

ANDES DEL ECUADOR: LOS GLACIARES EN LA ÉPOCA DE LOS VIAJEROS (SIGLOS XVIII A XX)

Bernard Francou

¿Hay glaciares por debajo de la línea ecuatorial?

Existen pocas regiones en los Andes en las que los glaciares están tan cerca de los habitantes, como es el caso del Ecuador. Expuestos a la vista de los viajeros que recorren el gran valle interandino, los glaciares están “en el corazón de la ciudad” y, salvo raras excepciones, no son necesarios varios días de camino para ir a su encuentro. Desde los primeros siglos de la Colonia se reparó en ellos e incluso a veces se los describió. Sin embargo, en esa época los glaciares no fueron bien conocidos, y a los viajeros científicos les costó trabajo identificarlos, algunos de entre los recién llegados negaron incluso hasta su existencia.

Así, Charles-Marie de La Condamine (1751) evoca “*las enormes masas de nieve tan antiguas como el mundo*” que recubren los volcanes, mientras que Alexander von Humboldt (1853), por referencia a los glaciares de Europa o de Asia, niega sencillamente su existencia. Ya en su *Essai sur la Géographie des Plantes*, él escribe: “*La Cordillera de los Andes, por lo que conozco, no tiene nada de lo que se puede llamar propiamente un glaciar*”. Sin embargo, señala con razón que la presencia de las “nieves perpetuas” en altura está ligada a un umbral físico en el que la temperatura pasa por debajo del punto de congelación del agua.

A mediados del siglo XIX, el geógrafo alemán Moritz Wagner (1870) es el primero en reconocer un "verdadero" glaciar al sur de la línea ecuatorial. Lo sitúa en el Altar, seguramente en razón de su tamaño, ya que este glaciar ocupa en ese entonces todo el centro de la caldera del volcán e incluso desborda sobre el valle alto de Collanes con una hermosa lengua que desciende hacia los 3950 m. Pero, restrictivo, concluye:

"El único glaciar verdadero que he observado en la zona ecuatorial se extiende en el cráter caldera del Altar (...). No hay glaciares propiamente dichos en el Cotopaxi, ni tampoco en el Chimborazo."

A partir de 1870, los viajeros recorren los glaciares antes de alcanzar las cumbres. Los alemanes Reiss, Stübel, von Thielmann, así como el inglés Whymper, los exploran en todos los sentidos, observando grietas y morrenas, y reconocen, sin reservas, la naturaleza "glaciar" de las grandes masas de nieve que cubren los volcanes. Whymper (1892) escribe sin ambigüedad:

"Existen glaciares de gran extensión en los Andes del Ecuador. Alcanzan su mayor tamaño en el Antizana, el Cayambe y el Chimborazo, hay también otros dignos de consideración en el Altar, el Carihuayrazo, el Cotacachi, el Illiniza, el Sara-Urcu y el Sincholagua."

La perplejidad de los primeros viajeros ante un fenómeno natural que hoy nos parece familiar se basa sin duda en la particular morfología de los glaciares subecuatorial. De longitud limitada, no forman esas grandes lenguas que serpentean en el fondo de los valles como los glaciares de los Alpes, son más bien de tamaño reducido, tan sólo casquetes lisos que cubren las cumbres. Encaramados a veces sobre cimas rocosas, como en el Altar o en el Illiniza Sur, no son más que gigantescas cornisas. En todos los casos, tienen la apariencia de ser inmóviles y no dan la impresión de grandes masas de hielo que fluyen hacia abajo.

Hans Meyer (1907) es el primero en demostrar que los glaciares ecuatoriales están formados, igual que en los Alpes, por una parte superior bastante vasta, constituida de nieve dura en superficie (*névé* o *firn*), y por una parte baja formada de hielo, cubierta en parte a veces por residuos rocosos que hacen que se la confunda con las morrenas cercanas. Meyer interpreta correctamente la "línea de névé" que separa la parte superior, "nevada", del glaciar de la parte baja, "glaciar", como el límite inferior de las nieves perpetuas¹. También nota en los glaciares del Ecuador, así como en aquellos de África que visitó anteriormente, una tendencia a la formación de agujas de hielo de uno a dos metros de alto que se levantan verticalmente, erizando a veces las altas superficies glaciares. Interpreta a estos "penitentes" como el resultado de la fuerte insolación que reina bajo estas latitudes². Treinta años después de Reiss y Stübel, Meyer anota la altura de la línea de névé. Según él, esta varía, a nivel de la cordillera, en función de la exposición a los flujos húmedos que vienen de la Amazonía: en relación a la vertiente del Pacífico que es más seca, esta línea está 200 a 300 m más abajo en el flanco este de la cordillera oriental, vecina a la Amazonía. Por efecto de los cambios de clima, el límite de las nieves perpetuas varía también en el tiempo, lo que lo convierte en una suerte de memoria de esos cambios. Así pues los relatos y la iconografía dejados por los viajeros sobre el tema de las nieves y los glaciares, y en primer lugar las observaciones de Meyer, son de gran interés para el estudio de los climas de los siglos pasados.

¹ Hoy en día se habla de la "línea de equilibrio" del glaciar.

² Hoy en día sabemos que las agujas de hielo evolucionan lentamente por evaporación (sublimación), mientras que las depresiones situadas al pie tienden a agrandarse por causa de la fusión. La fusión es más rápida porque consume 8 veces menos de energía que la sublimación. Se lleva a cabo a pesar de la sequedad del aire y su baja temperatura ya que estas depresiones concentran la radiación y atrapan los polvos atmosféricos.

¿Qué nos dice la memoria de los hombres?

Gracias a La Condamine, sabemos que, hacia 1740, cumbres tan bajas como el Corazón (4 787 m) y el Guagua Pichincha (4 794 m) estaban permanentemente cubiertas de nieve. En su diario el académico evoca en estos términos su ascenso al Corazón en compañía de Bouguer:

“El 20 de julio nos dispusimos a realizar la experiencia del barómetro (...) sobre el pico mismo del Corazón cuya punta siempre está cubierta de nieve y sobrepasa en 40 toesas³ el límite por encima del cual nunca se funde la nieve.”

A mediados del siglo XVIII, La Condamine y Bouguer (1748) sitúan el límite inferior de las nieves hacia los 4 750 m, mientras que Humboldt (1843), cincuenta años más tarde lo ubica ligeramente más arriba:

“El límite inferior de las nieves perpetuas es uno de los fenómenos categóricos e intangibles que ofrece la Naturaleza. Bouguer lo fija a 4 744 metros. El promedio de numerosas mediciones me da un poco más, es decir aproximadamente 4 800 metros” (*Essai sur la Géographie des Plantes*)⁴.

Notemos de paso que Humboldt no se había dado cuenta que este límite de las nieves podía variar con el tiempo y que de hecho no era más intangible que el clima del cual depende, un punto de vista “fijista” que evolucionará tan sólo a mediados del siglo XIX bajo el impulso de sabios como Agassiz. Los archivos municipales de Quito, que datan de comienzos de la Colonia y que describen el estado de las cumbres del Pichincha que dominan la ciudad, nos informan que el límite de las nieves perpetuas parece haber estado constantemente cerca de esta altura desde inicios del siglo XVI.

³ Una toesa equivale a un poco menos de dos metros.

⁴ Es difícil tomar en cuenta esta diferencia de altura porque las medidas geodésicas realizadas por Humboldt son a menudo menos precisas que las efectuadas anteriormente por los académicos.

En 1858-1859, Moritz Wagner (1870) registra las condiciones de nieves perpetuas en el Guagua Pichincha e incluso en el Rucu Pichincha, situado algunas decenas de metros más abajo. Las mediciones que efectúa Wagner son aún bastante imprecisas, sin embargo gracias a él se sabe que en Ecuador, hacia 1860, las nieves perpetuas se mantuvieron, año tras año, a una altura promedio cercana a los 4 800 m, la misma que finalmente varió poco desde la estadía de Humboldt sesenta años antes.

Más confiables son las observaciones de Reiss y de Stübel (1892-1898) efectuadas entre 1869 y 1873 porque van acompañadas de campañas geodésicas sistemáticas (Reiss, 1873). La treintena de lugares medidos tanto en la cordillera occidental como en la cordillera oriental dan una estimación media del límite de las nieves perpetuas comprendida entre 4 650 y 4 750 m, con frentes glaciares situados entre 4 300 y 4 500 m.

Diez años después y luego de numerosas ascensiones a las cumbres de Ecuador, Whymper no aporta ninguna precisión sobre los glaciares. De sus relatos y grabados sólo destacaremos que el Guagua Pichincha y el Corazón estaban aún en parte cubiertos de nieve en 1880.

Pero la situación comienza a cambiar cuando Meyer visita estas montañas en 1903: en la cumbre del Corazón las nieves perpetuas están en plena recesión y tan sólo cubren los lugares protegidos. Su comentario es inequívoco:

“El Corazón, cuya altura es de 4 787 m, se levanta justo en el nivel del límite climático de la nieve en la Cordillera Occidental (4 800 m), de manera que sólo algunos lugares protegidos presentan aún por aquí y por allá manchas de nieve. Pero, de aquí a algún tiempo, perderá estas últimas señales de nieve y de hielo (...). Su vecino el Rumiñahui, cuya cumbre alcanza 4 757 m, se ubica ya por debajo de la línea de név y aparece en consecuencia enteramente desnudo”.

Los siglos XVI a XIX son conocidos por haber tenido glaciares netamente más vastos que los de hoy en día. Existe

tal coincidencia en el avance de los glaciares de la mayor parte de los macizos montañosos del planeta que este período es llamado la *Pequeña Edad Glaciar*. Del siglo XVI al siglo XIX se produjo también el descenso de los glaciares situados al nivel de la línea ecuatorial, igual que casi en todos sitios, debido a condiciones de nevada y de temperaturas mucho más favorables. El límite de las nieves perpetuas parece haber estado situado siempre cerca o ligeramente por debajo de los 4 800 m, es decir varios cientos de metros más abajo que en la actualidad.

El Sincholagua (4 893 m) y el Cotacachi (4 939 m) que son unos cien metros más altos que el Pichincha o el Corazón han perdido sus glaciares más tarde en el transcurso del siglo XX. Whymper, que los escaló por primera vez en 1880, en su relato y en sus grabados los representa cubiertos de glaciares de buen tamaño. Siguen estando presentes cuando pasa Hans Meyer y los pintan en sus cuadros⁵ artistas como Rafael Troya y Rudolf Reschreiter, que trabajan con contrato para las expediciones alemanas de Reiss y luego de Meyer. Hasta en los años 1970 han persistido minúsculas señales de hielo, pero todo rastro de glaciar desapareció completamente a inicios de la década de 1990.

En otros macizos como el Altar, el gran glaciar que llena la caldera desborda ampliamente sobre el valle alto de Collanes cuando Troya lo pinta en 1872. Pero tal como se lo ve en las acuarelas de Reschreiter de 1903, presenta un claro retroceso, deteniéndose en la cima del cerrojo rocoso aunque ocupando siempre el conjunto de la caldera (Fig. 1). En el transcurso del siglo XX, poco a poco el glaciar deja libre la caldera, y cede espacio en su centro a un bello lago, la Laguna Amarilla. Minúscula en 1956, cubre la mitad de su superficie actual en 1965. A fines de los años ochenta alcanza su extensión máxima (43,5 ha) mientras que los glaciares dejan definitivamente el fondo de la caldera replegándose en la parte alta del circo, a la

⁵ Varios de estos cuadros, de calidad pictural y científica indiscutible, están reproducidos en la obra reciente de García & Francou, 2002.

sombra de sus paredes rocosas. Es entonces el lago glaciar reciente más grande de Ecuador.

Estos documentos permiten pues identificar la “Pequeña Edad Glaciar” en Ecuador en su fase tardía, y comprender la transición hacia el deshielo contemporáneo.

¿Qué hechos notables pueden ser establecidos con certeza?

En la época de los Académicos franceses, luego durante la visita de Humboldt y Bonpland, los glaciares de Ecuador parecen estar cerca de su extensión máxima correspondiente a la Pequeña Edad Glaciar, con un límite de nieves perpetuas situado hacia los 4 750 m-4 800 m. A mediados del siglo XIX, en momentos en que numerosos glaciares de los Alpes ya comenzaron su retroceso (Leroy-Ladurie, 1993), los testimonios de Villavicencio (1858) y de Moritz Wagner vienen a demostrarnos que, hacia 1860, las nieves perpetuas mantienen su posición en 4 750-4 800 m, como lo atestigua la presencia de névés /glaciares sobre el Pichincha, el Corazón o incluso el Atacazo. No ocurre ningún cambio notable en los 10 años siguientes si nos fiamos de las observaciones de Reiss y de Stübel. Solamente aporta un nuevo elemento el cuadro que muestra el valle alto de Collanes, pintado por Rafael Troya, artista minucioso que describe lo que ve; en 1872 se ve nítidamente que el glaciar de la caldera del Altar ha retrocedido unos cincuenta metros en altura por encima de la morrena más externa de la Pequeña Edad Glaciar. Esta morrena aparece muy bien dibujada a un nivel inferior, y su superficie está cubierta por un bosque de queñuales (*Polylepis*) bastante denso, lo que sugiere que el glaciar la abandonó por lo menos desde hace varias décadas.

Formulada esta precisión, en el cambio de siglo, le toca a Meyer describir glaciares en plena recesión:

“El retroceso de los glaciares es general. Esto se hace evidente a través del estado de superficie y su morfología, así como por



Fig. 1 – La caldera del Altar, pintada en 1903 por Rudolf Reschreiter (expedición de Hans Meyer). El retroceso del glaciar ya es notorio en esta fecha y se lee a través de las pequeñas morreas visibles en el margen derecho, que marcan lo máximo de la Pequeña Edad Glaciar.

las morrenas de retroceso (...). Los aportes de la región del névél no son suficientes para compensar la intensa fusión actual a nivel de las lenguas."

Comparando las alturas dadas por Reiss y Stübel en 1870-1873 con sus propias observaciones efectuadas en 1903, Meyer calcula un ascenso vertical del frente de los glaciares de 150 m en promedio, en todas las cordilleras. Para la altura media de los frentes, él da una cifra de 4 500 m.

Mucho después, Stefan Hastenrath (1981), de la Universidad de Wisconsin, publica en 1981 la primera síntesis moderna sobre la glaciación de los Andes ecuatorianos. Cuando en 1975 él recorre estos glaciares, su *línea de equilibrio* (o línea de nieves perpetuas) está situada en promedio en 4 900-4 950 m. Los pequeños glaciares residuales, como los del Sincholagua y del Cotacachi, amenazan con desaparecer.

Finalmente, hace poco, los estudios efectuados sobre el flanco oeste del Antizana por un equipo de glaciólogos del IRD (*Institut de Recherche pour le Développement*) y sus contrapartes ecuatorianas, muestran que sus glaciares han retrocedido considerablemente desde hace 45 años (Francou *et al.*, 2000). Antaño, el Glaciar-15 del Antizana, muy visible desde Papallacta, así como sus vecinos el Guagraialina y Los Crespos, fueron visitado por los grandes viajeros, Humboldt, Boussingault (1849), Reiss, Stübel, Whymper y Meyer. Reproducimos aquí una acuarela de Los Crespos que hizo Reschreiter en 1903 (Fig. 2). El glaciar-15 ha perdido casi un cuarto de su superficie desde 1956. El retroceso se ha acelerado aún más durante la década 1990-1999, con un 10% de disminución de su superficie en tan sólo 4 años, de 1995 a 1999. Semejante situación está ligada a un déficit medio sobre toda la superficie del glaciar de más de medio metro de su equivalente en agua por año. Por este motivo, el límite medio de las nieves perpetuas ha subido a 5 000 m en esta parte de la Cordillera oriental. Está exactamente 300 m más elevado que cuando pasaron Reiss y Stübel en 1873.

¿Qué aportan los datos documentales del Perú en esa misma época?

Los relatos de los viajeros sobre el Ecuador hacen pensar que los glaciares mantienen hasta casi 1880 una posición muy cercana de su máxima correspondiente a la Pequeña Edad Glaciar. ¿Qué sucedió en el vecino Perú?

Basándose en una acuarela, atribuida a Raimondi, que representa el paisaje de la Quebrada de Pincuyuyoc, en el alto Rímac, Broggi (1945) afirma que los glaciares de la zona se encontrarían en su extensión máxima en 1862. Es difícil, sin embargo, fundamentar un razonamiento a partir de esta única información, considerando las hipótesis sobre las que se basa. Esta fecha es cercana a la del comienzo del deshielo observado en los Alpes, pero sería necesario tener acceso a otras fuentes más confiables antes de concluir en un sincronismo de las variaciones de los glaciares de una cadena a otra y de un hemisferio a otro.

Más tarde, al cambiar de siglo, los testimonios sobre el estado de los glaciares se hacen más numerosos y más seguros. En 1908, en base a sus propios trabajos y a muchas otras fuentes, Sievers indica que en todas las cordilleras del Perú ha ocurrido un retroceso rápido de los glaciares a fines de los años 1880. Es el momento en que, en la región de Ananea (Cordillera Apolobamba), los glaciares abandonan las antiguas instalaciones mineras que datan de la Colonia, las mismas que habían cubierto en el siglo XVII. Sievers evalúa el alza vertical de los frentes de los glaciares en 150-200 m a partir de su máxima extensión, cifra que es coherente con la calculada en un período poco diferente por Meyer en Ecuador. La continuación de la historia glaciaria en el siglo XX está bien documentada en el caso de la Cordillera Blanca, teniendo como telón de fondo el impresionante deshielo de los años 1940 que comienza en el transcurso de la década de 1930. A éste lo precede una fase de estabilización, incluso de reavance, que dura de 1909 a 1932 (Kinzl, 1969). Los años 1950-1960, hasta mediados de los años 1970 marcan una nueva pausa en el movimiento de recesión,



Fig. 2 – El glaciar Los Crespos sobre la vertiente oeste del Antizana en 1903, en el fondo el Pico Sur del Antisana (pintura de R. Reschreiter). Dos morrenas de retiro confirman el retroceso reciente de este glaciar.

con una estabilización de los frentes e incluso algunos reavances menores. A partir de 1976, el retroceso de los glaciares se acelera en la cordillera Blanca, como en todos los Andes centrales (Ames, & Francou, 1995). Es notorio que desde fines del siglo XIX los movimientos de los glaciares en el Perú, en Ecuador y en Bolivia están en fase con la evolución de la temperatura mundial, particularmente la del hemisferio sur (Watson ed., 2001).

Informaciones que deben ser cruzadas con otras

Aunque presenta todavía muchas lagunas, la historia de los glaciares de Ecuador durante los 4 últimos siglos puede ser reconstruida en base a documentos, lo que es un hecho corriente en los Alpes pero más raro en los trópicos. Estos 4 últimos siglos revisten un interés particular porque son testigos de la mayor crecida glacial conocida en el transcurso de estos últimos 10 000 años, seguida de un impresionante retroceso asociado a un proceso de calentamiento rápido. Existe un conjunto de datos que establecen que los glaciares se mantuvieron hasta los años 1880 sobre una extensión cercana a aquella que tuvieron en el máximo de la Pequeña Edad Glaciar. Luego el retroceso, iniciado quizás desde 1860 y lento al comienzo, se acelera en el transcurso de los últimos años del siglo XIX y de los primeros años del siglo XX, para luego disminuir en el transcurso de las dos décadas siguientes.

Tan sólo los fechados absolutos y las técnicas de la liquenometría aplicadas a las morrenas permitirán reforzar y quizás precisar estas informaciones documentales. Los resultados de los tests dendrocronológicos efectuados sobre especies de árboles de altura (del género *Polylepis* en Bolivia) deberían ir en este mismo sentido, informándonos tal vez más sobre las variaciones de las precipitaciones. Mientras tanto, los únicos datos disponibles sobre el clima de la Pequeña Edad Glaciar de los Andes centrales provienen de testigos glaciares extraídos en zonas muy altas. De acuerdo a la interpretación que hacen L.G. Thompson y su equipo (Thompson, *et al.*, 1986) del análisis del hielo extraído en el casquete del Quelccaya al sur del Perú,

la Pequeña Edad Glaciar habría finalizado en 1880, durante una transición abrupta que solamente duró dos o tres años. Los marcadores utilizados para identificar esta transición son los polvos atmosféricos, cuyas tasas de concentración en el hielo disminuyen brutalmente a partir de aquella fecha, así como también la relación isotópica del oxígeno ($\delta^{18}\text{O}$) cuyos valores tienden a ser menos negativos después de 1880. Esta señal va en el sentido de un clima más seco, más ventoso y sin duda más favorable a la sublimación que a la fusión de la nieve en grandes alturas durante la Pequeña Edad Glaciar. El período posterior a 1880 tiende por el contrario a ser más húmedo, menos ventoso y más cálido. Otros testigos de hielo, como los recientemente extraídos de las cumbres del Illimani (Bolivia) y del Chimborazo (Ecuador) por el IRD tendrán que dar validez a esta "fecha-ruptura" de 1880. Aunque fuera el caso y que las interpretaciones climáticas vayan siempre en el mismo sentido, no hay que perder de vista que bajo los trópicos son sobre todo las condiciones de ablación reinante a baja altura sobre los glaciares las que controlan la posición de su línea de equilibrio y, a partir de ahí, la de su frente. Asimismo, únicamente sólidos argumentos provenientes del fechado de las morrenas permitirán precisar las informaciones de origen histórico que tenemos a nuestra disposición. Entonces se podrá pues iniciar una reconstitución fina del clima de la Pequeña Edad Glaciar y un análisis de las condiciones que han permitido el paso hacia el deshielo contemporáneo.

En espera del resultado de estas investigaciones, sobre la base de los relatos y de las láminas traídos por los Viajeros científicos destaquemos algunas cuantas evidencias: 1) en Ecuador los glaciares conocieron una magnífica crecida entre, como mínimo, comienzos del siglo XVI y mediados del siglo XIX; 2) ésta provocó una depresión de cerca de 300 m del límite de las nieves perpetuas en relación al límite actual (2000); 3) el marcado retroceso de estos glaciares no está confirmado sino hasta después de los años 1880, es decir más tarde que en los Alpes; sin embargo hay que limitar el alcance de esta afirmación

en razón de la ausencia de sólidas fuentes históricas anteriores a 1870, lo que no sucede en el caso de los Alpes; 4) el retroceso de los glaciares prosiguió de manera irregular a lo largo del siglo XX, alternando fases rápidas (1890-1905, 1932-1945, después de 1976) con fases más lentas (1909-1932, 1955-1975) que permitieron algunos re-avances de los frentes en algunos años.

No está en la óptica de este texto desarrollar las razones que provocaron estas oscilaciones. Se están realizando estudios para sopesar la responsabilidad de factores que vienen primero a la mente —cambio en las temperaturas, modificación del régimen de las precipitaciones—, o de aquellos que provienen de variaciones más sutiles en los términos de balance de energía de la superficie de los glaciares (Francou *et al.*, 2003). Los resultados esperados serán importantes para calibrar los modelos de circulación general y para delimitar mejor la importancia de los factores antrópicos en el cambio global del clima.

Bibliografía

- AMES, A. & FRANCOU, B., 1995 – Cordillera Blanca. Glaciares en la Historia. *Bulletin de l'Institut Français d'Études Andines*, **24**(1): 37-67.
- BOUGUER, P., 1748 – *Relation abrégée du voyage fait au Pérou par Messieurs de l'Académie Royale des Sciences pour mesurer les degrés du méridien aux environs de l'Equateur et en conclure la figure de la Terre*, 396p.; París: Jombert.
- BOUSSINGAULT, J. B., 1849 – *Viajes científicos a los Andes ecuatoriales*, 322p.; París: Lasserre.
- BROGGI, J.A., 1945 – La desglaciación actual de los Andes del Perú. *Boletín del Museo de Historia Natural "Javier Prado"*, **34-35**: 222-248; Lima.

- FRANCOU, B., RAMÍREZ, E., CÁCERES, B. & MENDOZA, J., 2000 – Glacier Evolution in the Tropical Andes during the last Decades of the 20th Century: Chacaltaya, Bolivia, and Antizana, Ecuador. *Ambio*, 29(7): 416-422.
- FRANCOU, B., VUILLE, M., WAGNON, P., MENDOZA, J. & SICART, J.E., 2003 – Tropical Climate Change recorded by a Glacier of the central Andes during the last Decades of the 20th Century: Chacaltaya, Bolivia, 16°S. *Journal of Geophysical Research*, 108: 10.1029/2002jd002959.
- HASTENRATH, S., 1981 – *The Glaciation of the Ecuadorian Andes*, 159p.; Rotterdam: A.A. Balkema Publishers.
- HUMBOLDT, A. von, 1843 – *Asie Centrale*, París: Gide.
- HUMBOLDT, A. von, 1853 – *Kleinere Schriften*, vol. 1, 474p.; Cotta, Stuttgart-Tübingen.
- KINZL, H., 1969 – La glaciación actual y pleistocénica de los Andes centrales. *Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima*, N° 89: 89-101.
- LA CONDAMINE, Ch.-M. de, 1751 – *Journal du voyage fait par ordre du Roi à l'Équateur, servant d'introduction historique à la mesure des trois premiers degrés du méridien*, 266p.; París.
- LEROY-LADURIE, E., 1993 – *Histoire du climat depuis l'An Mil*, 264p.; París: Flammarion.
- GARCÍA, M. & FRANCOU, B., 2002 – *The Heart of the Andes*, 141p.; Quito: Libri Mundi.
- MEYER, H., 1907 – *In den Hoch-Anden von Ecuador*, 551p.; Berlín: Dietrich Reimer.
- REISS, W. & STÜBEL, A., 1892-1898 – *Reisen in Südamerika. Das Hochgebirge der Republik Ecuador. Petrographische Untersuchungen*, vol. 1: *West-Cordillere*, 358p., vol. 2: *Ost-Cordillere*: 356p.; Berlin: A. Asher.
- REISS, W., 1873 – *Alturas tomadas en la República del Ecuador en los años de 1872 y 1873*; Quito.
- SIEVERS, W., 1908 – Vergletscherung der Cordilleren des tropischen Südamerika. *Reisen im Peru und Ecuador*, N° 2: 271-284; Leipzig.
- THOMPSON, L. G., MOSLEY- THOMPSON, H., DANSGAARD, W. & GROOTES, P.M., 1986 – The little Ice Age as recorded in the stratigraphy of the tropical Quelccaya Ice Cap. *Science*, N° 234: 361-364.

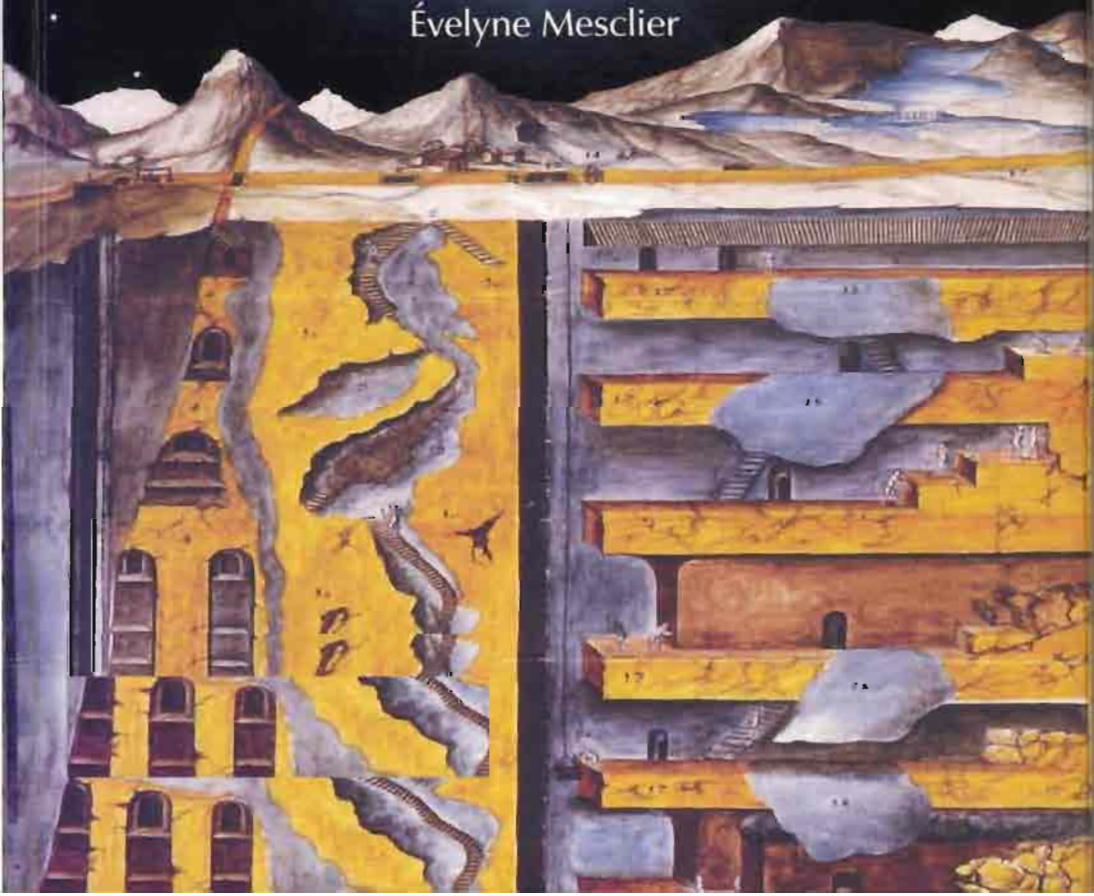
- VILLAVICENCIO, M., 1858 – *Geografía de la República del Ecuador*, 505p.; New York: Craighead.
- WAGNER, M., 1870 – *Naturwissenschaftliche. Reisen im tropischen Amerika*, 632p.; Stuttgart: Cotta.
- WATSON, R.T. ed., 2001 – *Climate Change 2001: Synthesis Report*, 397p.; Cambridge: Cambridge University Press-IPCC.
- WHYMPER, E., 1892 – *Travels amongst the Great Andes of Ecuador*, 456p.; Londres: Scribner's.

Los Andes

¿el reto del espacio mundo

Homenaje a Olivier Dollfus

Editores: Jean-Paul Deler
Évelyne Mesclier



Los Andes

y el reto del espacio mundo

Homenaje a Olivier Dollfus

Jean-Paul Deler
Évelyne Mesclier
Editores



IFEA



REPUBLICQUE FRANÇAISE
Embajada de Francia

1ra edición mayo de 2004
Hecho el depósito legal N° 1501052004-2744
Ley 26905-Biblioteca Nacional del Perú
ISBN 9972-623-29-7

DERECHOS DE LA PRIMERA EDICIÓN:

- © IFEA Instituto Francés de Estudios Andinos
Av. Arequipa 4595 – casilla 18-1217 - Lima 18
Teléf.: (51 1) 447 60 70 Fax: (51 1) 445 76 50
E-mail: postmaster@ifea.org.pe
Web: <http://www.ifeanet.org>
Este libro corresponde al tomo 170 de la colección "Travaux de l'Institut Français d'Études Andines" (ISSN 0768-424X)
- © IEP Instituto de Estudios Peruanos
Horacio Urteaga 694, Lima 21
Teléf.: (51 1) 424 48 56 - 431 66 03 Fax: (51 1) 332 61 73
E-mail: postmaster@iep.org.pe
Web: <http://www.iep.org.pe>
Este libro corresponde a la serie **Historia Andina N° 27**
- © Embajada de Francia en el Perú
Av. Arequipa 3415, Lima 27
Teléf.: (51 1) 215 84 00 Fax: (51 1) 215 84 30
Web: <http://www.ambafrance-pe.org>

Textos en francés traducidos al castellano por Sandra RECARTE

CARÁTULA:

Diseño: Iván Larco

Ilustración: **Minas: nuevo método de explotación [1790]**. Plano que representa un nuevo método de trabajar las minas "inventado y practicado por el Sargento Mayor de Dragones de Canta Don Gaspar Sabujo". Experimentado en las minas Pomacancha y San Silvestre Harochiri (Archivo General de Indias / Perú y Chile, 121).

CUIDADO DE LA EDICIÓN:

Anne-Marie Brougère, Clelia Gambetta, Viviana Seitz