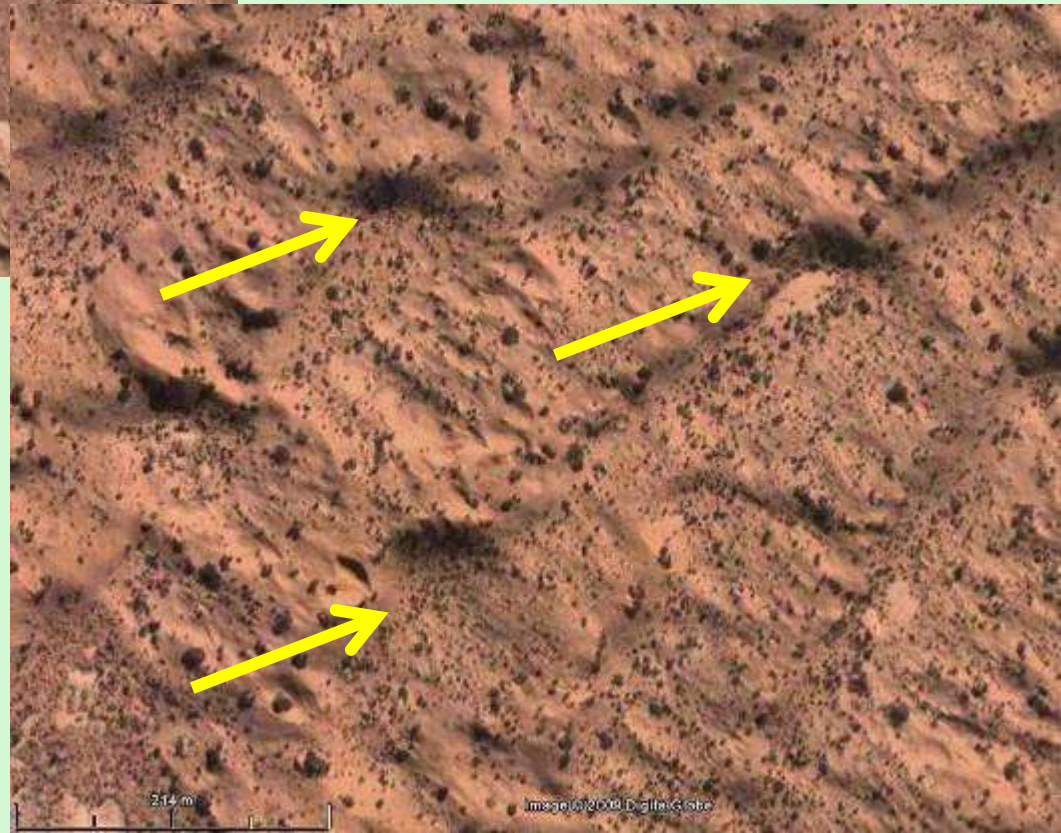
Dirección de vientos predominantes







## Dunas transversales





# Hoyos de deflación

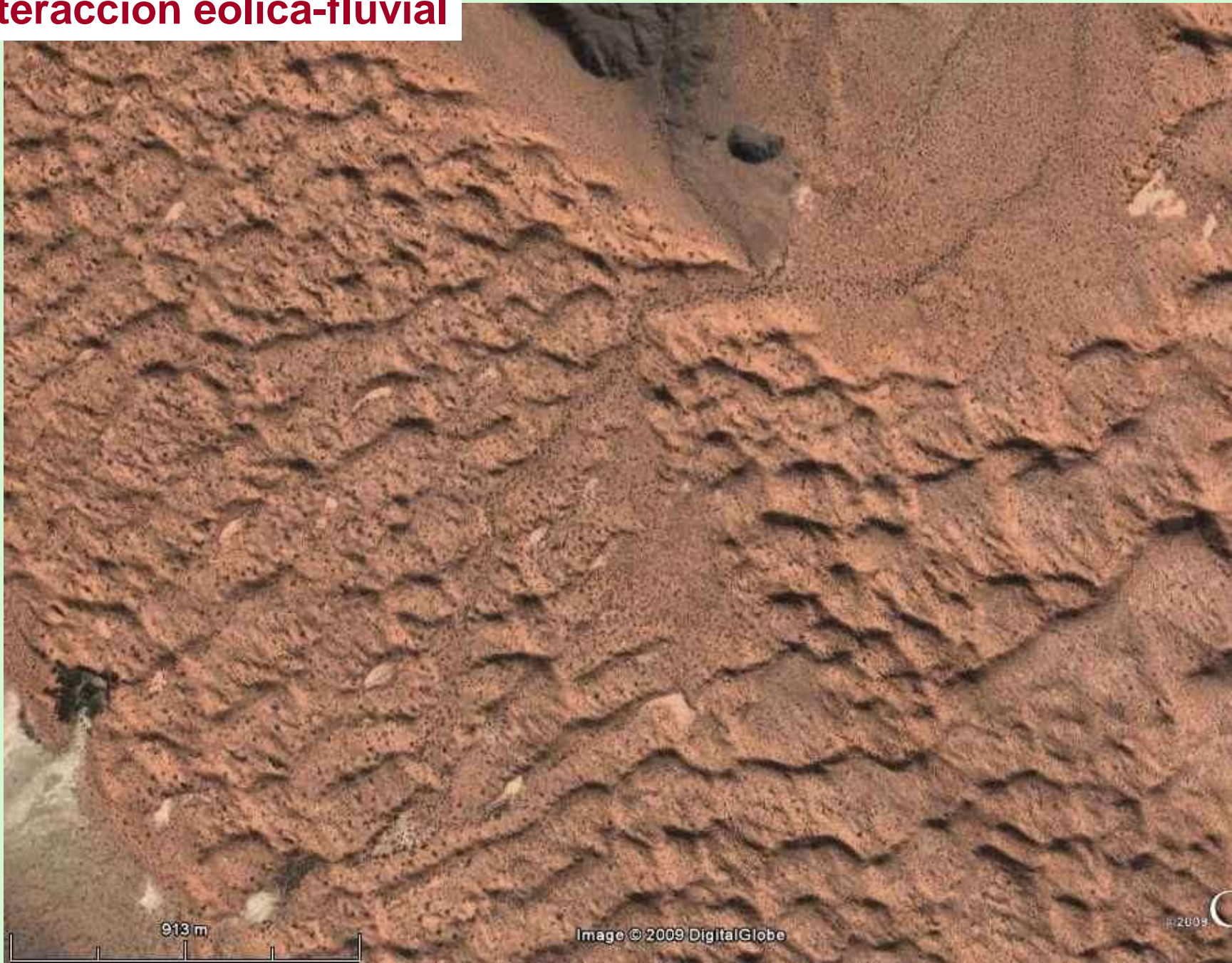


1017 m

Image © 2009 DigitalGlobe



# Interacción eólica-fluvial





# Manto eólico

