

LE VARIAZIONI DI LIVELLO DEL LAGO DEL FUCINO (ABRUZZO) NEL PERIODO 1783-1862: IMPLICAZIONI CLIMATICHE

C. Giraudi

ENEA C.R.E. Casaccia - Roma

RIASSUNTO - *Le variazioni di livello del Lago del Fucino (Abruzzo) nel periodo 1783-1862: implicazioni climatiche* - Il Quaternario, 3(2), 1990, pp. 167-174 - Il lago Fucino, sito nella Marsica (Abruzzo), fu bonificato tra il 1862 ed il 1875. Nel corso del presente lavoro è stato constatato che le oscillazioni di livello del lago nel periodo compreso tra il 1783 ed il 1862 sembrano fortemente legate a fattori climatici ed a condizioni atmosferiche non esclusivamente locali. E' stato infatti notato che le principali fasi di aumento di livello sono pressochè sincrone con le fasi di avanzamento dei principali ghiacciai alpini.

E' stato inoltre notato che gli aumenti di livello degli anni 1783-1787 e la fase di notevole incremento culminata nel 1816 coincidono con picchi di acidità rilevati in carote di ghiaccio in Groenlandia: tali picchi sono dovuti alla presenza di forti concentrazioni di *aerosols* vulcanici nell'atmosfera. Gli stessi periodi furono anche caratterizzati da anomalie di valori di copertura del cielo ad opera di polveri vulcaniche originatesi in aree molto lontane dall'Italia.

ABSTRACT - *The Lake Fucino (Abruzzo) fluctuations during the 1783-1862 a.D. period: climatic implications* - Il Quaternario, 3(2), 1990, pp. 167-174 - Lake Fucino was in a closed basin that was drained in 1875 A.D. Researches carried out in the study area have pointed out that the fluctuations of the lake level during the period 1783-1862 (a.D.) are linked to global climatic events and to atmospheric conditions. Actually it has been observed that the main phases of higher level increase are nearly contemporary with the main phases of advancement of alpine glaciers. It has been verified that the lake level increases during the period 1783-1787 (a.D.) and the main rise phase finished in 1816 a.D., coincide with acidity peaks as revealed by Greenland ice cores. These peaks are related to the occurrence of large quantity of volcanic aerosols in the atmosphere. The phases of increasing level also correspond to veiled sky periods caused by volcanic dust injected into the atmosphere far away from Italy.

Parole-chiave: Lago, clima, aerosols e polveri vulcaniche, Fucino, Italia
Key-words: Lake, climate, volcanic dust and aerosols, Fucino, Italy

1. INTRODUZIONE

La Piana del Fucino in senso stretto, posta a quote comprese tra 649 e 667 m, rappresenta l'area emersa dalla bonifica del lago omonimo conclusasi nel 1875.

La Piana coincide con la porzione più depressa di una conca tettonica racchiusa quasi completamente tra dorsali montuose orientate per lo più in direzione NW-SE. I rilievi che la circondano raggiungono quote comprese tra circa 900 m della sella presente presso il Monte Salviano ed i 2.348 m del Monte Sirente (Fig. 1).

Nella zona di Avezzano la conca si apre verso un'altra piana intermontana, i Piani Palentini, da cui la separa una modesta soglia, posta a circa 720 m di quota.

La Piana del Fucino, formata da sedimenti alluvionali e lacustri terrazzati, risulta circondata da rilievi montuosi costituiti per lo più da rocce carbonatiche meso-cenozoiche e secondariamente da sedimenti terrigeni miocenici.

Ai margini Nord e NE della Piana è inoltre presente una zona di alti terrazzi costituita da sedimenti prevalentemente lacustri la cui età va dal Pliocene superiore al Villafranchiano finale (Bertini & Bosi, 1976).

Il lago del Fucino occupava, al momento della bonifica del secolo scorso, una superficie di circa 150 km² e presentava una profondità massima di circa 18 m. Il suo bacino idrografico si estendeva, escludendo la superficie dello specchio liquido, per circa 700 km² (solo

4,7 volte la superficie del lago) e comprendeva una serie di rilievi montuosi raggiungenti quote superiori ai 2.000 m (M. Magnola, M. Sirente).

In corrispondenza delle rocce carbonatiche stratificate, fessurate e carsificate che costituiscono buona parte del bacino di alimentazione, l'infiltrazione delle acque meteoriche doveva essere relativamente elevata. Come dimostra anche attualmente la presenza di risorgive carsiche al bordo della Piana, una porzione delle precipitazioni poteva quindi essere sottratta al ruscellamento e giungere al lago attraverso la circolazione idrica sotterranea.

Uno studio idrogeologico effettuato da Aquater (1981) e sintetizzato in Celico (1983), ha portato alla definizione della geometria degli acquiferi contenuti nelle rocce carbonatiche che alimentano le sorgenti della Piana del Fucino, indicando che il bacino idrogeologico di tali sorgenti ha un'estensione di 500 km².

Al margine Sud-occidentale della Piana (zona della Petogna, a circa 2 km a NW di Luco dei Marsi) erano presenti inghiottitoi carsici.

A causa della scarsa inclinazione della piana che includeva lo specchio d'acqua, costituita prevalentemente da sedimenti limoso-argillosi, le oscillazioni di livello del lago creavano molti problemi: ogni minimo aumento o diminuzione comportava infatti forti espansioni o riduzioni della superficie del lago.

Dal 1750 all'inizio dei lavori di bonifica (1861) le

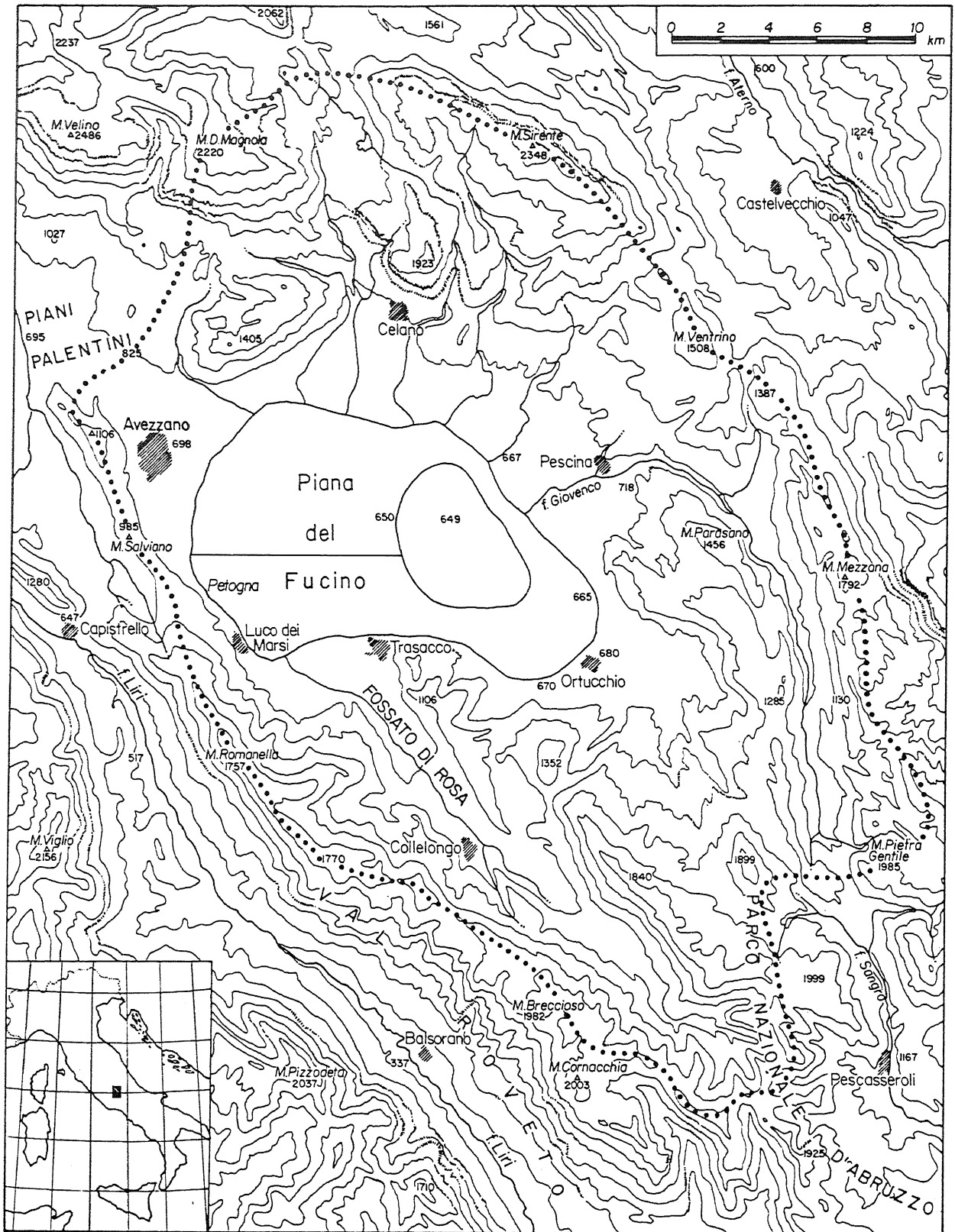


Fig. 1 - Bacino del Lago Fucino
The Lake Fucino Basin

misure dei livelli sono state abbastanza frequenti; l'andamento è mostrato nel diagramma di Fig. 2 (dati estratti da Brisse & De Retrou, 1883).

I lavori per la bonifica del lago Fucino condotti dal Principe Alessandro Torlonia, durarono quattordici anni; la conca occupata dal lago emerse infatti completamente solo nel 1875.

2. LE OSCILLAZIONI DI LIVELLO DEL LAGO NEL PERIODO COMPRESO TRA IL 1783 ED IL 1862

Gli ingegneri francesi A. Brisse e L. De Retrou, che progettaron e diressero i lavori di bonifica del lago Fucino, eseguirono studi piuttosto dettagliati al fine di valutare sia la portata delle sorgenti carsiche sia degli affluenti superficiali del lago; eseguirono inoltre misure di livello del lago, di evaporazione e di piovosità. I dati si riferiscono per lo più al breve periodo che va dal 1850 al 1873.

Vennero inoltre eseguite indagini di tipo storico per determinare le oscillazioni di livello nei decenni precedenti. Fu possibile raccogliere dati attendibili riguardanti le quote raggiunte dalle acque nel corso delle più significative variazioni di livello del lago nel periodo 1783-1850 e poté essere determinata la quota che il lago raggiunse nel 1752 in seguito ad una marcata fase di decremento delle acque (Brisse & De Retrou, 1883).

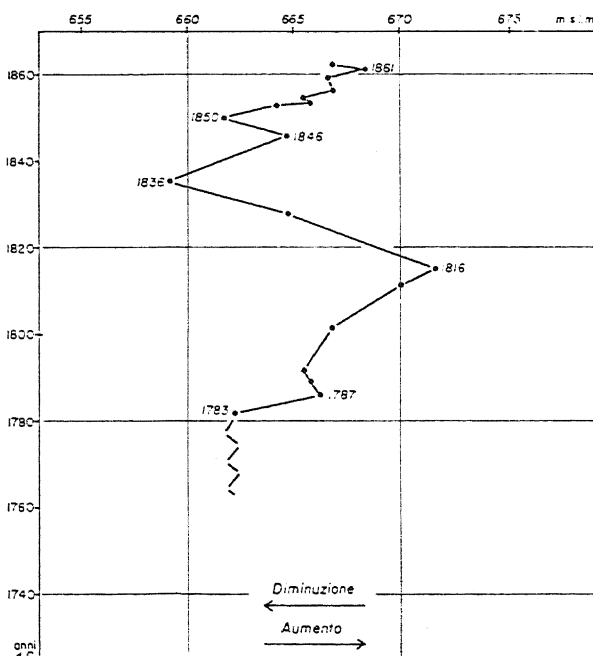


Fig. 2 - Variazioni di livello del Lago Fucino nel periodo 1750-1862 A.D.
Fluctuation of the levels of Lake Fucino during the 1750-1862 A.D. period

Gli Autori suddetti poterono quindi evidenziare e

valutare le principali oscillazioni lacustri, disponendo di valori che si riferivano a misure effettuate a distanza di tempo variabile da 1 a 10 anni, ma relative per lo più a momenti significativi, durante i quali l'acqua aveva raggiunto livelli massimi o minimi. In base ai dati di Brisse & De Retrou (1883) è stata disegnata la Fig. 2, ove sono rappresentate le oscillazioni di livello del lago nel periodo 1783-1862. Secondo gli Autori suddetti nei decenni compresi tra il 1752 ed il 1783 il livello del lago si mantenne a quote prossime a quella registrata nel 1783.

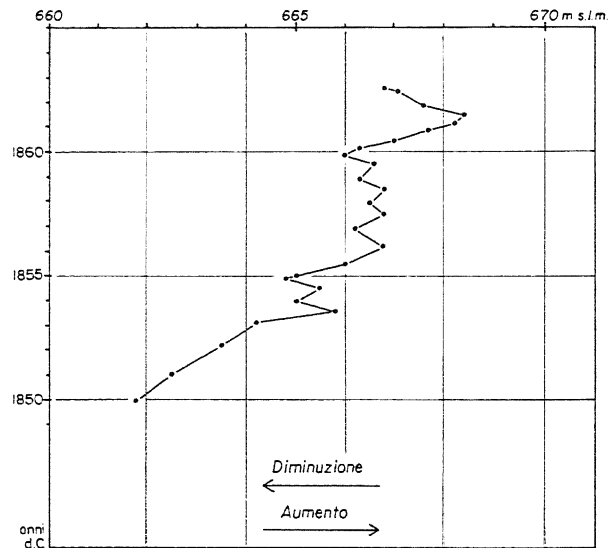


Fig. 3 - Variazioni di livello del Lago Fucino nel periodo 1852-1862 A.D.
Fluctuation of the levels of Lake Fucino during the 1852-1862 A.D. period

Per il periodo 1850-1862 sono invece note le oscillazioni annuali e, per certe fasi, mensili; tali informazioni di dettaglio mostrano che, nei periodi compresi tra massimi e minimi livelli relativi, le oscillazioni del lago erano evidenti e frequenti, ma di rango inferiore (Fig. 3).

Si possono identificare due fasi principali di aumento di livello del lago.

La prima fase di incremento del livello del lago, iniziata nel 1783 e terminata nel 1816, fu talmente intensa da portare all'accrescimento in altezza di cordoni litorali costruiti nel corso dell'Olocene (Giraudi, 1989); durante tale fase si verificò inoltre un picco secondario culminato nel 1787.

La seconda fase, meglio conosciuta, iniziata nel 1836 e terminata nel 1861, è caratterizzata da svariati picchi secondari tra i quali il più evidente è quello che culminò nel 1846.

3. CAUSE DELLE VARIAZIONI DI LIVELLO DEL LAGO

In lavori precedenti (Giraudi, 1989) era stato rilevato che le principali oscillazioni di livello del lago negli ultimi

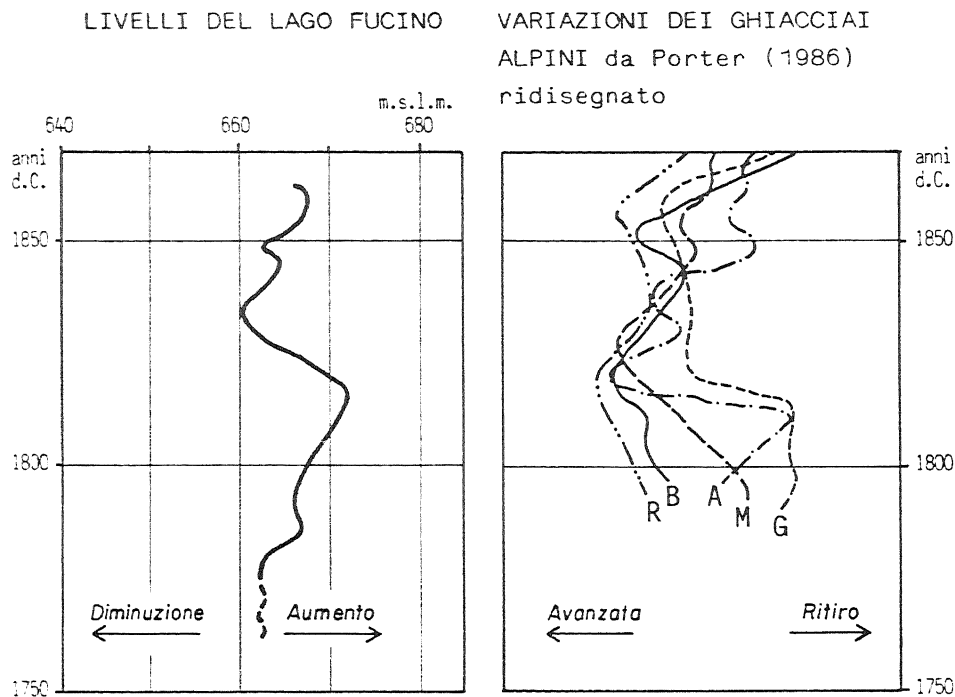


Fig. 4 - Confronto tra le oscillazioni di livello del Lago Fucino e le variazioni di alcuni ghiacciai alpini. (Legenda: R = Ghiacciaio del Rhone; B = Gh. della Brenva; A = Gh. dell'Argentière; M = Gh. Mer de Glace; G = Gh. Grindelwald)
 Comparison between the fluctuations of alpine glaciers and the levels of Lake Fucino. (R = Rhone Glacier; B = Brenva Glacier; A = Argentière Glacier; M = Mer de Glace Glacier; G = Grindelwald Glacier)

30.000 anni erano state determinate per lo più da cause climatiche, anche se la tettonica poteva avere modificato col tempo alcune caratteristiche della piana.

Passando all'esame del breve periodo compreso tra 1783 e 1862, si rileva che non essendo intervenute variazioni rilevanti dovute alla tettonica, le oscillazioni di livello del Fucino possono essere state determinate fondamentalmente dal variare della quantità di acqua di alimentazione superficiale e profonda⁽¹⁾, dal variare dell'evaporazione dalla superficie del lago e dall'attività degli inghiottitoi. La quantità di acqua affluente e l'evaporazione sono ovviamente funzione delle variazioni climatiche; resta da approfondire l'importanza degli inghiottitoi.

Gli inghiottitoi carsici ubicati in località Petogna (2 km a Nord di Luco dei Marsi), segnalati già da Stile (in Brisse & De Retrou, 1883), drenavano probabilmente l'acqua verso la Val Roveto, dando luogo a risorgenze sul fiume Liri lungo la gola di Capistrello.

Attualmente gli inghiottitoi sono coperti da una strada, da riperti e da terreno vegetale. Secondo quanto deducibile da considerazioni contenute in Brisse & De Retrou (1883) essi si trovavano a quote superiori a

662-663 m e quindi erano attivi solo quando l'acqua superava tale quota.

Le portate degli inghiottitoi non sono valutabili per il periodo precedente al 1854, ma le ridotte dimensioni delle condotte carsiche (pochi decimetri di diametro) presenti nelle grotte di Capistrello, lascerebbero supporre una limitata capacità di drenaggio. Questo doveva inoltre essere ostacolato, almeno parzialmente, dalle ghiaie accumulate da correnti litoranee, come ebbe modo di constatare Stile nel 1789 (in Brisse & De Retrou, 1883). Gli stessi Autori hanno valutato in circa 0,9 m³/sec la portata massima degli inghiottitoi nel periodo 1854-1862, mentre il lago era alimentato da 11,53 m³/sec.

La portata degli inghiottitoi doveva variare ovviamente al variare del carico idraulico e quindi del livello del lago; questi potevano perciò svolgere per lo più azione di smorzamento dell'ampiezza delle oscillazioni di livello.

In definitiva le oscillazioni di livello del Fucino devono essere state condizionate in massima parte dal volume di acqua affluente superficiale (controllato sia da fattori geologici e morfologici che possono essere considerati costanti nel periodo esaminato, sia dalla differenza tra l'entità delle precipitazioni e l'evapotraspirazione), dalle oscillazioni della falda carsica e dall'evaporazione di acqua dal lago, cioè da fattori legati al clima.

⁽¹⁾ Gli stretti rapporti tra le precipitazioni e gli afflussi di acque superficiali e sorgive verso la Piana del Fucino risultano evidenti in Aquater (1981). I grafici allegati a tale lavoro evidenziano che le variazioni delle portate delle sorgenti si verificano, in genere, con un mese circa di ritardo rispetto alle variazioni di piovosità.

4. INTERPRETAZIONE DEI DATI

Sulla base dei dati di cui si dispone sembra possibile affermare che nel periodo indagato devono essere avvenute oscillazioni climatiche in grado di produrre sensibili variazioni di livello del lago. Si può constatare infatti che nel periodo 1783-1816 vi fu un aumento di ben 10 m (0,3 m/anno in media, con punte di 1 m/anno) e di 9 m dal 1835 al 1861 (0,35 m/anno in media, con punte di 0,54 m/anno); per contro nel periodo 1816-1827, nel corso della fase di abbassamento che durò fino al 1836, vi fu una diminuzione di livello di 8 m (0,72 m/anno in media).

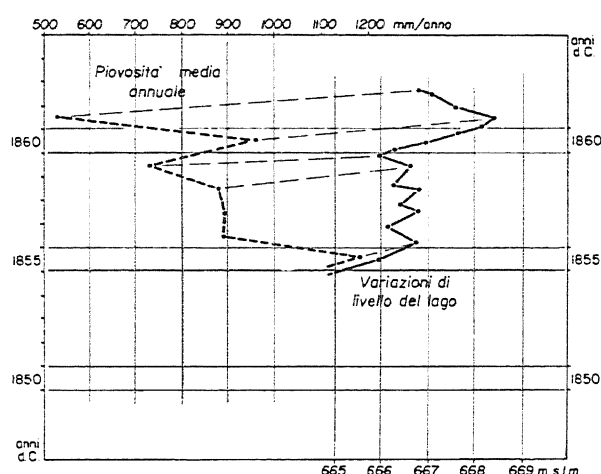


Fig. 5 - Confronto tra piovosità media annuale e variazioni di livello del Lago Fucino nel periodo 1855-1862 A.D.
Comparison between the average annual rainfall and the fluctuation of the levels of Lake Fucino during the 1855-1862 A.D. period

Nel corso di un lavoro precedente (Giraudi, 1989) era già stata rilevata la relazione fra variazioni di livello del lago e le fluttuazioni dei ghiacciai alpini; veniva evidenziata, inoltre, la buona corrispondenza tra i periodi di maggiore avanzata dei ghiacciai alpini riportati in Porter (1986) e le principali fasi di aumento di livello del lago nel periodo 1752-1862, corrispondente all'ultima parte della Piccola Età Glaciale (Fig. 4).

Questo fatto sembra indicare che le oscillazioni del Fucino sarebbero legate a cause non esclusivamente locali. Solo il clima può essere in grado di produrre effetti pressochè sincroni su ambienti diversi, lontani tra di loro, quali un lago dell'Appennino Centrale ed i ghiacciai delle Alpi.

Brisse & De Retrou (1883) indicarono la piovosità quale causa principale delle oscillazioni di livello del Fucino. Tali Autori notarono, che negli anni per i quali poterono disporre di osservazioni dirette (1855-1862), esisteva una evidente corrispondenza tra entità delle precipitazioni autunnali-invernali-primaverili e massimi livelli del lago (Fig. 5).

Per avere un'idea della piovosità nel corso del

periodo preso in esame (quindi a partire dal 1783), non disponendo di dati diretti riguardanti il Fucino, si è fatto ricorso all'uso della serie storica di dati di piovosità riguardanti la città di Roma, ubicata circa 90 km ad Ovest del Fucino, riportata in Mennella (1956). L'esame dei dati di Roma, per il periodo 1850-1873, mette in evidenza che le variazioni di piovosità a Roma sono abbastanza simili a quelle registrate al Fucino. Si ritiene quindi che, in mancanza di informazioni dirette, i dati di Roma riguardanti il periodo 1793-1850 possano essere utilizzati, almeno a livello indicativo, anche per il Fucino.

Esaminando la fase di aumento di livello del lago culminata nel 1816, possiamo osservare che a Roma nel periodo compreso tra l'inverno del 1813-14 e quello del 1814-15 vi furono precipitazioni superiori o vicine alla media (Mennella, 1956) e dall'inverno 1815-16 a quello 1821-22 vi fu una piovosità prossima alla media.

Se tali dati fossero validi anche per il Fucino si potrebbe asserire che il massimo aumento di livello venne raggiunto solo nel 1816, quindi con almeno un anno di ritardo rispetto alle fasi di massime precipitazioni. Ciò sarebbe in contrasto con le osservazioni di Brisse & De Retrou (1883) riportate in precedenza, secondo le quali i massimi annuali erano in rapporto diretto con la quantità di precipitazioni invernali.

In relazione alla fase di aumento di livello culminata nel 1787, non sono disponibili i dati di piovosità di Roma: diventa perciò estremamente aleatoria ogni deduzione.

E' possibile, che almeno nel primo dei due casi descritti, l'aumento di livello del lago dipenda non solo da un aumento delle precipitazioni ma anche dalla diminuzione dell'evaporazione della superficie lacustre e dell'evapotraspirazione del bacino di alimentazione del Fucino.

5. ESAME DEI POSSIBILI RAPPORTI TRA VARIAZIONI DI LIVELLO DEL FUCINO E PRESENZA DI AREOSOL E POLVERI VULCANICHE NELL'ATMOSFERA

Per tentare di interpretare e di inquadrare la curva delle oscillazioni di livello del Fucino alla luce di alcuni parametri ritenuti di interesse climatico globale, è stata tratta ispirazione da Porter (1986); tale Autore ha paragonato la curva indicativa delle variazioni delle lingue glaciali alpine con la curva indicante i valori di acidità riscontrata nelle carote di ghiaccio della Groenlandia, ottenuta da Hammer et al. (1980) per gli ultimi 200 anni circa. Come sintetizzato in Hammer et al. (1980) le grandi eruzioni vulcaniche iniettano polveri e gas acidi nella stratosfera. Le polveri assorbono le radiazioni solari ma scompaiono dopo pochi mesi. Gli aerosols sulfurici invece producono il raffreddamento della bassa troposfera disperdendo la radiazione solare e si mantengono per periodi più lunghi.

La diminuzione di insolazione complessiva può produrre effetti sul clima a scala globale (Hammer et al., 1980; Rampino & Self, 1982; Porter, 1986; Handler, 1989; Stothers et al., 1989).

La curva delle oscillazioni di livello del Fucino è stata quindi messa a confronto (Fig. 6) con la suddetta curva dell'acidità delle carote di ghiaccio e con i valori annuali di copertura del cielo ad opera di polveri vulcaniche (Lamb, 1970, in La Marche & Hirschboeck, 1984).

Dall'esame della Fig. 6 è possibile notare che esiste una forte corrispondenza tra le fasi di aumento di livello del Fucino culminate nel 1787 e nel 1816, due fasi di marcata acidità presenti nelle carote groenlandesi (Hammer et al., 1980) e due periodi di elevati valori annuali di *Dust Veil Index* (D.V.I.) nell'atmosfera calcolati da Lamb (1970).

In entrambe i casi il massimo livello del lago viene raggiunto con un leggero sfasamento rispetto al picco di acidità corrispondente.

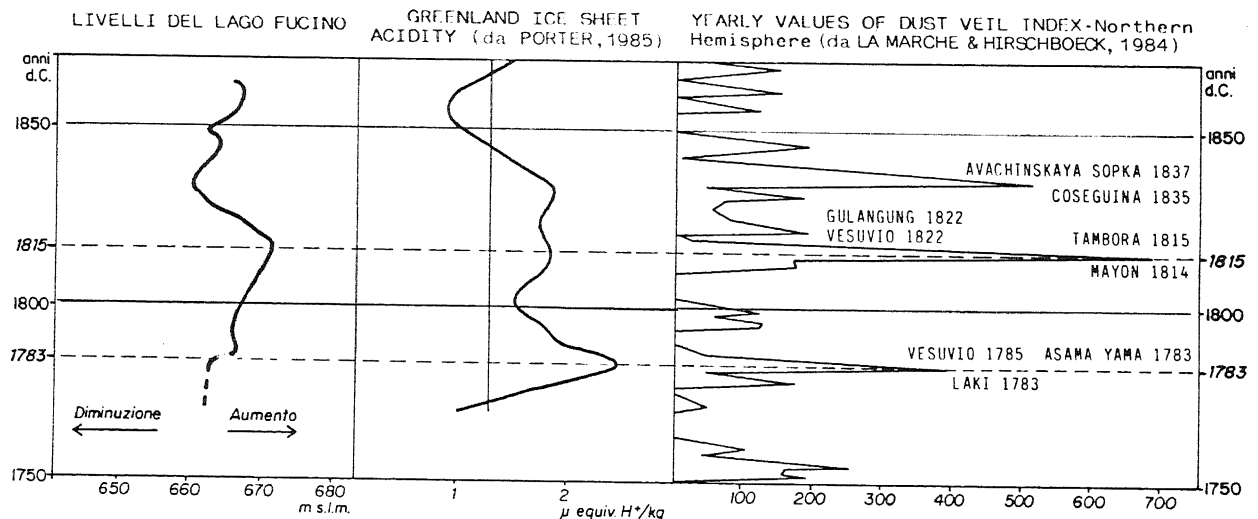


Fig. 6 - Confronto tra le oscillazioni di livello del Lago Fucino, le variazioni di acidità nelle carote di ghiaccio provenienti dalla calotta groenlandese ed i valori annuali di copertura del cielo ad opera di polveri vulcaniche, per il periodo 1750-1862 A.D.
Comparison between the fluctuation of the levels of Lake Fucino, Greenland Ice Sheet acidity and yearly values of Dust Veil Index in Northern Hemisphere during the 1750-1862 A.D. period

Per il periodo 1783-1787 si può osservare che il massimo livello del lago viene raggiunto 2+4 anni dopo i picchi di D.V.I. e di acidità. L'aumento di livello del Fucino si innesca dopo il 1783 e dura quindi 4 anni. Il picco di D.V.I. è stato riferito da La Marche & Hirschboeck (1984) all'eruzione dei vulcani Laki (Islanda - 1783), Asama Yama (Giappone - 1783) e Vesuvio (Italia - 1785). Il picco di acidità di questo periodo è stato attribuito (Hammer et al., 1980) principalmente all'eruzione del vulcano Laki (Islanda - 1783). Secondo Sear et al. (1987) le maggiori eruzioni che avvengono nell'emisfero settentrionale producono effetti immediati sullo stesso emisfero.

Il culmine della fase di forte aumento di livello del Fucino, cioè il 1816, si verifica con un anno di ritardo rispetto al picco di acidità registrato nelle carote di ghiaccio groenlandesi ed al picco di D.V.I. calcolato da Lamb (1970).

Secondo Hammer et al. (1980) il picco di acidità sarebbe legato alla eruzione del vulcano Tambora (Indonesia - 1815); il picco di D.V.I. viene attribuito principalmente all'eruzione dello stesso vulcano da La Marche & Hirschboeck (1984) i quali ipotizzano però un possibile contributo del vulcano Mayon (Filippine -1814).

Secondo Sear et al. (1987) le maggiori eruzioni dell'Emisfero Meridionale producono effetti sull'Emisfero Settentrionale dopo un periodo che va da sei mesi ad un anno.

Le oscillazioni di livello del Fucino potrebbero, in questi due casi, essere condizionate da variazioni climatiche indotte dagli *aerosols* e dalle polveri iniettate nell'atmosfera nel corso di quelle che sono, probabilmente, le due più grandi eruzioni avvenute su scala mondiale non solo nel periodo 1783-1862, ma forse nell'ultimo millennio (Stothers et al., 1989; Rampino & Self, 1982).

Analizzando la porzione di curva indicante le variazioni di livello del lago Fucino nel periodo 1816-1862, non si notano più coincidenze nette con i picchi di acidità. Si può notare, anzi, che a partire dal 1830 circa, si ha un comportamento speculare: a fronte di alti valori di acidità delle carote groenlandesi e di picchi di D.V.I., il livello del Fucino generalmente diminuisce e viceversa.

Occorre però tenere presente che attorno al 1840 l'acidità delle carote di ghiaccio scende e si mantiene al di sotto della media fino circa al 1870, indicando nel

complesso una forte diminuzione della presenza di *aerosols* vulcanici nell'atmosfera e quindi una minima influenza di questi sul clima.

6. CONCLUSIONI

Le oscillazioni di livello del Fucino mostrano varie analogie con le variazioni delle lingue dei principali ghiacciai alpini avvenute nello stesso periodo e devono perciò essere conseguenti a fenomeni di interesse non esclusivamente locale, cioè a variazioni climatiche.

Per il periodo 1850-1862 i livelli del Fucino sembrano essere stati in relazione diretta con l'intensità delle precipitazioni. Nel periodo precedente potrebbero essersi verificati degli episodi in cui gli aumenti di livello del lago sarebbero stati condizionati da diminuzione della evaporazione delle acque del lago e dell'evapotraspirazione del bacino di alimentazione.

Sembra ipotizzabile una correlazione tra la fase di aumento del Fucino del periodo 1783-87 e le variazioni climatiche indotte dalle eruzioni vulcaniche responsabili dei picchi di acidità delle carote di ghiaccio e di D.V.I. dell'atmosfera; La Marche & Hirschboeck (1984) attribuiscono tali eruzioni ai vulcani Laki (Islanda -1783), Asama Yama (Giappone - 1783), Vesuvio (Italia -1785).

Il livello del Fucino cominciò ad aumentare sensibilmente nel 1783 ma raggiunse il massimo livello solo nel 1787. Questo dato potrebbe essere interpretato come una conseguenza di variazioni climatiche indotte dalla lunga permanenza nell'atmosfera degli *aerosols* legati ad eruzioni vulcaniche avvenute in aree lontane. Tuttavia si ritiene che a questa fase di crescita non sia da considerare estranea la copertura del cielo ad opera dei gas e delle polveri del Vesuvio, ubicato circa 150 km a SSE del Fucino, che ebbe una lunga eruzione negli anni 1785-87 (Arnò et al., 1989).

E' da osservare però che gli aumenti di livello successivi non sembrano correlabili con altre forti eruzioni del Vesuvio segnalate dagli stessi Autori.

L'ipotesi di una correlazione tra l'eruzione del Laki ed una ondata di freddo eccezionale verificatosi in Europa Settentrionale nell'inverno 1783-84, fu avanzata già da B. Franklin (Stommel & Stommel, 1983). Non sono state condotte specifiche ricerche su cronache italiane di quel periodo, ma nell'unica fonte consultata, riguardante l'Italia Nord-occidentale (Di Ricaldone, 1971) sono ricordati fenomeni atmosferici molto evidenti, classificabili tra quelli generalmente indicati come *dry fogs* (Stothers, 1984), verificatisi nel periodo compreso tra inizio-metà giugno e la fine luglio 1783, in perfetta coincidenza con la fase principale dell'eruzione del Laki.

E' possibile ipotizzare anche una correlazione tra il culmine della fase di aumento del Fucino (raggiunto nel 1816) e le conseguenze climatiche prodotte dalle

eruzioni dei vulcani Mayon (Filippine - 1814) e Tambora (Indonesia - 1815).

Gli effetti di tali eruzioni in un periodo caratterizzato da precipitazioni probabilmente superiori alla media, avrebbero consentito al lago di arrivare a livelli forse mai raggiunti nel corso dell'Olocene.

L'ipotesi della correlazione tra l'eruzione del Tambora e le anomale temperature registrate in molte aree dell'emisfero settentrionale nel 1816, definito anche "l'anno senza estate", venne avanzata da Stommel & Stommel (1983).

I risultati ottenuti mediante lo studio delle oscillazioni di livello del Lago Fucino sembrano suggerire che anche in Italia potrebbero essere stati risentiti gli effetti delle variazioni climatiche di breve durata causate dalle due eruzioni suddette.

In conclusione, le oscillazioni di livello del lago Fucino testimoniano le variazioni nel bilancio idrologico del bacino che alimentava il lago: devono essere ritenute perciò un indicatore paleoclimatico non direttamente correlabile ad un solo parametro o ad una sola causa.

BIBLIOGRAFIA

- Arnò V., Principe C., Rosi M., Santacroce R., Sbrana A. & Sheridan M.F. (1989) - *Somma - Vesuvius*. R. Santacroce Ed., 8, 114.
- Aquater (1981) - *Indagini e studi per la ricerca d'acqua nella Piana del Fucino - Studio idrogeologico*. Cassa per il Mezzogiorno. Progetto speciale per la utilizzazione delle acque degli schemi idrici intrasettoriali nell'Appennino Centro - Meridionale. 13 pp.
- Bertini T. & Bosi C. (1976) - *Sedimenti continentali probabilmente pliocenici nella Valle del Salto e nella Conca del Fucino (Rieti - L'Aquila)*. Boll. Soc. Geol. It., 95(4), 767-801.
- Brise A. & De Retrou L. (1883) - *Prosciugamento del Lago Fucino fatto eseguire da S.E. il Principe Alessandro Torlonia. Descrizione storica e tecnica in due volumi ed un'atlante*. Ristampa a cura di M. Palanza e S. D'Amato Tipogr., N. Paolini, Avezzano.
- Celico P. (1983) - *Idrogeologia dei massicci carbonatici, delle piane quaternarie e delle aree vulcaniche dell'Italia centro-meridionale (Marche e Lazio meridionali, Auzzo, Molise e Campania)*. Quaderni della Cassa per il Mezzogiorno, 4(2), 225 pp, Roma.
- Di Ricaldone G. A. (1971) - *Il libro dei prodigi. Contributi per una storia dell'agricoltura e del costume in Monferrato*. In: Asti - Informazioni economiche, n. 5, 2-18.
- Giraudi C. (1989) - *Lake levels and climate for the last 30,000 years in the Fucino area (Abruzzo - Central Italy)*. Palaeogeogr., Palaeoclimat., Palaeoecol., 70, 249-260.
- Hammer C.U., Clausen H.B. & Dansgaard W. (1980) -

- Greenland ice sheet evidence of post-glacial volcanism and its climatic impact.* Nature, **288**, 230-235.
- Handler P. (1989) - *The effect of volcanic aerosols on global climate.* J. Volcanol. Geoth. Res., **37**, 233-249.
- La Marche V.C. Jr. & Hirschboeck K.K. (1984) - *Frost rings in trees as records of major volcanic eruptions.* Nature, **307**, 121-126.
- Lamb H.H. (1970) - *Volcanic dust in the atmosphere; with its chronology and assesment of its meteorological significance.* Philos. Trans. R. Soc. Lond., **266**, 425-533.
- Mennella C. (1956) - *L'andamento annuo della pioggia in Italia nelle osservazioni ultrasecolari. Ricerche sulle variazioni storiche del clima italiano.* C.N.R., 186-239, Tip. Mareggiani, Bologna.
- Porter S.C. (1986) - *Pattern and forcing of Northern Hemisphere glacial variations during the last millennium.* Quater. Res., **26**, 27-48.
- Rampino M.R. & Self S. (1982) - *Historic eruptions of Tambora (1815) and Krakatau (1883), and Agung (1963), their stratospheric aerosols, and climatic impact.* Quater. Res., **18**, 127-143.
- Sear C.B., Kelly P.M., Jones P.D. & Goodess C.M. (1987) - *Global surface-temperature responses to major volcanic eruptions.* Nature, **330**, 365-367.
- Self S., Rampino M.R. & Barbera J.J. (1981) - *The possible effects of large 19th and 20th century volcanic eruptions on zonal and hemispheric surface temperatures.* J. of Volcanol. Geoth. Res., **11**, 41-60.
- Stommel H. & Stommel E. (1983) - *L'anno senza estate.* Le Scienze, Quaderni: I Vulcani. 65-71, Milano.
- Stothers R.B. (1984) - *Mystery cloud of A.D. 536.* Nature, **307**, 344-345.
- Stothers R.B., Rampino M.R., Self S. & Wolff J. A. (1989) - *Volcanic winter? Climatic effects of the largest volcanic eruptions.* IAVCEI Proc. in Volcanology 1, J.H. Latter (Ed.), Volcanic Hazards, 4-9, Springer-Verlag.

Accettato per la stampa il 6.12.1990