

BOLETIN DE ESTUDIOS GEOGRAFICOS

Vol. XVII

Enero - Marzo 1970

Nº 66



INSTITUTO DE GEOGRAFIA
FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO
REPUBLICA ARGENTINA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO
FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
INSTITUTO DE GEOGRAFIA

**BOLETIN DE
ESTUDIOS GEOGRAFICOS**



VOLUMEN XVII

Nº 66 - 69

INSTITUTO DE GEOGRAFIA

Director

MARIANO ZAMORANO

Jefe de la Sección Geografía General

RIGARDO G. CAPITANELLI

Jefe de la Sección Geografía Regional

MARIANO ZAMORANO

Jefe de la Sección Geografía Argentina

MATILDE I. VELASCO

Jefe de la Sección Cartografía

ROSIER OMAR BARRERA

Ayudantes de Investigación

ALICIA I. PEREZ DE SCARAFIA

ELIA PUPATTO DE MORENO

JOSEFINA GUTIERREZ DE MANCHON

MARIA ISABEL CODES

ELSA DUFFAR

Dibujantes Cartógrafos

JORGE JUAREZ

MARIA MERCEDES DILLON

Encargado de Laboratorio Fotográfico

PAULINO ARENA

Secretario Administrativo

CARLOS ALBERTO SEDERINO

Director del Boletín de Estudios Geográficos

MARIANO ZAMORANO

Boletín de Estudios Geográficos

Publicación trimestral del Instituto de Geografía
de la Universidad Nacional de Cuyo

Centro Universitario
Mendoza (República Argentina)

Director

MARIANO ZAMORANO

S U M A R I O

- E. DUFFAR, El problema de los glaciares. Estado actual de la cuestión (4 fig., 3 fot.) 1
- C. A. ROMANELLA y J. C. MILLER, Escorrentía en pequeñas cuencas y probabilidad de lluvias intensas al oeste de la ciudad de Mendoza (Serie 21 años) (5 fig.) 17
- A. A. LÓPEZ GUIÑAZÚ, Tendencias demográficas actuales. La natalidad (2 croquis) 43

Los conceptos emitidos, en artículos firmados, son de exclusiva responsabilidad de sus autores.

Boletín de Estudios Geográficos

ELSA DUFFAR

EL PROBLEMA DE LOS GLACIS

Estado actual de la cuestión

Uno de los temas geomorfológicos relativamente nuevo para los geógrafos argentinos, y sobre el cual no existe aún un concepto bien claro, es el de los glacis.

Los primeros en destacar la existencia de este tipo de forma han sido los norteamericanos, a consecuencia del gran desarrollo que han alcanzado en la región oeste de ese país; los franceses han admitido la existencia de los glacis más tarde, luego de las investigaciones realizadas por J. DRESCH en Marruecos.

Numerosos investigadores han publicado trabajos sobre el tema pero todavía no se ha dado una noción concreta del mismo.

Este es solo un análisis de los hechos comprobados hasta el presente, tratando de hallar su explicación.

CONCEPTO DE GLACIS

La primera dificultad que encontramos al encarar el problema es el vocabulario ya que la terminología geomorfológica es un tanto imprecisa y existe, por otra parte, una tendencia a confundir el término *glacis* con *glaciar*.

Los norteamericanos emplean el vocablo *pedimento* para designar esta forma a la que los franceses llaman *glacis*. La diferencia está en que el pedimento es siempre modelado sobre roca uniformemente dura y no tiene el manto aluvial que caracteriza al glacis.

¿Qué es un glacis? Los diccionarios geográficos nos dan definiciones como la siguiente: "plano de piedemont delante de una montaña, que se pierde con pendiente insensible en la llanura" ¹.

¹ MACHATSCHEK, F. *Terminología geomorfológica*, Tucumán, Instituto de Estudios Geográficos, 1959, p. 82.

Podemos definirlo de una manera más simple diciendo que es una topografía de pendiente suave, 3 a 4% en el contacto con la montaña y se reduce a 1% en el límite exterior de la planicie. Cuando una pendiente abrupta domina al *glacis*, éste se une a ella por una sección cóncava muy corta o por una ruptura neta denominada, por los alemanes, *knick*. Por su parte inferior el glacis pasa insensiblemente a una planicie aluvial suavemente inclinada, llamada *bajada*, donde se encuentra con frecuencia una laguna temporal o *sebkra* que en la estación seca se reduce a una costra de sal.

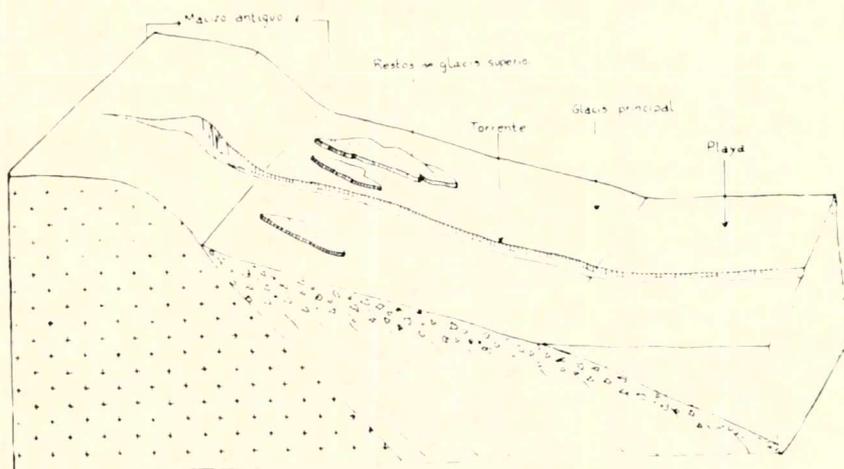


Fig. 1 — Corte a través del piedemonte mendocino en el que se destaca la gran extensión de la superficie de erosión correspondiente al *glacis principal*, disectado por los torrentes, sobre la cual progresa la *playa* o *bajada*.

Etienne de Vaumas, investigador francés que ha estudiado esta cuestión en el Cercano Oriente y Chipre, expresa que el término *glacis* “tomado del vocabulario de arquitectura militar, es el que da la imagen más precisa de este tipo de relieve y que es preferible este término imaginario a aquel geométrico y abstracto de plano inclinado”².

Si tenemos en cuenta que “planos inclinados” al pie de relieves se encuentran no solo en las regiones áridas o semiáridas, donde se desarrollan los verdaderos *glacis*, sino también en las frías periglaciares y en las húmedas, estaremos de acuerdo con E. DE VAUMAS en que es preferible el empleo del término *glacis*.

² VAUMAS, ETIENNE DE, *Observation et remarques sur les glacis*, en “Revue de Géographie Alpine”, t. LIII, N° 2, Grenoble, Institut de Géographie Alpine, 1965, pág. 205.

Para poder aclarar mejor el problema es necesario analizar los procesos que engendraron la forma y considerar las condiciones en las cuales se desarrolla.

Condiciones necesarias para el desarrollo de los glacis

Los *glacis* son formas de relieve características de las regiones áridas y semiáridas, producto de procesos de erosión que raramente se observan en otras áreas. Estos procesos que están en estrecha relación con el clima, la vegetación y el tipo de roca, son los escurrimientos.

Los climas más favorables para el desarrollo de los *glacis* son aquellos que tienen una estación seca y en los cuales las precipitaciones son del tipo de chaparrones violentos e irregulares, de 30 a 40 mm., que superan la capacidad de infiltración del suelo y dan origen a escurrimientos.

La estación seca impide el desarrollo de una vegetación de tipo cerrado, que cubra totalmente el suelo; esto es muy importante en la génesis del *glacis*, ya que la cubierta vegetal entorpece el escurrimiento mantiforme pues cada planta constituye un obstáculo que obliga a cada hilo de agua a subdividirse favoreciendo así el escurrimiento difuso (*rill-wash*).

Desde el punto de vista de las condiciones climáticas las regiones más favorables al desarrollo de *glacis* son, entre otras, el NE de Brasil, el NW de los Estados Unidos de América, Sudán y la "Diagonal árida" de América del Sur.

También debemos considerar aquí las condiciones litológicas y estructurales. Pierre BIROT (1949) considera que los *glacis* desarrollados en roca blanda pueden explicarse por la teoría de JOHNSON, en cambio la teoría de DAVIS es aplicable a los *glacis* en roca dura sujeta a descomposición granular, por ejemplo el granito³. En las rocas duras el retroceso de las vertientes se explica por la desagregación meteórica granular y la posterior evacuación de los elementos desagregados por el escurrimiento difuso.

En el caso de las rocas muy resistentes a la desagregación meteórica, por ejemplo las cuarcitas, los *glacis* tienen una superficie poco extensa, más irregular y un declive más fuerte que el normal. Los granitos, en cambio, dan perfiles mucho más regulares.

En cuanto al *knick* (ruptura de pendiente entre la vertiente y la superficie del *glacis*) está también en relación con la naturaleza y la estructura de la roca. Aparece bien marcado cuando hay una diferencia

³ Las teorías citadas serán explicadas en las páginas siguientes.

de estructura. Por ejemplo las rocas como el granito liberan grandes bloques y mantienen la verticalidad del frente montañoso porque se descomponen en detritos fáciles de ser evacuados. Por el contrario, cuando la roca es muy resistente a la desagregación y proporciona detritos groseros, el *knick* queda oculto bajo un manto de detritos, en consecuencia el contacto entre el *glacis* y la vertiente es menos brutal.

TEORÍAS SOBRE LA EVOLUCIÓN DE LOS GLACIS

Respecto a la verdadera génesis de los *glacis*, las opiniones de los investigadores están muy divididas. Lo único cierto, y sobre lo cual no existen mayores discrepancias, es que cada tipo de *glacis* responde a mecanismos diferentes y por lo tanto es inútil buscar una teoría general para explicar su formación.

Las diversas teorías sobre la elaboración de los *glacis* tienen en cuenta fundamentalmente los dos tipos de escurrimiento de que hablamos anteriormente: difuso y mantiforme (*rill-wash* y *sheet-flood* de los norteamericanos), olvidando la mayoría de ellas el rol de la vegetación.

Esas teorías se dividen en dos grupos: antiguas y modernas. Entre las primeras predominan dos puntos de vista para explicar los *glacis*:

- a) por modalidades particulares del *escurrimiento mantiforme* en regiones secas;
- b) por efectos de la *erosión lineal* debida a las divagaciones de los cursos de agua.

Las teorías modernas, en cambio, atribuyen la formación de los *glacis* a una combinación de procesos. En este grupo ubicamos las teorías de DAVIS, BRYAN, JOLY, DERRUAU, TRICART, DRESCH, VIERS.

a) *Teoría del escurrimiento mantiforme* (o del *sheet-flood*).

El término *sheet-flood* fue introducido por el norteamericano Mc GEE para designar la masa de agua cargada de detritos que, después de un chaparrón violento, se desplaza a gran velocidad en la montaña y mucho más lento luego, y a lo largo de varios kilómetros; su duración es de apenas algunos minutos. El fenómeno fue observado por él primero en el SW de Arizona y luego en Nueva Méjico.

El escurrimiento turbulento tiene un gran poder erosivo por la abundancia de material que arrastra y la velocidad a que se desplaza.

Las variaciones locales de turbulencia, por una parte, y la rugosidad del suelo, por otra, provocan el abandono selectivo del material hasta que el agua no tiene ya la fuerza necesaria para arrastrarlos, entonces

se estabilizan y forman, los más finos, una película barrosa, densa, que protege a la roca *in situ*.

Después de cada una de estas avenidas queda en la base de la montaña una superficie de erosión cubierta de material aluvional a la que MC GEE denominó *pedimento*, cuya génesis atribuye a la erosión por *sheet-flood*.

Para J. L. RICH y L. C. KING, sostenedores de esta hipótesis, el *glacis* sería modelado por el escurrimiento mantiforme. También A. CAILLEUX ha destacado la importancia de este fenómeno.

La crítica que puede hacerse a esta teoría es que si bien este tipo de escurrimiento es eficaz por su acción, no puede explicar el modelado de todos los *glacis*. Por otra parte, su acción está limitada a las zonas ubicadas inmediatamente a la salida de la montaña donde es posible la concentración de las aguas. Finalmente, el tamaño de los bloques diseminados sobre el *glacis* hace pensar que este proceso no es suficiente para desplazarlos.

b) *Teoría de la erosión lateral*

Los partidarios de esta teoría sostienen que los *glacis* son modelados por la erosión lateral de los cursos de agua al abandonar la montaña. Estos llevan siempre abundante material y en el momento de las crecidas depositan el material más grueso y forman una especie de “empedrado” que no pueden socavar luego porque han perdido potencia de erosión lineal, en cambio sí la tienen para la erosión lateral porque son inestables. De esta manera producen aplanación sin encajarse.

Esta teoría fue sostenida por BLACKWELDER, PAIGE, D. JOHNSON, entre otros. Indudablemente quien mejor la ha desarrollado es JOHNSON (1932).

El distinguía tres zonas distintas al pie de las montañas en las regiones áridas:

- 1) una zona interior, que corresponde a las montañas, donde predomina la erosión vertical;
- 2) una zona exterior, ligeramente inclinada, donde los cursos de agua abandonan el material grueso formando una serie de conos que con el tiempo se unen dando lugar a una zona de acumulación. Esta se designa con el nombre de *bajada*;
- 3) una zona intermedia entre las dos anteriores, y la más próxima a la montaña, donde, según JOHNSON, se localiza el *glacis* que evoluciona a partir de los “conos rocosos”. (El denomina “conos rocosos” a las penetraciones del *glacis* en la montaña; cada uno de esos conos corresponde a la desembocadura de un *uadis*).

Glacis y conos rocosos son atribuidos a un proceso de erosión lateral realizado por los cursos de agua cargados de material que procede de la montaña; tal proceso interviene, según él, en dos sitios:

- 1 – al borde de los conos aluviales sobre los cuales se deslizan los cursos de agua anastomosados que van a terminar en la depresión existente en la zona de contacto del cono y la vertiente;
- 2 – en la parte inferior de los conos; aquí las aguas son claras pues ya han abandonado el material y recorren la superficie rocosa. Que las aguas corran claras es parcialmente aceptable porque si bien abandonan el material grueso continúan acarreamento elementos finos.

Esta teoría de JOHNSON ha sido muy criticada y puede aceptarse solo en parte. En primer lugar porque en las regiones áridas el escurrimiento mantiforme es más eficaz como agente de erosión que los cursos de agua anastomosados; por otra parte, si el retroceso del frente montañoso fuese el resultado de la erosión lateral no sería rectilíneo sino sinuoso.

c) *Teorías modernas.* Como ya ha sido señalado, atribuyen la formación de los *glacis* a una combinación de procesos de los cuales hay tres que son fundamentales:

- a) escurrimiento difuso;
- b) escurrimiento mantiforme;
- c) alteración de las rocas.

SHARP (1940) no vaciló en destacar la importancia de la combinación de procesos en el modelado de los *glacis*, y “considerando en conjunto los pedimentos del área de Ruby-East-Humboldt, pensó que la erosión lateral es responsable de alrededor del 40% de su desarrollo, y atribuyó el 60% restante a la meteorización y varios tipos de lavaje fluvial”⁴.

Para TRICART⁵, cuando la pendiente es acentuada, el escurrimiento difuso es el más frecuente y se realiza a través de una serie de hilos de agua que corren casi a ras del suelo por surcos que apenas alcanzan algunos centímetros de profundidad. Ese escurrimiento favorece el acarreo de material sobre la superficie del *glacis* y su acción erosiva es más eficaz. En cambio si la pendiente es del orden de 2 a 3%, el escurrimiento es mantiforme; toda la superficie se cubre por un manto de agua

⁴ THORNBURY, W., *Principios de Geomorfología*, Buenos Aires, Editorial Kapeluz, 1960, p. 305.

⁵ TRICART, J. - CAILLEUX, A., *Le modelé des régions sèches*, Paris, C.D.U., 19, fascicule II, p. 35.

de 1 a 2 centímetros de espesor que se desplaza lentamente y transporta esencialmente arena y limos y, cuando más, gravas y guijarros, y ejerce una acción erosiva general incapaz de reducir la pendiente longitudinal.

La diferencia entre ambos tipos de escurrimiento radica en el hecho de que el primero actúa a mayor distancia mientras que el segundo es exclusivo del piedemonte. Los dos son importantes y se combinan por cuanto del escurrimiento mantiforme se pasa al escurrimiento difuso, o viceversa, cuando se produce un cambio de pendiente; el predominio de uno u otro depende de la intensidad de los chaparrones, de la pendiente, de la vegetación y de la litología.

Por su parte F. J. JOLY, que ha estudiado los *glacis* del SE de Marruecos, sostiene que la existencia de los mismos está condicionada por un óptimo climático, por una cierta topografía inicial, y son la obra combinada de la erosión físico-química, del escurrimiento mantiforme y de la erosión lateral de los *uadis* a partir de un accidente topográfico cóncavo.

Como conclusión, respecto a las distintas teorías expuestas, podemos decir que el grado de eficacia de los distintos procesos depende de las condiciones litológicas y climáticas.

EVOLUCIÓN DE LOS GLACIS

Los *glacis* se desarrollan y ganan superficie a medida que prosigue el ciclo erosivo.

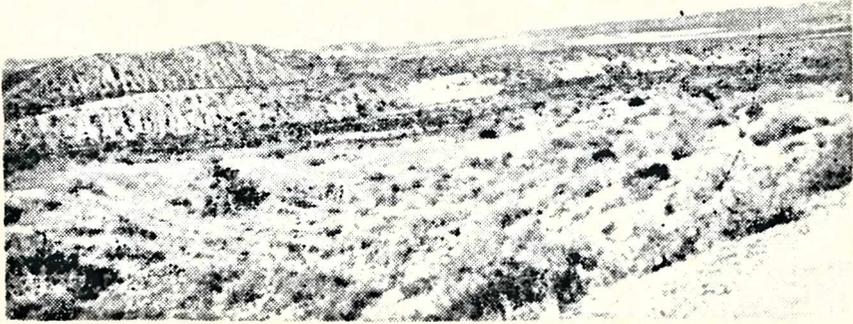
Su evolución está en relación con la disposición general del drenaje. Así, en las rocas blandas, evolucionan en forma escalonada, lo cual demuestra los sucesivos encajamientos de los *uadis* en busca de un nivel de base más estable como consecuencia de la inestabilidad tectónica y sobre todo climática.

Otras veces, el *glacis* puede haber sido erosionado y establecerse uno nuevo en un nivel inferior. Entonces se habla de *glacis superior*, que corresponde a los restos del primitivo *glacis*, y de *glacis principal*, que es el de mayor extensión en la actualidad. Un ejemplo de esta disposición (*glacis superior* y *glacis principal*) se observa en la fotografía N^o 1.

En las rocas duras la evolución es distinta: los *uadis* se encajan lentamente porque el escurrimiento solo es capaz de arrastrar el material proveniente de la erosión de la roca.

J. DRESCH ha demostrado que "cuanto más árido es el clima la evolución es más lenta, teniendo, por lo tanto, más posibilidades de ser interrumpida o modificada por los fenómenos tectónicos y climáticos"⁶.

⁶ DRESCH, J., *Pedimentos, "glacis" de erosão, pediplanicies e inselbergs*, en "Noticias Geomorfológicas", Año V, N^o 9-10, Brasil, Campinas, SE, 1962.



Fot. 1 — Restos de *glacis superior* se elevan por encima del nivel del *glacis principal* en el piedemonte mendocino.

Las zonas críticas en la evolución de los *glacis* son la parte superior y la parte inferior. Hacia arriba, se desarrolla a expensas del retroceso del frente montañoso. Este retroceso se produce hasta el momento en que el frente da una carga inferior a la capacidad de transporte del *sheet-flood*, entonces una parte de la energía que servía al transporte de los materiales queda liberada y realiza una acción erosiva en la superficie del *glacis* cuyo perfil se torna insensiblemente cóncavo.

En la parte inferior el *glacis* puede terminar en una planicie a la cual pasa insensiblemente o en una depresión cerrada. En este último caso los *uadis* acumulan el material que arrastran al fondo de la depresión formando un *glacis* que se eleva progresivamente y con el tiempo se transforma en *glacis* con acumulación, pero mucho más importante, al que los franceses denominan *glacis* de "ennoyage". Este elevamiento progresivo bloquea la evolución del *glacis* hacia abajo porque disminuye la pendiente y con ella la capacidad de transporte del escurrimiento en consecuencia los materiales son cada vez más finos.

El comienzo del ciclo evolutivo de los *glacis* es marcado por la formación de un manto aluvial y encuentra su fin en el rebasamiento del relieve montañoso y en la disminución de la carga aluvial en masa y calibre.

TIPOS DE GLACIS Y SU DISPOSICIÓN

De todo lo expuesto hasta aquí se deduce un hecho concreto: todo glacis es fundamentalmente una superficie de erosión y la acumulación es un episodio posterior. "En el momento del modelado la cubierta no debió ser más que una película en tránsito, sin duda delgada y discontinua, que permitió el ataque de la roca por las aguas cargadas de material grueso"⁷.

A partir de esa superficie de erosión se han formado los diversos tipos de *glacis* que los autores clasifican de distintas maneras.

1. Clasificación de G. Viers

- a) *Glacis de erosión*: la erosión tiene más importancia y es más eficaz que la acumulación en el modelado del glacis. "En efecto, para que un sustrato sea erosionado, ha sido necesario que, durante toda la duración del modelamiento del glacis, permanezca desnudo o sin más protección que guijarros esparcidos en napas discontinuas, retomados sin cesar por los escurrimientos, con canales divagantes inscriptos en la roca. Es este el momento

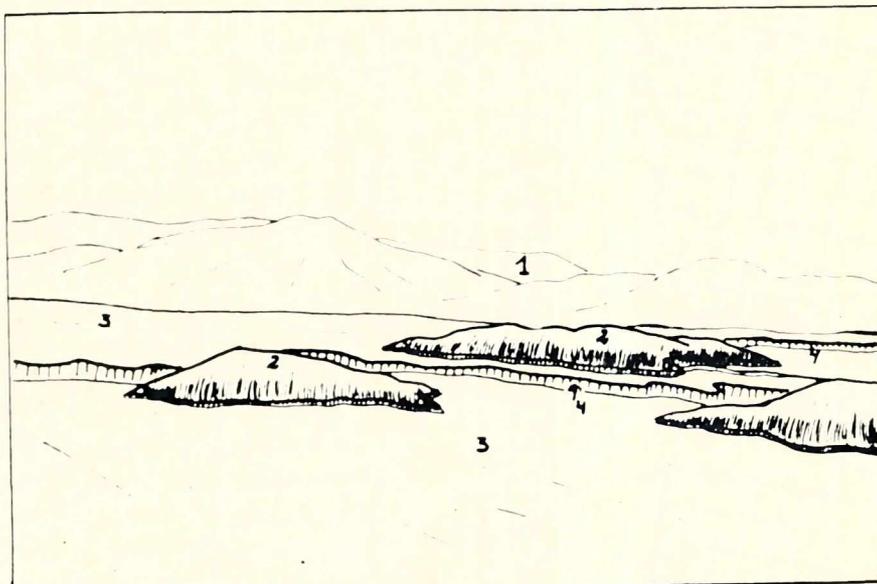


Fig. 2 — *Glacis de erosión* de piedemonte coronado por restos de un antiguo glacis destruido. 1 — Precordillera; 2 — Restos de *glacis* superior; 3 — *Glacis* principal; 4 — Arroyos.

⁷ VIERS, G., *Eléments de Géomorphologie*, Paris, Fernand Nathan, 1967, p. 73.

fundamental en la elaboración de esas formas mayores, frente al cual el espesamiento final no se presenta sino como un epifenómeno menor”⁸.

- b) *Glacis cubierto*: el material que se deposita sobre la roca *in situ* forma un manto aluvial de espesor variable (desde algunos decímetros hasta algunos metros). Cuando ese manto cubre totalmente el sustrato rocoso se habla de *glacis* cubierto.
- c) *Glacis con acumulación*: cuando ese mismo manto aluvial alcanza y supera la decena de metros se habla de *glacis* con acumulación. Estos aluviones se distinguen de las terrazas fluviales por su tamaño, hay más limos y grandes bloques.
- d) “En las estructuras monoclimales, en rocas sedimentarias, la pendiente permite con frecuencia oponer un *glacis de reverso*, en el cual los estratos son cortados a bisel, y un *glacis de frente*, mucho más cóncavo pero en el cual la ruptura de pendiente, en el contacto de las rocas de resistencia diferente, es progresiva”⁹.

2. Clasificación de F. Joly

Distingue dos tipos de *glacis*: de erosión y rocosos (que constituyen las hamadas). La diferencia está dada por la estructura, la litología y las condiciones hidrológicas. Los tipos de *glacis* de erosión que él distingue son: de vertiente y de piedemonte.

- a) *Glacis de vertiente*: se observan sobre todo en la región del Alto Atlas (Africa); su perfil longitudinal es cóncavo y el transversal chato. Pueden estar cubiertos por un manto de gravas o desnudos. Se distinguen dos variedades:

Glacis conforme: cuando se inclina en el mismo sentido de la pendiente de las capas geológicas; se encuentran con frecuencia sobre el flanco de los anticlimales.

Glacis contrario: cuando se inclina en sentido inverso a la pendiente de los estratos. Son en realidad taludes en contra pendiente, de aristas disimétricas; su superficie, más rugosa, está cubierta por material grueso. Sobre este tipo de *glacis* el agua se escurre en napa (*sheet-flood*).

⁸ VIERS, G., *La morfología del piedemonte andino en la provincia de Mendoza, los hechos y las concepciones antiguas*, en “Boletín de Estudios Geográficos”, Vol. XIII, N° 52, Mendoza, Instituto de Geografía, 1956, p. 172.

⁹ *Ibidem*, p. 74.

- b) *Glacis de piedemonte*: es también un *glacis* de erosión, pero más extenso, que se desarrolla al pie de macizos montañosos y constituye el empalme entre éstos y las planicies vecinas. Su pendiente es muy suave, el manto aluvial que lo cubre es de poco espesor porque en su origen, donde hay una disminución sensible de pendiente, los *uadis* que salen de la montaña pierden capacidad de transporte. Así, en el SE de Marruecos se pueden observar

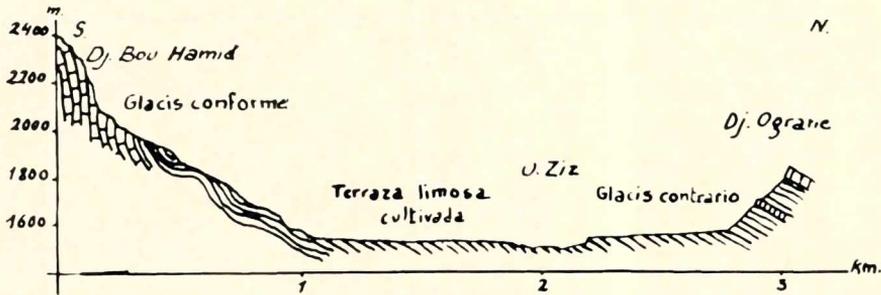


Fig. 3 — Corte a través del valle del uadi Ziz (según Joly)

estos *glacis* de piedemonte a todo lo largo del gran accidente Sud-Atlásico, como también sobre el contorno de los macizos antiguos de la "boutonnière" del Tafilalet¹⁰.

- c) Finalmente, F. Joly considera las hamadas como un tipo de *glacis* rocoso puesto que éstas forman una especie de inmensa meseta suavemente inclinada.

3. Clasificación de J. Dresch

- a) *Glacis de reverso*: progresa hacia abajo porque la ablación desnuda la capa dura; es estructural y se enlaza, allá donde la capa de roca dura se sumerge bajo la cubierta de rocas blandas, al *glacis* de acumulación menos inclinado, por medio de una corta concavidad.
- b) *Glacis de frente*: están bien desarrollados en las estructuras monoclinales; se caracterizan por estar dominados por un talud y una cornisa.

¹⁰ JOLY, F., *Pediments et glacis d'érosion dans le Sud-Est du Maroc*, en *Comptes Rendus du Congrès International de Géographie*, t. II, Lisbonne, 1949, p. 110.

- c) *Glacis cubierto*: recibe esta denominación cuando está cubierto por un manto de residuos que puede tener varios metros de espesor, ser más o menos continuo y tener una composición variable. Esto indica, según el autor, que los *glacis* no siempre son superficies de denudación.
- d) *Glacis de acumulación*: cuando las montañas en las cuales se apoyan los *glacis* son de volumen considerable y proporcionan mayor cantidad de material, el glacis es cubierto por un manto de mayor espesor y pasa entonces de *glacis* cubierto a *glacis* de acumulación.

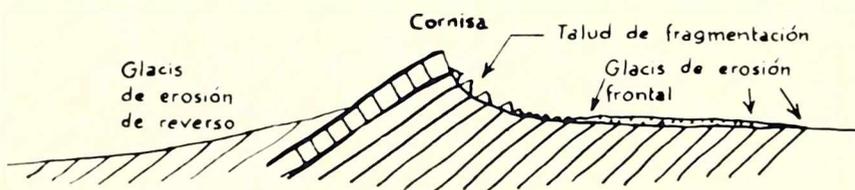


Fig. 4 — Dos tipos de *glacis de erosión* propiamente dichos desarrollados en roca blanda al pie de un relieve de origen estructural (según J. DRESCH).

4. Clasificación de J. Tricart

- a) *Glacis de piedemonte*: es una superficie plana, regular, inclinada que se encuentra al pie de un relieve más elevado y más vigoroso. Se caracteriza, ante todo, por su relación con un relieve antiguo más elevado, cualquiera sea su naturaleza y las condiciones morfoclimáticas de su elaboración. A este tipo pertenecen los *glacis* de las regiones semiáridas que están dominadas por relieves residuales extensos.
- b) *Glacis de denudación*: se caracteriza por su aplanamiento general; la roca del sustrato se encuentra por todas partes, aflorando o a escasa profundidad, porque el manto detrítico que lo cubre es discontinuo y de poco espesor. Este tipo de *glacis* tiene una pendiente variable que oscila entre 1 y 10% (depende de la litología y del clima).
- c) *Glacis de acumulación*: cuando el manto aluvial es más importante, tanto que cubre totalmente el sustrato rocoso, se está en presencia de un *glacis* de acumulación.

- d) Este mismo autor distingue un cuarto tipo de *glacis* que denomina "*glacis d'epandage*" (glacis de expansión) que se forma por acumulación de un nuevo manto aluvial, delgado y discontinuo, sobre un glacis de denudación. Se caracteriza por la aparición de microrelieves y la presencia de canales de escurrimiento temporario, sinuosos, poco profundos e inestables porque su trazado es modificado después de cada crecida.

El mismo TRICART, junto con CAILLEUX, atendiendo a la litología, establecen una gran variedad en el modelado de los *glacis*:

- *glacis* arcilloso o margoso, notablemente unidos;
- *glacis* cubierto por una capa de pedriscos que debe disgregarse antes de ser evacuada por el escurrimiento;
- *glacis* "à boule", sobre los basaltos, como en la isla Sal, donde la roca se disgrega lentamente en limo, evacuado por un aluvionamiento que es entorpecido por los afloramientos de rocas basálticas. Cuando ese obstáculo es bastante importante, la superficie del *glacis* forma pequeños escalones.

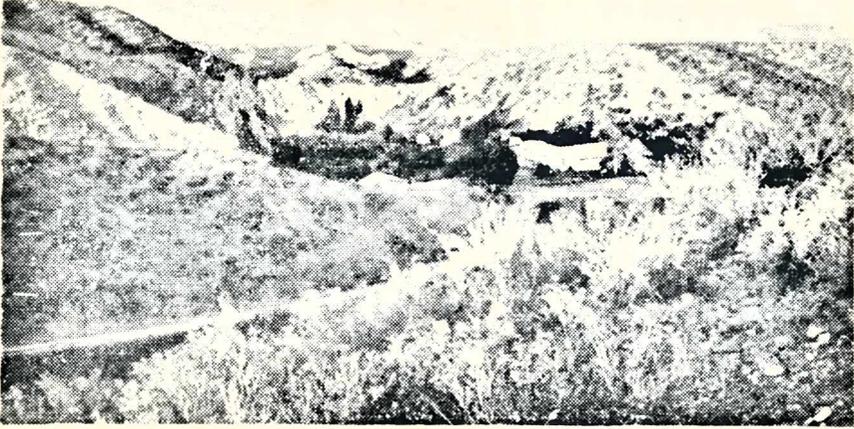
Existen otras clasificaciones de otros tantos autores pero nos parece innecesario exponerlas puesto que todos coinciden más o menos en considerar como los más importantes tres tipos de *glacis*: de erosión, cubierto y de acumulación.

REPARTICIÓN ZONAL DE LOS GLACIS

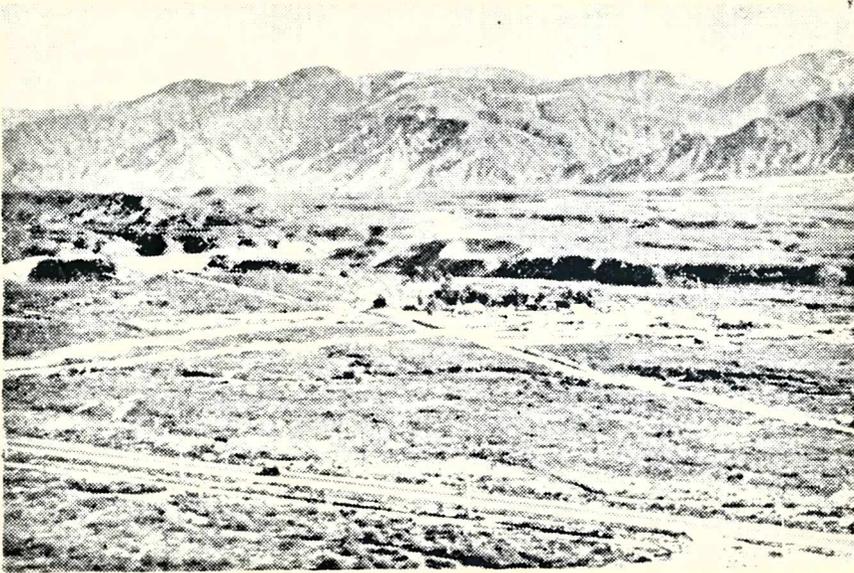
En la actualidad los *glacis* más extensos se encuentran en regiones como el Mediterráneo, oeste de los Estados Unidos de América, desierto litoral occidental de América del Sur, etc.

En la región del Mediterráneo se encuentran en Africa del N, desde el Mediterráneo a la región del Sahara, por ejemplo al S de Mauritania aparecen *glacis* muy vastos; en España, a lo largo de la costa sudoriental (como en Aragón) y alrededor de algunas cuencas secas interiores. En general se trata de *glacis* actuales en roca blanda. En Francia hay *glacis* recientes que ocupan los afloramientos margosos y margo-calcareos en los Pre-Alpes del Sur, por ejemplo en la cuenca de Larague, en el valle del Verdon; se los encuentra también en el valle medio del Ródano, en el valle del Ouveze, etc.

En América del Norte los *glacis* son las formas casi dominantes del paisaje del Oeste. Se encuentran en las depresiones, al pie de las mon-



Fot. 2 — Restos de *glacis superior*, al fondo de la fotografía diseminados sobre el *glacis principal*, al centro, a la altura de Colonia Papagayos (Mendoza).



Fot. 3 — *Glacis principal* disectado por arroyos que bajan de la precordillera.

tañas; y desde la costa de California a la planicie, prácticamente desaparecen.

En América del Sur, los *glacis* más notables aparecen en Brasil y Argentina. En el primer país en la zona de las caatingas. *Glacis* menos netos se encuentran a lo largo de la "Diagonal Arida".

En el caso particular de Argentina "desde Jujuy al S. de Neuquén se puede reconocer en todas partes un *glacis* principal, el más extendido, en cerca de 2.000 km" ¹¹. En la provincia de Mendoza los *glacis* son muy extensos, 20 a 30 km, tienen una pendiente de 6 a 2% y se funden lentamente en la planicie. Están disectados por los ríos cordilleranos y dicha disección "muestra con evidencia que los grandes *glacis* de Mendoza son formas heredadas y que los procesos actuales no trabajan sino en desfigurarlos, y no en modelarlos o mantenerlos" ¹². Debajo del manto aluvial que los cubre, y que es de poco espesor, aparece el sustrato erosionado. Por esta característica, y de acuerdo con las clasificaciones que hemos visto, el *glacis* mendocino es del tipo cubierto, según la clasificación del profesor G. VIERS.

CONCLUSIÓN

Todas las formas de *glacis* ofrecen rasgos comunes de evolución, pero su génesis responde a mecanismos diferentes. En consecuencia, es imposible hallar una teoría general para explicar su formación. En cambio podemos afirmar que su existencia está condicionada por un óptimo climático, puesto que no se forman más allá de ciertos límites.

Los *glacis* más notables se encuentran en las regiones áridas y semiáridas, de lo que se deduce que han sido modelados bajo un clima seco, con precipitaciones escasas pero violentas; de lo contrario no podría explicarse la movilización del material grueso que ha hecho posible la erosión del sustrato rocoso. En las regiones áridas frías no es posible la formación de *glacis* porque el aire frío no contiene el tenor de humedad suficiente para producir tal tipo de precipitaciones.

Es condición esencial en la elaboración de los *glacis* la existencia de un escurrimiento capaz de transportar los detritos y que éstos no excedan, en masa y calibre, la capacidad y competencia de las aguas corrientes. Al desembocar fuera del macizo montañoso la potencia del escurrimiento disminuye rápidamente y esto trae como consecuencia la

¹¹ VIERS, G., *La morfología del piedemonte...*, cit.

¹² *Ibidem*.

deposición de los detritos formándose así el manto que cubre la superficie de erosión.

Teóricamente la evolución es fácil de concebir: retroceso progresivo del frente montañoso hasta la desaparición del mismo de tal manera que al final de la evolución se tiene una superficie totalmente aplanada.

La extensión de los *glacis* en la actualidad es mayor que la extensión de las regiones secas. Esto tendría su explicación en las oscilaciones climáticas del Cuaternario durante las cuales estas formas típicas de las regiones áridas pudieron desbordar sobre zonas actualmente subhúmedas.

CARLOS A. ROMANELLA
JUAN CARLOS MILLER

ESCURRIMIENTO EN PEQUEÑAS CUENCAS Y PROBABILIDAD DE LLUVIAS INTENSAS AL OESTE DE LA CIUDAD DE MENDOZA

(SERIE 21 AÑOS)

I. *Introducción y finalidad*

Las precipitaciones pluviales de gran intensidad, al caer en cuencas de fuerte pendiente y escasa vegetación, como son las ubicadas al Oeste de la ciudad de Mendoza, producen picos de crecida de alta peligrosidad.

Para proyectar defensas de cultivos, caminos y viviendas, es necesario considerar la intensidad máxima de lluvia en el tiempo de concentración de la cuenca, y la probabilidad de repetición de dicho evento. Se entiende por tiempo de concentración el que demora una partícula de agua en trasladarse desde el punto más remoto de la cuenca hasta el lugar de descarga.

Una vez transcurrido este tiempo de concentración, toda la cuenca está contribuyendo simultáneamente a formar el caudal máximo de escurrimiento, el que se traduce en un "pico de crecida". El caudal máximo de escurrimiento de una cuenca pequeña puede pronosticarse conociendo las intensidades máximas de precipitación ocurridas en la zona y las características fisiográficas de la cuenca.

Para cuencas no mayores de 500 hectáreas, este caudal es, según la llamada "fórmula racional" de los ingenieros Ramser, Norton y Ellison, "directamente proporcional al "coeficiente de escorrentía", a la "intensidad máxima de precipitación en el tiempo de concentración de la cuenca" y al "área de dicha cuenca".

$$Q = \frac{C. I. A.}{360}$$

Donde: Q: Caudal máximo de escorrentía o caudal del "pico de crecida" en m³/s.

C: Coeficiente (adimensional) de escorrentía es la relación entre volumen escurrido de la cuenca y volumen precipitado en la misma. Si la cuenca fuera totalmente impermeable, el volumen escurrido sería igual al volumen de agua llovida sobre la cuenca y por lo tanto el coeficiente "C" sería igual a: 1 (caso teórico, pero que se puede adoptar por razones de seguridad al proyectar defensas). El coeficiente de escorrentía depende principalmente de la naturaleza del suelo, vegetación existente y pendiente de la cuenca. Puede usarse la siguiente tabla dada por RAMSER, en el "Journal of Agricultural Research", Vol. 34, N° 9, U.S.A., 1927.

Valores de "C" para la fórmula racional de escorrentía en cuencas agrícolas.

Suelo y Vegetación	Pendientes	
	5 a 10 %	10 a 30 %
Montañoso desnudo	0,8	0,9
Montañoso c/pastos	0,6	0,7
Ondulado c/pastos	0,3	0,4
Montañoso y ondulado con bosques	0,18	0,21

I: Intensidad máxima en mm/h en el "período definido de duración creciente" que sea igual al "tiempo de concentración de la cuenca".

A: Area de la cuenca en hectáreas.

360: Denominación de conversión, resultante de transformar milímetros en metros, hectáreas en metros cuadrados y horas en segundos.

$$\frac{\text{m}^3}{\text{s}} = \frac{\text{mm}}{1000} \cdot \frac{\text{ha}}{\text{h} \cdot 3600} \cdot \text{ha} \cdot 10.000$$

$$= \frac{\text{mm}}{1} \cdot \frac{\text{ha}}{360} \cdot \frac{10}{\text{h}} = \frac{\text{mm}}{\text{h}} \cdot \frac{\text{ha}}{360}$$

Los tiempos de concentración vienen a ser casi función directa de los tamaños de las cuencas, cuando las pendientes están alrededor del 5% ROE y AYRES ⁷, dan la siguiente tabla:

Tiempo de concentración según el tamaño de la cuenca para pendientes del 5 % y áreas no mayores de 500 hectáreas.			
Tamaño de la cuenca en ha.	Tiempo mínimo de conc. en min.	Tamaño de la cuenca en ha.	Tiempo mínimo de conc. en min.
8	5	202	41
12	8	243	47
20	12	283	53
40	17	324	60
81	23	364	67
121	29	404	75
162	35		

Para cualquier pendiente, los tiempos de concentración de cuencas no mayores de 500 ha, pueden calcularse por la siguiente fórmula empírica de ROUSE

$$T_c = 0,0256 \cdot K^{0,77}$$

Donde: T_c : Tiempo de concentración de la cuenca.

0,0256: Coeficiente empírico.

0,77: Exponente empírico.

K : Relación longitud a raíz cuadrada de la pendiente unitaria

$$\frac{L}{\sqrt{S}} = \frac{L}{\sqrt{\frac{H}{L}}} = \sqrt{\frac{L^2}{\frac{H}{L}}} = \sqrt{\frac{L^3}{H}}$$

Donde: L : Longitud máxima del recorrido del agua en metros

$$S: \text{Pendiente por metro} = \frac{H}{L}$$

H : Diferencia de nivel entre el punto más remoto y el punto en que descarga la cuenca, en metros.

Como vemos, hay elementos en estas fórmulas, que son empíricos y otros que no pueden calcularse en función de los ya conocidos, el principal de ellos es la intensidad máxima de precipitación en el tiempo de concentración de la cuenca.

Determinar las intensidades máximas de precipitación durante varios tiempos de concentración y su probabilidad de ocurrencia cada "x" número de años en la zona, es la finalidad del presente trabajo.

II. *Material y método*

Mediante los expedientes N° 81.410/67 y N° 81.681/67 del Servicio Meteorológico Nacional, Secretaría de Aeronáutica, se gestionó y obtuvo el siguiente material:

- 1) Registro de 676 lluvias de gran intensidad y corta duración y de moderada intensidad y larga duración, ocurridas en la Estación Meteorológica Mendoza, desde el 29 de enero de 1946 al 30 de diciembre de 1966, expresadas en milímetros cada cinco minutos.
- 2) 1.052 observaciones pluviométricas diarias, desde el 7 de enero de 1946 al 30 de diciembre de 1966, expresadas en milímetros cada 24 horas.
- 3) 120 copias en microfilm, de fajas pluviográficas correspondientes a las precipitaciones intensas de dicho registro según la siguiente definición: Un milímetro en diez minutos como mínimo y que el total de precipitación continua, no sea inferior a tres milímetros en una hora.

Series largas de observaciones pluviográficas sin interrupciones importantes, como las obtenidas, constituyen un buen material para la determinación de las intensidades máximas de precipitación, de su frecuencia y de su intervalo probable de ocurrencia en la zona.

Dado que la finalidad del presente trabajo es determinar para las lluvias intensas registradas en la zona, las intensidades máximas de precipitación para varios tiempos de concentración y su probabilidad de ocurrencia, el método a seguir será aquel que permita determinar cuantitativamente los elementos de esas lluvias que interesan a esta finalidad y que son:

Intensidad.

Duración.

Frecuencia e

Intervalo probable de ocurrencia.

Los dos primeros elementos surgen del estudio individual de cada lluvia, y los dos últimos del estudio estadístico del conjunto anual y pluviarianual de las intensidades máximas de las lluvias en períodos de duración concordantes con los tiempos de concentración de las cuencas que interesan.

A continuación se expone la metodología de cálculo seguida y se precisa el alcance de los términos empleados:

1) *Estudio individual de las lluvias sobre un punto*

Intensidad, es la velocidad con que llueve. Es lámina sobre tiempo (mientras más lámina se acumula en menos tiempo, más intensamente llueve), se expresa en milímetros por minuto y en milímetros por hora.

Duración es el período de tiempo transcurrido entre la iniciación y la terminación de una intensidad que se supone uniforme. Estos períodos pueden ser de igual duración o de duración creciente.

- a) Los períodos de igual duración se usan para evaluar los datos que se pueden extraer de la faja de un pluviógrafo en función de tiempo, tal es el valor de las láminas parciales en milímetros por períodos iguales de 10 minutos. Para los pluviógrafos de faja diaria, como los usados en el Observatorio Meteorológico Nacional de Mendoza, en los que el tiempo está dividido en horas y éstas en períodos de 10 minutos, resulta práctico el tomar esta "duración" para confeccionar el registro de lluvias intensas. Siguiendo este criterio se confeccionó la planilla N° 1, con las lluvias ocurridas en Mendoza desde 1946 a 1966; en cada una de ellas se marcó con paréntesis, el período de máxima intensidad, es decir, el que contiene la máxima lámina parcial de cada lluvia en algún período de 10 minutos.
- b) Los períodos de duración creciente se obtienen sumando al período de máxima intensidad los períodos vecinos de mayor lámina parcial. Su intensidad resulta de la razón entre láminas vecinas acumuladas y tiempos vecinos acumulados, expresada en milímetros por hora. Como estos períodos crecen de 10 en 10 minutos a partir de los 10 minutos de mayor intensidad, pueden definir tiempos de concentración en cuencas, por lo que también se los denomina "períodos definidos de duración creciente".

Sobre la base de lo expuesto se calculó la planilla N° 2, para cada lluvia del registro.

2) *Estudio anual de las intensidades máximas.*

Se confecciona un cuadro comparativo de las intensidades máximas por períodos definidos de duración creciente, tal como lo presentamos en la planilla n° 3 para Mendoza, y por períodos de 10, 20, 30, 60 y 90 minutos. En dicho cuadro se seleccionan las intensidades máximas por períodos definidos, para cada año del registro. De esa manera, se obtiene un dato de intensidad máxima por año y por período definido.

3) *Estudio plurianual de las intensidades máximas.*

Con los datos anuales y por períodos definidos de duración creciente, se procede a realizar un ordenamiento decreciente de intensidades para la serie de años considerada (ver planilla n° 4).

Cuando, como en nuestro caso, los valores de intensidad resultan numerosos y con intervalos de distinto tamaño, se procede a agruparlos en "n" muestras de igual tamaño (intervalos regulares de clase de intensidad).

Se consideró práctico establecer un intervalo de clase de 9,9 unidades de intensidad, lo que permitió obtener como punto medio superior, la mayor intensidad registrada en la zona, 126 mm/h durante 10 minutos.

4) *Frecuencia de intervalos de clase de intensidad.*

Fijado el intervalo de clase y sus puntos medios, se determinan las frecuencias absolutas, acumuladas y relativas a 100. (Ver planilla n° 5).

Consideramos como frecuencia absoluta, las veces que un determinado intervalo de intensidad se repite en el total de años de observación; frecuencia acumulada, las veces que un intervalo de intensidad igual o mayor, se repite en el total de años de observaciones; y frecuencia relativa a 100, las veces que un intervalo de intensidad igual o mayor, se repetiría en 100 años. Teóricamente sería igual a la frecuencia acumulada por 100, dividido por el número de años de observación. Ejemplo: Si en 21 años de observación, una intensidad igual o mayor se ha presentado tres veces, en 100 años se presentará 14,28 veces.

$$\begin{array}{l} 21 \text{ años} \dots\dots\dots 3 \text{ veces (F. acum.)} \\ 100 \text{ años} \dots\dots\dots x = \frac{3 \times 100}{21} = 14,28 \end{array}$$

Llamando "n" al número de años de observación, y "m" a las veces que se produce el fenómeno, tendríamos la fórmula teórica

$$F \% = \frac{m}{n} \times 100$$

En donde F % significa veces en 100 años, o sea 14,28 veces en 100 años.

Estadísticamente se considera que este dato es muy elevado, GUMBEL⁵ propone como denominador n + 1; entonces la fórmula del mismo queda:

$$F \% = \frac{m}{n + 1} \times 100 \text{ y para nuestro ejemplo}$$

$$F \% = \frac{3 \times 100}{22} = 13,6 \text{ veces en 100 años, dato aceptable para el tipo de fenómenos que estamos estudiando.}$$

HAZEN Y FOSTER⁵, proponen como numerador (2m - 1) x 100 y como denominador 2n; entonces la fórmula queda:

$$F \% = \frac{2m - 1}{2n} \times 100 \text{ y para nuestro ejemplo}$$

$$F \% = \frac{(2 \times 3) - 1}{2 \times 21} \times 100 = 11,9 \text{ dato que se considera muy bajo y que en series cortas, introduce una fuerte dispersión de los puntos en los extremos, dificultando y haciendo peligrosa la extrapolación}$$

Nosotros hemos calculado las frecuencias relativas a 100, empleando la fórmula de GUMBEL (ver planilla n° 5).

5) Intervalo probable de ocurrencia de las intensidades máximas

El intervalo probable de ocurrencia o período de retorno es la inversa de la frecuencia y se expresa diciendo "una vez cada tantos años".

$$\text{Si frecuencia es "F", probabilidad de ocurrencia es } \frac{1}{F} = \text{Tr}$$

En nuestro ejemplo si F % = 13,6, el intervalo de ocurrencia será:

$$\text{Tr} = \frac{1}{13,6} = 7,3 \text{ o sea una vez cada 7,3 años.}$$

A los fines prácticos interesan intervalos de ocurrencia de una vez cada un número entero de años. Su obtención se ve facilitada, confeccionando gráficos de Intensidad-Frecuencias relativas a 100-Intervalo probable de ocurrencia.

Usando papel cartesiano con escala decimal, y tomando en el eje de las X los valores de los porcentajes de frecuencias acumuladas relativas a 100 y en el eje de las Y los puntos medios de los intervalos de intensidad, se consigue una curva en la cual los valores extremos (mínimos y máximos) tienden a la vertical impidiendo obtener en las ordenadas, valores con la exactitud necesaria. Lo mismo sucede con papel doble logarítmico, con respecto a la exactitud de los valores, no así con el uso de escala Probabilidad-Logarítmica, representando en el eje de las X (inferior), los valores de frecuencias relativas a 100, y sobre el eje de las Y, los logaritmos de los puntos medios de intensidad.

Con ese tipo de escala se consigue una alineación que representa el fenómeno que se estudia y permite la extrapolación con cierto grado de seguridad.

6) *Confección del gráfico Intensidad-Frecuencia-Duración.*

Llevando a la abscisa inferior las frecuencias relativas a 100, en escala de probabilidades, y sobre la ordenada los puntos medios de intensidades máximas en escala logarítmica, MARCHETTI², se obtuvieron cinco rectas de compensación, una para cada tiempo de concentración. En correspondencia y sobre la abscisa superior se puede leer la inversa de la frecuencia, es decir, los intervalos probables de ocurrencia (Tr) de cada intensidad máxima (ver gráfico n° 1 al 5).

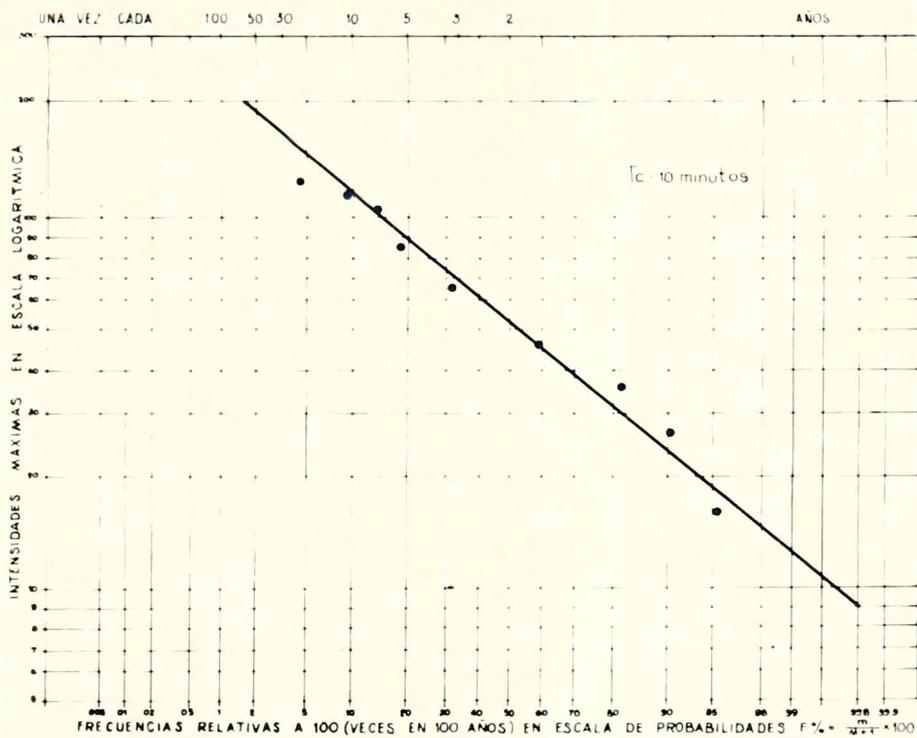


Fig. 1 — Gráfico de intensidad, frecuencia y duración de lluvias al oeste de la ciudad de Mendoza, Para tiempo de concentración de 10 minutos.

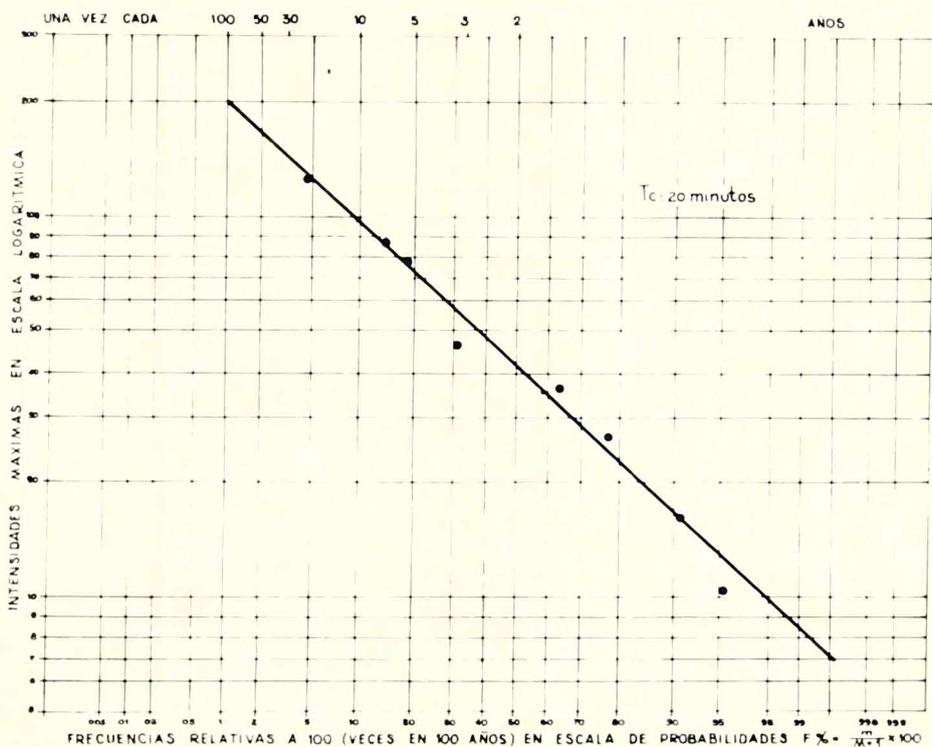


Fig. 2 — Gráfico de intensidad, frecuencia y duración de lluvias al oeste de la ciudad de Mendoza, Para tiempo de concentración de 20 minutos.

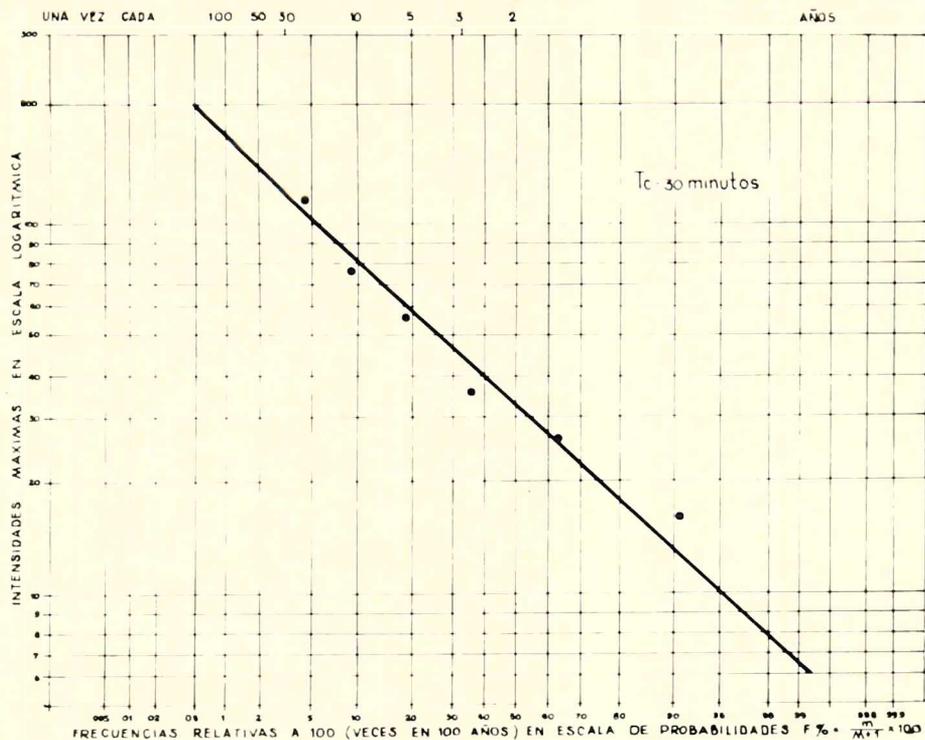


Fig. 3 — Gráfico de intensidad, frecuencia y duración de lluvias al oeste de la ciudad de Mendoza. Para tiempo de concentración de 30 minutos.

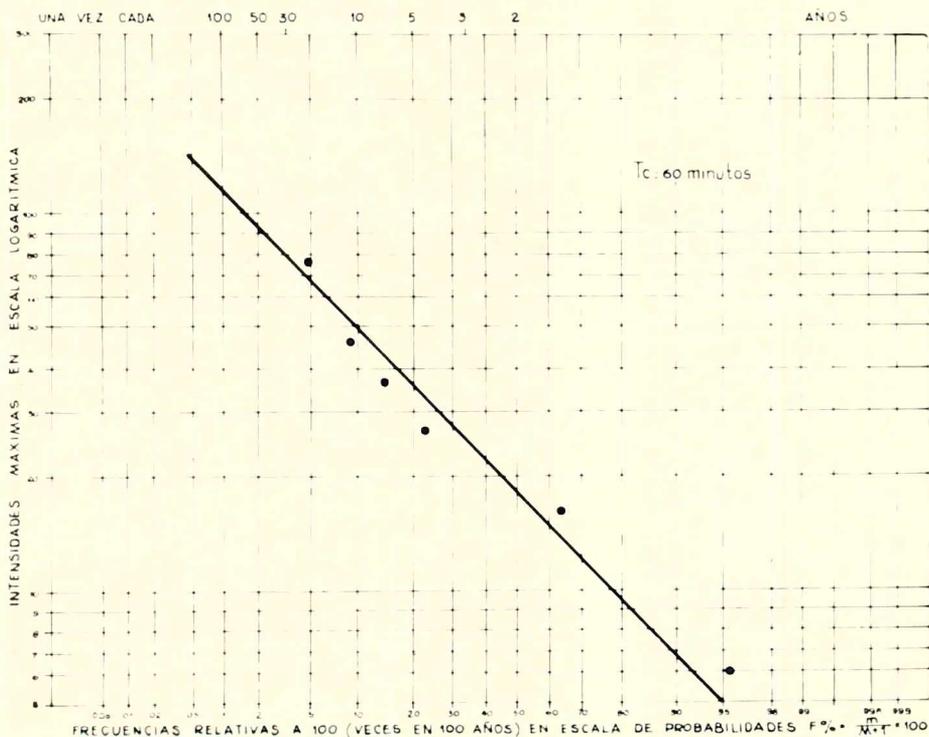


Fig. 4 — Gráfico de intensidad, frecuencia y duración de lluvias al oeste de la ciudad de Mendoza. Para tiempo de concentración de 60 minutos.

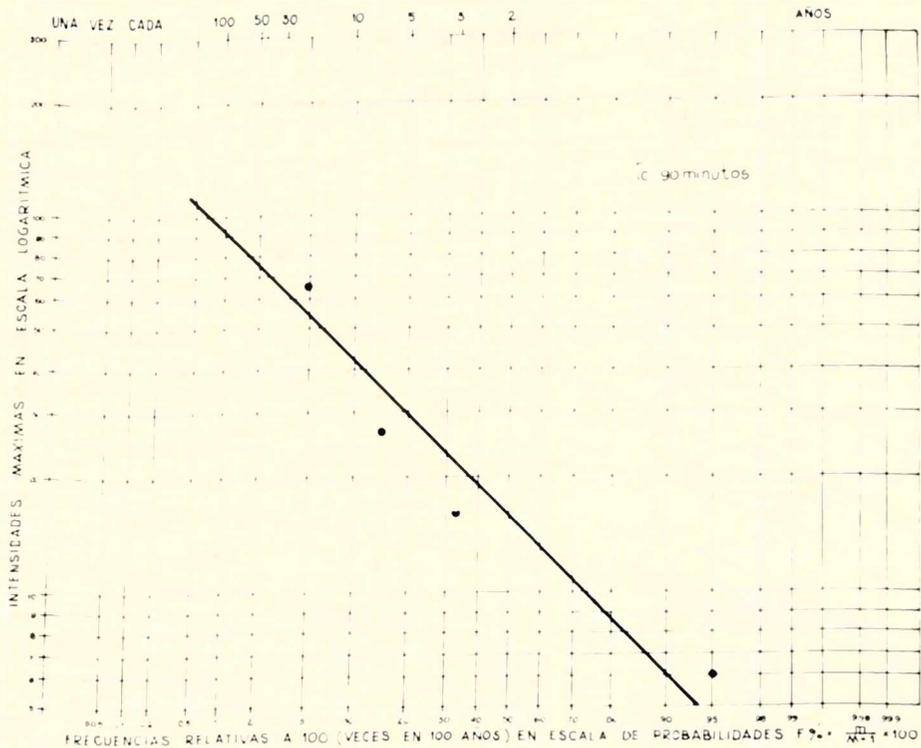


Fig. 5 — Gráfico de intensidad, frecuencia y duración de lluvias al oeste de la ciudad de Mendoza. Para tiempo de concentración de 90 minutos.

III. RESULTADOS.

Con las cinco rectas de compensación confeccionadas una para cada tiempo de concentración, se puede determinar el valor probable de las intensidades máximas de precipitaciones durante 10, 20, 30, 60 y 90 minutos que pueden producirse una vez cada cierto número de años; por ejemplo cada 2, 3, 5, 10, 30, 50 y 100 años. A fin de facilitar la lectura e interpretación del gráfico, se lo desglosó en cinco gráficos parciales, uno para cada tiempo de concentración y de ellos se obtuvo la siguiente tabla de Intensidad-Probabilidad de Ocurrencia-Duración, que se propone tentativamente para el oeste de la ciudad de Mendoza en la zona de influencia del Observatorio Meteorológico Nacional.

Intervalo probable de ocurrencia (1 vez cada)	INTENSIDADES MAXIMAS DE LLUVIA EN mm DURANTE:				
	\bar{h}				
	10 minutos	20 minutos	30 minutos	60 minutos	90 minutos
2 años	52	41	33	18	16
3 "	67	54	45	25	22
5 "	89	72	58	35	30
10 "	115	97	82	49	42
30 "	165	145	120	78	63
50 "	190	165	140	92	75
100 " (Lluvia Cen- tenaria)	220	200	170	113	92

IV. CONCLUSIÓN

La tabla obtenida como resultado del presente trabajo, permite la selección del intervalo probable de ocurrencia de la "tormenta del proyecto", es decir, de la intensidad máxima de lluvia durante el tiempo de concentración de la cuenca que lo amenaza.

Esta selección depende de la importancia de la obra y de la naturaleza del peligro que su falla produciría. Así, si se trata de defender un barrio de viviendas, se empleará un intervalo probable de ocurrencia de una vez cada 100 años, que da para igual cuenca, mayor valor de intensidad de lluvia, por lo que la obra tendrá que ser más importante.

Si se trata de defender un monte frutal, se empleará un intervalo probable de ocurrencia de una vez cada 30 años, lo que se traduce en una obra menos importante.

Si se quieren defender terrenos sistematizados para cultivos anuales se pueden emplear intervalos de ocurrencia de una vez cada 5, 3 ó 2 años, según la importancia de la sistematización a defender.

Ejemplo de aplicación: supongamos tener que defender en la zona, un monte frutal, de la influencia de una cuenca de 20 ha con una pendiente de 5 %, una longitud máxima de 600 metros y un desnivel de 30 metros.

El primer cálculo a realizar es el del tiempo de concentración de la cuenca; para ello usamos la fórmula empírica de ROUSE mencionada anteriormente, o la tabla dada por ROE y AYRES.

De esta última (ver pág. ...), obtenemos para una cuenca de 20 ha, con una pendiente de 5%, un tiempo mínimo de concentración de 12 minutos.

Usando la fórmula empírica de ROUSE, tenemos:

$$T_c = 0,0256 \times K^{0,77} \text{ y adoptando para } K \text{ el valor:}$$

$$K = \sqrt{\frac{L^3}{H}} = \sqrt{\frac{(600)^3}{30}} = \sqrt{7.200.000} = 2.700$$

$$T_c = 0,0256 \times 2.700^{0,77}$$

Aplicando logaritmos:

$$\begin{aligned} \log T_c &= \log 0,0256 + 0,77 \times \log 2.700 \\ &= \bar{2},40824 + 0,77 \times \log 3,43136 \\ &= \bar{2},40824 + 2,64215 = - 1,05039 \end{aligned}$$

Luego:

$T_c = 11,23$ minutos, valor sensiblemente aproximado al que da la tabla de ROE y AYRES.

Como en nuestra tabla de INTENSIDAD - PROBABILIDAD DE OCURRENCIA - DURACIÓN, no tenemos valores para 12 minutos, tomamos el valor inferior más próximo, en este caso 10 minutos, y vemos que para un intervalo probable de ocurrencia de una vez cada 30 años, la intensidad máxima de lluvia puede ser de 165 mm/h durante 10 minutos.

Aplicando la fórmula de RAMSER⁶, y dando como margen de seguridad, un coeficiente de escorrentía igual a uno, obtenemos:

$$Q = \frac{1 \times 165 \text{ mm/h} \times 20 \text{ ha}}{360} = 9,1 \text{ m}^3/\text{s}$$

Con este dato, dimensionamos el canal que ha de evacuar el caudal máximo de escorrentía de la cuenca estudiada.

Mendoza, marzo de 1969

V. RESUMEN.

Las precipitaciones pluviales de gran intensidad al caer en cuencas de fuerte pendiente y escasa vegetación, como son las ubicadas al oeste de la ciudad de Mendoza, producen picos de crecida de alta peligrosidad.

En la fórmula racional de Ramsey, para predecir el caudal máximo de escurrimiento de una cuenta pequeña, la variable menos determinada para dicha zona, es la intensidad máxima de precipitación, en los tiempos de concentración de las diferentes cuencas locales.

El objetivo del trabajo fue determinar las intensidades máximas de precipitación pluvial en mm/h, durante varios tiempos de concentración de cuencas de la zona, y las probabilidades de que tales fenómenos se repitan una vez cada cierto número de años.

Con tal finalidad se estudian 676 precipitaciones intensas ocurridas en Mendoza en un período de 21 años (1946 a 1966), sobre la base de los registros pluviográficos del Observatorio Meteorológico Nacional.

De ese total de lluvias intensas según el Servicio, se seleccionan 120 que cumplen con la siguiente definición regional de lluvias intensas: Un milímetro en diez minutos como mínimo y que el total de precipitación continua, sea superior a tres milímetros en una hora.

Se encara el estudio individual y de conjunto de las 120 lluvias seleccionadas.

Mediante el análisis individual se obtuvieron datos numéricos sobre cantidad, intensidad y duración que se exponen en tres planillas.

Mediante el análisis de conjunto de la serie de 21 años, se establece un ordenamiento decreciente de intensidades máximas y se calculan sus frecuencias absolutas, acumuladas y relativas a 100 por la fórmula de Gumbel. Se exponen estos datos numéricos en dos planillas más.

Los resultados se representan en un gráfico: Probabilidad por 100, contra intensidades máximas, en el cual se ha trazado una recta de compensación para cada uno de los cinco siguientes tiempos de concentración en cuencas regionales: 10, 20, 30, 60 y 90 minutos.

Con estas rectas se puede determinar el valor probable de las intensidades máximas de precipitación durante 10, 20, 30, 60 y 90 minutos que pueden producirse una vez cada 2, 3, 5, 10, 30, 50 y 100 años.

A fin de facilitar la lectura e interpretación del gráfico se presenta una tabla de INTENSIDAD-PROBABILIDAD DE OCURRENCIA-DURACIÓN, que se propone tentativamente para el oeste de la ciudad de Mendoza. Dicha tabla permite la selección del intervalo probable de ocurrencia de la tormenta del proyecto de obras de defensas de cultivos, caminos y viviendas, amenazadas por cuencas menores de 500 hectáreas.

VI. BIBLIOGRAFÍA.

- 1) MARCHETTI, A., *Frecuencia de las lluvias intensas de corta duración en la ciudad de Buenos Aires*, Revista "Meteoros" del Servicio Meteorológico Nacional, año II, enero-junio 1952, números 1 y 2.
- 2) MARCHETTI, A., *Probabilidad de las lluvias intensas en la ciudad de Buenos Aires*, Revista "Meteoros" del Servicio Meteorológico Nacional, año III, abril-setiembre 1953, números 2 y 3.
- 3) BLAIR, E., *Manual de Riegos y Avenamientos*, Lima, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A., 1959.
- 4) OCHOA PILÉ, J., *Ejercicios de Estadística Hidrológica*, del C.I.D.L.A.T., Mérida, Editorial de la Universidad de Los Andes, 1966.
- 5) *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología de la República del Ecuador, Introducción a la Hidrología de Aguas Superficiales*, Quito, 1965.
- 6) RAMSER, C.; NORTON, R. y ELLISON, W., *The rational method of estimating Run-off from Small Agricultural Areas*, en "Agr. Eng.", Vol. 11, nº 11, U.S.A. 1929.
- 7) ROE y AYRES, *Drenaje agrícola para ingenieros*, Barcelona, Omega, 1960.
- 8) ROUSE, H., *Engineering Hydraulics*, New York, John Wiley and Sons Inc., 1950.

VII. AGRADECIMIENTO.

Se agradece al señor Brigadier (R.) Benigno Héctor Andrada, Director General del Servicio Meteorológico Nacional y a los señores Comandantes Elvio Alfredo Ferrari y Adolfo Gnus, Directores del Servicio Público, quienes facilitaron a la Facultad de Ciencias Agrarias, para la Cátedra de Hidrología Agrícola, el material estadístico pluviográfico que se utilizó en el presente trabajo.

REGISTRO DE LLUVIAS INTENSAS OCURRIDAS EN MENENDOZA DESDE 1946 a 1966
(Pluviógrafo Parque General San Martín)

Fecha	Duración de a		Lámina total (mm)	Láminas parciales en (mm) por períodos iguales de 10 minutos													
				10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120		
6-11-50	13:30	15:25	3,7	1,3	—	0,5	(1,8)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
27-12-51	15:28	15:48	13,2	(11,6)	1,4	—	—	—	0,1	0,1	—	—	—	—	—	—	—
20- 2-52	20:50	23:25	7,2	(3,2)	2,8	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	—	—	—	0,1	—	—	0,1
5-10-52	9:45	10:43	18,7	4,0	(8,8)	1,7	1,9	0,2	0,3	—	—	—	—	—	—	—	—
29-11-52	0:00	0:30	8,1	3,5	(4,5)	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3-12-52	4:32	4:52	16,1	(10,4)	5,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8-12-52	1:11	2:17	18,9	2,7	1,1	6,2	(7,6)	0,6	0,7	—	—	—	—	—	—	—	—
10-12-52	5:50	6:11	6,9	(6,0)	0,9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15- 6-53	2:45	3:15	5,0	0,2	0,1	(4,7)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
25-10-53	14:40	—	18,7	1,0	(3,0)	0,7	0,6	0,6	0,4	0,4	0,9	0,5	0,3	0,2	0,9	—	—
26-11-53	22:30	22:55	3,7	1,3	(1,9)	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12-12-53	11:50	14:00	12,9	1,0	2,0	(4,0)	3,3	0,2	—	0,1	—	0,2	1,8	0,1	—	—	—
12/13-12-53	19:40	20:00	10,4	(10,0)	0,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3- 3-54	10:00	13:00	23,7	1,1	2,9	1,0	1,2	—	—	0,4	1,3	1,2	4,1	(6,2)	4,0	—	—
4- 3-54	7:10	11:55	21,4	0,8	0,4	0,6	0,4	0,2	0,8	1,2	1,0	2,0	1,5	1,3	(2,2)	—	—

Continúa . . .

REGISTRO DE LLUVIAS INTENSAS OCURRIDAS EN MENDOZA DESDE 1946 a 1966
(Pluviógrafo Parque General San Martín)

Fecha	Duración de a	Lámina total (mm)	Láminas parciales en (mm) por períodos iguales de 10 minutos														
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120			
29- 1-46	19:50	6,5	(2,2)	2,0	1,9	0,3	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5- 3-46	18:30	46,5	9,8	(18,7)	10,5	4,0	2,9	0,2	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—
9- 3-46	4:50	31,5	1,9	1,5	1,5	2,1	5,7	(7,6)	5,3	2,5	0,4	—	—	—	—	—	—
4/5-12-46	19:40	17,9	(4,5)	2,3	1,6	1,9	0,9	0,7	0,6	0,6	0,5	—	—	—	—	—	—
3- 2-47	20:45	3,9	1,0	(2,0)	0,1	—	—	0,8	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4- 2-47	0:50	5,5	(2,0)	1,4	1,2	0,2	—	—	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—
15- 3-47	17:05	4,5	1,5	0,1	(1,5)	1,0	0,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16- 3-47	0:15	4,7	0,3	1,0	0,7	0,2	0,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
23/24- 3-48	21:30	12,1	2,6	—	—	—	0,4	0,6	1,4	0,2	0,8	—	—	—	—	—	—
15-11-48	22:05	13,7	6,4	(6,5)	0,4	0,3	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12- 1-49	14:10	34,7	10,7	(14,7)	2,5	1,7	2,3	0,4	0,3	1,3	0,7	0,1	—	—	—	—	—
12/13- 1-49	23:15	14,7	(4,0)	3,2	2,3	0,8	0,4	1,0	1,1	0,5	0,4	0,5	—	—	—	—	—
25/26- 2-50	23:30	3,6	(2,3)	0,2	0,1	0,4	0,4	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13- 3-50	3:20	5,8	(5,3)	0,2	0,1	0,1	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Continúa...

REGISTRO DE LLUVIAS INTENSAS OCURRIDAS EN MENDOZA DESDE 1946 a 1966

(Pluviógrafo Parque General San Martín)

Fecha	Duración de a		Lámina total (mm)	Láminas parciales en (mm) por períodos iguales de 10 minutos											
				10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
10/11-11-55	23:40	1:00	10,4	1,6	2,4	(2,4)	0,8	0,9	0,4	1,0	0,9	—	—	—	—
15-11-55	15:10	13:20	6,3	(3,5)	2,5	0,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19/20-11-55	22:25	0:05	6,1	(3,8)	0,2	—	0,1	—	—	0,6	0,4	0,3	0,7	—	—
27/28- 1-56	21:35	0:35	8,2	(4,0)	1,8	0,1	—	—	0,1	—	0,1	0,2	0,6	0,7	0,6
12- 2-56	23:40	24:00	3,8	(3,1)	0,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7/8-10-56	19:05	3:20	40,0	(17,9)	11,9	0,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
16-10-56	16:15	18:15	9,2	(2,0)	0,9	0,4	1,1	0,8	0,1	0,2	0,4	0,2	0,4	0,7	2,0
24-10-56	20:25	23:25	16,2	1,0	1,7	0,8	0,8	0,6	0,6	0,5	1,2	1,8	0,7	1,3	(2,0)
13-11-56	13:50	15:00	13,3	(10,4)	1,6	0,7	0,5	—	0,1	—	—	—	—	—	—
21/22-11-56	23:05	8:05	6,7	(2,5)	1,4	0,4	0,1	2,0	0,1	—	—	—	—	—	0,2
23-12-56	0:50	1:30	7,2	1,5	(4,6)	0,7	0,4	—	—	—	—	—	—	—	—
31-12-56	21:00	22:30	3,7	0,2	0,1	(2,3)	—	1,0	—	—	—	—	0,1	—	—
5- 1-57	17:20	18:50	5,0	(1,4)	1,0	1,0	0,6	0,4	0,4	0,1	—	0,1	—	—	—
5/6- 1-57	23:00	0:10	5,8	0,7	—	(3,3)	1,7	—	—	0,1	—	—	—	—	—
7- 3-57	21:05	21:35	3,6	(2,0)	0,4	1,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Continúa...

REGISTRO DE LLUVIAS INTENSAS OCURRIDAS EN MIENDOZA DESDE 1945 a 1966

(Pluviógrafo Parque General San Martín)

Fecha	Duración de a	Lámina total (mm)	Láminas parciales en (mm) por períodos iguales de 10 minutos														
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120			
6- 3-54	19:25	4,8	(4,2)	0,4	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
26- 4-54	12:20	15,30	1,3	2,2	1,0	1,9	1,7	1,3	1,0	(4,0)	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,9	0,9
2- 8-54	0:30	6,5	0,5	0,5	1,0	(1,2)	0,9	0,6	0,4	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	—	—	—
17/18-11-54	22:55	6,1	(4,1)	1,8	—	—	—	—	—	0,1	0,1	—	—	—	—	—	—
13- 1-55	18:15	11,9	3,0	(7,2)	1,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
13- 1-55	21:40	17,0	0,7	0,6	0,4	(6,8)	3,6	1,4	2,4	0,8	0,3	—	—	—	—	—	—
9- 2-55	1:00	14,0	0,6	0,4	1,6	(1,6)	0,8	0,8	0,6	0,8	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
10- 2-55	1:30	3,0	(2,6)	0,3	—	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
22- 2-55	23:50	4,9	0,9	(1,0)	0,7	0,9	0,7	0,5	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—
24- 2-55	4:15	4,4	0,8	0,1	(1,4)	0,8	0,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6/7-10-55	18:10	25,5	0,6	0,3	0,3	1,2	(4,3)	1,2	0,7	0,1	—	—	—	—	—	—	—
10-10-55	15:30	8,3	(6,1)	0,3	0,8	1,0	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19-10-55	15:35	3,3	(3,3)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
21/22-10-55	22:30	7,2	1,0	0,4	1,3	0,9	(1,1)	0,8	0,5	0,5	0,4	0,6	0,6	0,3	0,3	0,3	0,3
10-11-55	21:40	29,2	0,4	1,9	4,5	3,2	(7,0)	2,9	2,1	0,6	0,3	0,7	0,7	1,3	0,7	2,7	2,7

Continúa...

REGISTRO DE LLUVIAS INTENSAS OCURRIDAS EN MENDOZA DESDE 1945 a 1966

(Pluviógrafo Parque General San Martín)

Fecha	Duración de a	Lámina total (mm)	Láminas parciales en (mm) por periodos iguales de 10 minutos												
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	
5- 1-59	11:25	7,4	1,1	0,3	0,8	0,7	(1,2)	0,6	0,2	—	—	0,1	0,3	0,4	0,4
15- 1-59	13:00	4,4	(3,8)	0,2	0,3	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
23- 1-59	19:25	3,0	2,2	0,3	0,1	—	—	0,4	—	—	—	—	—	—	—
2- 3-59	12:15	5,6	(5,5)	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15- 3-59	20:00	7,0	1,0	0,4	0,2	0,1	—	1,3	(2,5)	0,2	—	0,3	0,5	—	0,1
11- 11-59	0:55	4,5	1,1	(3,0)	0,3	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
20- 11-59	21:00	5,2	0,7	0,9	1,2	(2,2)	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4- 12-59	15:00	8,3	(7,0)	1,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
6- 12-59	16:10	14,2	(4,0)	3,0	3,0	1,9	—	0,3	0,2	0,3	0,8	0,1	—	—	—
19- 12-59	3:15	7,0	(5,0)	—	—	0,3	—	3,1	2,7	0,3	—	—	—	—	—
31- 12-59	0:40	96,6	10,0	6,0	9,0	16,0	—	(2,1)	20,0	8,0	2,0	1,9	1,9	0,4	0,1
2/3- 1-60	21:00	9,5	(5,0)	0,4	0,1	—	—	0,6	1,2	0,4	0,3	0,2	—	0,1	0,3
10- 1-60	22:10	4,0	(3,2)	0,5	0,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
27- 1-60	10:45	17,7	3,0	2,7	(8,3)	2,6	—	0,8	—	0,1	—	—	—	—	—
27- 1-60	15:00	7,3	0,8	0,5	0,5	1,0	—	0,7	(2,4)	1,1	—	—	—	—	—

Continúa . . .

PRECUENCIAS DE INTENSIDADES (PARA: = 21 LLUVIAS MAXIMIAS)
MENDOZA

Intensidades	Periodos Definidos de Duración Creciente															
	Punto Medio	10 minutos			20 minutos			30 minutos			60 minutos			90 minutos		
		Frecuen. Absoluta	Acumulado	Relativas	Absolutas	Acumulado	Relativas									
121-130,9	125	1	1	4,5	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
111-120,9	116	1	2	9,1	—	1	1	4,5	—	—	—	—	—	—	—	—
101-110,9	103	1	3	13,6	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
91-100,9	96	—	3	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—
81-90,9	86	1	4	18,2	2	3	13,6	1	1	—	—	—	—	—	—	—
71-80,9	76	—	4	—	1	4	18,2	1	2	9,1	1	1	4,5	—	—	—
61-70,9	66	3	7	31,8	—	4	—	—	2	—	—	—	—	1	1	4,5
51-60,9	56	3	10	45,4	—	4	—	—	2	4	18,2	—	—	—	—	—
41-50,9	46	3	13	59,1	3	7	31,8	—	4	—	—	1	—	—	—	—
31-40,9	36	5	18	81,8	7	14	43,6	4	8	36,4	1	1	13,6	—	—	—
21-30,9	26	2	20	90,9	3	17	77,3	6	14	63,6	2	5	22,7	3	14,3	—
11-20,9	16	1	21	95,5	4	21	95,5	6	20	90,9	9	14	63,6	7	33,3	—
1-10,9	6	—	21	—	—	—	—	1	21	95,5	7	21	95,5	20	95,2	—

REGISTRO DE LLUVIAS INTENSAS OCURRIDAS EN MENDOZA DESDE 1945 a 1966

(Pluviógrafo Parque General San Martín)

Fecha	Duración de a		Lámina total (mm)	Láminas parciales en (mm) por períodos iguales de 10 minutos													
				10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120		
3- 2-60	21:10	22:10	3,8	0,6	0,6	0,1	(1,2)	1,0	0,3	—	—	—	—	—	—	—	—
29-10-60	20:00	22:00	6,7	1,0	0,2	0,6	0,6	0,3	0,6	0,9	(1,1)	0,2	0,4	0,3	0,5	—	—
11-11-60	21:40	22:05	6,8	1,3	(1,7)	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2-11-60	14:50	15:40	3,0	1,0	(1,2)	0,1	0,1	0,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9- 2-61	16:55	18:40	13,4	0,6	1,4	(2,6)	1,9	1,6	1,2	1,7	0,9	0,6	0,7	0,2	—	—	—
4- 2-61	19:50	21:50	7,9	0,7	0,8	0,8	(1,0)	0,5	0,6	0,7	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	—	—
12- 3-61	1:25	2:40	2,4	(5,4)	0,2	0,7	0,5	0,1	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—
17/18- 4-61	20:25	0:25	7,7	(5,9)	2,2	0,2	0,1	—	—	—	—	0,1	0,2	0,1	—	—	0,1
20-10-61	1:35	6:35	14,2	(2,0)	2,0	2,0	1,4	0,8	0,2	0,3	0,2	0,1	—	—	—	—	—
30-11-61	12:25	14:00	5,4	0,4	—	0,1	—	1,5	(2,3)	0,7	0,3	0,1	—	—	—	—	—
29- 1-62	17:40	18:15	5,7	2,0	(2,1)	0,5	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7/8- 3-62	21:25	0:25	8,1	(4,0)	1,2	0,4	—	0,1	—	0,1	0,4	0,3	0,6	0,1	—	—	—
7- 9-63	15:00	17:25	9,9	1,8	(2,8)	1,5	0,7	0,5	0,5	0,4	0,2	0,6	0,1	0,2	0,1	—	—
18-11-63	17:55	21:55	8,7	1,0	0,8	(1,3)	—	0,1	—	—	—	—	—	0,4	0,1	—	—
25-12-63	17:40	18:15	18,9	4,3	7,0	(7,0)	0,5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Continúa...

Planilla N° 2

INTENSIDAD EN mm/h.
PARA PERIODOS DEFINIDOS DE DURACION CRECIENTE

Periodos Definidos de Duración Creciente (Cada uno in- volucra al an- terior)	Fecha del Evento			
	31 — XII — 59			
	Lámina Parcial Máxima (x) y Máximas Vecinas	Láminas Acumuladas	Intensidad en mm/min.	Intensidad en mm/h.
10	21 (x)	21	2,1	126
20	20	41	2,05	123
30	16	57	1,9	114
40	9	66	1,65	99
50	8	74	1,48	89
60	6	80	1,33	80
70	10	90	1,29	77
80	2	92	1,15	69
90	1,9	93,9	1,04	62,4

(x) Por razones de espacio, solo se consignan los cálculos para la lluvia del 31 de diciembre de 1959.

Planilla N° 3

CUADRO COMPARATIVO DE INTENSIDADES POR PERIODOS DEFINIDOS DE
DURACION CRECIENTE. (Entre paréntesis, las intensidades máximas de cada año
en mm/h. por período).

Periodos Definidos de Duración Creciente	1959				1961			
	20-11	4-12	6-12	31-12	9-2	14-2	12-3	17-4
10 minutos	13,2	42,0	24,0	(126,0)	15,6	6,0	32,4	(35,4)
20 ..	10,2	24,9	21,0	(123,0)	13,5	5,4	(22,8)	18,3
30 ..	8,6	—	20,0	(114,0)	12,2	5,2	(16,6)	12,6
60 ..	5,2	—	12,4	(80,0)	(10,4)	4,7	9,0	6,4
90 ..	—	—	8,9	(62,4)	(8,4)	4,3	—	4,5

(Por razones de espacio solo se consignan los datos de 2 años)

Planilla N° 4

ORDENAMIENTO DECRECIENTE DE INTENSIDADES MAXIMAS EN 21 AÑOS

N° de Orden	<i>Periodos Definidos de Duración Creciente</i>				
	10 min.	20 min.	30 min.	60 min.	90 min.
1	126,0	123,0	114,0	80,0	62,4
2	112,2	89,4	78,0	46,1	30,9
3	107,4	87,6	60,8	32,3	23,0
4	88,2	76,2	55,8	25,9	17,8
5	69,6	49,8	38,0	21,6	15,3
6	63,0	48,3	36,3	19,4	12,3
7	62,4	42,0	35,6	18,9	11,7
8	60,0	40,2	34,4	18,9	10,8
9	60,0	39,0	29,8	17,4	10,3
10	56,4	38,7	29,4	17,2	8,8
11	49,8	35,7	28,6	14,1	8,4
12	43,2	33,0	28,0	13,7	7,2
13	42,0	31,2	26,6	13,3	6,3
14	39,0	31,2	26,0	13,0	6,3
15	37,8	30,9	18,6	10,5	6,1
16	37,2	22,8	16,6	10,4	6,0
17	35,4	21,3	15,4	8,8	4,6
18	31,8	16,5	14,2	5,8	4,3
19	24,0	15,6	11,2	5,7	3,9
20	21,0	15,0	11,2	5,7	3,3
21	12,0	10,2	9,2	4,8	—

n = 21
n + 1 = 22

REGISTRO DE LLUVIAS INTENSAS OCURRIDAS EN MENDOZA DESDE 1946 a 1966

(Pluviógrafo Parque General San Martín)

Fecha	Duración de a		Lámina total (mm)	Láminas parciales en (mm) por periodos iguales de 10 minutos													
				10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120		
10-3-57	19:55	20:20	7,7	0,8	(6,3)	0,6	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
15-3-57	20:35	21:05	7,3	2,2	(3,8)	1,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4-1-58	12:15	13:15	6,4	(4,8)	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	—	—	—	—	—	—	—	—
14/15-1-58	23:05	0:05	19,4	(9,4)	7,2	2,4	0,3	—	0,1	—	—	—	—	—	—	—	—
20-1-58	17:00	18:35	5,8	(2,9)	1,6	0,1	0,1	0,3	0,2	0,1	0,1	0,3	0,1	—	—	—	—
25-1-58	22:20	23:18	5,1	0,6	0,8	2,0	(2,4)	0,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4-2-58	2:15	4:15	3,4	(1,6)	0,5	0,1	0,6	0,2	0,1	—	0,1	—	—	—	—	—	0,1
6-2-58	9:05	10:25	16,2	0,2	0,1	0,1	1,2	3,0	(7,3)	4,0	0,3	—	—	—	—	—	—
10/11-3-58	21:15	3:15	11,4	0,4	0,6	0,5	0,8	1,0	1,7	2,0	(2,2)	0,5	0,5	0,2	0,1	—	—
11-3-58	3:30	6:30	6,5	0,3	0,5	(2,3)	0,7	0,6	0,2	0,2	0,2	0,2	—	—	—	—	—
22-12-58	16:50	20:50	9,8	(2,1)	1,2	0,3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,2
27-12-58	21:35	23:35	8,1	2,0	1,4	0,1	—	—	0,2	1,3	2,0	1,0	—	—	—	—	—
29-12-58	6:45	8:15	8,2	(3,0)	2,0	1,4	1,0	0,4	0,2	—	0,1	0,1	—	—	—	—	—
2-1-59	21:05	23:05	17,1	(9,3)	1,2	0,2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4/5-1-59	23:25	1:25	8,6	1,1	(2,5)	1,5	1,0	1,2	0,8	0,2	—	—	—	—	—	—	—

Continúa...

ANTONIO A. LÓPEZ GUIÑAZÚ

TENDENCIAS DEMOGRAFICAS ACTUALES LA NATALIDAD

INTRODUCCIÓN

Es muy común leer y oír sobre la explosión demográfica y el peligro que un crecimiento desmedido de la población podría acarrear al mundo. La preocupación ha llegado al punto de haberse condicionado la ayuda económica a muchos países en vías de desarrollo a la puesta en marcha de programas de control de natalidad. El presente artículo analizará una probable tendencia, que podría considerarse actualmente (1970) como mundial, de declinación tanto de la tasa de natalidad, como del número absoluto de nacimientos. Las fuentes del trabajo han sido los Anuarios Demográficos de las Naciones Unidas de los años 1954, 1957, 1959, 1961, 1967 y 1968 y datos del United Nations Monthly Bulletin of Statistics (enero de 1970).

TENDENCIAS EN LAS TASAS DE NATALIDAD

La tasa de natalidad es la resultante de dividir el número de nacimientos del año en consideración, por la población total estimada a mediados del año (al 30 de junio) y el resultado multiplicado por mil.

$$\text{Tasa bruta anual de natalidad} = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de nacidos vivos}}{\text{Población del área en consideración al 30 de junio.}} \times 1.000$$

Uno de los defectos de este índice es que generalmente el divisor tiene que ser estimado, entrando a jugar un factor de error que puede originar datos no reales. Ahora bien, al estudiar tendencias, suponiendo más o menos constante el factor de error, los datos obtenidos pueden considerarse de mayor validez.

Como con muchos índices biológicos, es normal la existencia de fluctuaciones en la tasa de natalidad de un año al otro. Una disminución en uno o dos años puede verse compensada con un aumento en los años siguientes.

Después de terminada la Segunda Guerra Mundial, se produce en muchos países un aumento de la tasa de natalidad y del número absoluto de nacimientos. Las mejoras de orden médico y sanitario repercuten en una disminución de la mortalidad infantil y de la mortalidad total. Esto, además del incremento en nacimientos, da por resultado en muchas áreas y países del mundo, un crecimiento vegetativo de un ritmo desconocido, que dio lugar al nacimiento de la expresión: "explosión demográfica". Haciendo causa común con los especialistas en planificación, ciertos planificadores de desarrollo advierten del efecto adverso que tiene, para muchos países "subdesarrollados", un crecimiento de población que llega a anular cualquier posibilidad de mejoramiento económico.

Si bien algunos países alcanzan la tasa de natalidad más elevada luego de la Segunda Guerra Mundial, esta comienza a decrecer desde entonces en algunos de ellos. Por existir fluctuaciones normales en las tasas, aparentemente estas disminuciones no llamaron y no siguen llamando la atención a la mayoría de los expertos en asuntos de población, preocupados por las consecuencias de la llamada "explosión demográfica". Pero si bien la declinación de la tasa en Malta y Suecia en 1945, y en Gibraltar, Dinamarca, Suiza y Tonga en 1946, pueden considerarse dentro de los márgenes normales de fluctuación, éstas se mantienen en 1947 y se agregaban Canadá, Bulgaria, Holanda, Noruega y Grecia. En 1950 el grupo ha crecido abarcando 35 naciones o territorios; en 1955 el número ha aumentado a 52. En 1960 son 73, que suben a 107 en 1965 y a 120 en 1968.

Sería muy interesante poder ver qué factores influyen en esta tendencia, pero aparentemente las comunicaciones facilitadas por una proximidad geográfica o cultural, parecen tener gran importancia. Como índice de esto, en el caso de los países escandinavos, la declinación se inicia en Suecia en 1945, siguiendo después Dinamarca (1946), Noruega (1947) y Finlandia (1948). En el mismo año declinan Bélgica y Holanda (1946); la Gran Bretaña, Irlanda y las Islas Anglo-Normandas (1948); Estados Unidos y Puerto Rico (1948); Portugal y España (1949); Samoa Occidental y Samoa Americana (1952); Austria, la República Federal de Alemania y Berlín Occidental (1964); Sabah y Sarawak (1967). En años contiguos: Malta (1945) y Gibraltar (1946); Canadá (1947) y los EE. UU. (1948); Grecia (1947) y Chipre (1948).

De los 120 países o territorios mencionados, 63 de ellos habían disminuido por lo menos un 20% la tasa de natalidad entre el año en que

llegan a la tasa máxima y el último año para el cual se tienen registros (1964 a 1968). Entre ellos seis lugares con una disminución superior al 50%: Islas Christmas (62,3%) Guam (60,0%), Malta (59,3%), Macao (55,9%), Tonga (51,3%) e Islas Riu Kiu (50,4%). Entre un 40,0 y un 49,9% de disminución estaban nueve lugares: Singapur (49,5%), Polonia (47,4%), Isla Granada (46,3%); Hong Kong (45,1%); St. Kitts-Nevis-Anguilla (44,6%); Islas Turks y Caicos (45,3%); Japón (43,4%); Finlandia (42,4%); y Puerto Rico (41,2%).

Es de mencionar, que a pesar de ser los países marxistas antimalthusianos y de haber rechazado cualquier intento de instrumentar planes de control de natalidad a través de las Naciones Unidas o la UNESCO, sin embargo figuran entre aquellos que han decrecido más rápidamente en sus tasas de natalidad: Polonia (47,4%); Yugoslavia (37,6%) Checoslovaquia (37,6%); U. R. S. S. (35,0%); Hungría (34,3%); Bulgaria (34,0%) y Albania (20,0%). Rumania es un caso muy especial. En 1966 su tasa de natalidad había llegado a un punto muy bajo (14,3 por mil) y a una reducción del orden del 44% con respecto a 1955. En 1967 las autoridades rumanas inician una campaña de aumento y promoción de la natalidad, con lo cual la tasa sube a 27,1 por mil, bajando en 1968 a 26,3 por mil, estando sobre el valor que había alcanzado en 1955 (25,6). Albania, a pesar de la declinación demostrada en su tasa, era en 1968 la más alta de Europa (35,6), seguida por Rumania (26,3); Yugoslavia (18,9); U. R. S. S. (17,3); Bulgaria (16,9); Polonia (16,3); Checoslovaquia y Hungría (15,1) y Alemania Oriental (14,3), en el bloque de países marxistas europeos.

Donald J. BOCUE ¹ considera que una tasa de 15 por mil nacimientos indicaría un crecimiento de nivel cero en la población. Con esta tasa, y menores, se encontraban, entre 1965-1968, los siguientes lugares: Checoslovaquia (15,1); Hungría (15,1); Bélgica (14,8); Suecia (14,3); Alemania Oriental (14,3); Luxemburgo (14,0); Isla de Man (14,0); Macao (13,9); Islas Christmas (12,3) y Berlín Occidental (10,9).

Por otra parte, Alfred SAUVY ² consideraba que una tasa de 17 a 18 por mil significaba una baja natalidad, apenas suficiente como para renovar las generaciones. Dice, refiriéndose a la población japonesa, lo cual puede ser aplicado a otros países, que: "...la población japonesa es tan joven que tiene una tasa de mortalidad relativamente baja: 8 por 1.000. Una población estática (en el sentido demográfico) con esta baja mor-

¹ BOCUE, DONALD, J., *Principles of Demography*, New York, John Wiley and Sons, 1969, p. 883.

² SAUVY, ALFRED, *Fertility and Survival. Population problems from Malthus to Mao-Tse-Tung*, New York, Criterion Books, 1961, p. 186-187.

talidad alcanzaría un promedio de vida de 125 años. No obstante, el promedio de vida japonés es de sólo 66 años, lo que en una población estática representa una tasa de mortalidad de 16 por 1.000. La diferencia entre la tasa teórica y la actual resulta de la juventud de la población. Pero si la tasa de natalidad continúa bajando o si se mantiene al nivel actual, el ritmo de crecimiento disminuirá a causa del envejecimiento produciéndose por lo tanto, un aumento de la tasa de mortalidad”.

Un total de dieciocho países o territorios había llegado en el período 1965-1968 a valores inferiores a 18 por mil nacimientos: Noruega (17,7); Canadá (17,7); Italia (17,6); Islas Malvinas (17,5); EE. UU. (17,4); U.R.S.S. (17,3); República Federal de Alemania (17,2); Austria, Gran Bretaña y Suiza (17,1); Bulgaria y San Marino (16,9); Francia y Dinamarca (16,8); Malta (16,2); Islas Anglo-Normandas (16,1) y Finlandia (16,0).

TASAS DE NATALIDAD EN EL MUNDO

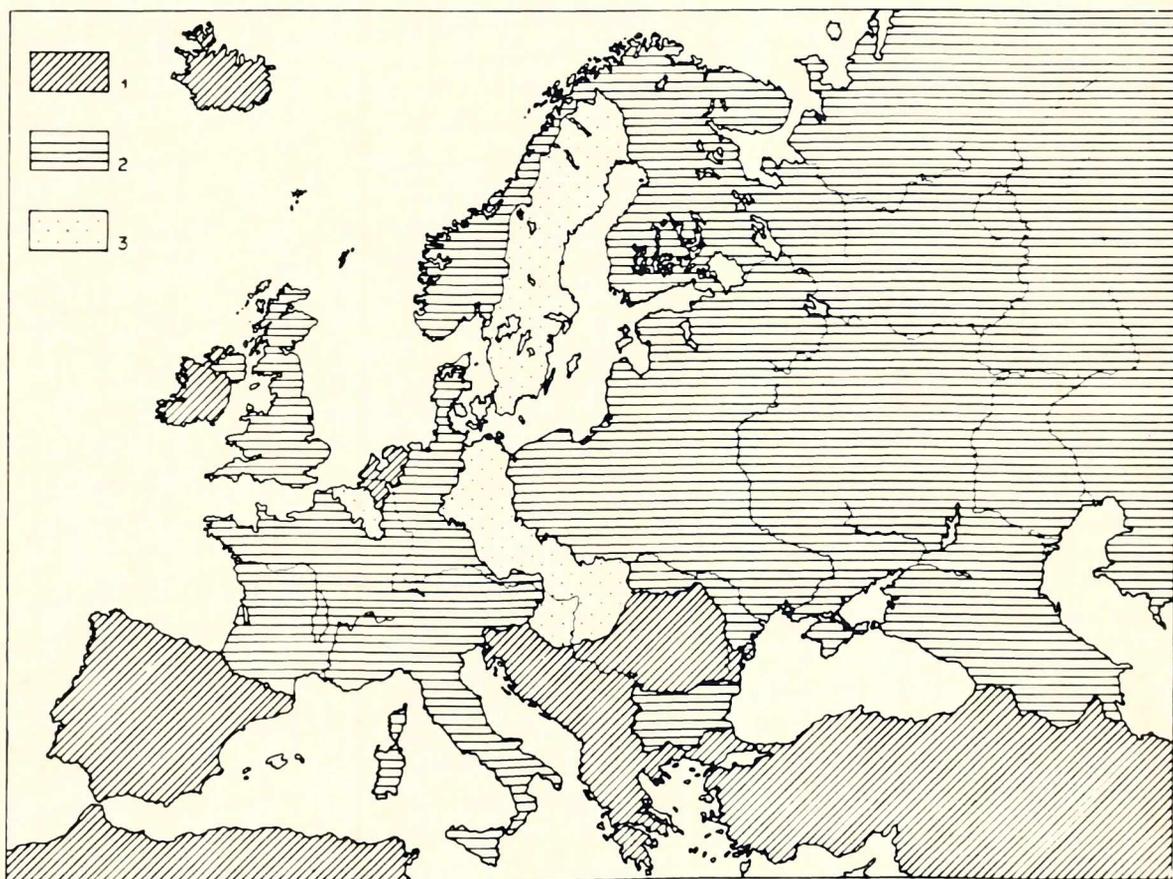
Europa

Para este continente se han obtenido datos sobre 34 países o territorios. El encontrar países con baja tasa de natalidad no ha sido extraño en Europa, pero quizá pocas veces como en la actualidad (datos de alrededores de 1968) ha existido un número tan grande con baja natalidad. Aún más, se vuelve a presentar lo que se creyó era un fenómeno de la década de los años treinta, en la cual la baja natalidad de muchos países parecía que llevaría a un posterior disminución de la población. En este caso estaban en 1968: la Isla de Man y Luxemburgo (14,0); Alemania Oriental y Suecia (14,3); Bélgica (14,8); Checoslovaquia y Hungría (15,1). Es digno de mencionarse que el crecimiento vegetativo de Alemania Oriental fue de cero en 1968. Lugares con más de un 20 por mil de nacimientos (Argentina según datos de las N.U. tenía una tasa de 22,3 por mil en 1967, esto como para poder hacer comparaciones), eran: Portugal y España (20,5); Irlanda (20,9); Gibraltar (21,4); Islandia (22,4); Islas Feroe (25,2); Rumania (26,3) y Albania (35,6). El resto de Europa, incluso la U.R.S.S., con su parte asiática, tenían tasas que variaban entre 16,1 y 18,9 por mil.

El mapa N° 1 presenta la situación en Europa alrededor de los años 1966-1968.³ Según los conceptos de BOGUE y SAUVY, si las tasas alcanzadas continúan con esos valores por un tiempo, se podría producir una

³ Agradezco a la Ing. Agr. Norma Cantatore la confección de los mapas.

declinación de la población total en un grupo de naciones, de mantenerse la natalidad con tasas menores de 16,0 por mil (¿Habría llegado a este caso Alemania Oriental en 1969?). En otro grupo de naciones, que abarca la mayoría del continente europeo, incluso la URSS, se estaría en la posibilidad de llegar a una estabilización de la población (tasas de 16,0 a 17,9 por mil). El resto, aun cuando con tasas superiores, si la tendencia declinante continúa y si la emigración sigue al mismo ritmo, podría llegar a ocupar la categoría de países con población estable, salvo, por ahora, los casos de Albania y Rumania.



Croquis 1

Natalidad. Tasas alcanzadas en Europa. Años 1966-1968.

- 1 — 18.0 ‰ y más.
- 2 — 16.0 a 17.9 ‰.
- 3 — Menos de 16.0 ‰.

América del Norte

Si se considera únicamente a Canadá y a los EE. UU., esta región habría llegado a una tasa que los llevaría a una estabilización en la población, de continuar la misma tendencia. América del Norte, Europa y la URSS podrían considerarse como una misma región desde el punto de vista demográfico. México, aun cuando levemente declinante, seguía manteniendo una alta tasa de natalidad.

Antillas

Esta es una región donde la velocidad de disminución de la tasa de natalidad puede considerarse como rápida o muy rápida.

Salvo Puerto Rico, que inicia su declinación en 1948, en la década del 50 lo hacen doce países y otros doce en la década del 60 hasta 1968.

De veinticinco lugares de los que se tienen datos, trece tenían (alrededor de 1968) tasas menores de 30 por mil: Islas Caimán y Martinica (29,9); Bahamas (29,7); Cuba (29,2); Granada (27,8); St. Kitts-Nevis-Anguilla y las Islas Vírgenes Británicas (26,5); Puerto Rico (25,1); Trinidad y Tobago (24,9); Antillas Holandesas (23,1); Montserrat (22,1); Barbados (21,9); Bermudas (19,7). No hay datos para Haití.

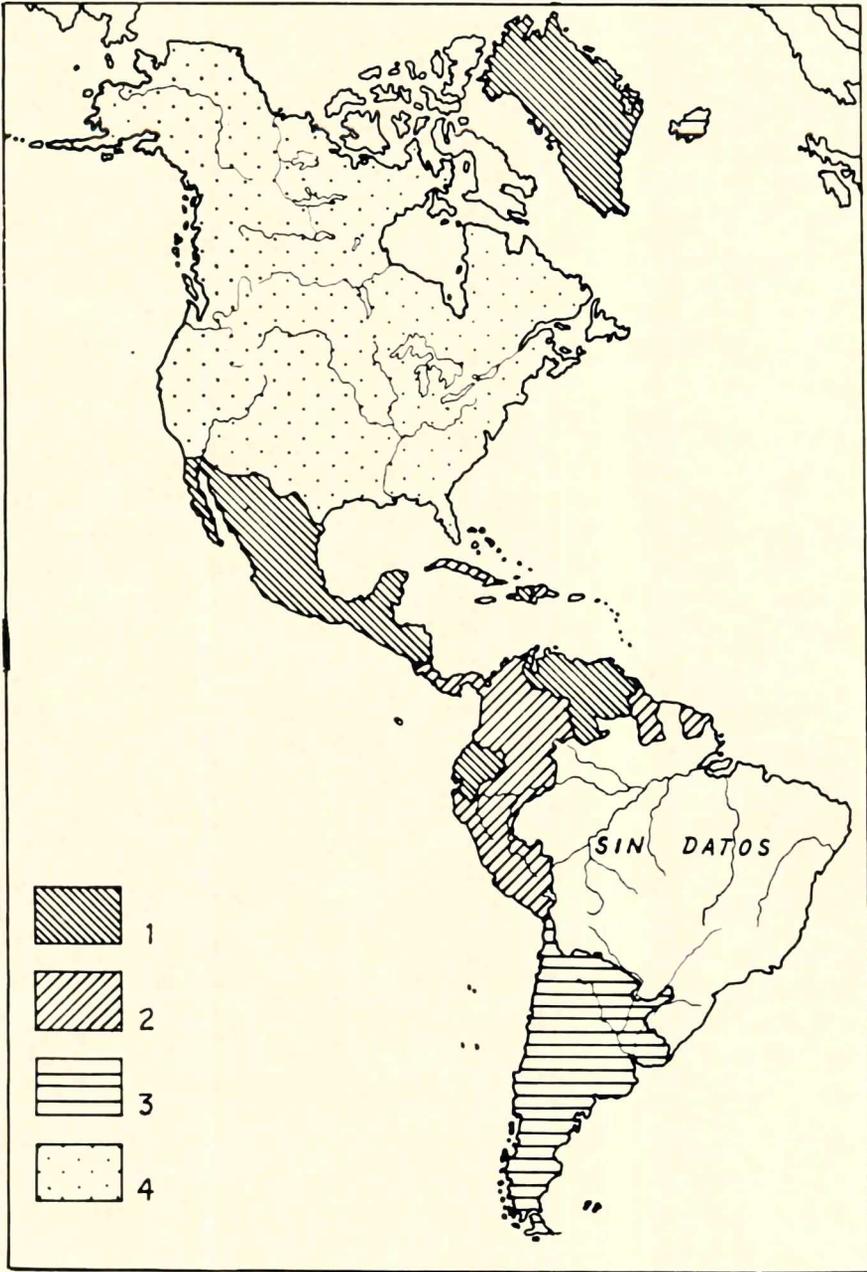
América Central y México

Esta es un área que puede seguir considerándose de alta natalidad. A pesar de ello, se nota declinación en todos los países en porcentajes que van desde un mínimo de 3,1 para Nicaragua, 5,7 % Panamá; 7,3 % Honduras; 9,4 % México; 12,1 % Belice; 12,8 % El Salvador, 15,4 % Guatemala, a un 28,5 % para Costa Rica. Todos los valores de las tasas son superiores a 38,1 por mil, tasa mínima del área, que correspondía a Costa Rica.

América del Sur

Desde el punto de vista demográfico se presentan dos regiones: una formada por las naciones del Cono Sur, con valores menores a 30,0 por mil nacimientos: Chile (28,4); Argentina (22,3); Uruguay (21,4). En las Islas Malvinas se registra (17,5); la otra región está formada por el resto de los países, con tasas superiores a 30,0 por mil: Perú (31,9); Guayana Francesa (33,6); Colombia (34,9); Guayana (35,1); Ecuador (40,4); y Venezuela (43,5). Aquellos lugares con una declinación superior al 20 % eran: Islas Malvinas (29,7); Chile (23,0); Guayana (21,1) y Colombia (20,9).

No se tienen datos suficientes sobre Bolivia, Brasil, Paraguay y Surinam.



Croquis 2

Natalidad. Tasas alcanzadas en América. Años 1966-1968.

- 1 — 40.0 ‰ y más.
- 2 — 30.0 a 39.9 ‰.
- 3 — 18.0 a 29.9 ‰.
- 4 — Menos de 18.0 ‰.

El mapa N^o 2 presenta la situación en las Américas, con datos de 1966-1968. Se han agrupado los países en cuatro categorías: 1^o) Aquellos de altas tasas de natalidad, superiores a 40,0 por mil, que comprenden a casi toda América Central y México (menos Costa Rica y Panamá), Groenlandia, algunas islas del Caribe, Venezuela y Ecuador; 2^o) un grupo con tasas entre 30,0 y 39,9 por mil: Costa Rica y Panamá, Colombia, Perú, Guyana y Guayana Francesa y casi todo el Caribe, incluso Cuba; 3^o) un grupo con tasas menores de 30,0 por mil y superiores a 18 por mil, que incluye a los países del Cono Sur y 4^o) un grupo formado por Canadá y los EE. UU. que estaría llegando a una posible estabilización de su población en la década del 70.

Africa

Salvo la isla de Mauricio, que inicia una tendencia declinante en 1951, los otros once países, territorios o lugares, que manifiestan una tendencia declinante en esta región comienzan a hacerlo en la década del 60. Únicamente la Guinea Ecuatorial con 18,4 por mil nacimientos en 1966 y Zanzíbar con 24,7 en 1967 tenían valores menores al 30 por mil.

Es de mencionar que, entre los lugares con tendencias declinantes, aparecen 4 que pertenecen al mundo musulmán y cuyas tasas de natalidad eran, en el 1967-68, de 24,7 en Zanzíbar; 38,2 en la República Árabe Unida; 40,4 en Túnez; y 42,7 en Argelia.

Oceanía

Aun cuando hay poca información sobre el área, las dos naciones más pobladas habían llegado a tener una tasa de natalidad inferior al 23 por mil: Nueva Zelanda (22,6) y Australia (20,0). La disminución en ambos era lenta, aunque continua.

Asia

Este continente, considerado como de alta natalidad, también presenta casos de declinación bastante rápida en sus tasas. Once lugares presentaban tasas de declinación superiores al 30 %: Macao (55,8); Islas Riu Kiu (50,4); Singapur (49,5); Hong-Kong (45,1); Japón (42,4); China (Taiwan) (37,1); Líbano (35,9); Jordania (33,8); Filipinas (32,9) y Brunei (31,9).

La tasa de natalidad fue de 18,6 por mil en Japón en 1965 y llegó a bajar a 13,7 por mil en 1966, una de las más bajas registradas en el mundo, para subir a 19,4 por mil en 1967. La gran declinación en 1966 se

debió a una antigua tradición japonesa. Esta incluía que las niñas nacidas ese año serían desgraciadas en el matrimonio, dado lo cual muchos padres decidieron posponer el nacimiento de sus hijos. Lamentablemente no se cuenta con datos fidedignos de India, Indonesia, la República Popular China y Pakistán.

Si lugares como Taiwan, Hong-Kong, Macao y Singapur, con alto porcentaje de población china, han declinado sus tasas en porcentajes superiores al 35 % y si Birmania y Mongolia también lo han hecho (14 y 8 % respectivamente), podría inferirse que algún cambio está también sucediendo en la República Popular China.

Declinación en el número de nacimientos

Si bien la tasa de natalidad puede comenzar a declinar, no necesariamente ocurre lo mismo con el número de nacimientos. Estos pueden aun aumentar algo durante un período antes de comenzar a descender. En este sentido encontramos que el número de nacimientos había disminuído en 87 países o territorios según los últimos registros (1964-1968), en relación con una fecha anterior.

La declinación tiene una importancia relativa al total de la población. Con una declinación superior a los 100.000 nacimientos se puede nombrar a los siguientes países:

U.R.S.S.	1.223.000 menos entre 1960 y 1968.
E.E.U.U.	809.000 menos entre 1957 y 1968.
Japón	761.000 menos entre 1949 y 1967.
Polonia	273.000 menos entre 1955 y 1967.
Yugoeslavia	118.000 menos entre 1952 y 1968.
Canadá	112.000 menos entre 1959 y 1968.

Con una disminución de más del 20 % en número de nacimientos, aparecían en el período 1965-1968 veintisiete países o territorios. De ellos dos islas con más del 50 % de reducción en el número de nacimientos: Islas Christmas (55,4) y Malta (53,1). Siguen las Islas Turks y Caicos (45,6), Granada (39,6), St. Kitts-Nevis-Anguilla (38,1) y Tonga (34,8). Aparece en seguida el primer país continental: Polonia (34,4), seguido por Montserrat (33,7), Guinea Ecuatorial (32,2); Hungría (30,8); Macao (30,7); Barbados (30,4); Finlandia (30,3); Islas Malvinas (28,8); Japón (28,2); Hong-Kong (25,9); Antillas Holandesas (25,4); Checoslovaquia (25,3); Puerto Rico (25,1); Jordania (24,3); Yugoslavia (23,6); Canadá y Grecia (23,5); U.R.S.S. (22,9); Bulgaria (22,5); Singapur (22,4) y la Isla de Man (20,5).

Es de hacer notar que de estos veintisiete lugares, quince son islas, de ellas siete están localizadas en el Caribe. Además aparecen seis de los nueve países marxistas europeos con la excepción de la República Popular de Alemania (que posee una de las tasas de natalidad más bajas del mundo); Rumania, con su política pronatalidad de 1967; y Albania, en la corriente marxista-maoísta, con la tasa de natalidad más alta de Europa, aun cuando declinante.

NATALIDAD, MIGRACIÓN Y ESTRUCTURA ECONÓMICA

Baja o alta natalidad es un término relativo al desarrollo económico del país en consideración. En este caso la natalidad de la República Federal Alemana, Suecia, Suiza, Bélgica, Francia y Gran Bretaña puede considerarse baja, siendo alta la de Portugal, España, Italia, Yugoslavia, Grecia y Turquía, países exportadores de mano de obra. Solo la República Federal Alemana contaba con 1.700.000 obreros extranjeros en 1969 y en Suiza con 1.000.000 el mismo año. La mayoría de ellos provenían de los países nombrados como exportadores de mano de obra. La emigración actúa bajo dos aspectos sobre el crecimiento vegetativo del país exportador: estabilizando la población y deprimiendo la tasa de natalidad por emigración del elemento joven de la población. Un ejemplo puede ser dado por Portugal. Su crecimiento vegetativo en 1968 fue de unas 100.000 personas, pero al emigrar más de 80.000 ese año dejó a Portugal con un saldo positivo de unas 19.000 personas. Si la tendencia emigratoria sigue creciendo, es muy posible una estabilización o aún, un decrecimiento de la población total. Además, por ser los emigrantes generalmente gente joven, en edad fértil, la emigración tiende, indirectamente, como se había dicho, a deprimir la tasa de natalidad. Al deprimirse la tasa de natalidad, se provocará un envejecimiento relativo en la población que podrá llevar, más adelante, a un aumento de la tasa de mortalidad. El crecimiento vegetativo disminuirá lentamente primero y con más rapidez después, de resultas del aumento en el número relativo y total de fallecimientos. La emigración continuará hasta que la estructura económica portuguesa comience a ejercer un mayor poder de atracción sobre el futuro emigrante. Lo mismo puede suceder en muy corto tiempo en Italia lo que se deberá tanto a su desarrollo económico como por otra parte a la baja tasa de natalidad, que llegó en 1968 a 17,6 por mil. Esta posibilidad también podría presentarse en España. Al cesar o disminuir las corrientes inmigrantes, si es que no se ha producido una mayor mecanización o una contracción en la estructura económica de los países europeos importadores de mano de obra, se creará una necesidad de nuevas corrientes inmigra-

torias. Es muy posible que en esta década la América Latina se convierta en la región que proveerá al mercado europeo de la mano de obra necesaria, con lo cual se habrá invertido la secular tendencia de emigración europea a las Américas, para transformarse en emigración americana a Europa.

CONCLUSIONES

- 1) Aparentemente existe una tendencia mundial a declinar tanto las tasas de natalidad como el número absoluto de nacimientos.
- 2) El primer indicio es una declinación en la tasa, seguida el mismo año o varios años después, por una disminución en el número absoluto de nacimientos.
- 3) Aún cuando la racionalización pueda ser diferente, los países comunistas europeos presentan una declinación, tanto en la tasa como en números absolutos, superior a la sufrida por los países no comunistas europeos, en el mismo lapso.
- 4) El decrecimiento se presenta tanto en países de diferentes creencias religiosas o nominalmente ateos, de diferentes ideologías como de los diferentes continentes.
- 5) La tendencia emigratoria europea a las Américas podría transformarse en las próximas décadas en la tendencia inversa.

A P É N D I C E.

TABLA 1. — Países o territorios con tasa de natalidad declinante. Ordenados en relación a las tasas máximas alcanzadas después de la Segunda Guerra Mundial.

Nº	<i>País o territorio</i>	<i>Tasa máxima</i>	<i>Año</i>	<i>Última tasa</i>	<i>Año</i>	<i>declinación %</i>
1	Guam	62,7	1949	25,1	1968	— 59,98
2	Brunei	59,6	1956	40,6	1967	— 31,87
3	Sao Tomé y Príncipe	54,1	1964	50,5	1967	— 6,65
4	San Vicente	53,5	1957	42,2	1963	— 21,12
5	Costa Rica	53,3	1947	38,1	1938	— 28,51
6	Guatemala	52,2	1947	44,2	1963	— 15,32
7	Granada	51,8	1957	27,8	1967	— 46,33
8	Jordania	50,0	1962	33,1	1968	— 33,80
9	Venezuela	49,9	1959	43,5	1967	— 12,82
10	Mauricio	49,6	1950	31,0	1968	— 37,50
11	Is. Cook	49,5	1960	40,9	1967	— 17,37
12	El Salvador	49,4	1961	43,1	1968	— 12,75
13	Singapur	48,9	1954	24,7	1938	— 49,48
14	Rep. Árabe Unida	48,6	1955	38,2	1938	— 21,39
15	Groenlandia	48,6	1960	43,5	1966	— 10,49
16	Bathurst (Gambia)	48,5	1965	46,4	1967	— 4,32
17	Túnez	48,4	1964	40,4	1968	— 16,52
18	Belice	47,9	1963	42,1	1967	— 12,10
19	St. Kitts-Nevis Anguilla	47,8	1957	25,5	1967	— 44,56
20	Ecuador	47,7	1960	40,4	1967	— 15,30
21	Honduras	47,7	1954	44,2	1936	— 7,33
22	Birmania	47,0	1965	40,4	1968	— 14,04
23	Dominica	47,0	1961	40,0	1966	— 14,89
24	México	46,9	1959	42,5	1968	— 9,38
25	China (Taiwan)	46,6	1952	29,3	1968	— 37,12
26	Líbano	46,5	1955	29,8	1968	— 35,91
27	Irán	46,4	1955	39,0	1968	— 15,94
28	Sta. Lucía	45,4	1935	41,4	1966	— 10,77
29	Argelia	46,2	1936	42,7	1967	— 7,57
30	Islas Vírgenes	46,0	1965	40,4	1968	— 12,17
31	Samoa Occ.	45,9	1951	28,2	1967	— 38,56
32	Samoa Americ.	45,5	1951	32,0	1968	— 29,67
33	Nicaragua	45,2	1930	43,8	1967	— 3,09
34	Is. Riu Kiu	45,2	1949	22,4	1968	— 50,44
35	Reunión	44,3	1962	37,3	1968	— 16,36
33	Albania	44,5	1955	35,6	1968	— 20,00

TABLA 1. — (Continuación)

Nº	<i>País o territorio</i>	<i>Tasa máxima</i>	<i>Año</i>	<i>Última tasa</i>	<i>Año</i>	<i>Declinación %</i>
37	Is. Cabo Verde	41,5	1964	42,9	1957	— 3,59
38	Guayana	41,5	1958	35,1	1968	— 21,12
39	Colombia	44,1	1963	34,9	1937	— 20,86
40	Is. Turks y Caicos	44,1	1960	24,9	1967	— 43,53
41	Sierra Leona	43,8	1966	37,9	1967	— 13,47
42	Mongolia	43,2	1964	39,6	1967	— 8,33
43	Jamaica	42,8	1960	35,4	1967	— 17,28
44	Puerto Rico	42,7	1947	25,1	1968	— 41,21
45	Tonga	42,7	1945	20,8	1967	— 51,28
46	Trinidad y Tobago	41,9	1955	30,2	1966	— 27,92
47	Malaya Occ.	41,9	1961	35,2	1967	— 15,99
48	Fidji	41,9	1948	34,1	1967	— 18,61
49	Is. Seychelles	41,3	1962	37,5	1967	— 9,20
50	Panamá	41,1	1962	38,8	1968	— 5,59
51	Martinica	40,7	1957	29,9	1967	— 26,53
52	Ceilán	40,6	1948	31,6	1967	— 22,16
53	Guadalupe	40,1	1955	31,6	1957	— 21,19
54	Malta	39,8	1944	16,2	1968	— 59,29
55	Hong-Kong	39,7	1956	21,8	1968	— 45,08
56	Perú	39,1	1959	31,9	1967	— 18,41
57	Yemen del Sur	38,4	1965	37,0	1963	— 3,64
58	Bahamas	38,0	1954	29,7	1967	— 21,84
59	Is. Vírgenes Británicas	38,0	1960	23,5	1964	— 30,26
60	Chile	36,9	1957	28,4	1967	— 23,03
61	Sabah	36,9	1966	35,3	1967	— 4,33
62	Antigua	36,2	1955	30,4	1965	— 16,02
63	Antillas Hol.	35,0	1950	23,1	1968	— 35,86
64	Cuba	35,6	1964	29,2	1968	— 18,00
65	Guayana Fr.	35,2	1964	33,6	1966	— 4,54
66	Rep. Dominicana	35,0	1967	33,5	1968	— 4,20
67	Gibraltar	34,9	1945	21,4	1967	— 38,63
68	Is. Caimán	34,6	1960	29,9	1967	— 13,58
69	Japón	34,3	1947	19,4	1967	— 43,44
70	Israel	34,3	1950	25,5	1968	— 25,65
71	Barbados	33,6	1954	21,9	1967	— 34,82
72	Chipre	33,1	1947	25,2	1968	— 23,86
73	Filipinas	32,8	1954	22,0	1967	— 32,92
74	Is. Christmas	32,6	1961	12,3	1967	— 62,26
75	Montserrat	31,9	1953	22,1	1938	— 30,72
76	Macao	31,5	1960	13,9	1967	— 55,87

TABLA 1. — (Continuación)

Nº	<i>País o territorio</i>	<i>Tasa máxima</i>	<i>Año</i>	<i>Última tasa</i>	<i>Año</i>	<i>% declinación</i>
77	Folonia	31,0	1951	16,3	1968	— 47,41
78	Yugoeslavia	30,3	1950	18,9	1968	— 37,62
79	Holanda	30,2	1946	18,6	1968	— 38,41
80	Guinea Ecuat.	29,1	1962	18,4	1968	— 36,76
81	St. Pierre y Michelón	29,1	1965	23,6	1967	— 8,59
82	Is. Faroe	28,9	1949	25,2	1967	— 12,80
83	Sarawak	28,9	1966	27,8	1967	— 3,80
84	Islandia	28,7	1957	22,4	1967	— 21,95
85	Canadá	28,6	1946	17,7	1968	— 38,11
83	Bermudas	28,5	1956	19,7	1967	— 30,87
87	Liechtenstein	28,4	1948	18,9	1966	— 33,45
88	Grecia	28,2	1946	18,2	1968	— 35,46
89	Finlandia	27,8	1947	16,0	1968	— 42,44
90	N. Zelandia	27,1	1961	22,6	1968	— 16,60
91	Portugal	26,7	1948	20,5	1968	— 23,22
92	U.R.S.S.	26,6	1954	17,3	1968	— 34,96
93	Timor Port.	26,3	1959	19,3	1967	— 26,61
94	Zanzibar (Tanzania)	26,0	1935	24,7	1967	— 5,00
95	E.E. U.U.	25,7	1947	17,4	1968	— 32,29
96	Bulgaria	25,6	1946	16,9	1968	— 33,98
97	Argentina	25,5	1950	22,3	1957	— 12,54
98	Is. Malvinas	24,9	1965	17,5	1957	— 29,71
99	Checoslovaquia	24,2	1947	15,1	1957	— 37,60
100	Australia	24,1	1947	20,0	1968	— 17,01
101	Dinamarca	23,5	1945	16,8	1967	— 28,51
102	España	23,3	1948	20,5	1968	— 12,01
103	Irlanda	23,2	1947	20,9	1968	— 9,91
104	Hungría	23,0	1954	15,1	1968	— 34,34
105	Italia	22,7	1946	17,6	1968	— 22,46
106	Noruega	22,6	1946	17,7	1968	— 21,68
107	Uruguay	22,5	1962	21,4	1966	— 4,88
108	San Marino	21,9	1949	16,9	1968	— 22,83
109	Francia	21,2	1948	16,8	1968	— 20,75
110	Gran Bretaña	20,7	1947	17,1	1968	— 17,39
111	Suecia	20,6	1944	14,3	1968	— 30,58
112	Is. Anglo-Normandas	20,1	1947	16,1	1967	— 19,90
113	Suiza	20,1	1945	17,1	1968	— 10,93
114	Austria	18,8	1963	17,1	1968	— 9,04
115	R. Fed. Alem.	18,5	1963	17,2	1967	— 7,02
116	Bélgica	18,3	1946	14,8	1968	— 19,12
117	Alemania Or.	17,7	1961	14,3	1968	— 19,20
118	Luxemburgo	16,5	1964	14,0	1968	— 15,15
119	Isla de Man	15,9	1950	14,0	1967	— 11,94
120	Berlín Occ.	11,9	1963	10,9	1968	— 8,40

TABLA 2. — Países o territorios que han disminuido sus tasas de natalidad en más de un 20 % después de la Segunda Guerra Mundial.

1	Is. Christmas	— 62,26	33	Liechtenstein	— 33,45
2	Guam	— 59,96	34	Filipinas	— 32,92
3	Malta	— 59,29	35	E. E. U. U.	— 32,29
4	Macao	— 55,87	36	Brunei	— 31,87
5	Tonga	— 51,28	37	Bermuda	— 30,87
6	Is. Riu Kiu	— 50,44	38	Montserrat	— 30,72
7	Singapur	— 49,48	39	Suecia	— 30,58
8	Polonia	— 47,41	40	Is. Vírgenes Británicas	— 30,26
9	Granada (R. U.)	— 43,33	41	Is. Malvinas	— 29,71
10	Hong-Kong	— 45,08	42	Samoa Amer.	— 29,67
11	St. Kitts-Nevis Anguilla	— 44,56	43	Costa Rica	— 28,51
12	Turks y Caicos	— 43,53	44	Dinamarca	— 28,51
13	Japón	— 43,44	45	Trinidad y Tobago	— 27,92
14	Finlandia	— 42,44	46	Timor Port.	— 26,61
15	Puerto Rico	— 41,21	47	Martínica	— 25,53
16	Gibraltar	— 38,68	48	Israel	— 25,65
17	Samoa Occ.	— 38,56	49	Chipre	— 23,86
18	Holanda	— 38,41	50	Portugal	— 23,22
19	Canadá	— 38,11	51	Chile	— 23,03
20	Yugoeslavia	— 37,62	52	San Marino	— 22,83
21	Checoeslovaquia	— 37,60	53	Italia	— 22,46
22	Mauricio	— 37,50	54	Ceilán	— 22,16
23	China (Taiwan)	— 37,12	55	Islandia	— 21,95
24	Guinea Ecuat.	— 36,76	56	Bahamas	— 21,84
25	Libano	— 35,91	57	Noruega	— 21,68
26	Antillas Hol.	— 35,86	58	Guadalupe	— 21,19
27	Grecia	— 35,46	59	Guayana	— 21,12
28	U. R. S. S.	— 34,96	60	San Vicente	— 21,12
29	Barbados	— 34,82	61	Colombia	— 20,86
30	Hungría	— 34,34	62	Francia	— 20,75
31	Bulgaria	— 33,98	63	Albania	— 20,00
32	Jordania	— 33,80			