

COME DEVASTARE L'AMBIENTE

By Gordon J. F. MacDonald U.S.A.
(da *Unless Peace Comes* 1968)

Il professor MacDonald è direttore associato dell'Istituto di Geofisica e Fisica Planetaria all'Università della California, Los Angeles. Le sue ricerche hanno abbracciato una notevole diversità di fenomeni naturali ed i suoi interessi professionali si sono ulteriormente estesi in funzione del suo coinvolgimento nella politica della scienza a livello nazionale. Attualmente è membro del Consiglio scientifico del Presidente Johnson (ndt: allora Presidente degli Stati Uniti).

Tra i futuri mezzi per conseguire gli obiettivi nazionali con la forza, una possibilità dipende dalla capacità dell'uomo di controllare e manipolare l'ambiente del suo pianeta. Una volta ottenuto, questo fornirà all'uomo un nuovo potere capace di provocare danni grandi e indiscriminati. La nostra scarsa conoscenza attuale dei cambiamenti ambientali intenzionali rende difficile allo stato attuale immaginare un mondo in cui si svolge la guerra geofisica. Un mondo siffatto potrebbe ad esempio prevedere un effettivo divieto sulle armi nucleari a vantaggio dell'impiego di altre armi di distruzione di massa: le catastrofi ambientali.

In alternativa, si potrebbe immaginare un mondo di equilibrio nucleare derivante dalla parità tra le opposte forze in campo, reso tuttavia instabile dallo sviluppo da parte di una nazione di una tecnologia avanzata capace di modificare l'ambiente del pianeta Terra.

Oppure, le armi geofisiche potrebbero divenire parte dell'arsenale di ogni nazione. Come sosterrò, queste armi sono particolarmente adatte per guerre sotto copertura o segrete.

La letteratura fantascientifica contiene molti suggerimenti su come le guerre evolverebbero se l'uomo possedesse effettivamente la capacità di cambiare il tempo atmosferico, il clima, o le correnti oceaniche. Molte di queste suggestioni e altre discussioni più serie, non tengono però conto dei limiti della natura. Jules Verne ha suggerito nel dettaglio di spostare le calotte polari della Terra, in modo da riequilibrare le fasce climatiche (*Les Voyages Extraordinaires; Sans Dessus Dessous*, Metzel, 1889). La proposta di Verne era di eliminare l'inclinazione di 23° dell'asse terrestre, ponendo così l'asse ad angolo retto rispetto al piano Sole-Terra. Tuttavia, come Verne giustamente aveva sottolineato in una discussione successiva, il rigonfiamento equatoriale della Terra stabilizza il nostro pianeta e anche il lancio di un proiettile da 180.000 tonnellate avrebbe prodotto uno spostamento (dell'inclinazione dell'asse) di solo 1/10 di micron. Il senatore Estes Kefauver, candidato come vice-presidente alle elezioni americane del 1956, aveva rispolverato la proposta originale di Verne e si era interessato seriamente al ribaltamento dell'asse terrestre. Egli dichiarò che, grazie all'impiego di una bomba ad idrogeno, si poteva modificare l'inclinazione dell'asse terrestre di 10 gradi. Sia il senatore Kefauver che i suoi consulenti scientifici negarono l'influenza stabilizzante del rigonfiamento della Terra. Il massimo spostamento che ci si può aspettare dall'esplosione di una bomba H da 100 megatoni è meno di un micron, come Walter Munk ed io abbiamo fatto notare nel nostro libro "La rotazione della Terra" (Cambridge, 1960).

Un progresso notevole nelle scienze applicate all'ambiente sta lentamente superando il divario tra realtà e finzione per quanto riguarda le manipolazioni fisiche dell'ambiente della Terra. Man mano che queste manipolazioni diventano possibili, la storia dimostra che dei tentativi potrebbero essere fatti per usarle a sostegno delle ambizioni nazionali. Per valutare le conseguenze delle modifiche ambientali nello scontro tra le nazioni, dobbiamo fare il punto sullo stato attuale della ricerca e partire da qui per fare delle

ipotesi sui possibili sviluppi concreti, tra 10 e 50 anni, di sistemi d'arma in grado di sfruttare la natura in modo nuovo e forse inaspettato.

La chiave della guerra geofisica sta nell'identificazione di quelle instabilità ambientali a cui aggiungere una piccola quantità di energia, in grado di innescare come conseguenza un rilascio di quantità di energia enormemente superiore.

Quando parlo di instabilità ambientale identifico una situazione in cui la natura ha racchiuso una gran massa di energia in qualche parte della Terra, o nei suoi dintorni, energia di gran lunga superiore a quello che si trova di consueto.

Per attivare questa instabilità, l'energia necessaria potrebbe essere introdotta in modo violento con delle esplosioni oppure progressivamente tramite piccole dosi di sostanze capaci tuttavia di indurre rapidi cambiamenti, agendo come catalizzatori o agenti "nucleating".

Il meccanismo di stoccaggio dell'energia potrebbe derivare dall'accumulo di tensione in centinaia di milioni di anni nella Terra solida, oppure essere l'effetto del veloce raffreddamento di vapore acqueo in atmosfera causato dalle correnti ascensionali, che si verifica in qualche decina di minuti.

Le conseguenze del rilascio di questa energia potrebbero aversi su scala mondiale, come nel caso di alterazioni del clima, oppure su scala regionale, come nel caso di terremoti scatenati localmente o di precipitazioni atmosferiche indotte.

MODIFICAZIONI DEL METEO

L'atmosfera terrestre è un involucro di aria che ruota, per la maggior parte, alla stessa velocità dei continenti e degli oceani sottostanti. Il movimento relativo tra l'atmosfera e la Terra trae la sua spinta da sorgenti e pozzi di energia che variano in base al luogo e alla forza, ma che hanno come fonte ultima, la radiazione solare. Le quantità di energia presenti nei sistemi meteorologici superano di un margine sostanziale la quantità di energia controllata dall'uomo.

Per esempio, la quantità media di energia prodotta da un singolo vortice di un tornado è equivalente a circa 50 kilotoni di esplosivo; una sola colonna di una tempesta di fulmini scambia circa dieci volte questa quantità di energia durante il suo ciclo di vita; un uragano atlantico di moderata entità può trarre dal mare più di 1.000 megatoni di energia.

Queste grandi quantità di energia rendono improbabile che tecniche di forza bruta porteranno ad una modificazione significativa del tempo. Tuttavia si possono raggiungere dei risultati, agendo sulle instabilità presenti nell'atmosfera.

Stiamo iniziando ora a comprendere i diversi tipi di instabilità nell'atmosfera. Le goccioline d'acqua molto fredde che compongono le nubi fredde sono instabili, ma rimangono allo stato liquido per lunghi periodi di tempo fino a che non vengono fornite di nuclei su cui possono congelare. Il passaggio dallo stato liquido a quello solido di queste goccioline può essere stimolato da una fonte di energia locale mediante l'introduzione di nuclei artificiali.

Questo calore liberato può causare la formazione di correnti ascensionali che a loro volta portano ad ulteriore formazione di acqua super-raffreddata. Questo processo può portare a precipitazioni a terra superiori a quelle che sarebbero state prodotte senza la nucleazione artificiale. Una seconda instabilità può ancora una volta sorgere, dove il vapore acqueo condensa in acqua, influenzando la distribuzione di energia sensibile. Su scala più grande, vi è la cosiddetta instabilità "baroclinica" delle onde atmosferiche che circondano il pianeta. Per effetto dello squilibrio di calore tra l'equatore e i poli si accumula una grande quantità d'energia, che verrà rilasciata successivamente provocando le grandi tempeste cicloniche che colpiscono le zone temperate. Ci sono altre tipologie, meno conosciute, di instabilità che possono influenzare il clima; ci tornerò sopra in un secondo momento.

Qual è lo stato attuale per quanto riguarda la manipolazione del meteo e quale si può ragionevolmente prevedere che sia in futuro? Gli esperimenti nel corso degli ultimi diciotto anni hanno dimostrato in modo inequivocabile che le nuvole composte da

goccioline d'acqua molto fredde possono essere trasformate in nuvole di cristalli di ghiaccio mediante l'inseminazione con ioduro d'argento, "ghiaccio secco" (anidride carbonica congelata) e di altri agenti chimici adatti. Questa scoperta è stata applicata operativamente nella pulizia degli aeroporti coperti da uno strato di nebbia super-fredda. Non si è trovata nessuna tecnica simile per eliminare la nebbia calda, anche se alcuni promettenti sviluppi sono ora oggetto di studio. Nel caso di nebbia calda, l'instabilità atmosferica è dovuta al vapore acqueo distribuito nelle gocce più piccole che contiene un'energia di superficie più alta di quella presente nelle gocce grandi. La chiave per eliminare questa nebbia calda sta nello scoprire un modo per spingere le gocce piccole a formare gocce più grandi, per poi cadere a terra.

Vi è una crescente, sebbene non definitiva, dimostrazione che le precipitazioni di alcuni tipi di nuvole e sistemi di tempesta nelle regioni temperate possono essere aumentate dal 10 al 15 per cento tramite l'inseminazione. Un po' più controversa è la prova che indica che le precipitazioni dai cumuli tropicali possono essere aumentate con tecniche simili a quelle impiegate nelle zone temperate. Gli esperimenti iniziali sugli uragani hanno lo scopo di dissipare le nuvole che circondano l'occhio del ciclone per disperdere l'energia e ridurre la forza dell'uragano. I risultati sono controversi, ma indicano che l'inseminazione può, in alcune circostanze, portare ad una marcata crescita nella nuvola inseminata. Questo espediente può avere il merito di modificare l'uragano, ma la sperimentazione non ha ancora portato ad una prova definitiva.

Per quanto riguarda la soppressione dei fulmini, ci sono varie, e in gran parte promettenti, prove che la frequenza dei fulmini nubi-terra può essere ridotta mediante l'introduzione di 'chaff', ossia strisce di fogli metallici analoghi a quelli dispersi in cielo dai militari per confondere i radar nemici.

Guardando al futuro, è abbastanza evidente quali saranno i progressi sostanziali che saranno realizzati nelle varie tecniche di modificazione del tempo meteo. Oggi, sia i trasporti aerei militari che quelli civili traggono beneficio dall'evoluzione delle tecniche per dissolvere la nebbia a terra. E' probabile che questo tipo di dispersione della nebbia diventerà routine, dopo ulteriori progressi nella tecnologia di "semina della nebbia". In un certo senso, la dissolvenza della nebbia rappresenta la prima applicazione militare di manipolazione del meteo, ma è, ovviamente, molto limitata.

Programmi più ambiziosi sono in corso negli Stati Uniti per esplorare ulteriormente la possibilità di aumentare le precipitazioni, in particolare negli stati occidentali e nord-orientali.

La neve delle tempeste invernali, presente sugli altipiani degli stati occidentali, fornisce gran parte dell'acqua al paese. Sono in corso studi per vedere se l'inseminazione può portare ad un aumento del manto nevoso e migliorare di conseguenza le risorse idriche. Un forte interesse per questa forma di modifica del tempo, accoppiato ad una crescita della ricerca sulla fisica delle nubi, è probabile che conduca a modifiche efficaci delle nubi entro i prossimi 5-15 anni.

Allo stato attuale, gli effetti sono misurati solo statisticamente e troppo poco è stato fatto nell'osservazione delle nuvole prima e dopo la semina, in modo da individuare con precisione quali nubi siano più adatte all'inseminazione.

Per quanto riguarda le applicazioni militari, suppongo che per il momento l'aumento delle precipitazioni avrà un valore limitato nelle classiche situazioni tattiche, e lo avrà semmai solo in futuro, quando i meccanismi saranno compresi più a fondo. Si potrebbe, per esempio, immaginare i comandanti in campo che chiedono l'aumento locale di precipitazioni per coprire o impedire varie operazioni di terra. Un uso alternativo di inseminazione delle nuvole potrebbe essere applicato strategicamente. Siamo attualmente incerti circa l'effetto della semina sulle precipitazioni sotto vento rispetto alle nubi inseminate. Le prime analisi suggeriscono che non vi è alcun effetto per 200-300 chilometri nella direzione del vento, ma la continua semina per un lungo tratto di

terra asciutta potrebbe chiaramente rimuovere umidità sufficiente in modo da non far piovere a 1.000 miglia in direzione del vento. Questo effetto esteso comporta la possibilità di rimuovere l'umidità atmosferica di nascosto, in modo che una nazione dipendente dal vapore acqueo che attraversa un paese concorrente, potrebbe essere soggetta ad anni di siccità. L'operazione può essere nascosta grazie all'irregolarità, statisticamente documentata, dell'atmosfera. Una nazione che possiede una tecnologia superiore di manipolazione dell'ambiente potrebbe danneggiare l'avversario senza rivelare il suo intento.

Anche la modifica delle tempeste, potrebbe avere importanti implicazioni strategiche. Come ho già detto, esperimenti preliminari sono stati condotti sulla semina degli uragani. Le dinamiche degli uragani ed il meccanismo attraverso il quale l'energia viene trasferita dal mare all'atmosfera, in modo da sostenere l'uragano, sono poco conosciute. Eppure si possono immaginare varie tecniche sia per la loro dissipazione che per la loro deviazione. Anche se gli uragani hanno origine nelle regioni tropicali, essi possono viaggiare alle latitudini temperate, come gli abitanti del New England sanno fin troppo bene (ndt: e tanti altri oggi). Un uragano controllato potrebbe essere usato come un'arma per terrorizzare gli avversari in tante parti del mondo.

Generalmente si suppone che un uragano tragga la maggior parte della sua energia dal mare su cui passa. Il meccanismo necessario di trasferimento di calore dipende dall'azione d'onda che permette all'aria di venire in contatto con un certo volume di acqua. Questa interazione tra l'aria e l'acqua inoltre muove anche gli strati superiori dell'atmosfera e permette all'uragano di attingere da un serbatoio di calore sostanzialmente più grande rispetto alle acque calde di superficie. Ci possono essere modi, utilizzando film monomolecolari di materiali come quelli sviluppati per coprire i bacini idrici per ridurre l'evaporazione, per diminuire l'interazione locale tra mare e aria e così impedire all'oceano di fornire energia all'uragano in modo accelerato. Tale procedura, accoppiata alla semina selettiva, potrebbe fornire dei metodi per guidare gli uragani. Al momento siamo molto lontani da avere i dati di base e la comprensione necessari a svolgere tali esperimenti, tuttavia, la possibilità di sviluppare a lungo termine e applicare tali tecniche, addebitandole ai capricci della natura, presenta una prospettiva inquietante.

MODIFICAZIONE DEL CLIMA

Nel valutare se la modifica del clima sia possibile o meno, è utile esaminare le variazioni climatiche in condizioni naturali. Esistono solide prove geologiche di una lunga sequenza di ere glaciali, in un passato relativamente recente, che dimostrano che il clima mondiale è in uno stato di lenta evoluzione. Ci sono anche buone prove geologiche, archeologiche e storiche per un modello di più piccole e rapide fluttuazioni, sovrapposte al lento cambiamento evolutivo.

Per esempio, in Europa il clima del primo periodo dopo l'ultima era glaciale era continentale, con estati calde e inverni freddi. Nel sesto millennio a.C., ci fu un cambiamento in un clima caldo umido con una temperatura media di 5 F° superiore a quella attuale e abbondanti precipitazioni che hanno causato una notevole crescita di torba. Questo periodo, noto come optimum climatico, è stato accentuato in Scandinavia da un abbassamento del suolo che ha permesso un maggiore afflusso di acqua calda dall'Atlantico al grande Mar Baltico.

L'optimum climatico era particolare. Mentre nel complesso c'era un decremento molto graduale delle precipitazioni, la diminuzione è stata interrotta da lunghi periodi di siccità, durante la quale la superficie di torba si era essicata. Questa fluttuazione è avvenuta più volte, essendosi i periodi principali di siccità verificatisi dal 2000 al 1900, dal 1200 al 1000 e dal 700 al 500 a.C. L'ultima ondata di caldo secco della durata di circa 200 anni, è stata quella che si è sviluppata meglio. La siccità, anche se non sufficientemente intensa da interrompere il costante sviluppo delle foreste, ha causato estese migrazioni

di popoli da regioni più asciutte a regioni più umide.

Un cambiamento verso condizioni più fredde e umide si è verificato in Europa all'incirca nel 500 a.C. ed è stata di gran lunga l'alterazione più grande e più brusca del clima dopo la fine dell'ultima era glaciale. Essa ha avuto un effetto catastrofico sulle prime civiltà d'Europa: vaste aree di foresta sono state smantellate dalla rapida crescita della torba e i livelli dei laghi alpini sono saliti improvvisamente, allagando molti degli insediamenti lacustri. Questo cambiamento climatico non è durato a lungo. All'inizio dell'era cristiana, le condizioni non erano molto diverse da quelle attuali. Dal momento che le variazioni climatiche hanno continuato a verificarsi e, sebbene nessuna sia stata così drammatica come quella del 500 a.C., una perturbazione conosciuta come la piccola era glaciale del XVII secolo è un esempio recente degno di nota. La causa di questi cambiamenti storici del clima rimane avvolta dal mistero. I rapidi cambiamenti del clima nel passato suggeriscono a molti che esistono instabilità che interessano l'equilibrio della radiazione solare.

D'altronde, il clima è principalmente determinato dall'equilibrio tra l'irraggiamento delle onde corte in arrivo dal Sole (principalmente sotto forma di luce) e la perdita di radiazioni sotto forma di onde lunghe in uscita (principalmente calore).

Tre fattori dominano l'equilibrio: l'energia del Sole, le caratteristiche della superficie delle varie regioni terrestri (acqua, ghiaccio, vegetazione, deserto, ecc.), e la trasparenza dell'atmosfera della Terra in relazione alle diverse forme di energia irradiata.

Riguardo all'ultimo fattore, l'effetto delle nuvole nel creare giornate fredde e notti relativamente calde è una cosa piuttosto familiare. Ma le nuvole sono piuttosto una manifestazione che un fattore scatenante del tempo e del clima; di fondamentale e maggior rilevanza è l'effetto dei gas nell'atmosfera, che assorbono gran parte dei raggi in transito dal Sole verso la Terra o dalla Terra verso lo spazio. Gli intensi raggi X e ultravioletti del Sole, entrambi con particelle atomiche ad alta energia, vengono trattenuti nella parte alta dell'atmosfera. Solo la stretta banda di luce nel visibile e qualche breve onda radio riescono ad attraversare l'atmosfera senza grandi interruzioni.

Ci sono state molte discussioni negli ultimi anni, in merito a supposti effetti complessivi sul clima mondiale dovuti all'emissione di CO₂ da parte di fornaci e motori che bruciano combustibili fossili, ed alcune sulle possibili influenze dei gas di scarico dei grandi razzi sulla trasparenza dell'alta atmosfera. L'anidride carbonica immessa nell'atmosfera dall'inizio della rivoluzione industriale ha prodotto un aumento di temperatura media nella bassa atmosfera di pochi decimi di grado Fahrenheit. Un aumento di temperatura simile potrebbe essere provocato dal vapore acqueo che potrebbe essere introdotto nella stratosfera dal trasporto supersonico.

In linea di principio sarebbe possibile introdurre materiale nell'alta atmosfera capace di assorbire sia la luce in entrata (raffreddando la superficie) che il calore in uscita (riscaldando la superficie). In pratica, nell'alta atmosfera rarefatta e ventosa, il materiale si disperderebbe piuttosto rapidamente, in questo modo l'uso militare di questa tecnica potrebbe contare su effetti globali piuttosto che locali. Inoltre, il materiale molecolare tende a decomporsi, e anche materiali elementari possono andare dispersi per effetto della diffusione nello spazio o delle precipitazioni sulla superficie terrestre. A livelli intermedi, nella stratosfera, i materiali potrebbero tendere ad accumularsi sebbene il tempo di miscelazione in questa parte di atmosfera sia certamente meno di dieci anni e può essere anche di pochi mesi. Se i meteorologi di una nazione calcolassero che un generale riscaldamento o raffreddamento della Terra fosse nel loro interesse nazionale, migliorando il loro clima, e peggiorando quello degli altri, la tentazione di rilasciare materiali con razzi ad alta quota potrebbe esistere. Però al momento conosciamo troppo poco riguardo agli effetti paradossali del riscaldamento e del raffreddamento, per dire quale potrebbe essere il risultato.

Sarebbero prevedibili effetti più improvvisi, forse molto più brevi ma comunque

disastrosi, se i mezzi chimici o fisici fossero sviluppati per attaccare uno dei costituenti naturali dell'ozono nell'atmosfera. Una bassa concentrazione di ozono (O_3 , una rara forma molecolare dell'ossigeno) in uno strato tra 15 e 50 chilometri di altezza ha la massima importanza per la vita sulla terra. Esso è responsabile dell'assorbimento della maggior parte dei raggi ultravioletti provenienti dal Sole. In dosi lievi, questi raggi provocano scottature, ma se l'intera forza si manifestasse in superficie, sarebbe fatale per tutta la vita - comprese le colture agricole e gli allevamenti - che non potrebbero essere protetti. L'ozono viene rifornito ogni giorno, ma un 'buco' temporaneo nello strato di ozono sopra un'area bersaglio potrebbe essere creato da un'azione fisica o chimica. Per esempio, i raggi UV con lunghezza d'onda di 250 millimicron decompongono le molecole di ozono, e l'ozono reagisce facilmente con una vasta gamma di materiali.

Al momento, possiamo solo provvisoriamente speculare sulla modifica dell'emissione di onde corte dalla sua sorgente, il Sole. Abbiamo scoperto instabilità importanti sulla superficie del Sole, che potrebbero essere manipolate da qui a molti anni. In una tempesta solare, per esempio, 10^{10} megatoni di energia sono immagazzinati in campi magnetici distorti. Con tecniche avanzate di lancio di razzi e provocando esplosioni di grandi dimensioni, si può in futuro imparare a regolare queste instabilità. Per il prossimo futuro, tuttavia, la modifica non riguarderà i raggi ad onda corta in entrata, ma i raggi ad onda lunga in uscita.

I piani usuali per la modifica del clima comportano la manipolazione di grandi superfici di ghiaccio. La persistenza di questi grandi distese di ghiaccio è dovuta agli effetti del raffreddamento del ghiaccio stesso, sia nel riflettere (piuttosto che assorbire) i raggi ad onde corte in entrata sia nell'emanare calore ad una velocità più alta rispetto alla superficie terrestre (non coperta di ghiaccio). Un mezzo comunemente proposto di modificazione del clima comporta lo spargimento di strati sottili di materiale colorato su una superficie ghiacciata, tali da inibire i processi sia di emanazione che di reazione, sciogliendo il ghiaccio e modificando così il clima. Tale procedura presenta evidenti difficoltà tecniche e logistiche. Per esempio, se si volesse creare un rivestimento superficiale di non più di un micron di spessore per coprire 1000 km^2 , il materiale impiegato per la copertura, pur estremamente sottile, peserebbe comunque un milione di tonnellate o più, a seconda della sua densità. Quindi le proposte di ricoprire con della polvere, diffusa nell'aria, alcune delle immense calotte di ghiaccio del pianeta, non sono realistiche e sono tipiche di un'approccio di forza bruta, e non comportano alcun vantaggio nello sfruttamento delle instabilità presenti nell'ambiente.

Mentre può essere tecnologicamente difficile cambiare la natura della superficie di una calotta di ghiaccio, e quindi le sue proprietà termiche, può essere possibile spostare il ghiaccio, tenendo conto dell'instabilità gravitazionale delle calotte. Il potenziale gravitazionale di energia dell'acqua allo stato solido, come in una spessa calotta di ghiaccio è molto maggiore di quello che si trova a livello del mare. Questo fatto rende possibile, almeno in linea di principio, prevedere piani di redistribuzione del ghiaccio. Infatti, A.T. Wilson ha proposto una teoria ciclica per le ere glaciali basata su questa instabilità.

I punti principali della teoria di Wilson sono i seguenti:

1. L'antartide è coperta da uno strato di ghiaccio spesso diversi chilometri. La pressione sul fondo del ghiaccio è sufficiente a mantenere il ghiaccio vicino al suo punto di fusione, l'acqua è un materiale insolito in quanto un aumento della pressione abbassa e non alza il punto di fusione. Un aumento dello spessore dello strato di ghiaccio potrebbe causare fusione in basso. La risultante miscela di acqua e ghiaccio lungo il letto del ghiacciaio consentirebbe un flusso da processo di congelamento e di fusione - *un processo di portata molto più efficace di un ordinario flusso plastico.*
2. Se tale instabilità si verificasse, la calotta fluirebbe fuori nel mare circostante e

una piattaforma di ghiaccio di grandi dimensioni si formerebbe tra l'antartide e l'oceano intorno ad essa. Come conseguenza, i raggi solari ad onda corta verrebbero riflessi e ci sarebbe un'augmentata perdita di calore per i raggi ad onda lunga, causando il raffreddamento e l'induzione della glaciazione in tutto il mondo.

3. Una volta che la piattaforma è nell'oceano, inizierà a sciogliersi e, infine, sarà rimossa. Il ghiaccio che rimarrà sulla superficie sarà molto più sottile rispetto a prima. Dato che la riflettività dell'emisfero sud diminuisce con lo scioglimento della calotta dell'antartide, la temperatura globale diventerà più calda di nuovo, come avviene all'inizio di un periodo interglaciale. La calotta di ghiaccio si formerà di nuovo, lentamente.

Commentando la teoria di Wilson, J.T. Hollin ha messo in evidenza la possibilità di un catastrofico brusco incremento o avanzamento della calotta di ghiaccio, come ad esempio è stato registrato su piccoli ghiacciai in numerose occasioni. Il più grande incremento riportato finora è probabilmente quello della calotta di ghiaccio in Spitsbergen che è avanzata alcune volte fino a 21 km su un fronte di 30 chilometri, tra il 1935 e il 1938. Ci sono anche dei resoconti che parlano di avanzamenti dei ghiacciai a velocità fino a 100 metri al giorno. Hollin ipotizza che, una volta che si raggiunga la fase di fusione sul fondo di una calotta di ghiaccio a gravità instabile, il ghiacciaio si muoverà in fretta. In aggiunta al calore geotermico intrappolato che scioglie il ghiaccio sul fondo, ci sono anche contributi aggiuntivi di calore dovuti all'attrito, generato non appena il ghiacciaio inizia a sfregare lungo il terreno solido.

Se la teoria ipotizzata da Wilson è corretta (e ci sono molti indizi interessanti a tal proposito), allora un meccanismo esiste per modificare catastroficamente il clima della Terra. Il rilascio di energia termica, forse attraverso esplosioni nucleari lungo la base di uno strato di ghiaccio, potrebbe avviare uno scorrimento verso l'esterno della coltre di ghiaccio che sarebbe poi sostenuta dall'energia gravitazionale. Un megaton di energia è sufficiente per fondere circa 100 milioni di tonnellate di ghiaccio. 100 megatoni di energia convertirebbero 0,1 centimetri di ghiaccio in uno strato sottile di acqua esteso a tutta la calotta antartica. Quantità più trascurabili di energia opportunamente posizionate potrebbe indubbiamente avviare il flusso verso l'esterno del ghiaccio.

Quali sarebbero le conseguenze di una simile operazione? Se la velocità di 100 metri al giorno fosse confermata, l'immediato effetto di questa grande quantità di ghiaccio riversata nell'acqua sarebbe quello di creare enormi tsunami (onde anomale), che distruggerebbero completamente le regioni costiere anche nell'emisfero settentrionale. Seguirebbero quindi cambiamenti climatici sostanziali indotti dal cambiamento improvviso della riflettività della Terra. Ad una velocità media di 100 metri al giorno, il centro della calotta polare raggiungerebbe i rilievi montuosi della terra in quaranta anni.

Chi avrebbe da guadagnare da tale applicazione? Il logico candidato sarebbe un paese equatoriale senza sbocco sul mare. Un lungo periodo glaciale garantirebbe condizioni quasi artiche su gran parte delle zone temperate, ma il clima temperato con precipitazioni abbondanti sarebbe la regola nelle attuali regioni tropicali.

IL FUTURO DELLE MODIFICAZIONI DEL TEMPO E DEL CLIMA

Quanto sopra scritto rappresenta forse una visione più positiva della modifica del tempo e del clima rispetto a quella di molti scienziati della Terra. Credo che questa visione sia giustificata in quanto è basata su tre progressi scientifici e tecnologici. In primo luogo, la comprensione della meteorologia di base è avanzata a tal punto che modelli matematici dell'atmosfera sono stati sviluppati incorporando gli elementi più importanti. I processi fisici nelle nuvole, negli scambi turbolenti sulla superficie, e nella trasmissione della radiazione attraverso l'atmosfera, non sono più così misteriosi come lo erano una volta. I volumi di dati elaborati dai modelli vanno dalla singola nuvola a tutta l'atmosfera; questi modelli non sono più rappresentazioni primitive.

In secondo luogo, l'avvento dei computer ad alta velocità consente ai modelli atmosferici di essere studiati in maggiore dettaglio. Questi computer hanno una particolare importanza per la

modificazione del meteo, dal momento che permetteranno agli scienziati di condurre esperimenti prolungati per verificare dove sia davvero possibile manipolare, o no, l'atmosfera e quale dovrebbe essere l'esito atteso di tali manipolazioni.

Il terzo importante sostegno alle aspettative sulle modificazioni del tempo e del clima ci arriva dalla nuova gamma di strumenti sviluppati per osservare e rilevare i cambiamenti nell'atmosfera. Il più determinante e forse il più potente di questi strumenti è il satellite meteorologico che fornisce una piattaforma da cui l'atmosfera può essere osservata, non solo in regioni geograficamente inaccessibili, ma anche eseguendo misure fisiche del tutto nuove. Per esempio, i satelliti meteorologici del futuro permetteranno la determinazione di umidità, temperatura e pressione media su notevoli porzioni dell'atmosfera, fornendo una quantità tale di dati, necessaria per sviluppare i modelli matematici. Inoltre sofisticate strumentazioni a terra, per l'osservazione di processi dettagliati all'interno di piccole parti dell'atmosfera, ci forniscono dispositivi con cui guardare le nuvole e l'interazione dell'atmosfera con i suoi confini, molto più potenti di quelli che erano disponibili dieci o venti anni fa.

MANIPOLAZIONE DEI TERREMOTI

Cosa provoca i terremoti? Su tempi geologici, la distribuzione irregolare degli elementi radioattivi riscaldanti gli strati di roccia dà luogo a differenze di temperatura sotto la superficie tra le varie parti della Terra. Nei continenti, graniti e rocce simili hanno concentrato elementi radioattivi vicino alla superficie, simili concentrazioni non hanno avuto luogo in regioni sub-oceaniche, che possono di conseguenza essere più fredde di 100° C rispetto alle corrispondenti regioni sub-continentali. Queste variazioni di temperatura lungo una linea orizzontale, dovute alla differenza nella distribuzione verticale degli elementi riscaldanti, danno luogo a grandi sollecitazioni termiche, causando una pressione analoga a quella che causa la rottura di un bicchiere di vetro pieno d'acqua calda. La pressione tende ad essere maggiore nelle regioni soggette a bruschi cambiamenti di temperatura lungo una linea orizzontale attraverso la crosta terrestre. La tensione può essere parzialmente alleviata dal lento flusso convettivo di materiale nelle profondità della Terra che alcuni geofisici pensano sia la causa dello spostamento dei continenti. Ma la tensione può anche essere alleviata da fratture marcate o da movimenti lungo le precedenti faglie nelle rocce vicino alla superficie. Il movimento lungo una faglia irradia energia verso l'esterno, dando luogo a un terremoto. Ogni anno circa 200 megatoni di energia di deformazione viene rilasciata in questo modo, i terremoti più forti sviluppano energia nell'ordine di 100 megatoni. L'energia rilasciata dipende dal volume del materiale coinvolto. I più grandi terremoti avvengono lungo le faglie che hanno una dimensione lineare di 1.000 chilometri, mentre quelli più piccoli avvengono lungo le faglie di un chilometro o anche meno.

I grandi terremoti tendono ad essere situati lungo le due faglie principali. La prima, lungo la quale viene rilasciato circa l'85 per cento del totale di energia, attraversa il Pacifico e interessa i paesi le cui coste sono affacciate su questo oceano, come ad esempio il Giappone e la costa occidentale del Nord America. La seconda va dalle regioni orientali del Mediterraneo attraverso l'Asia per unirsi alla prima faglia in Indonesia. Lungo queste due faglie, si verificano dei grandi terremoti con frequenze variabili.

In California, ci si può aspettare un grande terremoto ogni 50-100 anni, mentre in Cile ci si può aspettare una simile catastrofe una volta ogni 10-20 anni. A volte grandi terremoti si sono verificati nelle regioni normalmente pensate come prive di rischi. Ad esempio, il terremoto di New Madrid del 1811-1812 ha devastato una vasta area del centro Nord America, ma ha avuto solo lievi conseguenze vista la scarsa popolosità della zona.

Oggi, la nostra comprensione dettagliata del meccanismo che provoca un terremoto e di come le instabilità correlate possono essere innescate è limitata. Solo negli ultimi anni sono iniziate serie discussioni sulla possibilità di prevedere i terremoti, quando invece le previsioni del tempo moderatamente affidabili sono disponibili già da circa 30-50 anni.

Al momento, notevoli sforzi sono stati fatti per sviluppare delle tecniche di previsione dei terremoti, soprattutto in Giappone e negli Stati Uniti. Queste tecniche si basano in larga misura sull'osservazione delle condizioni di deformazione dei materiali nelle rocce circostanti le zone di faglia individuate. Un dato interessante è l'osservazione che, prima di un

terremoto, la tensione accumulata accelera.

Il controllo dei terremoti è una prospettiva ancora più lontana di quella della previsione, anche se due tecniche sono state proposte attraverso l'esperienza recente:

1) Nel corso dei test sotterranei di armi nucleari nel sito del Nevada, è stato osservato che un'esplosione ha rilasciato apparentemente tensione locale della Terra. L'ipotesi è che il rapido accumulo di tensione a causa del rilascio improvviso di energia dovuto ad un'esplosione, scarica energia su un grande volume di materiale, che si deforma.

2) Un altro modo per liberare energia di deformazione è stato sperimentato in prossimità di Denver, Colorado: pompando acque sotterranee sono stati prodotti una serie di piccoli terremoti. L'ipotesi qui è che l'acqua sotterranea abbia agito da lubrificante locale permettendo ai blocchi adiacenti di scivolare gli uni sugli altri.

L'utilizzo dell'instabilità di energia di tensione presente nella sfera terrestre come un sistema d'arma richiede un efficace meccanismo di innesco. Uno schema per il pompaggio di acqua sembra goffo e facilmente rilevabile. D'altra parte, se il quadro delle tensioni nella crosta può essere accuratamente determinato, si potrebbe prevedere il rilascio graduale o temporizzato di energia lungo piccole faglie, in modo da innescare una grande faglia posta a una certa distanza. Questo rilascio a tempo potrebbe essere attivato attraverso piccole esplosioni e pertanto potrebbe essere possibile utilizzare questa energia immagazzinata nelle piccole faglie per attivare a distanza l'energia presente in una grande faglia. Ad esempio, la zona della faglia di Sant' Andrea, vicino a Los Angeles e San Francisco, è parte della grande cintura di zona sismica che circonda il Pacifico. Una buona conoscenza delle tensioni all'interno di questa faglia potrebbe consentire l'innesco della zona di Sant'Andrea tramite esplosioni temporizzate nel Mar della Cina e del Mare delle Filippine. A differenza di certe operazioni meteorologiche, pare piuttosto improbabile che un tale attacco possa essere effettuato di nascosto dietro l'apparenza di terremoti naturali.

MANIPOLAZIONE DEGLI OCEANI

Siamo ancora nelle primissime fasi di sviluppo della teoria e delle tecniche per la previsione dello stato degli oceani. Negli ultimi due decenni, sono stati concepiti metodi per la previsione della distribuzione delle onde di superficie e del vento di superficie. E' stato sviluppato un sistema di allarme per gli tsunami (onde anomale) prodotti dai terremoti.

Sono state identificate alcune correnti all'interno gli oceani, ma non sappiamo ancora quali sono le componenti variabili, cioè, quello che è il clima dentro l'oceano. Così non siamo stati ancora in grado di individuare eventuali instabilità all'interno della circolazione oceanica che potrebbero essere facilmente manipolate. Come nel caso della sfera terrestre, possiamo solo immaginare provvisoriamente come i processi oceanici potrebbero essere controllati.

Un'instabilità che offre del potenziale come sistema d'arma futuro è quella associata con gli tsunami. Questi spesso hanno origine dalla caduta nel profondo oceano di sedimenti vagamente consolidati e rocce arroccate sulla piattaforma continentale. Il movimento di questi sedimenti può innescare il rilascio di grandi quantità di energia gravitazionale, parte della quale è convertita nel moto dello tsunami. Ad esempio, se lungo 1000 km del bordo di una piattaforma continentale, un blocco di 100 metri di profondità e 10 chilometri di larghezza crollasse per una profondità di 100 metri, verrebbero rilasciati circa 100 megatoni di energia. Questo rilascio sarebbe catastrofico per qualsiasi nazione costiera. Come potrebbe essere raggiunto? Una serie di esplosioni per gradi, forse provocando terremoti naturali, sarebbe il modo più efficace. Potrei anche immaginare la progettazione di un'onda di marea guidata, dove il controllo è ottenuto modulando correttamente la sorgente che rilascia energia.

ONDE CEREBRALI IN TUTTO IL MONDO?

Ad un'altezza di 40-50 chilometri sopra la superficie terrestre, si trova un numero sostanziale

di particelle cariche che rendono questa parte dell'atmosfera, la ionosfera, un buon conduttore di elettricità. Anche le rocce e gli oceani sono dei conduttori migliori della bassa atmosfera. Così, noi viviamo in un'atmosfera isolata tra due scudi conduttori sferici o, come gli ingegneri radio direbbero, in una cavità Terra-ionosfera, o in una guida d'onda (le cui pareti sono costituite appunto dall'alta atmosfera e dalla crosta terrestre).

Le onde radio, colpendo entrambi gli scudi conduttori, tendono ad essere riflesse nella cavità e questo fenomeno è ciò che rende possibile la comunicazione radio a lunga distanza.

Solo recentemente, tuttavia, c'è stato dell'interesse nelle risonanze elettriche naturali all'interno della guida d'onda Terra-ionosfera. Come ogni cavità di questo tipo, la guida d'onda Terra-ionosfera tende a sostenere le oscillazioni radio a determinate frequenze in preferenza ad altre. Queste frequenze risonanti sono principalmente determinate dalla dimensione della Terra e dalla velocità della luce, ma le proprietà della ionosfera le modificano in una certa misura. Le risonanze più basse partono da circa 8 cicli al secondo, molto al di sotto delle frequenze ordinariamente utilizzate per le comunicazioni radio. A causa della loro lunga lunghezza d'onda e della piccola intensità di campo, esse sono difficili da rilevare. Inoltre, si attenuano in fretta, entro 1/16 di secondo o giù di lì; in termini ingegneristici, si direbbe che la cavità ha una costante di breve periodo.

Le oscillazioni naturali di risonanza sono eccitate dai fulmini, i fulmini terra-cielo sono una fonte molto più efficiente rispetto alle scariche orizzontali nuvola-nuvola. In media, circa 100 fulmini si verificano ogni secondo (principalmente concentrati nelle regioni equatoriali) così che circa sei lampi sono a disposizione per introdurre energia prima che un'oscillazione particolare si plachi. Una intensità tipica del campo di oscillazione è dell'ordine di 0,3 millivolt per metro.

La potenza delle oscillazioni varia geograficamente. Ad esempio, per una sorgente situata all'equatore in Brasile l'intensità massima dell'oscillazione è vicina alla sorgente e alla parte opposta della Terra (vicino all'Indonesia). L'intensità è minore nelle regioni intermedie e verso i poli.

Si possono immaginare diversi modi per aumentare l'intensità di queste oscillazioni elettriche. Il numero di fulmini al secondo potrebbe essere rafforzato artificialmente aumentando il loro numero originale. Sono stati compiuti notevoli progressi nella comprensione della fisica dei fulmini e di come potrebbero essere controllati. Le oscillazioni naturali sono eccitate dai lampi che si verificano casualmente. La produzione di fulmini a tempo aumenterebbe l'efficienza con cui l'energia viene immessa in un'oscillazione. Inoltre, la costante temporale dell'oscillazione sarebbe raddoppiata da un aumento di quattro volte della conducibilità elettrica della ionosfera, in modo che qualsiasi sistema per migliorare la conduttività (ad esempio, iniettando prontamente vapore ionizzato) riduca le perdite di energia e allunghi la costante temporale, così da consentire un maggior numero di fulmini gradualmente prima del decadimento di un'oscillazione.

Le oscillazioni elettriche potenziate a bassa frequenza nella cavità Terra-ionosfera possono essere messe in relazione a possibili sistemi di arma qualora si rivolga lo sguardo ad un aspetto poco conosciuto della fisiologia del cervello. L'attività elettrica nel cervello è concentrata su determinate frequenze, alcune estremamente lente, pressappoco attorno ai cinque cicli al secondo, ed una cospicua attività (il cosiddetto ritmo alfa) si svolge a frequenze di circa una decina di cicli al secondo.

Alcuni esperimenti sono stati fatti con l'uso di una luce pulsante per influenzare il ritmo alfa del cervello in sincronia innaturale con essa, la stimolazione visiva porta alla stimolazione elettrica. Ci sono anche lavori sulla guida elettrica diretta del cervello. Negli esperimenti trattati da Norbert Wiener, un foglio di stagno viene agganciato al soffitto e collegato ad un generatore che lavora a dieci cicli al secondo. Con potenziali di ampio campo di uno o due volt per centimetro oscillanti al ritmo alfa-frequenza, i soggetti umani sottoposti ai suoi effetti percepiscono sensazioni decisamente spiacevoli.

Il Brain Research Institute dell'Università della California, sta studiando l'effetto di campi di oscillazione deboli sul comportamento umano. I potenziali di campo in questi esperimenti sono dell'ordine di pochi centesimi di volt per centimetro. I soggetti mostrano un

piccolo, ma misurabile degrado delle prestazioni quando esposti a campi oscillanti per periodi fino a quindici minuti.

I potenziali di campo in questi esperimenti sono ancora molto più forti, di un fattore di circa 1.000, delle oscillazioni naturali osservate nella cavità Terra-ionosfera. Tuttavia, come notato in precedenza, l'intensità delle fluttuazioni naturali potrebbe essere aumentata notevolmente e in linea di principio può essere mantenuta per lungo tempo, dato che le tempeste tropicali sono sempre disponibili per essere manipolate. La corretta posizione geografica della sorgente luminosa, accoppiata ai fulmini artificiali prodotti al momento giusto, potrebbe portare ad un modello di oscillazioni che produca livelli di potenza relativamente elevati su determinate regioni della Terra e livelli sensibilmente più bassi su altre regioni.

In questo modo, si potrebbe sviluppare un sistema in grado di compromettere gravemente le prestazioni del cervello in popolazioni molto grandi, in regioni selezionate, e per un periodo prolungato.

Il quadro che ho delineato è effettivamente inverosimile, ma l'ho usato per indicare le connessioni piuttosto sottili tra le variazioni delle condizioni ambientali dell'uomo ed il suo comportamento. Le perturbazioni dell'ambiente possono produrre cambiamenti nei modelli di comportamento. Dal momento che la nostra comprensione della manipolazione sia comportamentale che ambientale è rudimentale, i piani di alterazione comportamentale a prima vista sembrano irrealistici. Non importa quanto sia profondamente inaccettabile per alcuni il pensiero di usare l'ambiente per manipolare il comportamento per vantaggio nazionale, la tecnologia che consentirà tale utilizzo sarà sviluppata molto probabilmente nei prossimi decenni.

GUERRA SEGRETA E RELAZIONI CHE CAMBIANO

Le carenze sia nella conoscenza di base dei processi fisici che caratterizzano l'ambiente che sulle tecnologie di manipolazione ambientale rendono altamente improbabile che la modifica ambientale sarà un sistema d'arma attraente in qualsiasi scontro militare nel prossimo futuro. L'uomo possiede già strumenti efficaci di distruzione. Alla fine, tuttavia, mezzi oltre alla guerra aperta possono essere usati per conseguire un vantaggio nazionale. Dato che la competizione economica tra molti paesi avanzati aumenta, un vantaggio per il proprio paese potrebbe essere quello di garantire un tranquillo ambiente naturale per se stesso e di un ambiente disturbato per i suoi concorrenti. Le operazioni che portano a tali condizioni possono essere condotte di nascosto, dal momento che le grandi instabilità presenti in natura che producono tempeste, inondazioni, siccità, terremoti e maremoti, sono viste come insolite ma non inaspettate. Tale 'guerra segreta' non avrà mai bisogno di essere dichiarata o potrà anche non essere conosciuta dalle popolazioni colpite. Si potrebbe continuare per anni in una situazione in cui solo le forze di sicurezza ne sono al corrente. Gli anni di siccità e le tempeste sarebbero attribuiti alla cattiveria della natura e un attacco armato sarebbe scatenato solo dopo che una nazione sia stata accuratamente fiaccata.

In aggiunta alla loro natura occulta, una caratteristica comune ai diversi programmi di modifica è la loro capacità di influenzare la Terra nel suo insieme. L'ambiente non conosce confini politici; è indipendente dalle istituzioni in base all'area geografica e gli effetti della modifica possono essere proiettati da un qualunque punto a un qualsiasi altro della Terra. Poiché la modifica ambientale può diventare una caratteristica dominante dei decenni futuri, si teme che questa nascente tecnologia entrerà in totale contraddizione con molti concetti e termini classici della politica e della geografia.

Le conseguenze politiche, giuridiche, economiche e sociologiche della deliberata modificazione ambientale, anche per scopi pacifici, saranno di una tale complessità da far apparire forse semplici tutte le problematiche relative al nucleare. La nostra comprensione di base delle scienze ambientali e della tecnologia è agli inizi, ma ancora più rudimentali sono le nostre nozioni delle forme adeguate politiche e delle procedure per far fronte alle conseguenze della manipolazione. L'esperienza dimostra che i cambiamenti tecnologici meno significativi rispetto

al controllo ambientale alla fine trasformano i rapporti politici e sociali. L'esperienza dimostra anche che queste trasformazioni non sono necessariamente prevedibili, e che le ipotesi che si potrebbero fare ora, sulla base dei precedenti, rischiano di essere piuttosto sbagliate. Sembrerebbe, tuttavia, che questi problemi non scientifici, non tecnologici siano di una tale portata da meritare considerazione da parte degli studenti seri in tutto il mondo, qualora la società fosse intenzionata a vivere comodamente in un ambiente controllato.

Nota dell'autore: Nella sezione sulla modifica del tempo ho riportato molto da "Weather and Climate Modification" (National Academy of Sciences, National Research Council, Washington, zg66). L'articolo di A. T. di Wilson su 'Origin of Ice Ages' (origine delle ere glaciali) è apparso su Nature, vol. AOX, pp z4y-g (xg64), e i commenti di J. T. Hollin nel vol. AO8, pp ra-16 (r 965). Il rilascio di deformazione tettonica da esplosioni nucleari sotterranee è stato riportato da F. Press e C. Archambeau nel "Journal of Geophysical Research", vol. 67, pp 337-43 (1962), e i terremoti artificiali a Denver da D. Evans in Geotimes, vol. a, pp rr-rp. Sono grato a J. Homer e W. Ross Adey del Brain Research Institute (Istituto di Ricerca sul Cervello) dell'Università degli Studi della California a Los Angeles, per le informazioni sullo studio sperimentale dell'influenza dei campi magnetici sul comportamento umano.

TRADUZIONE by NOGEOINGEGNERIA.COM