



L'innalzamento dei mari

La lunga MAREA

Gaetano Prisciantelli

Mentre l'Italia scivola sotto l'acqua, l'Olanda si attrezza e lancia un programma per spostare, in caso d'emergenza, case e persone

l'isola di Majuli si trova al centro del fiume Brahmaputra, in India. È considerata l'isola fluviale più grande del mondo ma il record è minacciato dalla progressiva erosione delle sue coste dovuta al corso sempre più imprevedibile delle acque, che risente a sua volta dei ghiacci dell'Himalaya che si sciolgono a ritmi inconsueti. Tra il 1950 e il 1990 la superficie si è dimezzata rispetto all'estensione originale di 1.250 chilometri quadra-

CAMBIAMENTI CLIMATICI

ti, trentacinque villaggi sono stati inghiottiti dalle correnti e al ritmo attuale l'intera isola rischia di sparire nello stretto giro di vent'anni.

Il caso di Majuli è drammatico ma non è isolato: l'aumento delle temperature trasforma la geografia di tutto il pianeta. Nelle immagini satellitari, il bianco dei ghiacci e delle nevi d'alta quota lascia posto alle tinte scure delle cime nude. Si riduce anche il bianco polare: dal 1978 ad oggi la superficie dei ghiacci si è ridotta del 2,7 per cento ogni dieci anni e, secondo alcune ipotesi, un pianeta con meno ghiacci, quindi più scuro di prima, rischia di assorbire le radiazioni solari con più intensità rispetto al passato. E questo va ad aggiungersi all'aumento delle temperature già in corso.

Marì in ascesa

Per il pianeta Terra non è una novità. Rispetto a oggi, 125.000 anni fa il livello dei mari era sette metri più in alto mentre 22.000 anni fa era 120 metri più basso. Ma un conto è parlare del pianeta, che nei suoi milioni di anni di storia è testimone dei cambiamenti più estremi, altro è assistere coi propri occhi ad una trasformazione radicale della crosta terrestre, a cominciare dalle linee che separano gli specchi d'acqua dalle terre emerse, con gravi conseguenze sul nostro benessere. Mentre la popolazione globale aumenta numericamente, infatti, le produzioni agricole e la loro circolazione vanno incontro a maggiore instabilità. Un ciclo delle acque alterato significa una maggiore frequenza di episodi di siccità o di alluvioni e inondazioni che, si legge nell'ultimo rapporto del gruppo di lavoro intergovernativo sui cambiamenti climatici (Ippc), minacciano di colpire negativamente le attività economiche.

Il livello dei mari rappresenta una spia importante di queste dinamiche. Secondo le proiezioni riguardanti l'anno 2090, è da ritenersi probabile un innalzamento compreso tra i 20 e i 50 centimetri con un picco di 75 nel caso in cui la temperatura globale tendesse ad aumentare più di due gradi. Una magra consolazione riguarda il Mediterraneo, dove l'aumento si attesterebbe tra i 20 e i 30 centimetri. Una discrepanza che è causa di dibattito tra gli scienziati e, secondo Fabrizio Antonelli dell'ENEA, potrebbe essere legata alla diversa salinità, alla diversa pressione e al ruolo di "diga" svolto dallo stretto di Gibilterra. La pressione degli oceani, infatti, risulta maggiore.

In occasione del vertice sul clima di Bali, lo scorso dicembre, l'Organizzazione per la cooperazione economica e lo sviluppo (Oecd) ha diffuso i risultati di uno studio compiuto sulle 136 principali località portuali del



Le tre forze che modellano il nostro pianeta



COME SI SA, la Terra è fatta a strati. La "buccia" (litosfera) è solida ma lo strato sottostante, il mantello, è fluido ed è responsabile di molte trasformazioni del suolo. Le dinamiche geologiche coinvolte dall'innalzamento dei mari riguardano soprattutto tre fenomeni:

ISOSTASIA

L'alterazione dell'equilibrio delle rocce della crosta terrestre provoca movimenti verticali (detti isostatici) che portano la crosta terrestre ad un nuovo equilibrio. Con lo scio-

glimento dei ghiacci, i poli si alleggeriscono e si sollevano. Conseguentemente, la fascia equatoriale tende a sprofondare.

EUSTATISMO

Variazione di livello medio dei mari e degli oceani per dello scioglimento dei ghiacci o per il cambiamento di densità delle acque. L'effetto è l'avanzamento o l'arretramento delle acque rispetto alle terre emerse.

TETTONICA

Deformazione della crosta terrestre originata dalla collisione tra placche continentali, dai terremoti o dall'attività vulcanica.



Cruise terminal: Waterstudio.

mondo, affidato agli studiosi della università di Southampton, in Gran Bretagna, insieme a esperti della statunitense Risk Management Institute di Meteo-France e del CREP, il Centro per la ricerca internazionale sul clima e l'ambiente. Delle dieci località più esposte a inondazioni, nove si affacciano sugli oceani asiatici. Se, però, si considera la numerosità delle popolazioni coinvolte, tra i primi dieci porti figurano anche le città di Miami, New Orleans e New York (come mostra l'elenco proposto in queste pagine). I fattori di espansione dei mari individuati sono lo scioglimento dei ghiacci, che accrescono la quantità d'acqua allo stato liquido, e l'espansione termica causata dalle temperature in aumento: come in una pentola d'acqua che si avvia all'ebollizione, il calore aumenta il volume occupato dal liquido. Una tendenza che negli ultimi anni ha vissuto un'accelerazione preoccupante.

Non solo Venezia

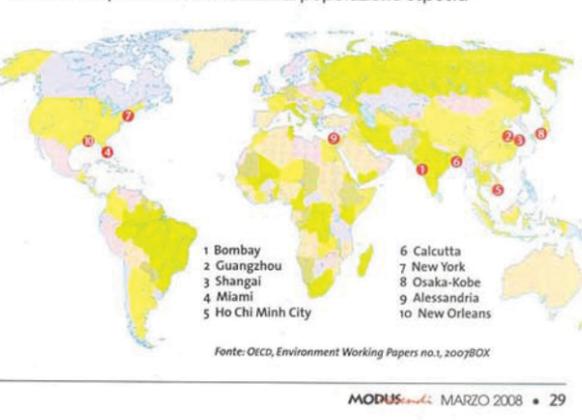
Le prime misurazioni sistematiche dei livelli del mare risalgono a fine Ottocento, con l'impiego di strumenti specifici come i mareografi, che hanno permesso di stimare la risalita del livello medio del mare in uno-due millimetri l'anno all'interno del bacino mediterraneo (fino a tre millimetri nel caso degli oceani). Ai mareografi si sono aggiunti recentemente i satelliti, che evidenziano le minime variazioni delle linee di demarcazione tra terra e specchi d'acqua. Ma è possibile indaga-

re ancora più indietro nel tempo. L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (Ingv), in una campagna di indagini che ha coinvolto altri enti e università, ha stimato le variazioni dell'epoca storica (gli ultimi 2.300 anni circa) e dell'epoca moderna a partire dai siti archeologici costieri.

Un riferimento importante sono le peschiere, le vasche

Inondazioni

Le dieci città più a rischio in termini di popolazione esposta



Fonte: Oecd, Environment Working Papers no.1, 2007/BOX



nelle quali gli antichi romani praticavano l'orticoltura miscelando acqua marina e acqua dolce. Chi realizzava queste strutture, diffuse tra la fine del secondo secolo avanti Cristo e il primo secolo dopo Cristo, teneva ovviamente conto dei livelli dell'acqua marina per agevolare il ricambio delle acque e l'accesso dei pesci, attratti dalle esche.

In questo tipo di indagini non basta, ovviamente, misurare sul corso dei fiumi, che scendono meno speditamente verso la foce e per questo tendono a rompere gli argini più spesso. L'alto Adriatico, nel tratto compreso tra Monfalcone e Rimini, risulta quindi esposto così come le aree vicine alle foci dei fiumi senza dimenticare le aree lagunari, da Orbetello ai laghi costieri di Lesina e Varano, allo stagno di Cagliari.

Questi dati confermano, nel complesso, una risalita dei mari che oggi è più veloce che in passato. L'ENEA,



Antonelli F., Leoni G., (2007). *Mappa Nazionale delle aree a rischio di allagamento da parte del mare*. Dossier ENEA per lo studio dei cambiamenti climatici e loro effetti. Rf ENEA, pp. 83.



CAMBIAMENTI CLIMATICI

intanto, ha iniziato a lavorare ad una Carta nazionale delle aree costiere a rischio incrociando i dati dell'Ippc con le caratteristiche di ciascun tratto di costa: la presenza di fiumi, la loro portata, le correnti marine e gli impatti delle attività umane. Ne è risultata una mappa di 33 aree a rischio dove l'invasione marina minaccia di accelerare l'erosione, aumentare la salinità degli estuari (con gravi conseguenze per l'agricoltura che attualmente utilizza le falde di acqua dolce vicine alla costa), esporre il territorio a inondazioni sempre più frequenti.

La maggiore pressione delle acque marine si ripercuote sul corso dei fiumi, che scendono meno speditamente verso la foce e per questo tendono a rompere gli argini più spesso. L'alto Adriatico, nel tratto compreso tra Monfalcone e Rimini, risulta quindi esposto così come le aree vicine alle foci dei fiumi senza dimenticare le aree lagunari, da Orbetello ai laghi costieri di Lesina e Varano, allo stagno di Cagliari.

Imparare dall'Olanda

La faccenda si fa seria. Lo confermano gli olandesi, popolo pragmatico, che da mille anni conquista terraferma a scapito del mare ma ora è pronto a qualche compromesso. Il complesso sistema di dighe e canali costruito a guardia delle terre pianeggianti potrebbe non reggere la crescente pressione dell'oceano, il cui livello cresce attualmente anche di tre millimetri l'anno contrastando sempre più il corso dei fiumi.

Lungo le rive il governo ha individuato 40 zone che, in caso di eventi estremi, saranno allagate a tutela di tut-

te le altre. Il progetto, denominato *Ruimte voor de Rivier* (spazio per i fiumi) prevede il trasferimento delle abitazioni e delle attività umane situate nelle zone da allagare. Per molte persone non è una buona notizia ma la sensibilità della popolazione è sufficientemente alta riguardo alla necessità di scelte coraggiose in questo senso. Nella memoria collettiva è forte il ricordo del 31 gennaio del 1953, quando il crollo di una diga causò la morte di 2.000 persone a Willemstadt. Rispetto ad allora, spiegano gli esperti coinvolti nel progetto, il rischio di simili catastrofi è aumentato.

Ma per alcuni il rischio diventa un'opportunità. Tra i fiumi, i canali e il mare spuntano le prime case galleggianti. Non sono barche ma hanno uno scafo dal fondo piatto che aderisce al fondo del canale. In caso di alluvione, la struttura si solleva restando collegata alla rete idrica e alla rete elettrica grazie ai collettori flessibili. L'idea è venuta agli architetti di uno studio chiamato, emblematicamente, Waterstudio, dove al momento si lavora all'idea di un giardino galleggiante da affiancare alla casa. Il contrasto tra questa serena forma di adattamento e il disagio dei poveri contadini dell'isola indiana di Majuli mostra l'importanza di una cultura adeguata alle sfide poste da un ambiente che oggi subisce trasformazioni rapide e inattese dopo essere rimasto uguale a sé stesso per secoli.

Gli scenari disegnati dall'Ippc

AFRICA Verso la fine del XXI secolo l'innalzamento dei mari è destinato a interessare aree costiere densamente popolate. L'adattamento alle nuove condizioni potrebbe costare tra il cinque e il 10 per cento del Pil.

ASIA Le zone costiere, specialmente in corrispondenza delle foci dei fiumi dell'Asia meridionale, saranno esposte ai rischi maggiori a causa di inondazioni provenienti causate principalmente dai livelli del mare.

AUSTRALIA E NUOVA ZELANDA Entro il 2050 la crescente urbanizzazione di alcune aree australiane e neozelandesi è destinata ad esacerbare i rischi rappresentati dall'innalzamento del livello dei mari e dall'accresciuta frequenza e violenza delle precipitazioni.

EUROPA I cambiamenti climatici potranno esasperare le differenze di ambienti e di condizioni della regione europea con la maggiore frequenza di allagamenti nelle aree interne, di alluvioni nelle zone costiere e della loro erosione.

AMERICA LATINA L'alterazione del ritmo delle precipitazioni e la scomparsa dei ghiacciai minacciano la disponibilità di acqua dolce a scapito dell'agricoltura e della produzione elettrica.

AMERICA DEL NORD L'aumento delle temperature riduce la massa dei ghiacciai delle catene montuose occidentali aumentando il rischio di alluvioni invernali e siccità estive inasprando i conflitti sulle risorse idriche.

ZONE POLARI Aumenta la vulnerabilità degli ecosistemi e con l'abbassamento delle barriere climatiche sono più probabili le bioinvasioni.

ISOLE MINORI L'aumento dei livelli del mare aggrava il rischio di inondazioni, tempeste, erosione della costa, minacciando infrastrutture importanti e la stessa vitalità delle società. Il deterioramento delle barriere coralline e degli altri ecosistemi locali danneggia il complesso delle risorse.

Fonte: Ippc, 2007