

## La stimolazione della pioggia: come, quando, dove, quanto

### Riassunto

La relazione presenta gli aspetti fondamentali della stimolazione della pioggia, che è una tecnologia ormai consolidata volta alla lotta alla siccità, ma non puntando a ridurre gli effetti negativi bensì cercando di ottenere una maggiore quantità di precipitazioni rispetto a quelle che si avrebbero naturalmente o non si avrebbero affatto. Si tratta di una tecnologia che bisogna ben conoscere e saper utilizzare: la relazione spiega “come si fa” poi specifica in quale periodo e con quale tempistica deve essere utilizzata, quindi illustra la definizione delle aree nella quale ci si deve aspettare la pioggia determinata artificialmente e la quantità di acqua che ne dovrebbe derivare. Una ultima considerazione è fatta sul costo di uso di tale tecnologia e sull’altissimo rapporto benefici/costi che fa della stimolazione della pioggia una tecnica di grande valore.

### Abstract

The paper present the technology of rain enhancement, now widely utilized by many countries suffering from drought. In Italy there is a very good knowledge and experience, because of more than 15 years of experimentation. The paper explain the know how, suggest the most suitable period for cloud seeding with condensation nuclei (usually silver iodide), define the areas off the wind were the rain will fall, and estimate the amount of precipitation fallen. Finally some indications are made an the costs and on costs/benefits ratio.

Le tecnologie di lotta alla siccità ed alla desertificazione, tradizionali o innovative che siano, puntano sostanzialmente a ridurre gli effetti negativi della siccità e, nel più ampio caso della deser-

tificazione, che ha nella siccità una causa importante ma ne ha anche delle altre, a cercare di prevenire l’originarsi di queste ultime.

La tecnologia di stimolazione artificiale della pioggia è specificamente diretta alla lotta alla siccità, ma non puntando a *ridurre gli effetti negativi* bensì cercando di *ridurre la siccità in sé* attraverso l’ottenimento di una maggiore quantità di pioggia di quella che naturalmente cadrebbe (o non cadrebbe affatto). In quanto tale è una tecnologia “attiva” nel senso che punta ad “attaccare” la causa primigenia della siccità – cioè la carenza di pioggia – e non a “difendersi” dagli effetti che essa determina. Avere più pioggia è certamente stata per secoli una speranza per tante popolazioni che hanno innalzato preghiere al cielo per questo. Dai testi sacri non risulta però altro successo se non quello del Profeta Elia che, volendo dimostrare la potenza del Dio di Israele, sfidò il gran Sacerdote del Dio pagano Bahal a pregare il suo Dio di far piovere. Il gran Sacerdote non ottenne nulla, mentre Elia, levando le braccia al cielo, pregò l’Onnipotente di far piovere, e venne esaudito (miracolo non da poco, dato che il cielo era sereno e senza nuvole).

Di possibili approcci tecnologici seri non ve ne sono fino a tempi recenti, se si esclude l’esperimento di stimolazione della pioggia a “cannonate” fatto dall’esercito degli Stati Uniti, che nel 1890 “scese in campo” nei confronti del cielo. Il generale Dyrenforth aveva infatti rilevato che dopo ciascuna delle 198 battaglie della guerra di secessione americana era caduta della pioggia, concludendo che questo doveva derivare dalle onde acustiche prodotte dal rumore dei cannoni. Il Congres-

so si fece convincere e Dyrenforth andò in Texas con grosso dispiegamento di cannoni, soldati, palloni aerostatici, esplosivi, ecc. e, per molti giorni fece fare tante esplosioni – sia da terra che in aria – che però non ebbero alcun effetto. Il motivo? Il cielo era sereno e non c'era una sola nuvola (la materia prima della pioggia).

Il fisico scozzese John Aitken aveva però sperimentato che l'aria si può condensare in vapore e produrre goccioline d'acqua con l'immissione di nuclei condensatori: in un brillante volumetto edito a Cagliari nel 1893 dal titolo "Si può o non si può far piovere?" l'Abate Severini ragiona su tutto questo e sottolinea la necessità di provare ad intervenire solo quando sono presenti molte nuvole ed invita "gli scienziati di Cagliari a fare esperimenti per ottenere pioggia benefica da quelle nubi che, passando o trattenendosi sopra la città ed il Campidano, dopo breve sosta se ne vanno e ci lasciano delusi della pioggia che promettevano, con danno incalcolabile dei produttori." Naturalmente lo scetticismo a priori degli scienziati prevalse e non si fece nulla.

L'inizio della "storia vera" della tecnologia di stimolazione della pioggia risale al 1946, quando Shafer, rilasciando da un aereo, in nubi sopraffuse, cristalli di ghiaccio secco (da  $\text{CO}_2$ ) operanti come nuclei di condensazione, ottenne la condensazione del vapor d'acqua costituente le nubi. Successivamente fu scoperto lo ioduro d'argento come il più efficace agente generatore di nuclei di condensazione e di grandi quantità di pioggia (Vournegout, Shafer e Longmuir - Premio Nobel). Era così nata la moderna scienza della fisica delle nubi e della meteorologia sperimentale. Da allora, in molti paesi del mondo si sono iniziati una serie di progetti, alcuni seri e lunghi (occorre tempo per arrivare a risultati positivi) altri seri ma troppo brevi, altri puri e semplici tentativi di speculare sulle speranze della gente e di arraffare denaro (ad es. da parte di molti ex piloti americani della seconda guerra mondiale, che ritenevano bastasse salire in aereo e gettare nuclei di condensazione per far piovere). Nel tempo gli esperimenti seri si sono moltiplicati ed hanno gradualmente condotto a sistematiche attività di stimolazione della pioggia. Se gli Stati Uniti sono stati gli iniziatori, è in Israele che la tecnologia (avviata nel 1962) si è consolidata e messa a punto: in oltre 40 paesi oggi si sono avviati esperimenti prima, attività operativa poi. In Italia un primo esperimento fu condotto in Calabria nel 1953 da Fea con Rosini e Pagliari; un secondo fu fatto in Sardegna dal generale Serra (comandante al servizio meteorologico dell'Aeronautica) con ottimi risultati; un terzo fu svolto dalla SOREM per con-

to dell'ENEL sui laghi della Sila, ma anch'esso non ebbe seguito, ma il primo vero ed organico progetto di sperimentazione prima, e di attività operativa poi, è quello avviato nel 1984 dalla Tecnagro in Puglia e successivamente in altre 3 regioni del Mezzogiorno, condotto per quasi venti anni con risultati reali ottimi ma con la ostilità e la denigrazione di molti studiosi (di tutto tranne che di questi temi dei quali non ne hanno mai saputo niente) anche per il loro timore che si diffondesse una tecnologia efficace ed a basso costo che avrebbe diminuito l'interesse della collettività per le loro elucubrazioni teoriche molto ben finanziate.

Poiché però le beghe italiane hanno poco effetto a livello internazionale, l'Organizzazione Meteorologica Mondiale delle Nazioni Unite promuove e sostiene la stimolazione della pioggia (tra l'altro affidando alla Tecnagro prestigiosi incarichi di promozione e coordinamento per il Mediterraneo, il Medio Oriente e l'Est Europa); la Convenzione sulla desertificazione di Rio de Janeiro cita espressamente il "cloud seeding" come mezzo più efficace di lotta; la Conferenza intergovernativa di Torino (1999) dell'Europartenariato mediterraneo (28 paesi) la indica come strumento nella gestione delle acque. Anche la legge Galli (1994) sulle risorse idriche sancisce esplicitamente (art. 2) la "stimolazione artificiale del ciclo atmosferico delle acque".

Oggi, quindi, si può con sicurezza rispondere alla domanda dell'Abate Severini: sì, si può far piovere, a condizione di saperlo fare.

### Come si fa?

Riproducendo il meccanismo naturale di formazione della pioggia, stimolandolo laddove esso – per carenza di qualche elemento – non arriverebbe alla conclusione, cioè alla precipitazione (di pioggia o di neve).

La "materia prima" indispensabile è data dalle nubi di una certa consistenza, che sono costituite da una enorme quantità di vapor d'acqua che può condensarsi in gocce di pioggia se esistono alcune condizioni, tra le quali una buona temperatura (che è tanto più bassa tanto più le nubi sono alte) ed un buon numero di piccoli nuclei di condensazione (pulviscolo atmosferico, cristalli salini evaporati dal mare, fumi vari delle città ed industrie, cristallini di ghiaccio, ecc.) intorno ai quali il vapor d'acqua aderisce trasformandosi poi in goccioline di acqua.

Queste, toccandosi tra di loro mentre vengono trasportate dal vento, si ingrandiscono fino al



momento in cui su di esse comincia ad avere effetto la forza di gravità che le attrae verso il basso, dando così luogo alla pioggia.

Tale illustrazione è, ovviamente, quanto mai semplicistica e serve solo a dare una idea generale di quel che accade. Se le nuvole arrivano ma se ne vanno senza dar luogo a precipitazioni, molto spesso è perché non sono abbastanza fredde e non contengono sufficienti nuclei di condensazione. Se allora si interviene “inseminando” le nubi con molti piccolissimi nuclei di condensazione si può attivare (se ci sono altre condizioni favorevoli) il processo naturale di formazione della pioggia. Questo si può fare con un aereo attrezzato che, bruciando dello ioduro d'argento, ottiene un fumo che contiene miliardi di microscopiche particelle aventi una struttura simile a quella del ghiaccio e che trattengono il vapor d'acqua. Il fumo, molto caldo, è assorbito dalla nuvola, si diffonde nel suo interno, provoca una dilatazione della stessa che si innalza diventando così più fredda. Più nuclei e più freddo: ci sono migliori possibilità che piova.

Migliori possibilità, perché non sempre il tutto funziona, essendoci altri elementi che interagiscono e che possono ostacolare la stimolazione: molto spesso però il “cloud seeding” funziona e piove.

### **Quando si fa?**

Quando ci sono nuvole di una certa consistenza: in Italia – in genere – da metà ottobre ad aprile inoltrato. Per il resto dell'anno non è conveniente mantenere operativa una struttura in attesa di qualche occasionale passaggio di nuvole. La struttura è collocata – generalmente – in un aeroporto ed è costituita da un centro dotato di radar meteorologico, ricevitore da satellite, computers, attrezzature varie, ecc.; vicino almeno un paio di aerei strumentati, pronti a partire appena le analisi radar evidenziano l'arrivo di sistemi nuvolosi potenzialmente inseminabili con buone probabilità di successo. Un gruppo di tecnici (meteorologi, radaristi, esperti elettronici, piloti e meccanici, ecc.) ben preparato consente di mantenere il centro operativo per 24 ore al giorno: le nuvole, infatti, non fanno orario di ufficio e quando arrivano bisogna essere pronti ad intercettarle.

### **Dove cade la pioggia stimolata?**

Le nuvole arrivano e passano oltre sospinte dai venti, che ne determinano velocità e direzione

(ovviamente ci sono altri fattori come l'orografia, ma come già detto qui si semplifica sempre l'esposizione).

La inseminazione – se agisce bene – determina la condensazione del vapor d'acqua delle nuvole in gocce di pioggia: questo richiede un certo tempo (non meno di 20-30 minuti) durante il quale le nuvole si spostano sospinte dal vento. La pioggia, pertanto, cade sottovento rispetto alle linee di inseminazione ad una distanza dipendente in particolare dalla velocità del vento ed in una area che si può prevedere se non cambia la direzione, cosa che a volte accade. In generale l'area ove cade la pioggia stimolata è molto ampia, molto di più che se la pioggia cade naturalmente, senza inseminazione.

Non è facile far cadere pioggia in una area determinata: se si ha ampia esperienza e si conoscono le variabili che determinano il risultato (oltre velocità e direzione del vento, orografia, anche rotta ed altimetria dei voli aerei) si possono avere risultati migliori, altrimenti bisogna “accontentarsi” di far cadere più pioggia in area vasta sottovento.

### **Quanta pioggia in più si ottiene?**

La misura dell'efficacia della stimolazione è stata per molti anni il vero problema, che ha determinato un grande ostacolo alla diffusione di tale tecnica (ovviamente quando ci sono le condizioni giuste). Che dopo l'inseminazione dei sistemi nuvolosi in genere piova è indubbio, ma questo agli scettici (e sono molti) non basta, in base alla affermazione che non si può sapere se quella pioggia sarebbe caduta ugualmente anche senza la stimolazione.

Dal che è derivato un complesso procedimento statistico, volto a confrontare la quantità di pioggia che cade nel caso di stimolazione e di non stimolazione, che è stato imposto da alcuni statistici e subito da coloro che ovunque hanno effettuato esperimenti e che – forse per un timore reverenziale dovuto alla incapacità di formulare altre metodologie – hanno dovuto ascoltare sempre lo stesso responso: non c'è una evidenza statistica di incremento di piovosità con la stimolazione.

Eppure per tanti anni ed in tanti paesi si sono continuati gli esperimenti e le evidenze positive erano tante; ma, fino a tempi recenti nessuno ha avuto il coraggio di evidenziare che il metodo statistico usato era totalmente infondato, per cui era questo che non funzionava, e non la tecnologia della stimolazione.

Quanto però è stato fatto dalla Tecnagro che ha anche messo a punto una tecnica moderna e certa per la misura dell'incremento di pioggia, ed i cui lavori e pubblicazioni – diffusi a livello internazionale – hanno dimostrato che la stimolazione delle nuvole funziona. In Israele sono stati ottenuti incrementi di pioggia del 15-18% rispetto alla media annua. In Puglia si è arrivati anche al 40% di incremento, naturalmente avendo adeguata esperienza alle spalle. Risultati simili o poco minori possono essere ottenuti nel Mezzogiorno; tale tecnologia non è “la soluzione” al problema della siccità ma è certamente un notevole contributo, in particolare in quanto con la stimolazione si può andare in controtendenza rispetto all'ormai consolidato fenomeno di diminuzione delle precipitazioni nel Mezzogiorno d'Italia.

### Quanto costa la stimolazione?

Le voci di costo sono due: una è quella dell'acquisto delle attrezzature (radar, aerei, centri, ecc.) che durano molti anni e che – opportunamente disposte – possono coprire all'incirca una regione; l'altra è quella di esercizio annuo, con le rilevanti voci del gruppo dei tecnici, del carburante e lubrificante degli aerei, della manutenzione dell'intera struttura e così via, che è funzione dei mesi di operatività reale dell'anno. È stato stimato che, complessivamente, il costo a metro cubo di acqua di pioggia stimolata è intorno ai 3 centesimi di euro.

Va peraltro tenuto presente che si è parlato finora solo di stimolazione di pioggia; la struttura illustrata può però essere utilizzata – con alcuni adattamenti – alla stimolazione della neve (cosa che sarebbe preziosa al nord ove essa cade in quantità sempre minori) e per la riduzione dell'impatto dannoso delle alluvioni – anch'esso nel Nord Italia in particolare – in quanto i sistemi

nuvolosi che arrivano dal mare (si pensi al Golfo di Genova ad esempio) potrebbero essere intercettati sul mare stesso prima che arrivino a terra determinando rovinosi effetti al suolo. La stimolazione a mare di tali sistemi li scaricherebbe di una grande quantità di acqua prima che essi arrivino sulle aree abitate. Di acqua ne cadrebbe sempre molta, ma certamente molto di meno.

Se a questo si aggiunge che i costi della struttura possono essere ripartiti anche su altre funzioni complementari (in primavera-estate gli aerei possono fare avvistamento incendi od altro; il radar può fare assistenza meteorologica al naviglio da pesca, ecc.) ci si rende facilmente conto che non esiste tecnologia “attiva” contro la siccità con un rapporto costi/benefici così elevato e di tanto larga applicazione nel paese.

Giudizio ampiamente positivo, quindi, sulla stimolazione della pioggia nella misura in cui è praticata da esperti; giudizio invece totalmente negativo su coloro che, con assoluta ignoranza o per miseri interessi personali, sfrontatamente affermano la inefficacia della tecnologia, danneggiando così gravemente il paese, che crede alle loro affermazioni non conoscendone la voluta falsità o la arrogante presupponenza.

### Bibliografia

- Elliot R. D., Precipitation enhancement: a scientific challenge - American Meteorological Society, 1986.
- Il Progetto Pioggia Cd-Rom Tecnagro-Roma 1996.
- Nania A., The italian rain enhancement project: a meteorologist's view W.M.O. Bulletin, Vol. 47 n. 3 July 1998.
- Nania A., Scientific and technical achievements from the Italian rain enhancement project - Seventh W.M.O Scientific Conference, Chang Mai, Thailand, 1999.
- Spiridonov V., Dynamic seeding effects on convective clouds - Seventh W.M.O Scientific Conference, Chang Mai, Thailand, 1999.
- Bartolelli M., On the methodology for the evaluation of the effects of cloud seeding - Dept. for planning and management of agricultural systems - Univ. Bari, 2003.

