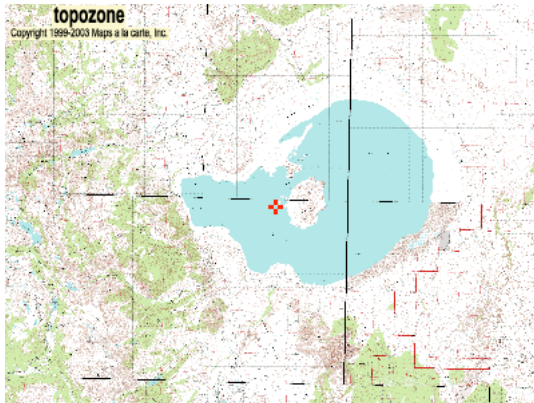


Modellistica ambientale
a.a. 2009/10
Il Lago Mono

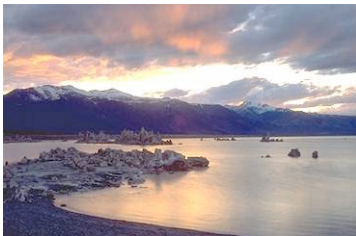


I dati utilizzati per questo esercizio sono presi dal testo di Andrew Ford, Modeling the Environment.

Ulteriori informazioni possono essere trovate nel sito

["http://www.monolake.org/index.html"](http://www.monolake.org/index.html).

Il Lago Mono: caratteristiche (1)



Collocato nella zona montagnosa della California centrale, la Sierra Nevada, il lago Mono è uno dei più antichi laghi del mondo. È molto bello dal punto di vista paesaggistico ed è un'oasi naturale utilizzata da diverse specie di uccelli migratori. Nelle sue isole gli uccelli fanno nascere i loro piccoli. Il lago con le sue alghe microscopiche provvede cibo per gamberetti e per insetti che a loro volta costituiscono l'alimentazione per gli uccelli.

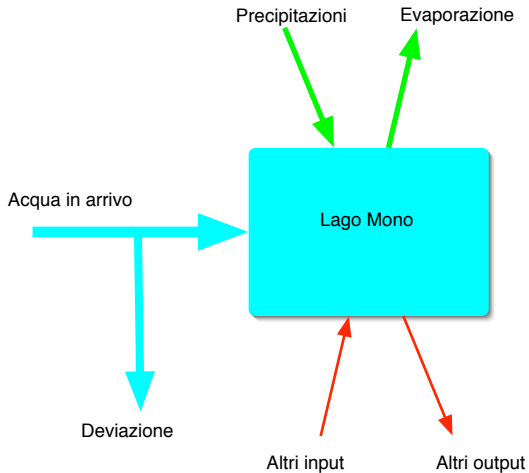
Il Lago Mono: caratteristiche (2)

Negli anni 40 del secolo scorso il lago fu collegato per mezzo di un acquedotto alla città di Los Angeles che ne utilizza l'acqua per il suo approvvigionamento idrico. L'acqua viene deviata direttamente dai flussi in arrivo, prima che raggiunga il lago. Dagli anni '70, in media vengono deviati annualmente **123,350,000 mc** di acqua, su circa **185,000,000** in arrivo.

Gli effetti sono rilevanti. Nel **1941** il livello della superficie del lago era di **1956 mslm**, il lago copriva una superficie di **182,100,000 mq** e conteneva un volume di acqua di **5,304 milioni di mc**. La sua salinità, un fattore cruciale per la vita di gamberi ed insetti, era di circa **55 g/L** (grammi per litro). Circa 40 anni dopo, nel **1981**, il volume del lago si era dimezzato, il suo livello era sceso di **14 metri**, e la sua salinità era salita a circa **100 g/L**.

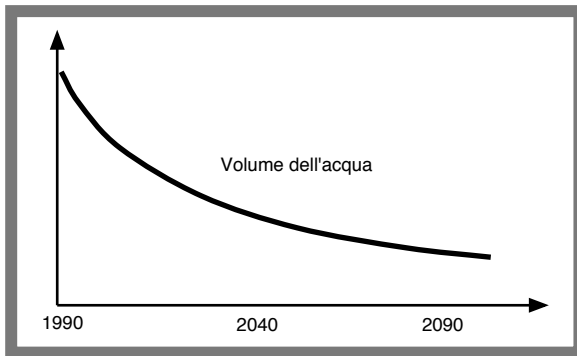
L'incremento di salinità ha l'effetto di ridurre la produzione di alghe, e di conseguenza ridurre la popolazione di gamberi e di insetti, con l'effetto di ridurre la disponibilità di cibo per gli uccelli migratori. Inoltre l'abbassarsi del livello del lago ha fatto sì che una delle principali isole su cui gli uccelli nidificavano è stata collegata alla terraferma, rendendo gli uccelli vulnerabili ai predatori.

I flussi in ingresso e in uscita



Obiettivo: costruire un modello che aiuti nella valutazione delle politiche di uso delle acque.

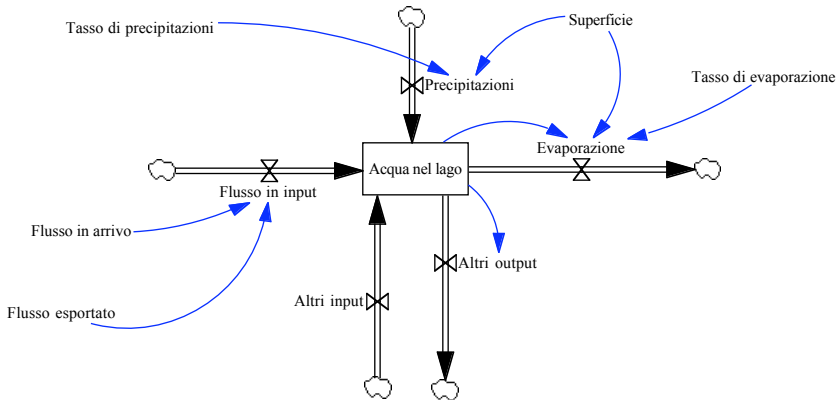
- Utilizzeremo grandezze medie annuali
- Orizzonte temporale: 100 anni dal 1990
- Variabile chiave: il volume dell'acqua
- Andamento di riferimento: quello di figura



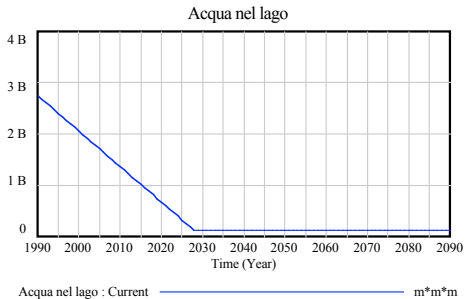
I dati al 1990

Volume di acqua (mc)	2,750,000,000
Superficie (mq)	157,820,000
Flusso in arrivo (mc/anno)	185,000,000
Flusso deviato (mc/anno)	123,350,000
Precipitazioni (cm/anno)	20.42
Evaporazione (cm/anno)	114.3
Altri input (mc/anno)	59,200,000
Altri output (mc/anno)	42,000,000

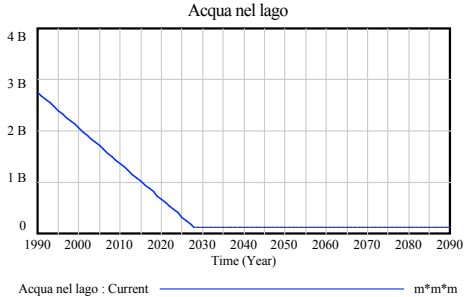
Un primo modello



Il Lago Mono: andamento del volume

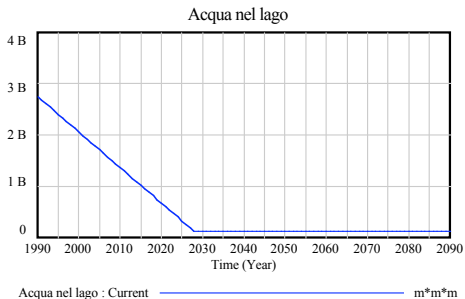


Il Lago Mono: andamento del volume

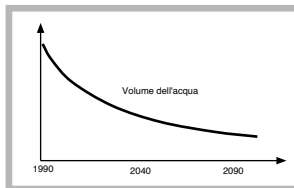


È quello che ci aspettavamo?

Il Lago Mono: andamento del volume

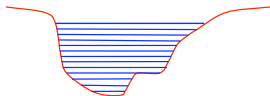


È quello che ci aspettavamo?



Il Lago Mono: superficie variabile

Nel modello abbiamo supposto la superficie invariante, cosa non realistica

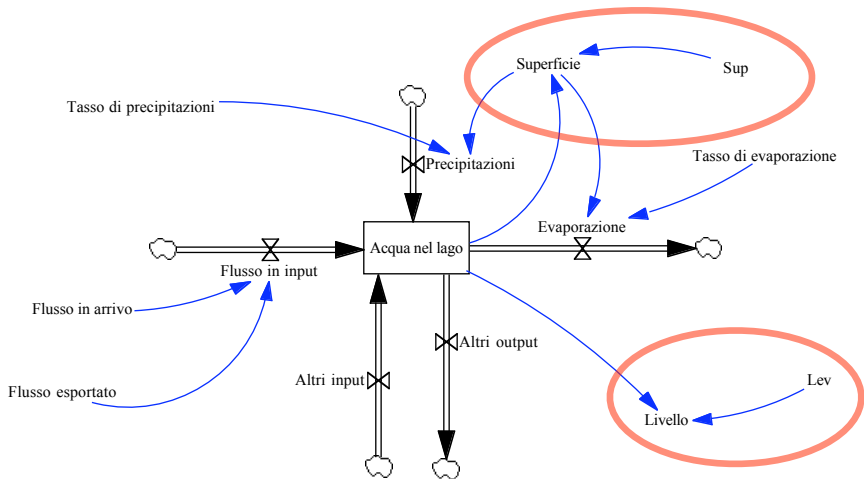


Volume (10^6 mc)	Superficie (10^3 mq)	Elevazione (m)
0	0	1,897
1,233	99,954	1,931
2,467	142,849	1,941
3,700	196,671	1,948
4,934	219,737	1,954
6,167	231,471	1,960
7,401	249,278	1,965
8,634	267,084	1,970
9,868	282,461	1,974

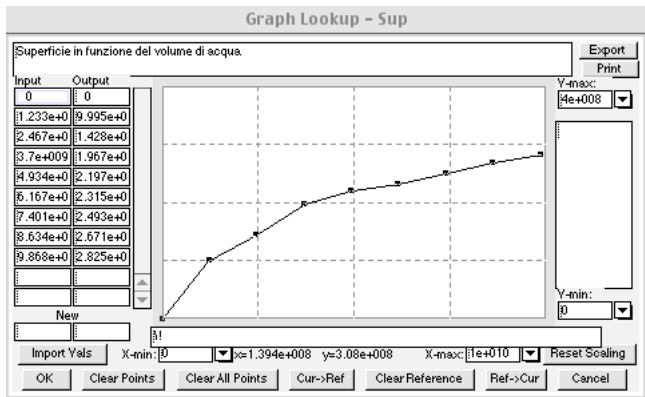
Effetti della riduzione di elevazione

<i>Elevazione</i>	<i>Effetti</i>
1,945	Tempeste di sabbia
1,943	Declino dell'ecosistema
1,942	Grave deterioramento dell'habitat per la nidificazione degli uccelli
1,939	Livelli critici di salinità
1,936	Collasso dell'ecosistema

Un modello un po' più realistico (1)



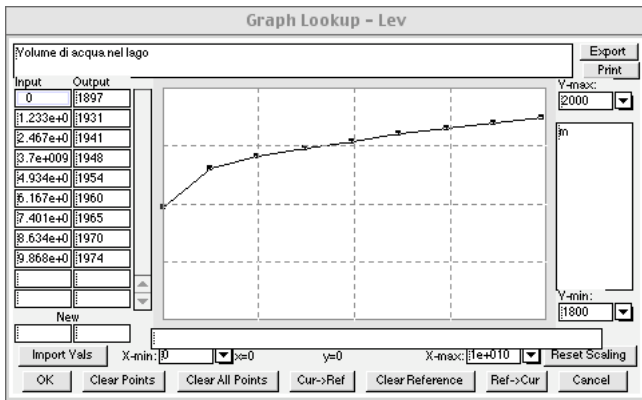
Un modello un po' più realistico (2)



Sup è la funzione che dà la superficie del lago in funzione del volume d'acqua, e viene fornita sotto forma di tabella.

$$Superficie(t) = Sup(Acqua_nel_lago(t))$$

Un modello un po' più realistico (3)

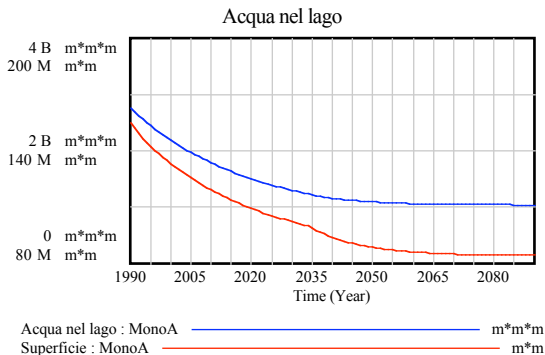


Lev è la funzione che dà il livello della superficie del lago in funzione del volume d'acqua, e viene fornita sotto forma di tabella.

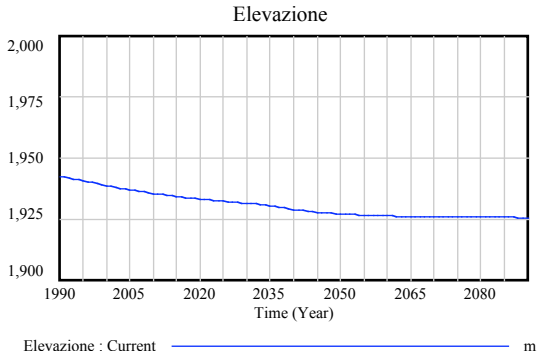
$$Livello(t) = Lev(Acqua_nel_lago(t))$$

I risultati della simulazione (1)

Andamento del volume e della superficie



Andamento dell'elevazione



L'equilibrio viene raggiunto a 1925 mslm, mentre altri studi, considerati molto accurati, indicano in 1931 il livello di equilibrio con i dati utilizzati nel modello.

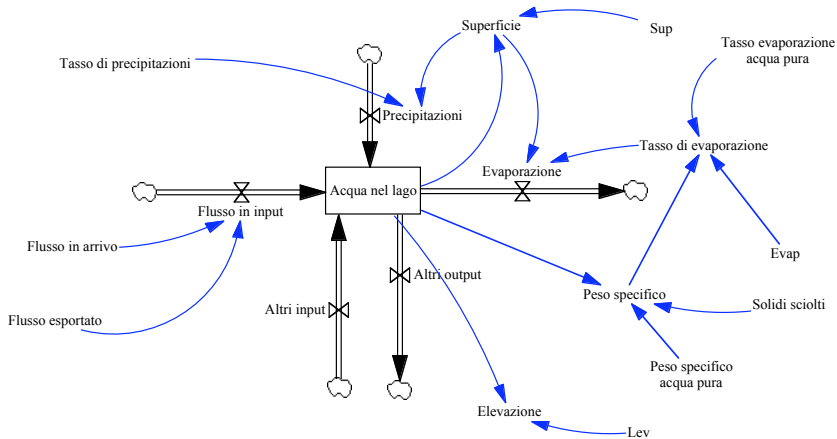
Peso specifico ed elevazione

In realtà nel modello costruito non si è tenuto conto del fatto che con la diminuzione del volume aumenta la salinità delle acque (e quindi il suo peso specifico) e di conseguenza diminuisce il tasso di evaporazione. Nel modello costruito tale tasso era stato invece assunto costante.

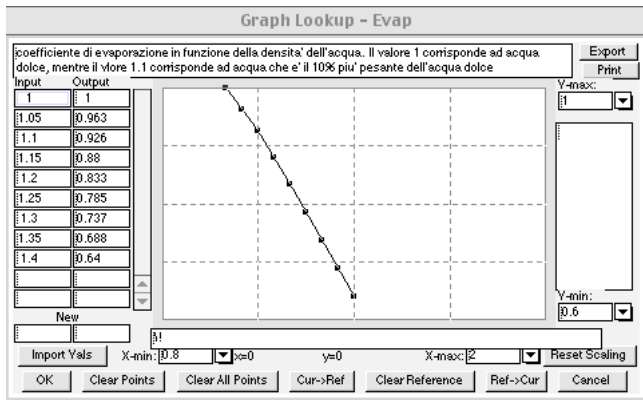
Peso specifico	<i>cmte</i> *
1.00	1.000
1.05	0.963
1.10	0.926
1.15	0.880
1.20	0.833
1.25	0.785
1.30	0.737
1.35	0.688
1.40	0.640

(*) *cmte*= coefficiente moltiplicativo del tasso di evaporazione

Il modello completo (1)



Il modello completo (2)

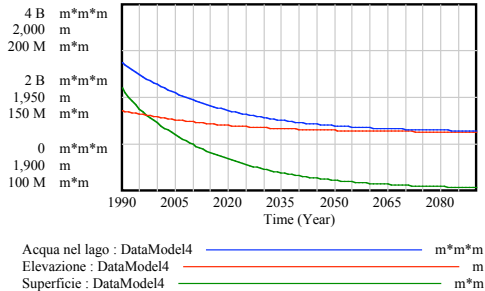


Evap è il coefficiente moltiplicativo del tasso di evaporazione in funzione del peso specifico

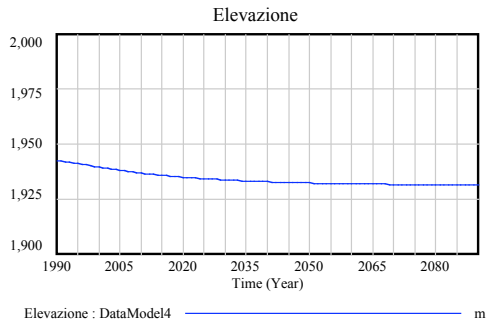
$$\text{Tasso_di_evaporazione}(t) = \text{Tasso_d_evaporazione_acqua_pura} \times \text{Evap}(\text{Peso_specifico}(t))$$

Risultati con il nuovo modello

Volume, Elevazione e Superficie



Andamento dell'elevazione



L'equilibrio viene raggiunto a 1931 mslm