

# ESTUDIO GRANULOMETRICO Y MORFOMETRICO DE LOS RODADOS DE LA ALTA TERRAZA DEL CURSO INFERIOR DEL RIO LIMARI

por MARÍA ESTER VERA

Los ríos de la región comprendida entre los 30 y 33° latitud S., presentan en su curso inferior, una alta terraza, la cual, cerca de la desembocadura, se encuentra a 100 m. aproximadamente, sobre el lecho mayor de cada uno de ellos.

A una distancia media de 30 Km. del Océano, se puede observar en forma bastante nítida, los primeros remanentes de esta alta terraza y podemos decir que ella es característica del curso inferior de los ríos del Norte Chico, pues en el curso medio y superior de ellos, no existen vestigios de este nivel superior. Cerca de la costa, pasa transicionalmente a una terraza marina.

Darwin (1846), pensó que ella era obra del mar, seguramente porque él había observado en el río Elqui, el contacto entre el material rodado que constituye esta alta terraza y el del alto nivel marino, al cual pasa lateralmente, sin hiatus topográfico. Brügger (1929), le ha atribuido un origen continental. El ha puesto en relación las épocas de relleno con un hundimiento pasajero del continente y las fases de erosión con épocas de solevantamiento. Willis (1929), también ha estimado que es de origen continental y fue el primero que indicó el papel probable de los cambios climáticos en el Cuaternario (R. Paskoff, 1964).

Sin embargo, el origen del material detrítico de la acumulación que constituye esta alta terraza es aún inseguro.

Siendo así, mediante este estudio granulométrico y morfométrico de los rodados de esta alta terraza en el río Limarí, hemos deseado contribuir al mejor conocimiento de este nivel, que, como ya dijimos, existe sólo en el curso inferior de los ríos del Norte Chico.

## METODO

### GRANULOMETRÍA.

Con el fin de tener un elemento de juicio más exacto que la simple observación del terreno, respecto de la mayor o menor selección que existe en los rodados

que constituyen la alta terraza del curso inferior de los ríos, se ha procedido a realizar un estudio granulométrico de ellos, en el cual, tanto la extracción del muestreo, como la confección de los histogramas de frecuencia, se han realizado según el método de Hommeril (Hommeril, 1961).

#### *Extracción del muestreo.*

Sobre toda la altura del corte, se elige una zona favorable, en la cual, se traza un cuadrado de un metro por lado ( $1 \text{ m}^2$ ). En seguida se realiza la extracción de los rodados que están en la superficie del corte, hasta completar 100. Teniendo cuidado de no saltar ninguno, se mide  $L$  en cada uno de ellos (en mm.) inmediatamente y se clasifican dentro de los intervalos correspondientes a la "Clasificación de Hommeril".

#### *Análisis de la muestra.*

Los histogramas para este estudio, han sido analizados "directamente", según las características fundamentales de toda "distribución de frecuencia" (Pettijohn, J., 1957).

Para proceder a analizar las características fundamentales de cada histograma y lo que ellas representan, ha sido necesario establecer algunos criterios que propendan a clarificar y objetivar más nuestras apreciaciones.

#### *Características fundamentales de los histogramas de frecuencia.*

1. Medida de tendencia central o "máximo".
2. Agudeza.
3. Selección.
4. Simetría.

#### *1. La medida de tendencia central.*

Udden (1914) (en Pettijohn, J., 1957), le denominó "Componente Principal" o "Máximo" y equivale a la tendencia de una clase (o intervalo) a contener más que cualquier otra clase: es la "Clase modal".

Las clases menores se denominan "mixturas" (o mezclas) y pueden ser gruesas o finas, según contengan material más grueso o más fino que la clase modal, respectivamente.

Las "mixturas proximales" son las adyacentes al "ingrediente principal" y las "distales", son las alejadas de él.

#### *2. La agudeza.*

Udden (1914) (en Pettijohn, J., 1957), la define, como la cantidad de individuos en el intervalo máximo; de manera que el histograma puede ser más o

menos agudo según el "ingrediente principal" o "máximo", sea más o menos pronunciado respecto de la "mixtura proximal" que contenga mayor porcentaje de rodados:

PORCENTAJE DE DIFERENCIA DE LA "CLASE MODAL" SOBRE LA "MIXTURA PROXIMAL" QUE CONTENGA MAYOR PORCENTAJE DE RODADOS

$\leq 10\%$	$> 10\% \text{ y } \leq 15\%$	$> 15\% \text{ y } \leq 20\%$	$> 20\%$
No pronunciado	Poco pronunciado	Pronunciado	Muy pronunciado
No agudo	Poco agudo	Agudo	Muy agudo

(1)

La agudeza del histograma representa una característica muy significativa en la apreciación de la dispersión del material, pudiendo en algunos casos, determinar por sí sola, la mayor o menor selección del mismo.

### 3. La selección.

Llámase selección al grado de repartición del material en la amplitud abarcada por los intervalos dados (intervalos de Hommeril).

El hecho de que en la clasificación de Hommeril, los rodados estén repartidos según sus longitudes, en "clases" o "intervalos cuyos límites varían en progresión geométrica de razón  $\sqrt{2}$  (2), hace que las longitudes de los rodados de un inter-

(1) Un histograma se considera *muy agudo* cuando el porcentaje de diferencia es superior a 20%, pues un porcentaje de diferencia equivalente a 20% es la cantidad mínima que nos muestra una "neta" característica gráfica sobre la mixtura proximal mayor, y lo que es muy importante, cualquiera que sea el número de clases; ya que para el caso hipotético de que el total de individuos esté contenido en sólo dos clases contiguas, se demuestra matemáticamente que el ingrediente principal es 1,5 veces mayor que su mixtura proximal. Y al revés, cuando el número de clases que contienen individuos, tiende a ser máxima, el ingrediente principal, tiende a ser veinte (20) veces mayor; lo que habla de por sí solo de la agudeza gráfica dentro de estos rangos.

Por otra parte, un 10% de diferencia, que marca el límite de "no agudo" y "poco agudo", significa que para el caso de que el total de los individuos esté contenido en sólo dos clases contiguas, el ingrediente principal será sólo aproximadamente 1,2 veces mayor que su mixtura principal, y que cualquier porcentaje de diferencia menor a 10%, tenderá a "no" ofrecer agudeza gráfica significativa.

De lo dicho se desprende fácilmente que para una variación entre 10 y 15%, se puede hablar con toda propiedad de *poca agudeza* y para una diferencia entre 15 y 20% ya tendríamos *agudeza*.

(2) En la Clas de Hommeril, se verifica que los límites inferiores y superiores de un par de intervalos consecutivos, varían entre sí en progresión geométrica de  $\sqrt{2}$ ; y si consideramos dos intervalos tales que nos saltamos uno de por medio (Ej. 1º y 3º, 2º y 4º, etc.), se verifica que sus límites inferiores y superiores, respectivamente, varían en progresión geométrica de

valo, puedan ser diferentes a las del intervalo vecino. De modo que, al establecer un criterio que nos permita hablar de buena o mala selección se ha procedido en forma bastante estricta, teniendo en cuenta la progresión de los intervalos tomados para este estudio:

+ de 75%	70%-80%	60%-69%	50%-59%	- de 50%
En una clase	En dos clases	En dos clases	En dos clases	En dos clases
Muy buena selección	Buena selección	Selección regular	Escasa selección	Dispersión del material

Se dirá que existe una "muy buena selección" del material rodado, cuando la sola "medida de tendencia central" o "ingrediente principal" contenga más del 75% de él.

En el caso de que, a lo más, dos intervalos consecutivos contengan entre el 70 y 80% de los rodados, hablaremos de *buena selección*.

Si por el contrario, en el histograma no se cumple ninguna de las condiciones anotadas anteriormente, se dirá que existe *dispersión del material*.

La "dispersión" será mayor, mientras más homogénea sea la repartición del material en los intervalos dados.

#### 4. La simetría.

Un histograma puede ser simétrico o no: decimos que es "simétrico", cuando el material se encuentra repartido en igual forma a ambos lados del "ingrediente principal" y no existe dominancia de rodados más gruesos o más finos que los contenidos en él.

Si el gráfico es *asimétrico*, este estará caracterizado por el dominio de rodados más gruesos o más finos que los de la clase modal.

La "asimetría" puede ser mayor o menor, según sea, más o menos marcada la diferencia de repartición y porcentaje, entre el material más grueso y más fino que el de la "medida de tendencia central" o "máximo".

Esta característica, denominada "Simetría", junto con la mayor o menor "agudeza" del gráfico, son muy importantes en la determinación del grado de selección de los rodados.

---

razón  $\sqrt{2}$ ; lo que significa que al establecer un criterio que nos permita hablar de buena o mala selección, es imposible incluir más de dos intervalos consecutivos cada vez, pues estaría considerando variaciones de longitud equivalente al doble.

## MORFOMETRIA

El método utilizado es el de A. Cailleux y J. Tricart (1959).

*Recolección de los rodados.*

Para cada muestreo se tomó, en lo posible 100 unidades, entre 6 y 8 centímetros; porque es un hecho que los rodados que alcanzan esta dimensión tienen índices que reflejan mejor el agente de transporte, ya que ellos han sufrido una erosión progresiva y regular, mientras que los elementos de menor tamaño pueden provenir de rupturas ulteriores provocadas por los más grandes en el curso de su transporte. Sólo se consideró rodados volcánicos (3).

No se tomó muestreos provenientes de rocas graníticas, debido al estado de alteración muy avanzado de ese material.

Hubo cortes en que el material volcánico también se encontraba alterado; en estas ocasiones se recogió 50 unidades para cada muestra, y en los casos extremos, sólo 33. Nunca se dio el caso de alteración tan avanzado como en los rodados graníticos.

*Cálculo de índices.*

Una vez hechas las mediciones necesarias, se procedió al cálculo de los índices de desgaste, aplanamiento y disimetría.

Estos índices pueden ser débiles, regulares o fuertes; razón por la cual hemos confeccionado el siguiente cuadro de clasificación de los índices (A. Brun, 1963).

Índice de Desgaste	$\leq 100$ débil	$> 100 \leq 300$ regular	$> 300 \leq 500$ fuerte	$> 500$ muy fuerte
Índice de Aplanamiento	$\leq 1,5$ débil	$> 1,5 \leq 2,5$ regular	$> 2,5$ fuerte	
Índice de Disimetría	$\leq 600$ débil	$> 600 \leq 700$ regular	$> 700$ fuerte	

Los dos primeros índices, vale decir, el índice de desgaste y el de aplanamiento, son los más elocuentes para reconocer el medio que ha modelado un fragmento de roca (Tricart, 1965).

*Representación de los resultados.*

Los resultados han sido representados en:

---

(3) Los muestreos fueron designados con números pares (2, 4, 6, ..., etc.).

1. Tablas, las cuales contienen los valores medianos y los valores que indican índices fuertes y débiles.
2. Histogramas de frecuencia, los que han sido construidos con los siguientes intervalos:
  - a) 0,25 en 0,25: para los índices de aplanamiento y disimetría.
  - b) 0,50 en 0,50: para el índice de desgaste.

### EL RIO LIMARI Y LA ALTA TERRAZA DE SU VALLE INFERIOR

El río Limarí se ubica cerca de los 30° de latitud sur.

Su largo total alcanza a 200 Km., su hoya hidrográfica es de 11.670 Km<sup>2</sup>, y su gasto medio, de 205 m<sup>3</sup>/seg. en su curso inferior (Estación Panamericana) (en Anuario Hidrológico de Chile, 1963-1964).

Previo al estudio de la alta terraza de su valle inferior es importante decir, que los cortes observados representan una secuencia de alturas (de abajo hacia arriba) de este mismo nivel.

#### CORTE I

Este corte se encuentra ubicado en la ribera izquierda del camino de Ovalle a la Carretera Panamericana, después del puente del río Limarí, en la subida a la alta terraza, a una altura de 194 m s.n.m. (Fig. 1).

Presenta una acumulación mal lavada de rodados, caracterizados por su gran desorden.

No existe estratificación.

Entre los rodados se ve algunos bloques, los cuales son muy pocos numerosos y están bastante dispersos.

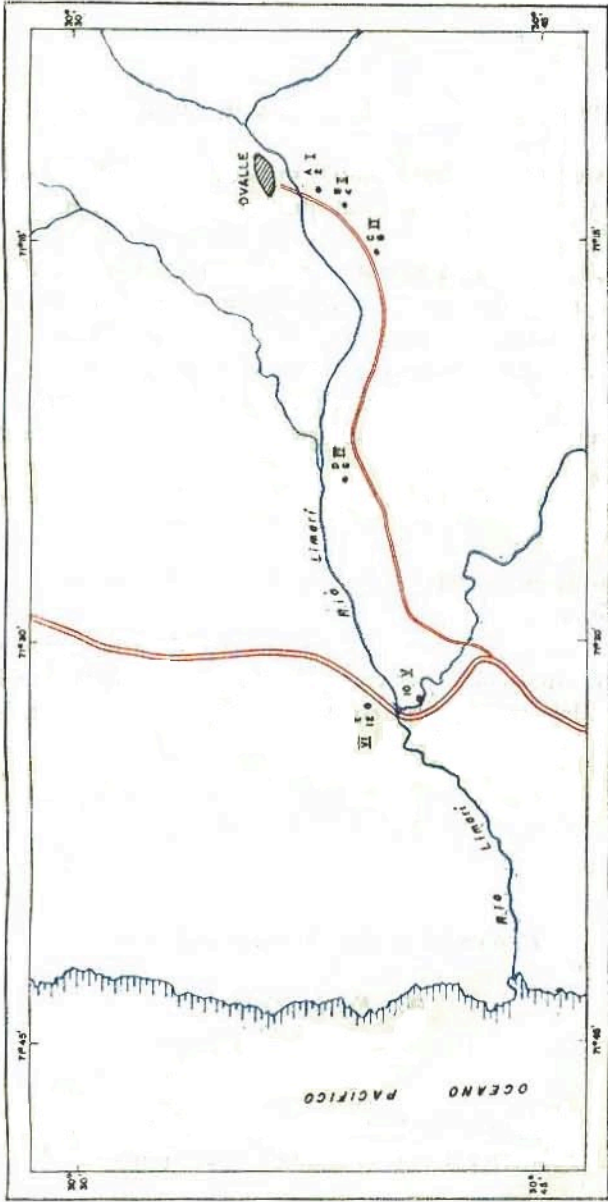
#### GRADO DE ALTERACIÓN.

La alteración es muy considerable, sobre todo en el material granítico, razón por la cual no se intentó extraer muestreo para el estudio morfométrico de los rodados.

Estado de los rodados	<i>Porcentaje de Alteración Rodados del Corte I (a una altura de 1,5 m. desde la base del corte)</i>
Frescos	38%
Alterados	27%
Podridos	35%

# RIO LIMARI

Croquis de localización de los muestreos realizados



ESCALA 1/250000

**LEYENDA:**

-  Carretera Panamericana
-  Camino de la cista.

Fig. I.....

**GRANULOMETRÍA.***Muestreo A (Fig. 3).*

1. *Ingrediente principal:* Está ubicado en la clase 30-42 y representa el 29% de los rodados.
2. *La agudeza:* Es un gráfico "no agudo"; pues el porcentaje de diferencia entre la clase modal y la mixtura proximal que contiene mayor número de rodados (intervalo 42-60) es del 4%.
3. *La selección:* El histograma muestra una "escasa selección" de los rodados, cumpliéndose que los intervalos correspondientes al ingrediente principal y a la mixtura proximal mayor, acumulan sólo el 54% de ellos.
4. *La simetría:* Nuestro gráfico nos muestra una "asimetría" muy especial, ya que:
  - a) El máximo está ubicado en un intervalo que no representa rodados bastante pequeños dentro de la clasificación de Hommeril, como es el intervalo 30-42.
  - b) Las clases que contienen rodados gruesos propiamente tales, muestran porcentajes muy bajos.

De manera que la escasa selección existente en este corte, es debida a los rodados de menor tamaño.

Sin embargo, es muy importante anotar que debido a la presencia de algunos escasos bloques, la apariencia del corte, no es de gran homogeneidad del material; como se podría pensar si se contara solamente con el histograma de frecuencia.

**MORFOMETRÍA:***Muestreo N° 2.**Reseña de las observaciones realizadas***A. En la Tabla**

(Tabla 1)

*Una índice de desgaste fuerte:* La mediana es de 345; 20% de los rodados tiene un índice igual o superior a 500 y 0% de ellos, un índice igual o inferior a 100.

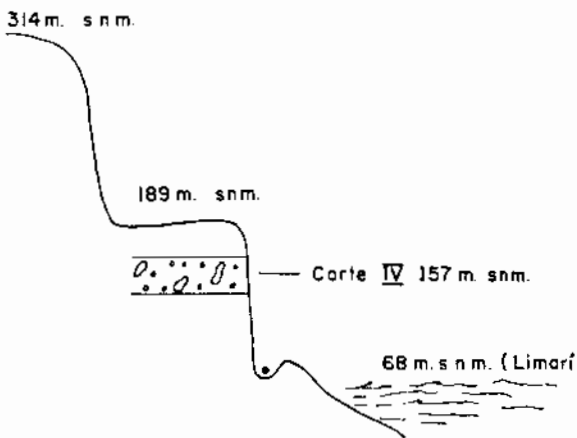
*Un índice de aplanamiento débil:* La mediana es de 1,70; 6% de los rodados tiene un índice igual o superior a 2,5 y 26% de ellos, un índice igual o inferior a 1,5.

*Un índice de disimetría regular:* La mediana es de 642; 24% de los rodados posee índice igual o superior a 700 y 40% de ellos, índice igual o inferior a 600.



# RIO LIMARI

## CORTE IV



Canal San Julián.

Escala Vertical  
1/5000 cm.

Fig... 2...

# GRANULOMETRIA RIO LIMARI

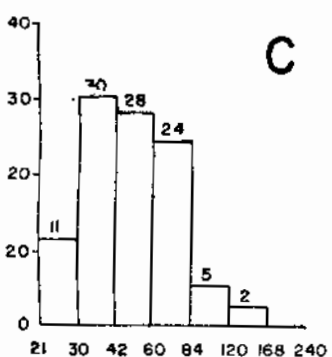
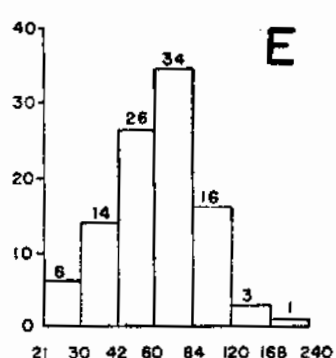
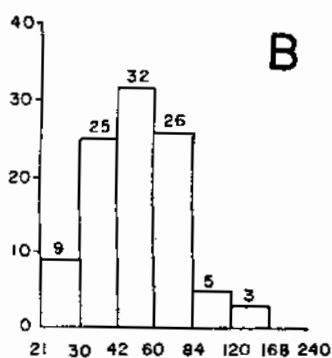
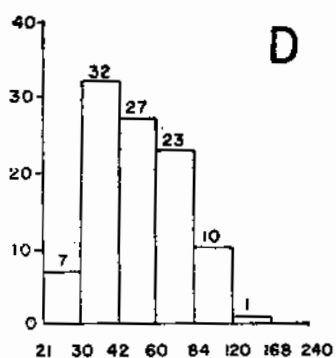
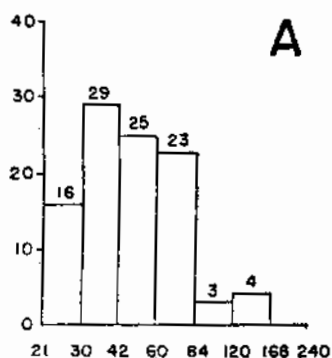


Fig.....3.....

## RIO LIMARI

Tabla N°1

Número del muestreo	Número rodados medidos	Naturaleza de los Rodados	Longitud de los rodados			Desgaste			Aplanamiento			Dismetría
			L (en mm)			≤ 100 en %	Mediana	≥ 800 en %	≤ 1,5 en %	Mediana	≥ 2,5 en %	
			Mínima	Mediana	Máxima							Mediano
2	50	Volcánico	59	71	86	0 %	345	20 %	26 %	1,70	6 %	642
4	50	Volcánico	62	71	82	0 %	378	28 %	18 %	1,74	12 %	578
6	50	Volcánico	55	67	87	0 %	424	36 %	34 %	1,66	4 %	666
8	33	Volcánico	55	71	84	0 %	282	15 %	24 %	1,71	0 %	624
10	33	Volcánico	60	71	81	0 %	364	18 %	27 %	1,66	0 %	614
12	50	Volcánico	59	70	85	0 %	415	32 %	16 %	1,78	8 %	602

## B. En los gráficos

En el histograma correspondiente al índice de desgaste (Fig. 4), se observan dos máximos: uno en el intervalo 300-350 (18%) y otro, en el intervalo 550-600 (10%).

Los desgastes más fuertes llegan hasta 650, y los índices más bajos, se encuentran en el intervalo 150-200 (6%).

En el histograma correspondiente al índice de aplanamiento (Fig. 5), vemos que existe poca sensibilidad del material al aplanamiento. En este caso los índices no van más allá de 2,75 y sólo el 6% de los rodados tienen índice igual o superior a 2,5.

El máximo del gráfico, lo encontramos, en el intervalo 1,50-1,75 y es de 28%.

En el histograma correspondiente al índice de disimetría (Fig. 6), al examinar la tabla, calificamos este índice de regular. En el gráfico observamos que el 40% de los rodados tiene un índice igual o inferior a 600; el 36% de ellos, un índice entre 600 y 700 y el 24%, un índice igual o inferior a 700.

Vemos entonces que el porcentaje superior corresponde a una "disimetría débil". Observamos además que el intervalo 575-600 es el que contiene mayor número de individuos (20%), lo que también pertenece a una disimetría débil.

INDICE DE DESGASTE  
RIO LIMARI  
volcánico.

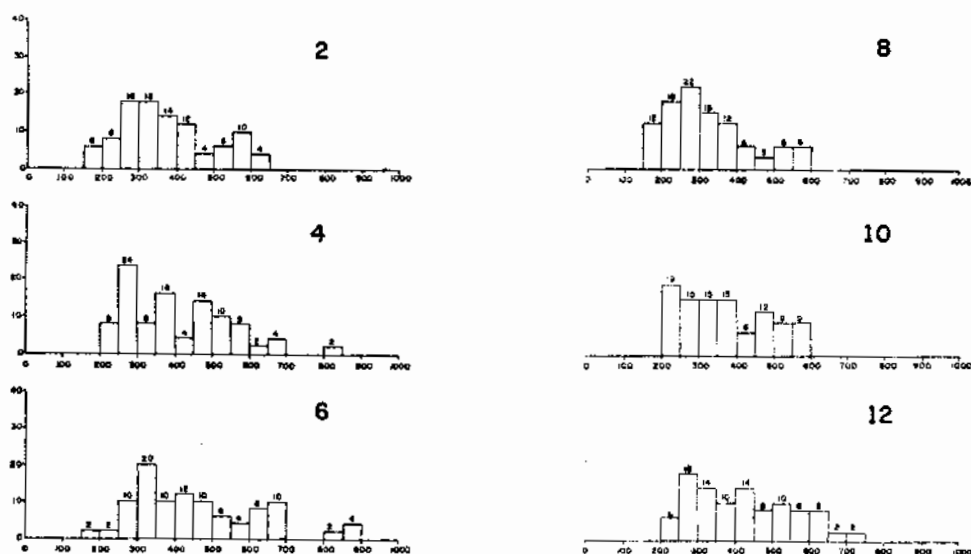


Fig. 4.

De todo lo dicho, podemos deducir que la existencia de la mediana en índices calificados de regular, se debe al elevado porcentaje (24%) de rodados con índices iguales o superiores a 700.

## CORTE II

Este corte se encuentra ubicado en la ribera izquierda del mismo camino de Ovalle a la Carretera Panamericana, a continuación del corte anterior (corte I), a una altura de 240 m s.n.m. (Fig. 1).

Presenta características semejantes al corte I, a excepción de una lente de arena y limo, que se encuentra a 1,5 m. por debajo del suelo, en la parte más ancha del corte.

## GRADO DE ALTERACIÓN.

La alteración es bastante inferior al caso anterior; sin embargo, la suma de los porcentajes de alterado y podrido, es aún muy elevada.

Estado de los rodados	<i>Porcentaje de Alteración Rodados del Corte II (a una altura aproximada de 2,0 m. desde la base del corte)</i>
Frescos	58%
Alterados	25%
Podridos	19%

Este estado de alteración, es predominante, como siempre, en el material granítico; en cambio en el material volcánico casi no se nota.

### INDICE DE APLANAMIENTO RÍO LIMARI

volcánico.

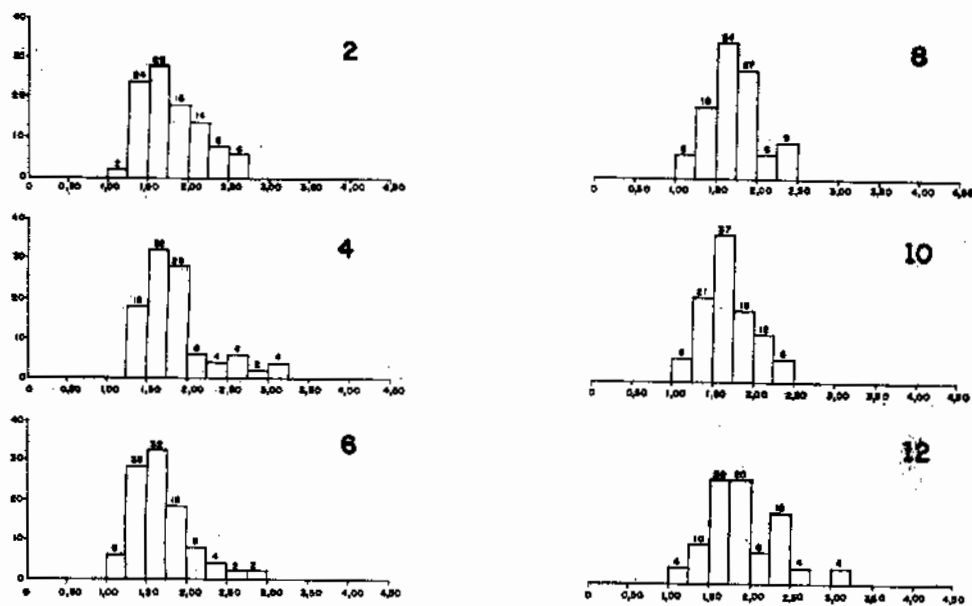


Fig. 5.

## INDICE DE DISIMETRIA RIO LIMARI

volcánico.

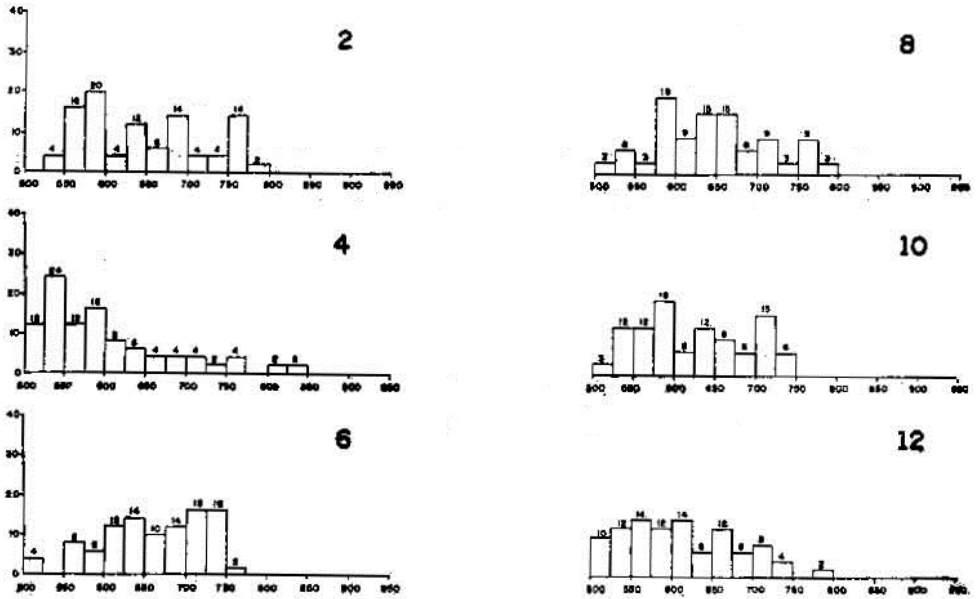


Fig. 6.

### GRANULOMETRÍA.

#### Muestreo B. (Fig. 3).

1. *Ingrediente principal:* Está ubicado en el intervalo 42-60, y es de 32%.
2. *La agudeza:* El porcentaje de diferencia de la clase modal y la mixtura proximal mayor, es de 8%; de manera que se trata de un gráfico "no agudo".
3. *La selección:* El histograma muestra una "escasa selección" de los rodados, ya que en dos intervalos consecutivos, se ha acumulado sólo el 58% de ellos.
4. *La simetría:* El gráfico se presenta, en general "asimétrico" en cuanto a la repartición de los rodados a ambos lados del "ingrediente principal". Sin embargo, se observa en él, algunos rasgos de "simetría", debido a la igualdad de porcentaje existente a uno y otro lado del mismo:

- a) Las mixturas proximales contienen casi el mismo número de rodados cada una. Sólo existe un 1% de diferencia entre ellas.
- b) Las demás clases menores contienen un escaso número de rodados, los cuales se encuentran en porcentajes muy parecidos a ambos lados del máximo. Siendo así, el ingrediente principal y las mixturas proximales quedan muy pronunciadas respecto de las otras clases menores.

De las observaciones hechas en el histograma, podemos deducir que la escasa selección que existe en este corte, se debe a los rodados de regular tamaño. Además, la existencia de algunos bloques dispersos, hace que el corte no presente mayor homogeneidad de su material rodado.

#### MORFOMETRÍA.

##### Muestreo Nº 4.

#### *Reseña de las observaciones realizadas*

##### A. *En la Tabla*

##### (Tabla 1)

*Un índice de desgaste fuerte:* La mediana es de 376; 26% de los rodados tiene un índice igual o superior a 500 y 0% de ellos, un índice igual o inferior a 100.

*Un índice de aplanamiento débil:* La mediana es de 1,74; 12% de los rodados posee un índice igual o superior a 2,5 y 18% de ellos, índice igual o inferior a 1,5.

*Un índice de disimetría débil:* La mediana es de 578; 14% de los rodados presenta índice igual o superior a 700 y 64% de ellos, un índice igual o inferior a 600.

##### B. *En los gráficos*

*En el histograma correspondiente al índice de desgaste (Fig. 4), se observa la existencia de varios máximos, a saber: uno de 24%, en el intervalo 250-300; otro de 16%, en el intervalo 350-400; un tercero de 14%, en el intervalo 450-500 y el último, de 4% solamente, en el intervalo 650-700.*

No existen desgastes iguales o inferiores a 200 y los índices más fuertes van hasta 700.

Sin embargo, en el intervalo 800-850 existe un 2% de los individuos.

*En el histograma correspondiente al índice de aplanamiento (Fig. 5), se observa como siempre, que el material ha sido poco afectado por el aplanamiento.*

Esta vez los índices van hasta 3,25 y se tiene un 12% de los rodados, con índice igual o superior a 2,5; en cambio, tenemos que el 78% de los individuos están acumulados en los intervalos 1,25-2,00 y que el máximo está ubicado en el intervalo 1,5-1,75, correspondiendo al 32%; todo lo cual da evidencia de un aplastamiento débil.

En el histograma correspondiente al índice de disimetría (Fig. 6). Este gráfico muestra con mucha claridad, la escasa tendencia del material, a la disimetría, pues se observa en él, que el 64% de los rodados tiene un índice igual o inferior a 600.

### CORTE III

Este corte, de aspecto similar al de los anteriores, representa la parte más alta de la terraza y se encuentra ubicado a la mano izquierda del camino de Ovalle a la Carretera Panamericana, a 260 m s.n.m. (Fig 1).

#### GRADO DE ALTERACIÓN.

L alteración ha disminuido bastante en esta parte de la terraza, lo cual es muy notable en la observación directa del corte.

Estado de los rodados	Porcentaje de Alteración Rodados del Corte III (a una altura de más o menos 2,0 m. desde la base del corte)
Frescos	70%
Alterados	19%
Podridos	11%

#### GRANULOMETRÍA.

##### Muestreo C (Fig. 3).

1. *El ingrediente principal:* Se encuentra ubicado en el intervalo 30-42 y concentra el 30% de los rodados.
2. *La agudeza:* Es un gráfico "no agudo", dado que el porcentaje de diferencia entre el máximo y la mixtura proximal mayor (intervalo 42-60), es de 2% solamente.
3. *La selección:* El histograma nos muestra la existencia de una "escasa selección", pues en los intervalos correspondientes a la clase modal y a la mixtura



proximal que contiene el mayor número de rodados, se concentra el 58% de ellos.

4. *La simetría:* En cuanto a esta característica, debemos decir que se trata de un gráfico "asimétrico", en el cual se cumplen exactamente los mismos rasgos del histograma de frecuencia correspondiente al muestreo de granulometría, hecho en el corte 1 (Limarí).

Es de importancia anotar que la apariencia de este corte es de mayor homogeneidad, ya que los bloques casi no existen.

#### MORFOMETRÍA.

##### Muestreo N° 6.

##### *Reseña de las observaciones realizadas*

##### A. *En la Tabla*

(Tabla 1)

*Un índice de desgaste fuerte:* La mediana es de 424; 36% de los rodados tiene índice igual o superior a 500 y 0% de ellos, un índice igual o inferior a 100.

*Un índice de aplanamiento débil:* La mediana es de 1,66; 4% de los rodados tiene un índice igual o superior a 2,5 y 34% de ellos, un índice igual o inferior a 1,5.

*Un índice de disimetría regular:* La mediana es de 666; 34% de los rodados tiene índice igual o superior a 700 y 29% de ellos, un índice igual o inferior a 600.

##### B. *En los gráficos*

*En el histograma correspondiente al índice de desgaste (Fig. 4), se observan varios máximos: uno de ellos, está ubicado en el intervalo 300-350 y es de 20%; otro, de 12%, se encuentra en el intervalo 400-450 y el último, en el intervalo 650-700 y contiene el 10% de los rodados.*

*No existen desgastes iguales o inferiores a 150 y sólo un 2% de los rodados tiene desgastes iguales o inferiores a 200.*

*Los índices más fuertes llegan a 700; sin embargo, existe en forma aislada, algunos pequeños porcentajes de rodados en intervalos que representan desgastes superiores a 700.*

*En el histograma correspondiente al índice de aplanamiento (Fig. 5), hay evidencia que los rodados de este muestreo son muy "poco aplanados". Los índices no van más allá de 3,00 y sólo un 4% presenta índices superiores a 2,5.*

*El máximo del gráfico está ubicado en el intervalo 1,5-1,75 y equivale al 32%.*

Es muy importante anotar que el 84% de los rodados poseen índice entre 1,00 y 2,00.

El histograma correspondiente al índice de disimetría (Fig. 6), presenta en forma evidente, una disimetría "regular", pues el mayor porcentaje de los rodados está ubicado en los intervalos que van de 600 a 700.

Además es necesario decir, que el porcentaje de rodados con índices superiores a 700 es bastante elevado (34%).

#### CORTE IV

Este corte está ubicado a pocos metros más arriba del Canal San Julián, a 157 m s.n.m. (Fig. 2).

Sus características son muy semejantes a las descritas para los cortes anteriores.

#### GRADO DE ALTERACIÓN.

Se observa una alteración muy considerable, la cual ha afectado sobre todo al material granítico.

Frescos Alterados	Porcentaje de Alteración Rodados del Corte IV (a 1 m. de altura aproximadamente desde la base del corte)
Podridos	44%
Estado de los rodados	25%
	31%

#### GRANULOMETRÍA.

##### Muestreo D (Fig. 3).

1. *El ingrediente principal:* Se encuentra ubicado en el intervalo 30-42 y es de 32%.
2. *La agudeza:* Se trata de un gráfico "no agudo" pues el porcentaje de diferencia entre el máximo y la mixtura proximal mayor (intervalo 42-60) es de 5%.
3. *La selección:* Nuestro histograma presenta una "escasa selección" de los rodados, cumpliéndose que en dos intervalos consecutivos, a saber: el ingrediente principal y la mixtura proximal mayor, contiene sólo el 59% de ellos.
4. *La simetría:* Nuevamente se dan en este gráfico los mismos rasgos del histograma correspondiente al Muestreo A (Corte I).

Como se puede apreciar, las características fundamentales de este gráfico, son similares a las de los histogramas inmediatamente anteriores.

## MORFOMETRÍA.

### Muestreo N° 8.

#### *Reseña de las observaciones realizadas*

##### A. En la Tabla

(Tabla 1)

*Un índice de desgaste regular:* La mediana es de 282, 15% de los rodados tiene un índice igual o superior a 500 y 0% de ellos, un índice igual o inferior a 100.

*Un índice de aplanamiento débil:* La mediana es de 1,71; 0% de los rodados, presenta índice igual o superior a 2,5 y 24% de ellos, un índice igual o inferior a 1,5.

*Un índice de disimetría regular:* La mediana es de 642; 24% de los rodados posee un índice igual o superior a 700 y 10% de ellos, un índice igual o inferior a 600.

##### B. En los gráficos

*En el histograma correspondiente al índice de desgaste* (Fig. 4), se observa dos máximos, a saber: uno en el intervalo 250-300 (22%) y otro, en el intervalo 550-600.

No existen desgastes inferiores a 150 y los índices más elevados van sólo hasta 600.

Es necesario decir además, que el porcentaje de rodados con índice igual o superior a 500 es muy bajo, lo que constituye la razón por la cual la mediana de este muestreo está ubicada en índices de calificación "regular".

*En el histograma correspondiente al índice de aplanamiento* (Fig. 5), observamos que a pesar de la poca sensibilidad del material, al aplanamiento (los índices no van más allá de 2,5), el máximo (34%) se mantiene en el intervalo 1,5-1,75, como en los casos anteriores.

*En el histograma correspondiente al índice de disimetría* (Fig. 6), observamos que el máximo del gráfico se encuentra ubicado en el intervalo 575-600. Sin embargo, el mayor porcentaje de los rodados lo vemos en índices entre 600 y 700, lo que corresponde a índices de disimetría, calificados de "regular".

## CORTE V

Este corte se encuentra ubicado a la derecha de la Carretera Panamericana, en la orilla del Estero Punitaqui, a 34 m s.n.m., presentando caracteres similares a los de los cortes ya examinados.

## GRADO DE ALTERACIÓN.

El material fresco es bastante abundante.

Estado de los rodados	<i>Porcentaje de Alteración Rodados del Corte v (a una altura aproximada de 1,5 m. desde la base del corte)</i>
Frescos	89%
Alterados	9%
Podridos	2%

En este corte no se efectuó muestreo de *granulometría*.

## MORFOMETRÍA.

*Muestreo Nº 10.*

*Reseña de las observaciones realizadas*A. *En la Tabla*

## (Tabla 1)

*Un índice de desgaste fuerte:* La mediana es de 364; 18% de los rodados tiene índice igual o superior a 500 y 0% de ellos, un índice igual o inferior a 100.

*Un índice de aplanamiento débil:* La mediana es de 1,66; 0% de los rodados tiene un índice igual o superior a 2,5 y 27% de ellos, un índice igual o inferior a 1,5.

*Un índice de disimetría regular:* La mediana es de 614; 21% de los rodados presenta índice igual o superior a 700 y 45% de ellos, un índice igual o inferior a 600.

B. *En los gráficos*

*En el histograma correspondiente al índice de desgaste (Fig. 4), se observan dos máximos: uno de ellos, en el intervalo 200-250 y representa el 19% de los rodados y el otro, en el intervalo 450-500, que es de 12%.*

No existen desgastes iguales o inferiores a 200 y los índices más fuertes sólo llegan a 600.

En el histograma correspondiente al índice de aplanamiento (Fig. 5), presenta nuevamente "poca sensibilidad" del material, al aplanamiento. Los índices no pasan de 2,5. Sin embargo, existe un pequeño porcentaje (4%) de rodados en el intervalo 3,00-3,25.

El máximo del gráfico se ubica en el intervalo 1,5-1,75 igual que en la mayoría de los casos anteriores.

El histograma correspondiente al índice de disimetría (Fig. 6): El caso es bastante parecido al histograma de disimetría del muestreo N° 2 (Limarí), pues a pesar de calificar el índice de "regular" el porcentaje mayor de rodados está acumulado en índices calificados de "débiles". La razón, igual que en el muestreo N° 2, se debe a la cantidad de rodados que tienen índices superiores a 700 (21%).

## CORTE VI

Este corte se encuentra ubicado en la ribera izquierda de la Carretera Panamericana, en la subida que existe inmediatamente después del puente del río Limarí, a 88 m s.n.m.

En general, las características de este corte son parecidas a las de los anteriores.

### GRADO DE ALTERACIÓN.

Nuevamente encontramos dominio de rodados frescos.

Estado de los rodados	Porcentaje de Alteración Rodados del Corte vi (a una altura de 1,5 m. aproximadamente desde la base del corte)
Frescos	86%
Alterados	13%
Podridos	1%

### GRANULOMETRÍA.

Muestreo E (Fig. 3).

1. *El ingrediente principal*: Está ubicado en el intervalo 60-84 y acumula el 34% de los rodados.
2. *La agudeza*: El gráfico se presenta "poco agudo" ya que el porcentaje de diferencia de la clase modal sobre la mixtura proximal mayor (intervalo 42-60) es de 8%.

3. *La selección:* El histograma muestra una "regular selección" de los rodados, pues el 60% de ellos se encuentra acumulado en dos intervalos que son: el ingrediente principal (intervalo 60-84) y la mixtura proximal mayor (intervalo 42-60).
4. *La simetría:* Nuestro gráfico presenta una asimetría bastante simple, en la que el ingrediente principal se encuentra en el intervalo central de la repartición. Además está caracterizado por la dominancia de rodados de menor tamaño que los contenidos en el máximo.

Sin embargo, si observamos el histograma, podemos ver que son los rodados de regular tamaño, los que marcan la "regular selección" de este corte.

#### MORFOMETRÍA.

#### *Muestreo Nº 12.*

#### *Reseña de las observaciones realizadas*

##### *A. En la Tabla*

(Tabla 1)

*Un índice de desgaste fuerte:* La mediana es de 415; 32% de los rodados posee un índice igual o superior a 500 y 0% de ellos, un índice igual o inferior a 100.

*Un índice de aplanamiento débil:* La mediana es de 1,79; 8% de los rodados tiene índice igual o superior a 2,5 y 16% de ellos, un índice igual o inferior a 1,5.

*Un índice de disimetría regular:* La mediana es de 602; 14% de los rodados tiene un índice igual o superior a 700 y 48% de ellos, un índice igual o inferior a 600.

##### *B. En los gráficos*

*En el histograma correspondiente al índice de desgaste (Fig. 4), se observan varios máximos: uno, en el intervalo 250-300 (18%); otro, en el intervalo 400-450 (14%) y el último, en el intervalo 500-550 (10%).*

No existen desgastes iguales o inferiores a 200 y los índices más elevados llegan a 750, aun cuando sea en porcentajes pequeños (2%).

*En el histograma correspondiente al índice de aplanamiento (Fig. 5), se manifiesta una vez más, la poca sensibilidad del material al aplanamiento.*

En este caso, los índices llegan a 2,75; pero en el intervalo 3,00-3,25 existe un pequeño porcentaje (4%) de individuos.

El máximo del gráfico se ubica en el intervalo 1,50-1,75 y es de 26%.

El histograma correspondiente al índice de disimetría (Fig. 6), presenta el mismo caso que el muestreo Nº 2, pues la única razón para que la mediana de este muestreo esté ubicada en índices calificados de "regulares", es la existencia de un porcentaje considerable de rodados con índices igual o superior a 700; ya que el mayor porcentaje de rodados tiene índice igual o inferior a 600.

## CONCLUSIONES

Las observaciones de los cortes en el terreno, nos permiten establecer que, en general, ellos presentan rasgos que les son comunes. A saber:

1. Una acumulación mal lavada de rodados.
2. Inexistencia de estratificación y escasa selección del material.

Sólo a veces se observa, entre los rodados, la presencia de lentes de arena y limo o de cantos de menor tamaño.

El estado de alteración del material rodado que constituye este nivel superior, no muestra siempre características comunes en todos los cortes.

Los cortes I, II y IV, presentan una alteración avanzada, con un porcentaje de podrido muy alto.

En cambio en los cortes III, V y VI, la alteración se ve notablemente disminuida y los porcentajes de podrido son mínimos.

Al parecer los tres primeros cortes pertenecen a un relleno más antiguo, muy podrido, y los tres últimos, a algo más nuevo, menos podrido.

*Índice de desgaste:* Inclínándonos a opinar —de acuerdo con estudios ya realizados en la región (Paskoff, 1963)— en favor del modelado de los rodados en un medio dinámico torrencial, existen dos razones que explicarían la presencia de desgastes muy fuertes. Ellas son: a) la fuerte pendiente del río, dada la proximidad que existe en nuestro país entre los Andes y el litoral, y b) la abundancia de aguas en un medio montañoso.

En lo que se refiere a la existencia de más de un máximo en los histogramas relativos a este índice, es importante anotar que aguas arriba, el río atraviesa los conglomerados de las formaciones vulcano-sedimentarias del mesozoico. De esta manera, dichos máximos, podrían provenir de rodados reabajados de esas formaciones.

*Índice de aplanamiento:* Habiendo quedado establecido a través de la tabla y los gráficos, que los rodados han sido poco afectados por el aplanamiento, debemos decir que el dominio de índices débiles, concordaría con la idea de un modelado torrencial, ya que en este tipo de acarreo los rodados tienden a tomar formas convexas (A. Brun, 1963), sobre todo tratándose de material de origen volcánico.

*Índice de disimetría:* Aun cuando los histogramas relativos a este índice, no proporcionan resultados novedosos, los datos obtenidos de dichos gráficos resul-

tan ser una consecuencia lógica de los antecedentes adquiridos de los índices anteriormente comentados.

Una escasa disimetría es lógicamente una consecuencia de un desgaste muy elevado, el cual tiende a dar al rodado una forma esférica y por lo tanto, simétrica.

Ahora, cuando hablamos del índice de aplanamiento obtenido por los rodados en medio torrencial, dijimos que estos alcanzaban formas convexas, lo que está diciendo indiscutiblemente que la disimetría será débil.

#### B I B L I O G R A F I A

- ALIMEN, H. (1958). *Premiers résultats de l'étude morphométrique de cailloutis sahariens*. Rev. Géogr. Dyn., IX, pp. 161-173. Société Géologique de France. 7 série, t. v, pp. 644-649.
- BOYE, M. (1960). *Morphométrie des galets de quartz en Guyane française*. Rev. Géogr. Dyn. XI, pp. 15-27.
- BRUN, A. (1963). *Etude Géologique des Formations Cuaternaire de la Région de Montluel et Saint-Maurice-de-Gourdans (Ains)*.
- CAILLEUX, A. et TRICART, J. (1959). *Initiation à l'étude de sables et des galets*. C.D.U. Paris. 3 volumes.
- DREYFUSS, M. (1946). *Guide Pratique de Géologie de terrain pour l'étude des Formations sédimentaires*.
- MUÑOZ CRISTI, L. (1942). *Rasgos Generales de la constitución de la Cordillera de la Costa, especialmente en la provincia de Coquimbo*. Anales del primer Congreso de Ingeniería, Primera Parte. Tomo Segundo. pp. 285-318.
- PASKOFF, R. (1963). *Observations morphologiques sur les dépôts Quaternaires de la Basse Vallée du río La Ligua (Chili)*. Bulletin de la
- PASKOFF, R. (1964). *Remarques sur des niveaux marins et fluviaux autour de la baie de Coquimbo (Chili)*. Bulletin de la Association de Géographes Français N.º 320-321, pp. 2-18.
- PASKOFF, R. (1966). *Estudio morfométrico de los rodados de la alta terraza del curso inferior del río La Ligua, U.C.I.* Conferencia Regional Latinoamericana; México, tomo III, pp. 82-88.
- THOMAS, H. (1958). *Geología de la Cordillera de la Costa entre el valle de la Ligua y la Cuesta de Barriga*. Bol. N.º 2, Ins. Inv. Geol. Santiago de Chile.
- TRICART, J.; JOLY, F., et RAYNAL, R. (1955). *Etude morphométrique de galets nordafricains*. Notes Serv. Géol. Maroc, t. 13, pp. 49-83.
- TRICART, J., et SHAEFFER, R. (1950). *L'indice d'éroussé des galets, moyen d'étude des systèmes d'érosion*. Rev. Géogr. Dyn. 1, pp. 151-179.