

al Prof. M. Zuretti

per cortese ricordo

ALBERTO M. DE AGOSTINI S. S.

am. de Agostini

ASPETTI GEOMORFOLOGICI
DELLA
CORDIGLIERA PATAGONICA
AUSTRALE

(CON TRE TAVOLE FUORI TESTO)



TORINO
R. ACCADEMIA DELLE SCIENZE
3, Via Maria Vittoria, 3
1939-XVII

ALBERTO M. DE AGOSTINI S. S.

ASPETTI GEOMORFOLOGICI
DELLA
CORDIGLIERA PATAGONICA
AUSTRALE

(CON TRE TAVOLE FUORI TESTO)



TORINO
R. ACCADEMIA DELLE SCIENZE
3, Via Maria Vittoria, 3
1939-XVII

ESTRATTO DAGLI
Atti della Reale Accademia delle Scienze di Torino
Vol. 74 (1938-39 - XVII).

Aspetti geomorfologici della Cordigliera patagonica australe.

Nota del Socio corr. ALBERTO M. DE AGOSTINI S. S.

presentata nell'adunanza del 18 Gennaio 1939-XVII

(Con tre Tavole fuori testo).

Riassunto. — *L'A. dopo aver determinato la posizione geografica della Cordigliera patagonica australe e fissato le sue aree di glaciazione, passa a considerare le particolarità morfologiche del fenomeno glaciale; esamina quindi le condizioni climatiche, la struttura orografica e la costituzione geologica della Cordigliera, fermandosi in ultimo sugli effetti della erosione glaciale del Quaternario e sulla formazione e sviluppo dei fiordi e canali patagonici.*

I. - SITUAZIONE E SUDDIVISIONE.

La Cordigliera patagonica australe, che si estende fin presso lo Stretto di Magellano, come estrema propaggine delle Ande, si differenzia dalle altre zone cordigliere del Nord per lo straordinario sviluppo dei campi di ghiaccio, i quali ricoprono, come un esteso manto, tutta la Cordigliera, così, da non trovare confronto che nelle regioni glaciali dello Spitzberg o della Alaska.

La singolare bellezza de' suoi fiordi, la maestosità dei monti, l'imponente grandiosità dei ghiacciai, che scendono fino al mare nella verde cornice di esuberanti foreste vergini, fanno di questa regione cordigliera una delle più pittoresche e attraenti del globo.

Una profonda breccia formata dal fiordo Baker divide questa immensa Cordigliera, ammantata di ghiaccio, in due settori: settentrionale e meridionale.

Il settore settentrionale ha principio nella conca idrografica del Rio Huemul ($45^{\circ} 50'$ lat. Sud) e si prolunga per due gradi fino al canal Martinez nel fiordo Baker ($47^{\circ}, 45'$ lat. Sud). Ancor poco si conosce di questo settore cordigliero formato da un vastissimo altipiano ghiacciato, il quale è attraversato da Nord a Sud da un'importante catena di monti notevoli per altezza e arditezza di forme, fra cui emerge il monte San Valentin di 4058 metri, il monte più elevato della Patagonia. Da questo monte scendono verso occidente alcuni grandi ghiacciai, uno dei quali, il San Rafael, scioglie la sua fronte nelle acque del lago omonimo, a pochi metri sul livello del mare.

Molto più esteso e vario è il settore meridionale, che fu oggetto delle nostre esplorazioni. Esso è costituito da una complessa catena di monti, interrotta e sommersa in alcuni punti da altipiani e valli ghiacciate trasversali, la quale si estende per quattro gradi, dalla fronte del ghiacciaio Jorje Montt, che scende nell'Estero Calen ($48^{\circ} 15'$ lat. Sud), fino all'estremità Sud della catena Sarmiento, nel Seno Union ($52^{\circ} 10'$ lat. Sud). In tutta questa lunghezza di 440 chilometri per 50-90 di larghezza, la Cordigliera è ricoperta da un esteso e ininterrotto manto di neve e ghiaccio, che stagna nelle valli, si dilata negli altipiani, risale fin sulle vette di tremila metri e poi scende festonato in centinaia di ghiacciai, che riempiono le valli e precipitano nei fiordi patagonici ad occidente, mentre invece a levante, sciolgono la loro fronte su di un'ininterrotta catena di laghi d'ogni dimensione e forma.

Fra questi due vasti settori cordigliero si innalza isolato, alquanto più ad oriente, un altro sistema montuoso, che si potrebbe denominare settore centrale, circoscritto a Nord dalla depressione idrografica del Rio Baker e lago Cochrane-Pueyrredon, e, a Sud-Est, dalla conca fluviale del Rio Pascua e lago San Martin. Esso è costituito da alcune notevoli catene di monti rivestite in gran parte da ghiacciai, fra cui si insinua una bellissima catena di laghi. Su tutti questi monti domina per elevazione il massiccio San Lorenzo di 3750 metri.

II. - PARTICOLARITÀ MORFOLOGICHE DELLA GLACIAZIONE PATAGONICA.

La glaciazione patagonica ha particolarità morfologiche che la contraddistinguono dalle altre. Ne faremo qui breve menzione.

Il gran mantello di ghiaccio che ricopre questi due settori cordiglierani è immensamente più esteso delle calotte glaciali che ammantano i pianalti norvegesi, ed a cui scendono rami marginali, spesso vallivi. Da quelle differiscono anche perchè il rilievo patagonico è più accentuato e ramificato e maggiori sono le profondità vallive e più vasti e determinati i bacini di raccoglimento.

La glaciazione patagonica non è affatto da paragonarsi alla ghiacciaia continentale della Groenlandia (Inlandsis), dove il mantello di ghiaccio immenso ed uniforme, alterato soltanto da qualche *Nunatak*, scende di colpo nella costa e si spezza in grandi lingue di ghiaccio sul mare, dando origine agli *Icebergs*.

Qualche rassomiglianza può avere, nella zona interna, con il tipo Alaskiano, che possiede numerosi ghiacciai di tipo alpino, eccezion fatta dei con di espansione della regione costiera e pedemontana.

Piuttosto il tipo patagonico di glaciazione ha caratteri di rassomiglianza con quello dello Spitzberg, a grande mantello di ghiaccio leggermente ondulato, da cui emergono le vette più elevate e le costole rocciose del sottostante rilievo roccioso fondamentale, sul quale sono intagliate larghe selle e depressioni, che collegano i ghiacciai dei versanti opposti. Bisogna però notare che nella Cordigliera patagonica il rilievo è assai più grandioso ed elevato e le incisioni vallive sono più ampie e profonde e più intensa si dimostra l'azione glaciale nei potenti depositi morenici ⁽¹⁾.

(1) Un interessante studio sui ghiacciai e sui fiordi della Norvegia e dello Spitzberg, dove risaltano i menzionati caratteri di rassomiglianza coi ghiacciai e fiordi patagonici, venne testè pubblicato dal glaciologo Prof. Federico Sacco, che ebbe occasione di visitarli in un suo recente viaggio. (Cfr. FEDERICO SACCO, *La Norvegia e lo Spitzberg occidentale visti da un glaciologo*, in « Le Vie del Mondo », Anno VI, 1938, N. 2 e 4).

L'attuale fisionomia della glaciazione patagonica si può paragonare a quella delle Alpi nell'epoca pliocenica, con la differenza che, mentre i ghiacciai patagonici scendevano fino al mare, quelli alpini terminavano sulla paludosa pianura padana.

Le varie lingue di ghiaccio che si staccano dai bacini superiori di raccoglimento nevoso-glaciale e scendono nelle valli, formano importanti ghiacciai vallivi di tipo alpino. Però fra questi, che occupano il fondo delle valli e scendono, spesse volte, fino al mare, si possono distinguere quelli a bacino ben definito e quelli a bacino più o meno incerto, costituiti da colate o lingue, che si staccano da altipiani ghiacciati, dove i bacini di alimento delle singole lingue intercomunicano e si confondono. Numerosi sono i ghiacciai di pendio, di vallone e di pianalto, più rari quelli di circo.

Per il resto i caratteri dei ghiacciai della Patagonia sono analoghi a quelli dei ghiacciai alpini; così le stesse stratificazioni, gli stessi lenti movimenti di discesa, le medesime crepacciature marginali, longitudinali, e trasversali, incluso la solita crepaccia periferica.

Le morene superficiali sono sufficientemente marcate, specialmente in alcuni ghiacciai, attualmente in forte ablazione e ritiro. Queste mancano affatto nelle zone interne (Altipiani e bacini glaciali) dove le precipitazioni sono pressochè continue e tutto il rilievo è sommerso sotto un manto di neve e ghiaccio. Lo spessore della massa glaciale nell'interno, deve essere notevole, perchè alimentata da abbondanti precipitazioni, ma nel versante orientale, dove queste decrescono, diventa più debole e depressa.

Quasi tutti i ghiacciai del versante orientale della Cordigliera sono in ritiro, come lo dimostrano le fasce denudate dalla vegetazione, che sovrastano il corso dei ghiacciai. Fa eccezione il ghiacciaio Moreno, nel braccio Sud del lago Argentino, il quale da alcune decine di anni è in continuo avanzamento, essendo arrivato in questi ultimi anni ad ostruire il canale Los Tempanos.

Nel versante occidentale della Cordigliera, prossima ai canali del Pacifico, dove le piogge sono più abbondanti e conti-

nuate ed il clima più umido, i ghiacciai si mantengono stazionari. Uno di questi, fra i più estesi, il Pio XI, nel 1925, avanzò in pochi mesi di tre chilometri e andò a infrangere la fronte sulla costa opposta, chiudendo così l'estremità Nord del Seno Eyre.

Un particolare fenomeno della glaciazione patagonica è quello del basso livello a cui giungono i ghiacciai. In nessuna parte del mondo vi sono infatti ghiacciai che, a questa latitudine, abbiano uno sviluppo così grande e scendano fino al mare con le loro maestose fronti, da cui si staccano gli *icebergs*, che vanno alla deriva trascinati dal vento o dalle correnti, dando l'illusione di regioni semipolari. Nell'emisfero Nord bisogna infatti risalire fino al 57° parallelo (Alaska) oppure al 68° (Jokelfjord - Norvegia) per incontrare un ghiacciaio che scenda fino al mare, mentre invece nella costa patagonica trovasi a solo 46° 50' di lat. Sud, presso il Golfo di Penas (Ghiacciaio San Rafael).

III. - CONDIZIONI CLIMATOLOGICHE.

Le cause che danno origine a questo straordinario sviluppo glaciale e ne producono la discesa fin sulle acque del mare, vanno ricercate nella linea climatica delle nevi (1500-1600 metri) e nel clima essenzialmente umido, che regna nella regione cordigliera, favorito dalle correnti marine ed atmosferiche. È ormai dimostrato che per la formazione e sviluppo dei ghiacciai sono necessarie nevi così abbondanti che il calore estivo non arrivi a fonderle totalmente. Ora questo appunto avviene nelle Ande patagoniche meridionali, dove alla bassa temperatura vi cooperano abbondantissime precipitazioni atmosferiche, elemento indispensabile per la formazione dei ghiacciai.

Sfortunatamente su questo superbo scenario di picchi e di ghiacciai si scatenano venti e tempeste con straordinaria violenza e continuità. Le stesse correnti atmosferiche che sviluppano i ghiacciai sono in gran parte la causa di questo perturbamento atmosferico, che tiene celati i monti perennemente in denso manto di nubi.

Queste correnti atmosferiche, dopo essersi saturate di vapori nella superficie piana dell'oceano, vanno a cozzare contro le



elevate catene litorali del Pacifico, è, costrette a risalire la Cordigliera, al contatto delle nevi perenni e dei ghiacciai si raffreddano e condensano, cadendo in pioggia e neve.

Dopo essersi sgravate della loro umidità sulle cime nevose delle Ande, queste masse aeree si precipitano in una corsa vertiginosa nella zona pampeana del litorale Atlantico, dove trovano aria secca e rarefatta, perchè, specialmente d'estate, nella regione centrale, il suolo arenoso si riscalda fortemente, l'aria si dissecca e si forma un centro di bassa pressione coi gradienti inclinati verso il Sud-Est. Quanto più secco è l'ambiente e più bassa la pressione litorale, altrettanto forti e violenti sono i venti, che danno così poca lusinghevole fama alla Patagonia. Nell'inverno l'intensità diminuisce perchè la maggior pressione si trova nelle coste del Pacifico ⁽¹⁾.

Le correnti atmosferiche, che sono causa della diversità di clima negli opposti versanti della Cordigliera, determinano pure, negli stessi versanti, diversità morfologiche di innevamento e di sviluppo glaciale.

Nel versante occidentale le catene di monti interne, a cagione della maggior quantità di precipitazioni atmosferiche, della perenne nebulosità e della costante bassa temperatura, la quale non permette, anche d'estate, lo scioglimento delle nevi, si trovano ricoperte, fino alla sommità, da un manto ininterrotto di neve e ghiaccio, da cui difficilmente affiora la roccia.

A levante invece, i monti si mostrano in parte spogli di neve e ghiaccio, perchè le precipitazioni atmosferiche sono meno abbondanti, l'atmosfera più secca ed asciutta ed il cielo più sereno. Tuttavia, in questo versante, gran parte delle cime, che oltrepassano i 2500 metri, sotto l'influsso delle correnti umide e fredde del SW, sono rivestite, anche nelle pareti rocciose a picco, da spesse e fantastiche incrostazioni di ghiaccio, formate dai vapori acquei, che ivi si condensano e congelano.

(1) Analoghe sono le cause che influiscono sulla formazione glaciale e sulle condizioni climatologiche della Terra del Fuoco. Cfr. A. DE AGOSTINI, *I miei viaggi nella Terra del Fuoco*, pagg. 12-15.

IV. - STRUTTURA OROGRAFICA.

Quantunque ad una latitudine assai poco elevata e vicina a centri di popolazione, con vie di facile accesso, tuttavia la Cordigliera patagonica australe è rimasta, fino a pochi anni fa, una *terra incognita*, quasi fosse confinata nei circoli polari; e ancor oggi presenta, nel suo interno, grandi zone inesplorate. Centinaia di picchi, di candidi massicci capricciosamente plasmati di ghiaccio, arditissime guglie di granito, non soltanto non vennero mai scalate, ma sono tuttora avvolte nel mistero dei loro cieli foschi e tempestosi.

Tuttavia, dopo le mie ripetute spedizioni in vari settori interni, d'ambo i versanti, e una ricognizione aerea, nella regione di Ultima Esperanza, posso oggi tracciare con sicurezza uno schema generale della struttura orografica della Cordigliera patagonica meridionale.

Incominciando dal suo estremo Sud, circoscritto dal seno Union, essa innalza la bellissima Cordigliera Sarmiento tutta candida di neve con picchi di circa duemila metri, che sovrastano immediatamente le acque del mare, fra il Canal de las Montañas e una profonda articolazione dei canali patagonici. Di qui innanzi la Cordigliera si trasforma in vasti altipiani e correnti ghiacciate, che rimontano fino all'Esterio Peel, soltanto alterati da basse cime e da catene d'un bianco immacolato (m. 1500-2000), orientate per lo più da NO a SE. In questo primo tratto emerge per mole ed elevazione il Cerro Balmaceda il quale, come un gigantesco baluardo, si inoltra verso oriente, fra la testata occidentale del fiordo Ultima Esperanza e le conche idrografiche del Rio Serrano e del Rio Geikie, unito soltanto alla Cordigliera da una bassa propaggine su cui è intagliato un colle, che dà facile passaggio ai due versanti.

Altra imponente catena isolata della Cordigliera, che si protende per un buon tratto verso i terrazzi patagonici, fra il lago Nordenskjöld e la conca idrografica del Rio Paine, è quella del Paine, che si innalza a trenta chilometri più a nord del Balmaceda. Questa meravigliosa catena possiede numerosi picchi

in forma di torri, guglie, pinnacoli, che le danno un imponente e fantastico aspetto: di questi il maggiore è quello denominato propriamente Paine, alto 2840 metri.

A settentrione della catena Paine, la Cordigliera patagonica, fiancheggiata a levante dagli estesi bracci del lago Argentino e, a ponente, dal Seno San Andres, va innalzandosi gradatamente fino alla catena Roma, in forma compatta e con innumerevoli vette, di cui alcune sorpassano i tremila metri. Un ininterrotto manto di ghiaccio riveste tutte le accidentalità del rilievo e di quando in quando trabocca nelle depressioni e scende in maestose seraccate sui fiordi del lago Argentino (Ghiacciai Moreno, Spegazzini, Onelli).

Dalla catena Roma il rilievo degrada e scompare in parte sotto il gran mantello di ghiaccio e neve dell'altipiano Italia, che all'altezza di 1900-2000 metri si protende con leggere ondulazioni verso settentrione per una quarantina di chilometri, terminando ai piedi dei contrafforti meridionali del Cordon Mariano Moreno. Soltanto ai margini del vasto altipiano, che mantiene una larghezza di 10-15 chilometri, si accentua il rilievo dapprima con piccole elevazioni verso ponente in forma di cime isolate di 2200-2500 metri, come il m. Torino da noi asceso (m. 2260), unite da selle e creste ghiacciate, che precipitano nei canali patagonici e poi, con monti alquanto più elevati, fra cui domina la catena Riso Patron.

A levante dell'altipiano la catena centrale, che forma la linea di confine fra il Cile e l'Argentina, si prolunga verso settentrione con massicci di oltre tremila metri, fra cui emergono i monti Cono, Murallon e Don Bosco, staccati fra di loro da ampie selle ghiacciate. Nel versante occidentale questa cresta spartiacque appare ricoperta fino alla sommità dai lembi del mantello di ghiaccio dell'altipiano Italia, il quale trabocca dalle selle nel sottostante ghiacciaio Upsala, formando a sua volta lunghe correnti tributarie, arginate dalle pareti dei menzionati monti.

Il ghiacciaio Upsala, il maggiore per ampiezza che possessa la Cordigliera patagonica meridionale, nel suo versante di levante, riempie una ampia e profonda valle scavata fra la catena pre-

andina e la cresta spartiacque e si estende verso settentrione ben delimitato per una trentina di chilometri, dalla sua fronte, che si scioglie sul lago Argentino, fino al monte Don Bosco. Quivi al declinare nuovamente del rilievo centrale, il ghiacciaio Upsala si confonde nel suo margine occidentale con la uniforme distesa di ghiaccio e neve dell'altipiano Italia, e, raggiunto le basi del Cordon Mariano Moreno, dove ha il suo culmine, ridiscende nuovamente, unendosi al ghiacciaio Viedma, il quale tuffa la sua fronte nel lago omonimo.

È in questo secondo tratto, circoscritto dal Seno Eyre, a ponente, e dai laghi Viedma e San Martin, a levante, che la Cordigliera patagonica soffre maggior discontinuità per la interposizione di altipiani ghiacciati, che la attraversano da Est ad Ovest in forma di ampi bacini, da cui scendono lateralmente vaste correnti di ghiaccio.

La primitiva compattezza e uniformità del rilievo viene altresì alterata dal molteplice spezzettamento e dalla differente direzione delle catene di monti, le quali, quantunque situate al margine della Cordigliera, conservano notevole sviluppo ed elevazione, così, da rendere difficile il discernere su quali di queste catene trovasi la cresta spartiacque.

In tal forma, dopo l'altipiano Italia è il vasto pianoro dei cinque ghiacciai, che stronca il corso della Cordigliera, inviando lateralmente cinque correnti di ghiaccio, le quali, nel loro corso, delimitano ed isolano importanti gruppi montuosi. Fra questi annoveriamo il Cordon Adela, da cui si stacca, a levante, l'imponente laccolite del Fitz Roy (m. 3375), e più a settentrione la catena Marconi, fra la valle del Rio de las Vueltas e il bacino glaciale del Viedma.

Anche il massiccio Gorra Blanca (m. 2270), che sorge ai margini della Cordigliera trovasi circoscritto con i suoi contraforti orientali, dai ghiacciai Marconi e Chico. Lo stesso Cordone Mariano Moreno, che forma la cresta spartiacque, viene bruscamente stroncato, ad angolo retto, dal ghiacciaio Pio XI, che scende nel Seno Eyre.

A settentrione del pianoro dei cinque ghiacciai, la catena centrale si rialza gradatamente, culminando con il Cerro Pira-

mide di 3380 metri. Questo imponente massiccio sorge alla testa SW della gran catena Gaea, esplorata nella estate del 1933 dal Dott. Reichert e compagni. Il Cordone Gaea è formato da vette di oltre tremila metri, tutte immacolate di nevi e si dirige a ENE, verso il lago San Martin, delimitato a Nord dal ghiacciaio O'Higgins e, a Sud, dal ghiacciaio Chico.

Sul versante occidentale, prossimo al Seno Eyre, si innalza altra imponente catena di monti, biancheggianti di nevi eterne, circonscritta a Sud dal ghiacciaio Hicken, dal quale irradiano verso NO parecchi ghiacciai. Fra questi il più esteso e ampio è quello denominato Jorge Montt, che si dirige a settentrione e scende come un'immensa fiumana di ghiaccio, nell'Estero Calen, dove scioglie la sua gigantesca fronte di cinque chilometri di larghezza.

In questo ultimo tratto la Cordigliera patagonica meridionale mantiene le maggiori elevazioni lungo i bracci occidentali del lago San Martin con notevoli picchi e catene, di cui le carte segnano soltanto le catene O'Higgins, Condor, Alesna, e i due Mellizos di tremila metri di altezza.

L'altezza dei monti di questa sezione meridionale della Cordigliera non è molto rilevante, perchè nessuno oltrepassa i 3500 metri; gran parte delle vette si mantengono sui duemila metri, alcune più elevate raggiungono i 3000-3400 metri circa. Ma quando uno ci si trova di fronte e vede sovrastare verticalmente sul suo capo quelle aduste pareti di granito o di ghiaccio per mille o duemila metri, rimane fortemente impressionato e si convince che i monti della Patagonia, per arditezza di forma e per bellezza e attrazione alpinistica, non hanno nulla da invidiare ai più celebrati colossi delle nostre Alpi e fors'anche delle altre parti del mondo.

Bisogna però osservare che se i monti son poco elevati anche il livello delle nevi è molto basso, giacchè queste si mantengono perenni all'altezza media di circa 1500-1600 metri, mentre la vegetazione arborea scompare ai 1000-1100 metri. Naturalmente questo limite climatico delle nevi non può essere che approssimativo considerato le differenti condizioni termiche di questa zona cordigliera che abbraccia sei gradi di estensione.

V. - COSTITUZIONE GEOLOGICA.

Geologicamente la Cordigliera patagonica si può dividere in tre zone, che si succedono in senso trasversale alle Ande, da Ovest ad Est, presentando ognuna caratteri particolari di struttura e di costituzione ⁽¹⁾.

Ad Ovest, sul Pacifico, abbiamo la zona costiera e montuosa degli arcipelaghi patagonici in cui affiora, nelle innumerevoli isole e penisole la grande batolite granodioritica occidentale, di formazione preterziaria, che si estende dal Golfo di Penas al Capo Horn.

Segue ad Est la zona interna e più elevata, che forma la Cordigliera principale, quasi per intero rivestita di ghiaccio e neve, costituita da rocce scistoso-cristalline e sedimentarie fortemente piegate e metamorfosate, appartenenti al paleozoico

⁽¹⁾ I primi cenni sopra la geologia della Patagonia li dobbiamo a Darwin (1834), che a bordo della « Beagle » visitò le coste della Patagonia e, con il capitano Fitz Roy, rimontò per un buon tratto il Rio Santa Cruz. Soltanto verso la fine del secolo scorso, allorchè sorse la questione dei confini fra l'Argentina e il Cile, si ripresero gli studi geologici nella Patagonia Australe, specialmente nella regione cordigliera, per opera dei geologi Hauthal, Roth e Mercerat, inviati dal Governo Argentino per studiare quelle regioni. Seguirono altre spedizioni private dei geologi Carlo Ameghino, Hatcher, Nordenskjöld, Steinmann, Wilckens, Quensel, Wite e Bonarelli, i quali raccolsero nuovi e importanti dati sulla costituzione geologica della regione andina e preandina della Patagonia Australe. Ma chi più di altri apportò un valido contributo alla conoscenza geologica della Patagonia fu il Dott. Egidio Feruglio di Udine, da molti anni, geologo dei Giacimenti Petroliferi di Comodoro Rivadavia, il quale ha dedicato con ardore la sua attività scientifica allo studio di tutta la Patagonia eseguendo parecchie campagne di studio nell'altipiano e nelle Ande, i cui risultati si conoscono in numerosi scritti e specialmente nelle due pregevoli opere: *I Terrazzi marini della Patagonia*, Imola, 1933, e *Palaentographia Patagonica*, Padova, 1936.

Il risultato delle ricerche geologiche e morfologiche da lui compiute durante la mia spedizione alla Cordigliera, ad occidente del lago Argentino, nella estate 1931-32, vedranno prossimamente la luce in un volume contemporaneamente alla mia opera: *Fiordi e Ghiacciai Patagonici*. Viaggi di esplorazione alla Cordigliera patagonica meridionale.

e mesozoico, le quali riposano come uno spesso mantello, su di una poderosa massa di dioriti quarzifere. Da questo mantello scistoso sedimentario emergono alcune laccoliti di granito dioritico, la cui intrusione rimonta probabilmente al Terziario inferiore. Per le loro forme scoscese e dominatrici facilmente riconoscibili, questi picchi intrusivi (Fitz Roy, Murallon) servirono a stabilire la linea di spartiacque.

La terza zona è quella preandina di oriente, interamente scoperta di ghiaccio, costituita da potenti colate di porfido quarzifero, alternate a tufi e ricoperte di un alto manto di rocce ftanitiche e argilloscistose, la cui età è compresa fra il Titoniano inferiore e il Senoniano.

Queste rocce sedimentarie formano gran parte della zona preandina e il versante orientale di quella andina e contengono a più livelli resti fossili mal conservati e deformati inclusi in scisti resi filladici da metamorfismo per azioni dinamiche di contatto. A misura però che si allontanano dai massicci intrusivi questi sedimenti assumono caratteri più normali e contengono fossili ben conservati (Lamellibranchi, Ammoniti, Belemniti) del Giurese Superiore e dell'Infracretaceo.

Ad oriente della Cordigliera patagonica si dilata fino all'Atlantico l'altipiano patagonico con una serie di vasti ripiani (mesetas) o terrazzi costituiti da sedimenti terziari, inferiormente marini (Patagoniano) e superiormente continentali (Santacruziano), i quali si adagiano sopra una piattaforma di porfidi quarziferi con intercalazioni di tufi del Mesozoico inferiore.

Gli strati o gruppi di strati di basalto che coprono i tavolati patagonici in grande estensione, o si presentano intercalati fra i sedimenti glaciali o fluvio-glaciali, nonchè le rovine di crateri, circondate da scorie vulcaniche che si osservano in distinte parti, attestano che la Patagonia fu anche soggetta ad eruzioni vulcaniche avvenute verso la fine del Terziario e nel Quaternario, contemporaneamente ai movimenti orogenetici della Cordigliera.

Mancano però qui del tutto, a meno che ulteriori esplorazioni delle catene interne ancora inesplorate lo smentiscano, quei monti di recente attività vulcanica, che sorgono nella zona settentrionale, lungo le coste del Pacifico.

VI. - IL M. FITZ ROY E L'ATTIVITÀ VULCANICA NELLA CORDIGLIERA.

Si era creduto per molti anni che il monte Fitz Roy, il Chalten degli indigeni Tehuelches, fosse un vero vulcano e così infatti ce lo describe il perito argentino Francesco Moreno, quando con il sottotenente della marina argentina Carlo Moyano effettuò (1876-77) il suo primo viaggio di esplorazione a settentrione del lago Argentino. Egli ingannato dal pennacchio di nubi, che quasi sempre corona la vetta, e dalle affermazioni degli indigeni, così ce lo describe: « In un momento di schiarita vediamo apparire fra densi nuvoloni il nero cono del vulcano e una leggera colonna di fumo, che si innalza dal suo cratere. I Tehuelches mi hanno più volte nominato con terrore superstizioso questa montagna, che fuma. È il Chalten, che manda fumo e ceneri e che fa tremare la terra; serve di dimora ad una infinità di poderosi spiriti, che agitano le viscere delle montagne... Siccome questa montagna non è stata menzionata nè da naviganti, nè da viaggiatori, e poichè il nome di Chalten, che le danno gli indigeni, lo applicano altresì ad altre montagne, mi permetto denominarlo Vulcano Fitz Roy, come un segno di gratitudine che gli Argentini devono alla memoria del savio ed energico ammiraglio inglese, che diede a conoscere alle scienze geografiche le coste dell'America Australe ».

Anche Ramon Lista, che visitò nel 1890 il lago Viedma, descrivendo l'imponente aspetto della catena andina, afferma l'attività vulcanica del Fitz Roy in questi termini: « Ivi si innalzano le cime più scoscese e belle della Patagonia, come il vulcano Fitz Roy, massiccio forse trachitico, che di quando in quando si accende ed illumina le notti desolate di queste regioni ».

Il primo ad accorgersi dell'errore fu lo stesso Moyano, il quale ritornato (1884) al lago Argentino e osservando con un potente cannocchiale le vette andine, non ne trovò alcuna che portasse la benchè minima traccia di eruzione. « Quello che più osservai, egli scrive, fu il Chalten, dovuto all'errore in cui incor-

remmo con Moreno nel considerarlo un vulcano, ingannati dalle nubi che sempre avvolgono la cima e dalle risposte degli indigeni che, attenendosi alla loro costruzione grammaticale, sono causa di molti sbagli, a seconda della forma con cui si interrogano e all'uso che si faccia dei negativi » (1). Egli suppose che il vero vulcano si trovasse a NO del Fitz Roy, e questa ipotesi viene oggidì avvalorata da più attendibili testimonianze, come ebbi a raccogliere personalmente dagli abitanti delle *Estancias* situate nelle regioni limitrofe ai laghi Cardiel e San Martin. Questi infatti assicurano d'aver visto, ancora pochi anni fa, una gran colonna di fumo ergersi per vari giorni nell'interno della Cordigliera, ad occidente del braccio Sud del lago San Martin, accompagnata da rombi e bagliori rossastri di fiamme, visibili anche di notte e seguita da una pioggia di cenere tenue e grisea.

Una traccia dell'effetto di calore, ch'io attribuisco alla vicinanza di un centro vulcanico, ebbi a constatarlo io stesso allorchè, nel 1935, in una escursione compiuta nell'interno dei campi di ghiaccio a NO del Fitz Roy, trovai una zona di ghiaccio, la quale, per le forme insolite delle fenditure, sembrava di essere stata subitamente sciolta da una poderosa ondata di calore, e poi nuovamente consolidata al ritorno della temperatura normale.

Il geologo Hauthal, nel 1902 specificò la struttura del Fitz Roy, affermando che non era un vulcano, ma una laccolite granitica.

Questa affermazione veniva ripetuta da Quensel e Steinmann. Nel 1916 Witte, della spedizione tedesca al lago di Viedma, il quale ebbe occasione di osservare da vicino questo monte, negò recisamente che il Fitz Roy fosse una laccolite, e affermò che era costituito da quarzite, come il vicino Cerro Torre.

Ma dall'esame microscopico dei campioni di roccia ch'io nel 1931 staccai dalle sue pareti occidentali, risultò che il Fitz Roy è costituito di diorite quarzifera. Viene in tal modo com-

(1) CARLO M. MOYANO, *Viajes de exploracion a la Patagonia*, Buenos Aires, 1931, pag. 169.

provato che questo monte è la parte superiore d'una laccolite granodioritica, formata in conseguenza d'una grande intrusione del magma nel Terziario, e denudata dai sedimenti cretacei, che la coprivano, per effetto degli agenti atmosferici e dell'erosione glaciale nel Quaternario.

VII. - EFFETTI DELL'EROSIONE GLACIALE DEL QUATERNARIO.

Se l'attuale glaciazione della Cordigliera patagonica ci causa meraviglia per il suo straordinario sviluppo, essa non rappresenta, però, che un debole residuo di quello che era nelle fasi glaciali del Quaternario.

Le profonde tracce di erosione glaciale (rocce montonate, striate, levigate, terrazze moreniche ecc.) i potenti depositi morenici, attestano chiaramente la gigantesca estensione del mantello di ghiaccio che nella epoca plistocenica ricopriva ad occidente tutta l'area dell'arcipelago patagonico e fueghino, fino al Capo Horn, mentre ad oriente, scendeva verso l'altipiano in forma di poderose correnti di ghiaccio con bacini di raccoglimento indipendenti, suddiviso in numerosi lobi o lingue terminali, ben individuate.

Al ritirarsi dei ghiacciai si formarono i grandi laghi andini, che si estendono in catena ininterrotta parallelamente all'asse della Cordigliera, nel suo versante orientale. Questi vasti bacini glaciali rappresentano antiche valli continentali incise e scavate trasversalmente alla Catena Andina dall'agente acqueo e poscia ampliate e approfondite dai ghiacciai che le solcarono nell'epoca glaciale. Fra i più notevoli, da Nord a Sud, notiamo i laghi: Buenos Aires, Cochrane-Pueyrredon, San Martin, Viedma, Argentino.

Mentre nel lato occidentale questi laghi incidono i fianchi della Cordigliera, formando profonde ramificazioni a guisa di fiordi, in quello orientale, si allargano a bacino verso l'altipiano, limitati da sponde piatte o da terrazzi lacustri-glaciali, disposti in più serie e, più all'esterno, al margine dell'altipiano, da vasti anfiteatri morenici formati da più cerchie concentriche.

Queste conche lacustri hanno lo specchio soltanto a 200-280 metri s. m., mentre l'altipiano, che li circonda ad oriente, si erge immediato e scosceso su di esse, per un'altezza di 700-800 metri sul mare.

Il formarsi di vasti depositi morenici verso l'estremità orientale dei laghi, mentre continuava l'azione erosiva retrogressiva dei ghiacciai, nel versante occidentale delle Ande, dove le precipitazioni atmosferiche sono più numerose e intense, alterò profondamente il sistema idrografico della Patagonia, ostruendo, dopo il completo ritiro dei ghiacciai, la primitiva uscita delle acque nei ripiani patagonici dell'Atlantico, convogliandole invece verso il Pacifico. Per effetto di quest'azione retrogressiva dei ghiacciai i grandi laghi Buenos Aires, Cochrane-Pueyrredon e San Martin, tributari prima dell'Atlantico, si sono scavati più tardi la loro uscita al Pacifico, attraverso i cordoni occidentali, dando così origine al Rio Baker emissario dei laghi Buenos Aires e Cochrane-Pueyrredon e al Rio Pascua, emissario del lago San Martin.

Le antiche valli su cui scorrevano fino all'Atlantico le primitive correnti di disgelo, che uscivano da queste conche glaciali, sono ora quasi a secco, soltanto quella del Rio Santa Cruz, emissario dei laghi Viedma e Argentino, è ancora attiva, perchè ad occidente dei laghi menzionati è rimasta intatta l'immensa barriera dei ghiacciai.

VIII. - FIORDI E CANALI PATAGONICI.

Passando nel versante occidentale della Cordigliera, che si protende lungo le acque del Pacifico, troviamo ancor più marcata l'impronta della straordinaria glaciazione dell'epoca pliocenica lasciata nel numero stragrande di canali, insenature strette e profonde, a margini paralleli, a fianchi tagliati a picco, costituenti i tipici fiordi, dove le rocce, esposte ai forti venti occidentali, mostrano ancora al nudo il perfetto modellamento glaciale.

Questi canali e fiordi sono in tutto uguali a quelli della Norvegia, con la differenza però, che, mentre la Cordigliera

patagonica meridionale possiede un rilievo più accentuato e frastagliato e trovasi tuttora ricoperta da un immenso mantello di neve e ghiaccio, che ricorda quello dell'epoca pliocenica, nel massiccio scandinavo, invece, non rimane che il tipico e ridotto ghiacciaio a calotta sui pianalti terminali (Isfeld). Hanno pure molta rassomiglianza con i fiordi spitzbergiani, perchè, sebbene in quelli il rilievo sia meno emergente, analoga è la glaciazione a grande mantello, da cui scendono fin sulle acque, numerosi ghiacciai vallivi.

Tutta la costa patagonica occidentale, dal golfo di Reloncavì al capo Horn, è intagliata da una gran quantità di fiordi, i quali per le loro particolarità morfologiche, per estensione e numero si possono dividere in due zone costiere: settentrionale e meridionale.

Nella zona settentrionale, il cui limite Sud potrebbe essere costituito dalla penisola di Taitao, i fiordi incisi nel versante occidentale andino sono relativamente scarsi e poco sviluppati; mancano soprattutto i fiordi trasversali con un sistema ben articolato di fiordi concentrici in uno principale. Hanno però, in compenso, notevole prosecuzione nell'interno in forma di valli, continentali, con fiumi di lungo corso e abbondanti di acque.

Nella zona meridionale, dove sussistono ancora due importanti aree di glaciazione, i fiordi sono più numerosi, però, fatta eccezione del fiordo Baker, non hanno ramificazioni idrografiche di importanza, nel loro interno.

E questa mancanza si spiega nel fatto che le valli secondarie non poterono essere profondamente incise perchè solcate da deboli e poco erodenti corsi d'acqua, ma soprattutto nella più lunga protezione del mantello di neve e ghiaccio, che rivestiva il rilievo andino, ancor oggidì in gran parte esistente.

In questa forma si presentano infatti i fiordi Kelly, Jesuitas, Boca de canales, che sboccano nel golfo di Penas e quelli, più a Sud, Caldeleugh, Eyre, Falcon, San Andres, Peel, che dal golfo di Penas arrivano fino allo Stretto di Magellano. Sono quasi tutti di grandi dimensioni e penetrano trasversalmente nel cuore dell'alta e nevosa Cordigliera andina, con profonde

ramificazioni, terminando per lo più ai piedi di grandi colate di ghiaccio, che scendono fino al mare.

Questi fiordi, all'esterno, sono in comunicazione con i grandi canali longitudinali costieri: Messier, Fallos, Wide, Sarmiento, Smyth, i quali corrono paralleli alla costa per centinaia di chilometri, come stretti corridoi incanalati fra elevate montagne. Alcuni di essi formano come la via maestra delle comunicazioni marittime fra il Nord e il Sud del Cile.

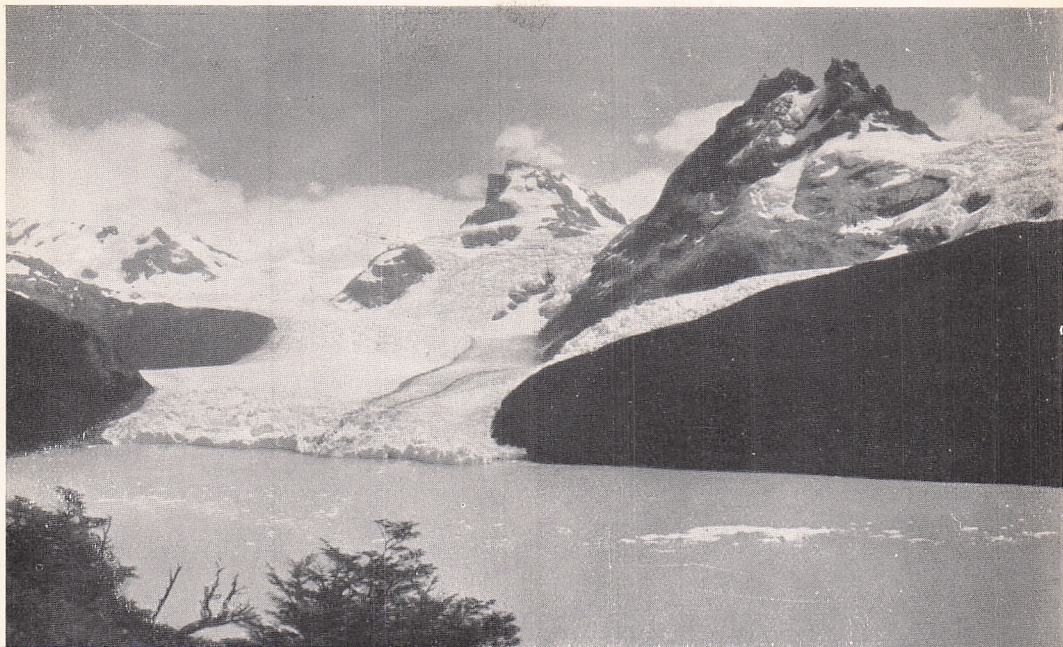
Il maggiore e più caratteristico dei fiordi patagonici è senza rivali il Baker, lungo 120 chilometri, in tutto simile ai norvegesi, ma più profondo (m. 1261), con una soglia all'entrata di soli 17 metri di profondità. Questa magnifica insenatura, con i suoi complessi bracci laterali e con le sue ramificazioni continentali in profonde depressioni, costituite dalle tre conche idrografiche del Rio Baker, Bravo e Pascua con i laghi corrispondenti, Cochrane-Pueyrredon e San Martin, spezza trasversalmente il massiccio patagonico in gigantesche fenditure, la maggiore delle quali, dall'angolo interno del fiordo Baker fino alla estremità orientale del lago Buenos Aires, misura ben 220 chilometri.

Molto interessante riuscirebbe uno studio batimetrico di questi fiordi, ma già da quanto risulta dagli scandagli effettuati da varie commissioni idrografiche specialmente cilene, quasi tutti presentano una soglia rialzata all'imboccatura e basterebbe un leggero sollevamento perchè molti di essi diventassero simili ai laghi terminali andini del versante opposto.

I fiordi patagonici sono in origine antiche valli continentali formate da complessi fenomeni esogenici, specialmente dall'erosione ed incisione delle acque, avvenuti durante i periodi preterziari, e quindi ampliate e approfondite dall'azione esaratrice dei ghiacciai nel Quaternario.

Quando, in seguito per bradisismi ed altri complessi fenomeni geologici, il massiccio andino andò lentamente sprofondandosi, le acque del mare invasero per decine di chilometri tutte le incisioni vallive, trasformandole negli attuali fiordi.

Quando si entra in queste profonde insenature, fiancheggiate da scoscese montagne, si ha l'impressione di trovarsi nelle



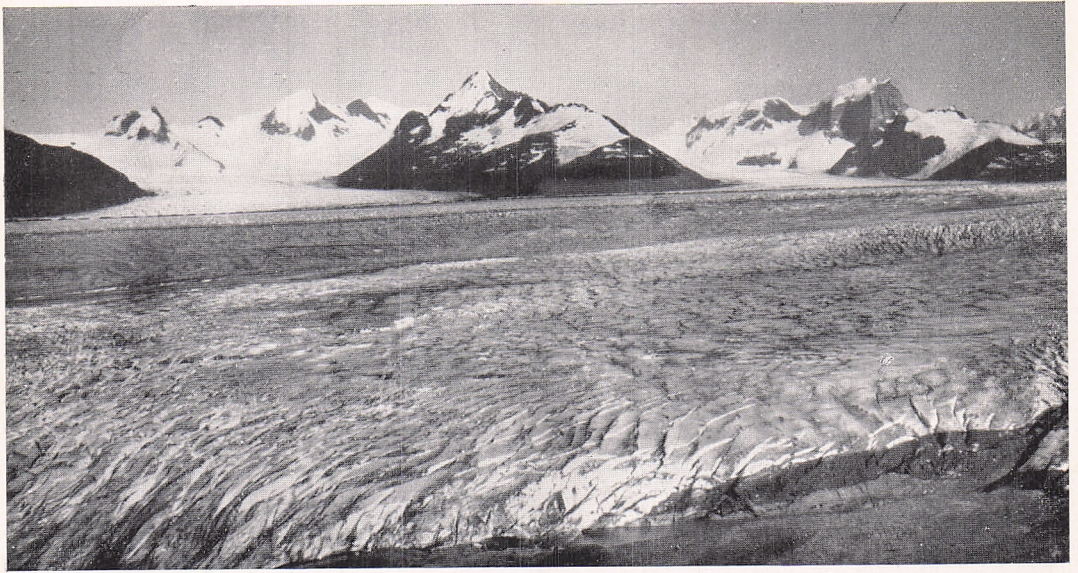
Lago Argentino. - Seno e ghiacciaio Spegazzini.

(Fot. A. M. De Agostini).



Lago Grey. - Fronte del ghiacciaio Grey.

(Fot. A. M. De Agostini).



Ghiacciaio Upsala e monti Cono e Murallon.

(Fot. A. M. De Agostini).



Massiccio Don Bosco (m. 3050) dal ghiacciaio Upsala.

(Fot. A. M. De Agostini).



Ghiacciaio Pio XI. - Seno Eyre (Canali patagonici).

(Fot. A. M. De Agostini).

nostre vallate alpine, e, come tipico modello vorrei citare la valle d'Aosta, qualora fosse invasa dal mare per un'altezza di 2000 metri. Da questa subita immersione ne risulterebbe un magnifico fiordo, che, dall'anfiteatro morenico d'Ivrea si insinuerebbe nella valle assiale fino ai piedi del monte Bianco, mentre tutte le valli laterali diventerebbero altrettante ramificazioni del fiordo principale, sulle cui acque si potrebbe raggiungere in battello le basi del Cervino, del Rosa, del Gran Paradiso, o degli altri massicci alpini.

Conseguenze della sommersione del continente patagonico, anche se oggi tenda a rialzarsi, è la grande frastagliatura della costa, che si estende per dieci gradi dalla penisola di Taitao al Capo Horn, in forma d'una lunga fascia composta di migliaia di isole, alcune delle quali di grandi dimensioni.

Tutte queste isole sono di natura montuosa, e, le più elevate, ricettano nella sommità piccoli ghiacciai e macchie di neve, mentre i fianchi sono ricoperti da un fitto e verdeggiante manto di foreste vergini.

Allorchè si penetra in questi canali e fiordi colpisce il gran numero di cascate, scolo delle nevi e dei ghiacciai, che precipitano dalle balze rocciose dei monti fin sulle acque del mare, oppure si inabissano con sordo fragore in baratri profondi tra fitte boscaglie, da cui giunge soltanto la misteriosa eco.

Accanto al bianco immacolato delle nevi si stacca il verde fresco ed esuberante della foresta vergine, che ammantava le falde dei monti e le valli, addolcendo le linee severe del paesaggio aspro e dirupato.

La bellezza di questa foresta consiste nello splendore e varietà degli alberi dalle foglie perenni, che la formano quasi per intero. Sono cipressi, magnolie, faggi, lauri, a cui le piogge continue danno un vigore insolito di freschezza e di vita. Sotto gli alberi maggiori crescono molte specie di arbusti, fra cui premezzano i *Berberis*, che formano una barriera spinosa, impenetrabile e, ovunque, sul terreno, attorno ai tronchi eretti o giacenti al suolo, in stato di putrefazione, un denso strato di muschi e di licheni e di altre crittogame, che trovano, nell'ombra e nell'umidità, le migliori condizioni per il loro sviluppo.

Il suolo è un morbido e spugnoso tappeto di muschi, giunchi e sfagni impregnati di acqua, dove si sprofonda fino al ginocchio.

Ma su tutto questo grandioso scenario di canali, monti, ghiacciai, cascate e boschi dove la vita è così rigogliosa ed il paesaggio così splendido ed accogliente, non scorgete nessun segno di vita umana. Tutto è misteriosa solitudine e profondo silenzio, rotto soltanto dal sibilo delle raffiche di vento, che di quando in quando scendono dalle gole dei monti, od irrompono dalle profondità del Pacifico attraverso i vani delle isole.

Il suo antico signore e abitante, l'indio Alacaluf, che da molti secoli trascorreva tranquillo la vita, pescando di isola in isola nella sua fragile canoa, cacciando foche e pinguini, alimentandosi di pesci e di molluschi, riparandosi dal freddo e dalle intemperie sotto una meschina capanna fatta di pochi rami, è scomparso.

Un piccolo nucleo di individui, soltanto, poco più di un centinaio, degenerati dal contatto della civiltà portata loro dai *loberos* (cacciatori di foche), non del miglior conio, che frequentano periodicamente quelle coste, attendono con rassegnato dolore, il momento già vicino, che segnerà l'estinzione fatale della loro stirpe.

