

BIBLIOGRAFIA

- CAILLEUX, A. y G. TAYLOR (1954) "*Cryopédologie: Etude des sols gelés*," Expéditions Polaires Françaises, Missions Paul-Emile Victor: IV; 218 pp., Paris.
- DE TERRA, H. (1947) "*Teoría de una cronología geológica para el Valle de México*," Rev. Mex. de Ests. Antrops., 9, pp. 11-26, México.
- DE TERRA, H. JAVIER ROMERO y T. D. STEWART (1949) "*Tepepan Man*", Viking Fund Pubs. in Anthropol. N° 11. New York.
- DOZY, J. J. (1938) "*Eine Gletscherwelt in Niederländische-Neuguinea*," Zeitschr. für Gletscherkunde, 26, pp. 45-51, Berlin.
- FLINT, RICHARD, F. (1957) "*Glacial and Pleistocene Geology*" XIII, 553, John Wiley & Sons, Inc. New York.
- GREGORY, H. E. y C. K. WENTWORTH (1937) "*General features and Glacial Geology of Mauna Kea, Hawaii*", Bull. Geol. Soc. of Amer., 48, pp. 1719-1742, Baltimore.
- KLEBELSBERG, R. von (1949) "*Handbuch der Gletscherkunde und Glazialgeologie*", Viena.
- STEARNS, H. T. (1945) "*Glaciation of Mauna Kea, Hawaii*", Bull. Geol. Soc. of Amer., 56, pp. 267-274, Baltimore.
- STEARNS, H. T. y G. A. MACDONALD (1946) "*Geology and groundwater resources of the island of Hawaii*", Bull. 9, 363 pp., Honolulu. (Division of Hydrography.)
- TRICART, J. (1953) "*Cours de Géomorphologie; Deuxième partie: Géomorphologie Climatique. Fasc. I; Le modelé des pays froids: 1. Le modelé périglaciaire*", Paris.
- TRICART, J. y A. CAILLEUX (1953) "*Cours de Géomorphologie; Deuxième partie: Géomorphologie Climatique. Fasc. I. Le modelé des pays froids: 2. Le modelé glaciaire et nival*", Paris.
- WENTWORTH, C. K. y W. E. POWERS (1941) "*Multiple Glaciation of Mauna Kea, Hawaii*", Bull. Geol. Soc. of Amer., 52, pp. 1193-1218, Baltimore.
- WENTWORTH, C. K. (1956) "*Glaciation of Mauna Kea, Hawaii*", XX Congreso Internacional de Geología (en prensa), México.
- WEYL, RICHARD (1956) "*Eiszeitliche Gletscherspuren in Costa Rica (Mittelamerika)*", Zeitschr. für Gletscher und Glazialgeol., III, (3), Innsbruck.
- WHITE, S. E. "*Geologic Investigation of the late Pleistocene history of the volcano Popocatepetl, Mexico*", Abstract of Dissertation, 7 pp. Privately published, Brattleboro.
- (1956) "*Geología Glacial del Iztaccíhuatl*", en: "La Cuenca de México, consideraciones geológicas y arqueológicas" Pub. Núm. 2 de la Dirección de Prehistoria, México.

LOS GLACIARES DE MEXICO

Por LUIS BLÁSQUEZ L.

RESUMEN

Las observaciones realizadas durante diez años en el Iztaccíhuatl, relativas a las variaciones de altitud de la línea de nieves, permiten concluir que no existe una limitación relativamente fija de esa altitud, mientras que las acumulaciones de hielo más o menos estático sí se ajustan a un nivel inferior relativamente estable.

En esa montaña sólo existen dos glaciares de pequeña extensión en la vertiente occidental: el Ayolotepito, al N., entre la cabeza y el pecho y el Ayoloco, entre el pecho y las rodillas, al sur. El primero llega a desaparecer por completo y su ausencia temporal fue observada desde 1893, mientras que el segundo, en su retroceso, no llega a desaparecer, por ser mayor su cuenca nevada.

INTRODUCCION

Con motivo del Año Geofísico Internacional, 1957-1958, se formó un comité mexicano bajo la presidencia del Sr. Ing. Ricardo Monges López, quien nombró al personal colaborador en las distintas ramas de investigación que abarca el programa formulado. Cupo al autor de este estudio el honor de ser designado para el estudio de los glaciares de México, como miembro del Instituto de Geología, que en ocasiones anteriores había llevado a cabo varios estudios de la glaciación y que por condiciones especiales estaba en posesión de un acervo de datos bastante importante sobre las variaciones anuales del nivel de las nieves perpetuas en el Iztaccíhuatl.

Gracias a la generosa cooperación de la Cia. de las fábricas de Papel de San Rafael, por gentileza de su gerente general, Ing. don José de la Macorra, se dispuso de esos datos, así como de planos, fotografías, medios de transporte, campamentos y personal auxiliar. Asimismo el decidido empeño del señor Ing. Guillermo P. Salas, Director del Instituto

de Geología, hizo posible la obtención de material muy valioso, y el desarrollo de excursiones de estudio de las regiones más interesantes en el aspecto glacial.

No se consideran en este estudio como glaciares los cuerpos de hielo permanente del Popocatepetl y del Citlaltépetl, ni aun los del Iztaccíhuatl, a los que se ha llamado "heleros", por más que esta palabra se usa como sinónimo de glaciar.

Tampoco se mencionan las cúspides nevadas del Potosí en N. L., Nevado de Colima, Nevado de Toluca, Cofre de Perote y Malintzi; por carecer de datos que permitan conocer las fluctuaciones del límite inferior de sus zonas nevadas. Por otra parte las conclusiones que se alcanzan con el estudio del Iztaccíhuatl son aplicables a todas las elevaciones que rebasan la línea de las nieves perpetuas, motivo por el que se concentra la atención en esta montaña que resulta típica y ejemplifica mejor que las otras, los fenómenos glaciares del país.

LOCALIZACION

El Iztaccíhuatl se encuentra a los $98^{\circ}38'21''$ W de Greenwich y $19^{\circ}10'44''$ de latitud norte. Su cumbre más alta alcanza 5,286 m. de altura sobre el nivel del mar. Forma parte de la Sierra Nevada, orientada de N a S que con el volcán Popocatepetl, se liga a la sierra del Anáhuac (1) * y separa los valles de México al W del de Puebla al E. (Fig. 1.)

Los volcanes de Colima, Nevado de Toluca (4,500 m.), Popocatepetl, Malintzi y Citlaltépetl o Nevado de Orizaba pertenecen al llamado "Eje Volcánico" (2), señalado por primera vez por Humboldt (3).

El Cofre de Perote o Naucampatépetl, se encuentra al N del Citlaltépetl en la misma sierra, orientada de N a S, a los $97^{\circ}08'19''$ W y $19^{\circ}20'34''$ de latitud N y 4,282 m. de altura, sobre el nivel del mar. El cerro Potosí, en el Estado de Nuevo León, es el más aislado y aparentemente no tiene relación con los otros. Está situado a $100^{\circ}52'$ W y $25^{\circ}01'$ N con su cumbre a 3,600 m. de altitud.**

RELIEVE

La topografía del Iztaccíhuatl es, por su origen, fundamentalmente volcánica, resultado de la superposición, casi directa, de corrientes de lava andesítica y, por consecuencia, flujos viscosos de tendencia acumulativa, cortados por una erosión glacial vigorosa. Los procesos de zapa (Bergshund) de alternativas de acomodamientos de masas de

(*) Los números entre paréntesis se refieren a la bibliografía que aparece al final de este estudio.

(**) Se emplea la palabra altitud, para indicar altura sobre el nivel del mar.

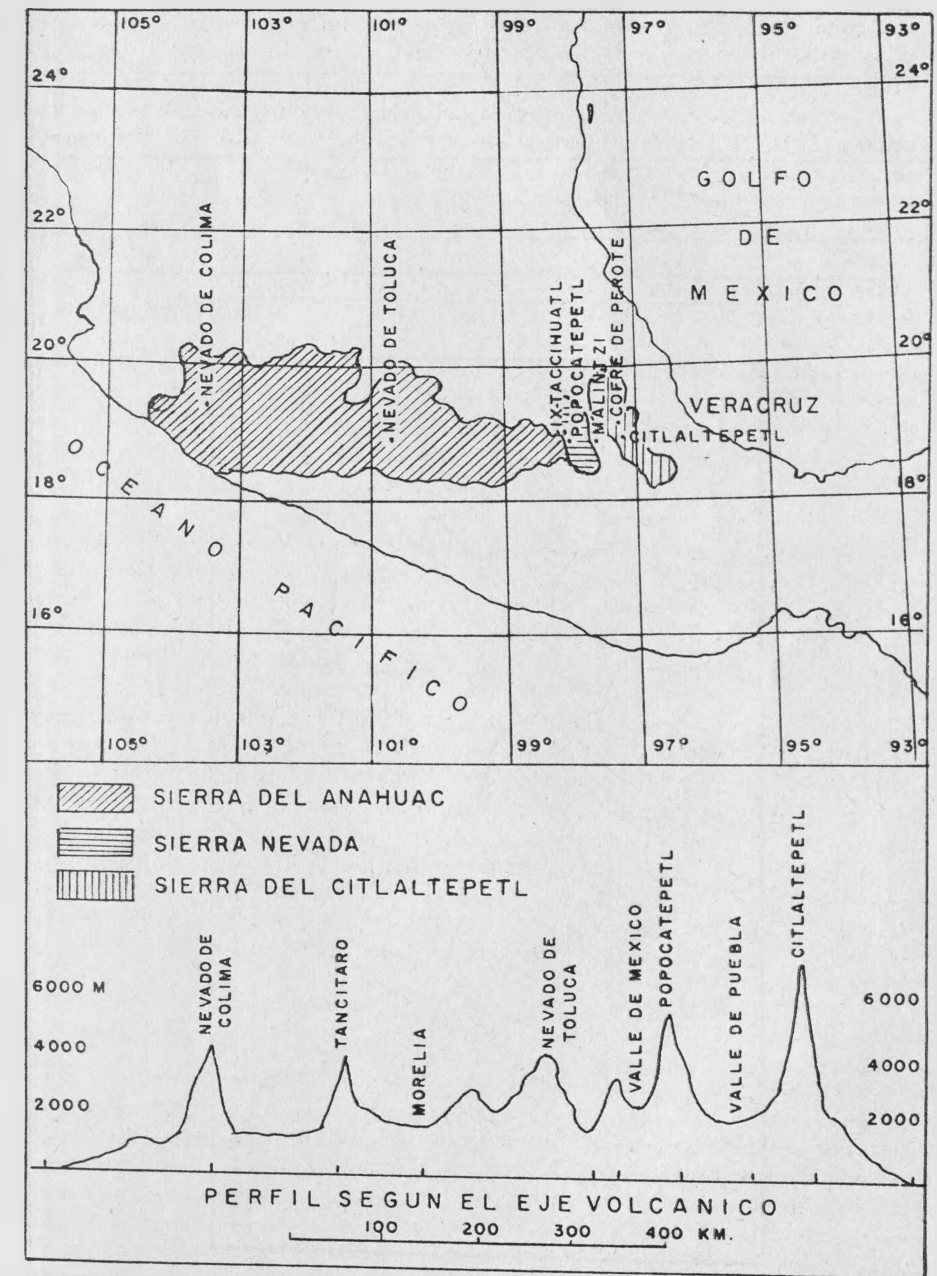


Fig. 1. Situación del Iztaccíhuatl y principales volcanes de México.

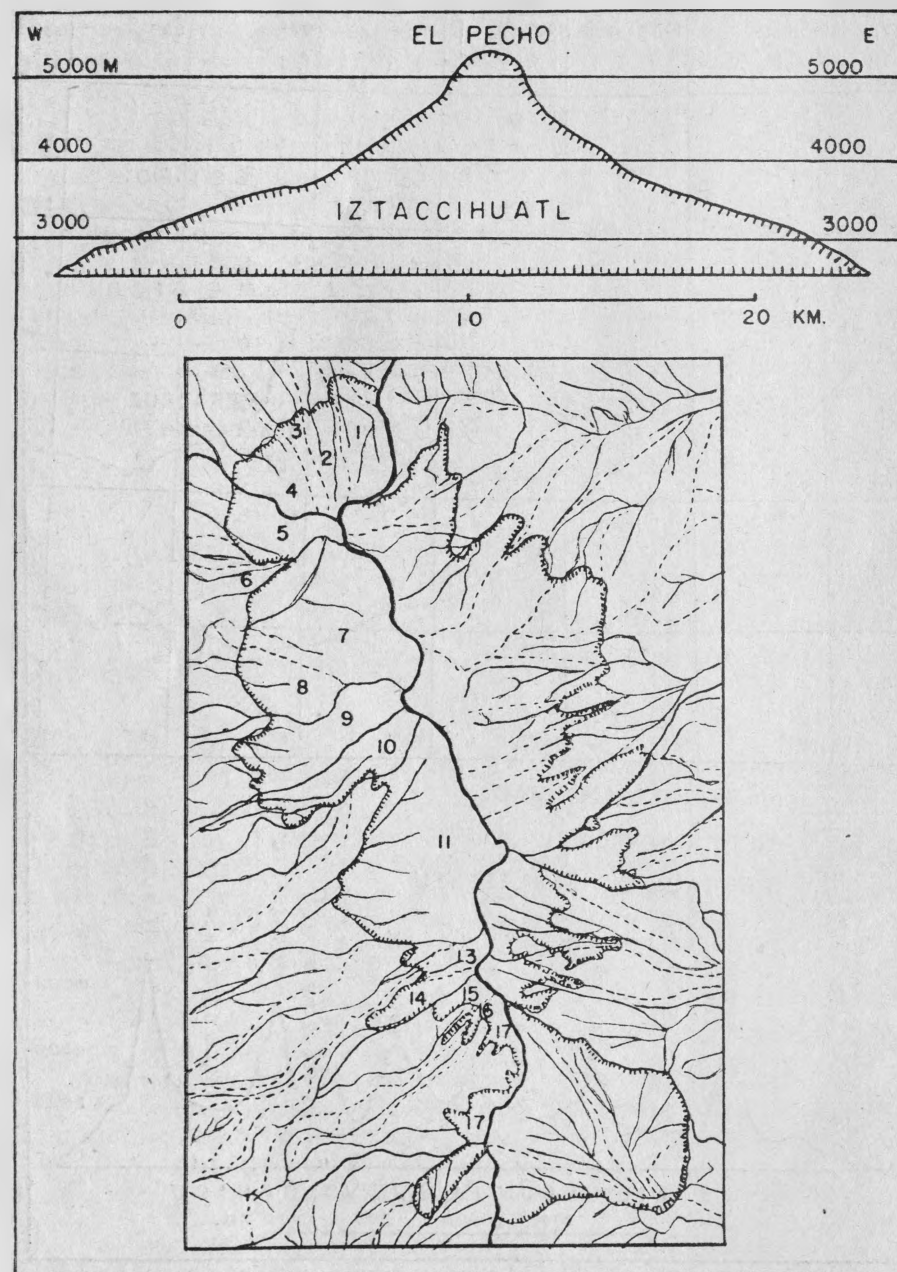


Fig. 2. Perfil de la montaña Iztaccíhuatl y cuencas hidrográficas.

hielo y nieve, con deshielos completos, dieron lugar a paredes verticales o de fuerte inclinación, que formarían circos de ser más continuo el trabajo del hielo, limitándose a cortar las diferentes corrientes en acantilados, frecuentemente de gran altura.

El resultado del trabajo de esta erosión, se traduce en la formación de casquetes mesiformes, como los correspondientes al pecho y las rodillas, peñones como el de la cabeza; torrecillas y picachos como los pies, Las Torrecillas, Texcal San Diego y otros.

En ambas vertientes del Iztaccíhuatl, inmediatamente abajo de la zona nevada, se inician numerosas y pequeñas cuencas hidrográficas que van adquiriendo importancia paulatinamente, conforme se descende, encontrándose ya perfectamente definidas a altitudes comprendidas entre 3,900 y 4,500 m. (Fig. 2.) Estas cuencas se prolongan hacia la parte nevada de la montaña y fraccionan las acumulaciones de hielo que, por su individualidad, impiden, en la mayoría de las cuencas, la formación de glaciares, asunto que será tratado más adelante.

El Iztaccíhuatl consta de una gran plataforma, que se levanta bruscamente sobre las planicies de Chalco y Amecameca (Fig. 2) y surcada por profundas barrancas, llega a la altitud de 3,600 m., límite de la vegetación (Fig. 3), donde hay una fuerte ruptura de pendiente que destaca el cuerpo principal de la montaña, que se eleva sobre la plataforma, constituyendo el remate que, cubierto de nieve y hielo, habría de ser llamado por los aztecas, Iztaccíhuatl (mujer blanca), en actitud de estar acostada, por lo que algún autor de habla inglesa le llamó "The sleeping woman".

La Fig. 4, muestra la montaña desde una altitud de 2,530 m. en la fábrica de San Rafael, notándose a la derecha el flanco boreal del Popocatepetl, cuya posición se ilustra en la Fig. 5.

GEOLOGIA

Las rocas más antiguas, desde la costa de Veracruz hasta la cuenca de México, son las calizas y lutitas del Cretácico y seguramente forman el asiento de las formaciones volcánicas del Iztaccíhuatl, consistentes principalmente, en andesitas acompañadas por tobas y brechas.

Posiblemente la Sierra Nevada es el resultado de erupciones por grietas, ya que en el Iztaccíhuatl, no se distinguen cráteres y algunos conos volcánicos secundarios son muy posteriores. Las andesitas y rocas asociadas, son miocénicas, mientras que los conos y las lavas basálticas son del Pleistoceno y Holoceno. El espesor de la formación volcánica puede estimarse en 3,500 m. como mínimo. El sistema de fracturas emisoras, de rumbo N-S, corresponde al Appalachiano, normal al Eje Volcánico E-W del sistema Michoacano o Cascadiano.

Las andesitas están dispuestas en corrientes de diverso espesor, iniciadas hacia uno y otro lado de la cresta de la montaña, con echados de 10° a 30° , según puede apreciarse en la Fig. 6. En la Fig. 3 también



Fig. 3. Flanco W. del Iztaccíhuatl, perteneciente a la cuenca de México. Se distinguen las zonas nevada superior, desnuda, intermedia y boscosa inferior.

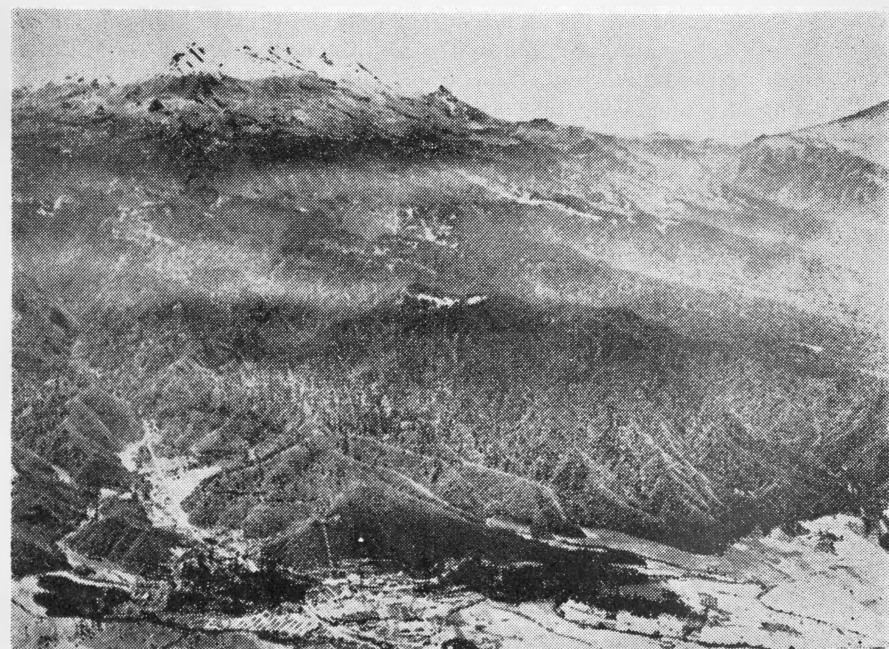


Fig. 4. Vertiente W. del Iztaccíhuatl desde San Rafael, viéndose el Puerto Cortés entre esta montaña y el Popocatépetl a la derecha.



Fig. 5. El Iztaccíhuatl visto desde el norte hacia el Popocatépetl.

se nota la superposición de las corrientes, tanto en la zona nevada como en la intermedia.

El trabajo de los hielos en la Edad Glacial, es manifiesto en los flancos de la montaña, hasta niveles de 3,800 m., lo que implica un avance de los glaciares de unos 4,000 m., en sentido horizontal. Uno de los lugares donde las marcas de la glaciación son más claras es Nahualac, en la misma cuenca del glaciar Ayolotepito, pues quedaron huellas frescas del movimiento del hielo, por las estrías y canaladuras abiertas en las paredes andesíticas de la cañada, tipo "glen" o de sección en U, en cuyo fondo se encuentran rocas aborregadas. Abajo de Nahualac, 3,900 m. de altitud, se encuentra un circo y valles colgantes, siendo de creer, sin que pueda fácilmente demostrarse, que los glaciares más importantes descendieron hasta altitudes de 3,400 m.

La erosión por una parte y el volcanismo del Holoceno, modificaron grandemente la topografía glacial, hasta hacerla prácticamente indiscernible desde los 3,400 m., hacia niveles inferiores.

Durante la gran glaciación Nebraska, los glaciares avanzaron cuando menos hasta los límites señalados, reacarreado sus morrenas frontales y de fondo, y en su retroceso, dejaron morrenas de esa naturaleza que, en su mayor parte, fueron destruidas por la erosión. Nuevos avances durante las glaciaciones Kansas e Illinois, formaron idénticos depósitos que corrieron igual suerte, hasta que en la etapa de la glacia-

ción Winconsin, tanto el glaciar Ayolotepito, como el Ayoloco, dejaron muy notables morrenas de fondo y terminales, con sus límites a 4,300 m. de altitud.

Tanto uno como otro, en el último avance, acumularon gruesas morrenas terminales, que formaron depósitos que, tratándose de Ayolotepito, por la lentitud del movimiento del frente del glaciar, permanecían estacionarios durante tiempos muy largos, dando por resultado la formación de una superficie casi horizontal, terminada hacia abajo, en una fuerte pendiente, la de equilibrio del material rodado en el talud de apilamiento. El proceso era idéntico al de la formación de un "terrero" de mina, donde el desecho rocoso o material quebrado, se tira en los flancos del montón de escombros, formándose una pequeña meseta de superficie superior casi horizontal, planta circular o semicircular y flancos de muy fuerte pendiente.

La morrena del Ayolotepito, se denomina "Ala de Angel". Puede apreciarse en la Fig. 3, destruida en su parte media por la erosión fluvial. Albergaba un lago de cierta importancia; aún en la época presente, el agua del deshielo se almacena en la parte norte de la morrena.

El Ayoloco tiene una morrena de distinto tipo, mucho más extensa, marcada en la Fig. 3, por el mayor descenso de la nieve, siendo también visible en la Fig. 6.

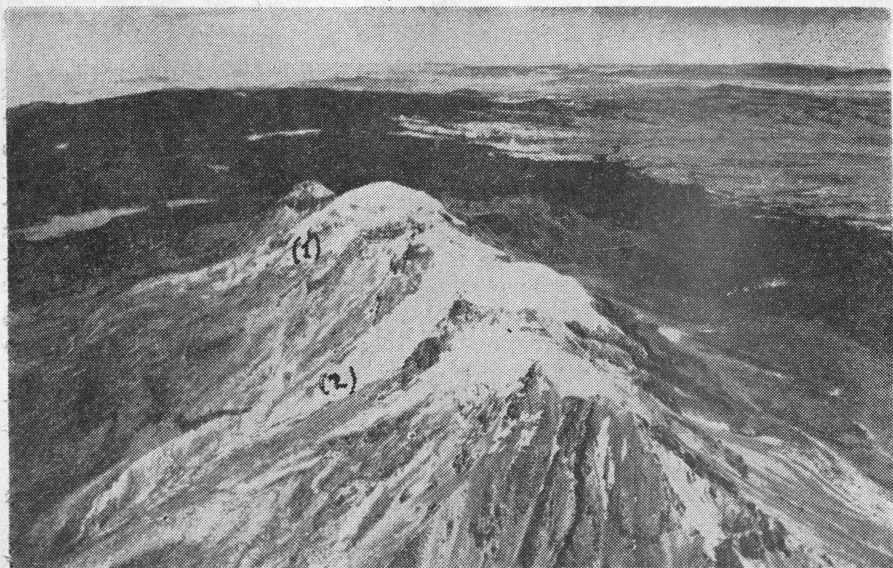


Fig. 6. El Iztaccíhuatl visto de S a N mostrando la inclinación hacia uno y otro lado de las corrientes andesíticas, los casquetes de hielo y los glaciares de la vertiente occidental Ayolotepito (1) y Ayoloco (2).

GLACIACION CONTEMPORANEA

El glaciar Ayolotepito ocupa una depresión o pequeña cuenca entre la cabeza y el pecho del Iztaccíhuatl y tiene una longitud muy variable; desde prácticamente inexistente, hasta unos 500 m. de longitud a partir del nivel del hielo permanente, sin que nunca llegue al borde de la meseta "Ala de Angel" de que antes se habló.

Fue observado por primera vez por Heilprim en 1890; pero Ordóñez en 1893, hizo los primeros estudios sobre los glaciares del Iztaccíhuatl. Refiriéndose a Ayolotepito dice: "No había más que canchales, pues las nieves han sufrido una notable retirada" (4 p. 35). A dicho autor le llamó poderosamente la atención que en Ayolotepito no existiera glaciar y elaboró una serie de conjeturas, para explicar por qué en lugares tan próximos como éste y el de Ayoloco, en el primero no hubiera ventisquero y sí en el segundo.

Refiriéndose a Ayoloco, Ordóñez dice: "La longitud total del ventisquero, contada desde un poco antes de donde comienzan a presentarse las grietas y punto de concurso de la superficie de alimentación, puede estimarse en 350 a 450 m. La anchura de este origen pasará de 100 m., en tanto que la extremidad no llega a 20 m." (4. p. 36) "El espesor en la extremidad no sobrepasa 2 m." (4. p. 37.)

Después agrega: "Los canchales demuestran la constante regresión del glaciar" (4. p. 38) y por último: "La distancia de ese límite actual de las nieves, al pequeño montón de escombros del canchal, es aproximadamente de 80 m. y casi al mismo nivel, por lo que se ve una retirada verdaderamente notable." (4. p. 39.)

Posteriormente, el personal de la Cía. de San Rafael hizo observaciones sobre el movimiento del glaciar Ayolotepito, que sufrió una ablación extremadamente rápida el 25 de diciembre de 1908, produciendo una inundación que ocasionó grandes daños a la fábrica. Un fenómeno semejante se produjo el 13 de marzo de 1925, correspondiendo a la total desaparición del glaciar referido, en ese año.

Nevadas muy importantes ocurrieron en enero de 1918, que cubrieron totalmente el Iztaccíhuatl, hasta su pie, en la planicie de Chalco, de la cuenca de México, a 2,300 m. de altitud; enero de 1923 que descendió el nivel de la nieve abajo de San Rafael, a 2,400 m.; febrero de 1931, que llegó a cubrir igual zona que en 1923; marzo de 1941 que también se extendió la nieve hasta los 2,400 m., de altura sobre el nivel del mar.

En cuanto a las aguas del deshielo del glaciar Ayolotepito, además de las avenidas que ocurrieron en las fechas antes señaladas, se repitieron otras en enero de 1930, marzo de 1936, marzo y septiembre de 1949.

La gran avenida de 1925 se debió, además de la total ablación del glaciar de Ayolotepito, a la ruptura de la morrena terminal en la meseta semicircular ocupada, en su parte superior, por una laguna, cuyas aguas se precipitaron por una brecha rápidamente abierta en los detri-

tus, por la violencia de las grandes masas de agua súbitamente liberadas. Poco después, el glaciar regenerado, reconstruyó en parte su morrena terminal, formándose nuevamente una lagunilla más pequeña, que existió hasta 1943, rellenándose en seguida con los sedimentos correspondientes a la morrena terminal. La Fig. 7 muestra su estado actual (enero 1958).

Desde 1925 a 1943 se hicieron observaciones aisladas que mostraron variaciones muy notables en la extensión de la zona nevada, sin que llegara a desaparecer el glaciar, aunque se redujo muchas veces a un cuerpo de unos cuantos metros, como prolongación de la línea regular del hielo del casquete mínimo. A partir de 1944 a la fecha, la situación de la línea de nieve ha bajado con frecuencia hasta 3,300 m. en el flanco occidental, abarcando una superficie de varias centenas de km.² (alrededor de 210). Estas nevadas han desaparecido en 10 a 15 días y no han tenido repercusión en el movimiento de los glaciares; pues no hubo tiempo para que se formaran capas de hielo del necesario espesor. Solamente nevadas repetidas con corto intervalo de tiempo, aunque hayan cubierto zonas mucho menores, han producido acumulación de las capas de nieve, con la consiguiente formación de hielo y robustecimiento del glaciar que, como ya se dijo, en ningún caso rebasó la superficie casi horizontal de la morrena, en forma de meseta semicircular, con altitud de 4,500 m.

El estudio de las fluctuaciones del nivel de la nieve registradas en más de 10 años, mostró un claro paralelismo con las variaciones de la precipitación pluvial y con los vientos fríos de los "Nortes", haciéndose patente que los glaciares sufren avances y retrocesos enteramente sincronizados con el microclima, lejos de actuar como exponentes de tendencias seculares en el movimiento de la climatología mundial. Es natural que así sea, ya que el pequeño cuerpo de los glaciares no puede ser el resultado de la acción promedio de temperaturas y lluvias durante largo tiempo, como ocurre con los grandes glaciares que son afectados solamente por la suma algebraica de los factores climáticos y que en su avance o en su retroceso acusan intensificación de la glaciación, o bien, períodos o intermedios menos fríos o calurosos. En los glaciares del Iztaccíhuatl, un año de extinción, puede ser seguido por otro de renovación, o viceversa, en las mayores escalas del medio, de manera que la observación de la ausencia del glaciar de Ayolotepito en 1893 no permite concluir una regresión general, pues posiblemente al año siguiente se regeneró para volver a extinguirse en 1908 y 1925 y fluctuar anualmente sin demostrar la existencia de estacionamiento, avance o regresión persistente.

Si se atiende al promedio de las fluctuaciones del nivel de la nieve, más o menos estable, puede señalarse la altitud de 4,200 m., como nivel medio en el Iztaccíhuatl, mientras que el glaciar Ayolotepito se desaloja prácticamente en el mismo plano horizontal, a 4,500 m. de altitud y el Ayoloco, avanza y retrocede entre 4,500 y 4,400 m. La línea del hielo permanente varía entre 4,500 y 4,550 m. de altitud.



Fig. 7. Vertiente oriental del Iztaccíhuatl. Se aprecia el circo glacial que carcome el pecho.

En la vertiente oriental del Iztaccíhuatl, en el pecho, existe un circo que no aloja un glaciar por la pequeñez de su cuenca alimentadora de nieve Fig. 7. El resto de ella está dividida también en pequeñas cuencas (tabla número 1), y además, la nieve es menos persistente en este flanco, por el impacto de los vientos calientes del Golfo, que las funden con relativa rapidez. Cerca de las parteaguas de esas pequeñas cuencas, es donde se acumulan mayores masas de hielo que, por su poca importancia, permanecen casi estacionarias, desgarrándose solamente en sus partes inferiores, en el límite de los acantilados y en el centro de los "talwegs" donde se prolongan hacia abajo, en pequeñas lenguas casi puntiagudas.

En la tabla 1 puede verse que en la vertiente occidental del Iztaccíhuatl sólo hay dos cuencas que, por su superficie, pueden alimentar glaciares, la número 7 de Ayolotepito, con 710,000 m.² y la de Ayoloco, con 924,000 m.². Las superficies que figuran en la tabla fueron tomadas desde la cresta de la montaña hasta el nivel de la nieve, en 1944, año en que la Cía. de San Rafael mandó hacer un mosaico aerofotográfico. Se notará que la superficie de ambas vertientes es casi igual y también el número de cuencas.

TABLA NUM. 1

Superficies de las cuencas hidrográficas de la zona nevada del
Iztaccíhuatl. Levantamiento aerofotográfico de la Compañía
de las fábricas de San Rafael. 1944

Vertiente occidental

(Enumeradas de norte a sur)

	m. ² x 10 ³	
1	213	
2	73	
3	57	
4	171	
5	205	Nombre
6	63	
7	710	Ayolotepito.
8	200	
9	345	Ayoloco.
10	262	
11	924	
12	36	
13	103	
14	68	
15	66	
16	29	
17	145	
18	91	
Suma:	3,761	

Vertiente Oriental

(Enumeradas de sur a norte)

19	223
20	432
21	359
22	64
23	118
24	120
25	172
26	164
27	255
28	83
29	110
30	213
31	369

			Km. ²
32	277	Superficie nevada 1944.	
33	262		
34	221	Vertiente occidental	3,761
35	74	Vertiente oriental	3,679
36	163		
Suma:	3,679	Superficie total	7,440

La simple inspección de este cuadro, revela por qué en algunos lugares de la montaña se encuentran glaciares y por qué no existen en otros lugares aparentemente idénticos. Hay que tomar en cuenta la superficie de las cuencas receptoras de nieves. Para estas latitudes y con estas precipitaciones, aparece como superficie mínima, indispensable, 700,000 m.².

En 1955 el Gobierno del Estado de México se interesó en la formación de un plano aerofotográfico y la Cía. Mexicana Aerofoto, construyó el mosaico, pudiéndose así obtener una nueva carta con distinta extensión de nieve. Por fortuna, la de 1944, de San Rafael, está cerca del límite superior de la nieve, con el área apenas 20% mayor que la mínima, mientras que la de 1955 del Estado de México, está prácticamente en la línea media de la nieve, con una área casi siete veces mayor que la de 1944.

La tabla número 2, reúne los datos de la superficie nevada, espesores medios de la nieve y el hielo y volúmenes de esos dos depósitos y de su equivalente en agua, al empezar el invierno de 1944 (fines de diciembre).

La tabla número 3, da los mismos datos para igual temporada de 1955. Puede verse que el hielo aumenta unos 30 millones de m.³, la nieve unos 60 millones y el agua unos 50 millones.

TABLA NUM. 2

Áreas ocupadas por la nieve en el Iztaccíhuatl. Volúmenes de nieve, hielo y agua equivalentes. Invierno de 1944.

Zona	Área	Espesores m.		Volúmenes		m ³ x 10 ³
	m ² x 10 ³	Nieve	Hielo	Nieve	Hielo	Agua
1	1 446	3	5	4 337	7 228	8 457
2	4 068	2	—	8 135	—	3 661
3	100	1	—	100	—	45
4	172	1	—	172	—	77
5	52	1	—	52	—	24
6	1 175	3	5	3 525	5 875	6 874
7	427	2	3	854	1 281	1 537
	7 440			17 175	14 384	20 675

TABLA NUM. 3

Areas ocupadas por la nieve en el Iztaccíhuatl. Volúmenes de hielo, nieve y agua equivalentes. Invierno de 1955.

Zona	Area	Espesores m.		Volúmenes		m³ x 10³
	m² x 10³	Nieve	Hielo	Nieve	Hielo	Agua
1	377	2	—	0 755	0.85	340
2	609	2	3	1 219	1 828	2 011
3	8 455	5	5	42 275	42 275	52 844
4	585	3	—	1 755	—	790
5	755	2	3	1 510	2 265	2 491
6	15 663	1	—	15 662	—	7 048
7	13 786	1	—	13 786	—	6 204
	40 230			76 962	46 368	71 728

Como antes se dijo, los datos de 1955 representan el promedio de acumulación de nieve y hielo, confirmado por los gastos hidráulicos de los arroyuelos que descienden del Iztaccíhuatl, medidos en varias líneas de vertederos triangulares, a las cotas 4,000, 3,700, 3,600 y 3,400, pudiéndose distinguir el agua de desnieve y deshielo tanto por la época en que se aforan las corrientes como por las comparaciones de los datos pluviométricos con los caudales calculados con coeficientes de escurrimiento bien establecidos.

El volumen de 1944 puede considerarse como el básico o de acumulación constante y solamente los excedentes representan las variaciones que afectan a los campos de nieve y las cantidades de agua suministradas al escurrimiento y la infiltración, en ambas vertientes.

Atendiendo solamente a los glaciares, se ha formado la tabla Núm. 4, siguiente:

TABLA NUM. 4

Areas y volúmenes de nieve y hielo.

Glaciar	Area	Espesores en m.		Volúmenes		m³x10³
	m²x10³	Nieve	Hielo	Nieve	Hielo	Agua
Ayolotepito.....	710	3	4	2 130	2 840	2 750
Ayoloco.....	924	3	8	2 772	7 392	7 162

Para el cálculo de los volúmenes de agua, en todas las tablas, se ha tomado una densidad para la nieve de 0.45 y para el hielo de 0.8.

Las acumulaciones de hielo, llamadas "heleros", independientemente de los dos glaciares anteriores, es bastante estacionaria, pudiéndose notar una estratificación consistente en capas de hielo separadas por láminas de arcilla transportada por el viento, en forma de polvo, que se deposita sobre la nieve, cada año, en la época de secas y que, por las depresiones de los siguientes depósitos acumulativos de nieve, se va convirtiendo en hielo, interviniendo fusión y recongelación. En algunas acumulaciones se pueden contar más de 10 capas de hielo separadas por las tierras indicadas, generalmente de color negro, que demuestran el carácter estacionario del hielo, puesto que han podido permanecer en esos sitios por tantos años.

La generalidad de los heleros, sin embargo, sufre una ablación que depende de las condiciones climatológicas del año, reduciéndose al extremo ilustrado en la Fig. 6, donde se aprecia el escaso espesor de ellos, que solamente en el pecho, el punto más elevado y de área reducida, alcanzan importancia. Las zonas nevadas que descienden más son: las de Ayolotepito, abajo de el pecho y la de Ayoloco, que baja de las rodillas, pudiéndose apreciar en la fotografía, tomada el 19 de noviembre de 1949, su escasa extensión. Fig. 6.

En los heleros, se producen grietas transversales, como consecuencia del lentísimo movimiento de ablación en los frentes correspondientes a los acantilados rocosos, aunque no necesariamente; pues otros frentes atenuados se encuentran en las laderas sin rupturas de pendiente. De todas maneras, el movimiento diferencial, por influencia de las pendientes del fondo y la fusión que sobreviene en esas grietas, por la circulación del aire y sobre todo en los frentes bajos que descienden a zonas de menor temperatura, determina el movimiento de que se habló, siempre de escala muy reducida. La ablación en las grietas y los frentes da lugar a un fenómeno secundario, por recongelación de estalactitas de hielo adheridas a los salientes de las capas superiores, que por su menor densidad y compacidad, avanzan un poco más que las inferiores, formando pequeñas cornisas y cavidades, donde cuelgan las estalactitas.

Solamente los heleros situados en los "talwegs" de las cuencas mayores (ya se ha visto que sólo existen dos) tiene un movimiento menos lento y dan lugar a una estratificación y laminación del tipo común en los glaciares, siendo su evolución concordante con las aportaciones de Nevé, y presentándose anomalías aparentes en el movimiento del glaciar, como que la velocidad sea mayor cerca de los márgenes laterales que en el centro, debido a que el glaciar sigue en las orillas, cauces temporales más profundos y amplios que en el centro, relativamente plano. Esos mismos pequeños cauces laterales pueden ser rellenados al

año siguiente, volviendo a ser mayor la velocidad del movimiento del hielo en la parte central, más profunda y de mayor masa.

En la Fig. 6, pueden apreciarse las morrenas frontales del Ayoloco, que no formaron una meseta de frente semicircular, sino depósitos alargados de remates afilados y pendiente paralela al del terreno sustentante, demostrando que el retroceso, en la etapa Wisconsin, fue más rápido que en el caso de Ayolotepito y más importante la masa de acarreos, significándose la mayor extensión de la cuenca alimentadora. Asimismo, los rápidos avances y retrocesos del glaciar en la época actual, cortaron en dos la morrena Wisconsin; pues la ablación es más considerable que la acumulación de materiales. Los acarreos actuales son muy escasos y forman pequeños canchales efímeros, pues son destruidos en pocos años por la erosión fluvial.

Las cuencas menores, sobre todo en la vertiente occidental tienen pequeñas morrenas medias y frontales, que corresponden al límite inferior de los depósitos Wisconsin, o sea, una altitud de 4,000 m.

El campo de hielo y nieve del Iztaccíhuatl resulta típico, porque se encuentra prácticamente a la misma latitud que las cumbres nevadas que ya se mencionaron, o sea, los grandes volcanes del paralelo 19, siendo en ellos menos persistentes las masas de hielo, por su menor altura, con excepción del Popocatepetl (5,425 m) y Citlaltépetl o Pico de Orizaba (5,700 m.) y por la menor extensión de sus cuencas receptoras de nieve, ya que se limitan a pequeños sectores de los conos volcánicos.

En el Popocatepetl, Sidney White (5), señala un glaciar situado del lado norte del cono, hacia El Ventorrillo, pero sus descripciones obligan a creer que se trata de masas de hielo semiestático, sin evolución en un cuerpo de transporte, capaz de desarrollar conjuntamente el doble trabajo de corrosión y construcción, propio de los glaciares.

BIBLIOGRAFIA

1. **Volcanismo Terciario y Reciente del Eje Volcánico de México.** Excursión A-15. XX Congreso Geológico Internacional. L. Blásquez L. México, 1956.
2. **Importancia del Eje Volcánico.** Inst. Panamericano de Geografía e Historia. N° 11. Pedro C. Sánchez, 1935.
3. **Ensayo Político de la Nueva España.** Alejandro von Humboldt. Traduc. Pedro Maria Oliva. Madrid. 1818. 2 Tomos en 8ª.
4. **Notas acerca de los ventisqueros del Iztaccíhuatl,** por Ezequiel Ordóñez. Memorias de la Soc. Científica Antonio Alzate. T. VIII. 1894-1895.
5. **The firn field on the volcano Popocatepetl, Mexico.** Sidney E. White. Journal of Glaciology. Vol. 2. N° 16. October 1954. pp. 389-392.