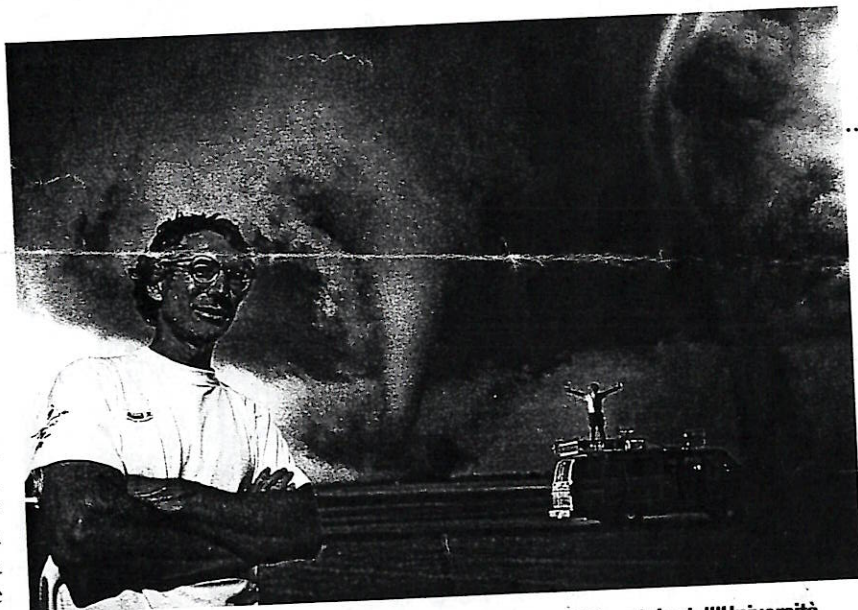


Un inferno chiamato tornado

► Arriva all'improvviso, dura pochi minuti ma il suo effetto è sempre devastante. Come nasce questo fenomeno di distruzione e in che modo si può farvi fronte? Le risposte vengono soprattutto dagli Stati Uniti, che ne subiscono centinaia ogni anno

Sono tra i più devastanti fenomeni della natura: come i terremoti, non sono prevedibili; compaiono all'improvviso e scatenano in pochissimo tempo la loro forza distruttrice. I tornado, trombe d'aria «cresciute», erano fino a poco tempo fa ancora molto misteriosi. Ma da qualche anno, grazie soprattutto al coraggio di alcuni ricercatori che si sono spinti quasi fino al cuore di questi fenomeni, cominciano a svelare la loro natura e i meccanismi attraverso i quali si generano e si scatenano. E conoscerne la nascita e l'evoluzione potrà in futuro aiutare a prevederli o per lo meno a saperli prevenire. Sono gli Stati Uniti il Paese più colpito dai tornado. Stando alle statistiche, tra il 1985 e il 1994 in America ogni anno si verificano in media 1000 tornado con danni che si aggirano attorno ai 50 morti, oltre 1000 feriti e cir-



CACCIATORE BUONO. Qui sopra, il meteorologo Howard Bluestein dell'Università dell'Oklahoma, diventato una leggenda come «domatore di tornado». A destra, cosa accadrebbe se una colossale tromba d'aria si abbattesse sul centro di New York.

ca 15 mila miliardi di lire. In realtà i tornado non si verificano solo in America. Anche in Cina, Giappone e altri Paesi del sud-est asiatico, o ancora in India e in Italia, si sono verificati disastrosi episodi la cui causa è stata poi individuata in un tornado. La valutazione che a lungo è stata fatta su questi flagelli si è basata solo sui danni che essi avevano provocato. Il tornado è un fenomeno che per la sua genesi improvvisa e per i

rischi e la difficoltà che la sua osservazione comporta, ha cominciato a essere studiato sistematicamente solo nei primi anni Settanta.

► Caccia grossa

Allora, un gruppo di ricercatori americani dell'Università dell'Oklahoma ha dato inizio a una vera «caccia al tornado», basata sull'impiego di apparecchi radar che, rudimentali allora, sono divenuti oggi molto sofisticati. Nel-

l'autunno 1996 è stato ultimato negli Stati Uniti il progetto Nexrad, grazie al quale sono stati dislocati sul territorio americano oltre 160 radar Doppler per il rilevamento e la raccolta di dati su tornado, diluvi e uragani. Questa rete sarà automatizzata entro il Duemila e consentirà di elevare la precisione delle previsioni e di dare corretti segnali di allarme.

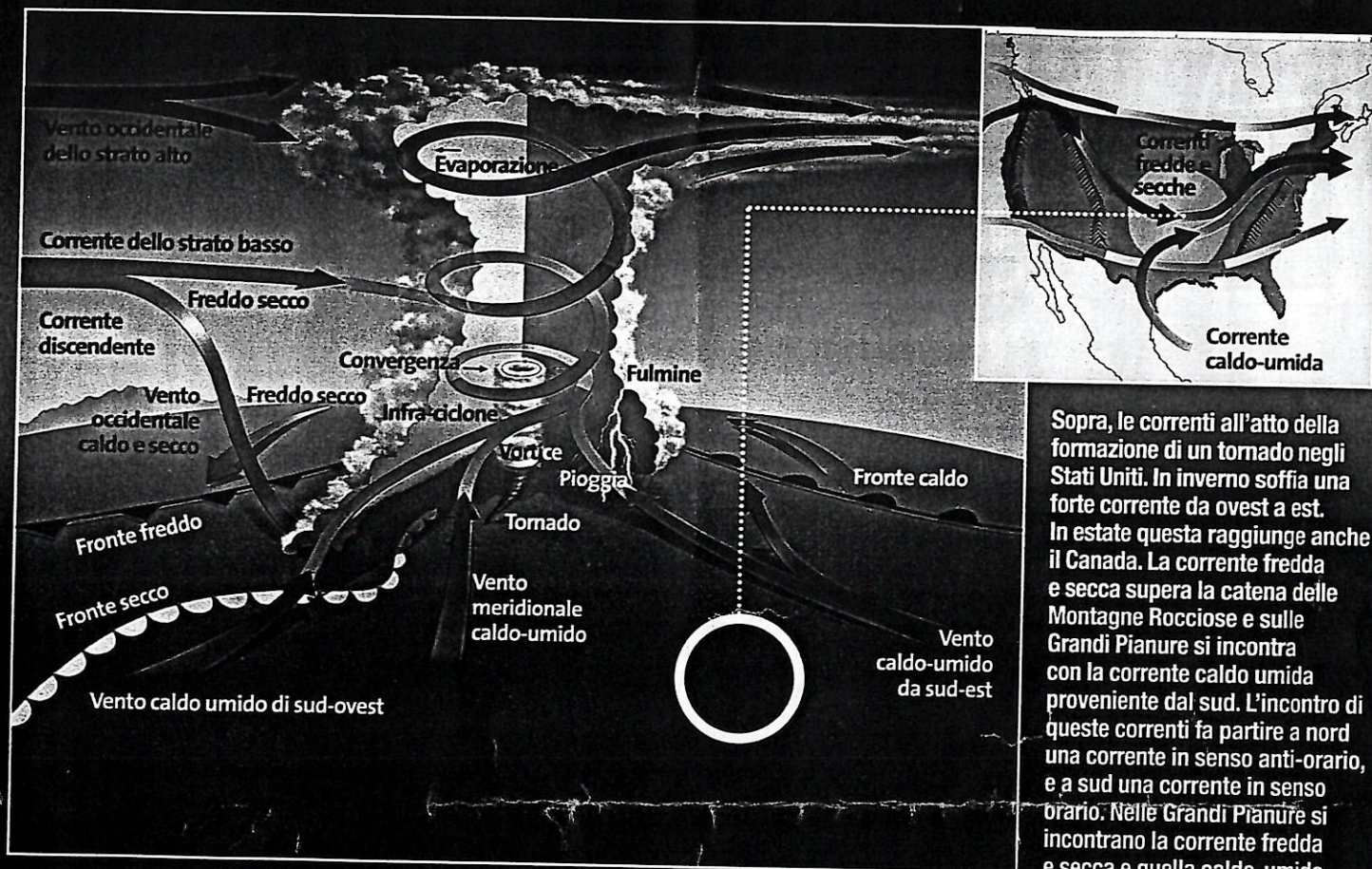
Nonostante la cronaca dimostri che l'uomo è oggi ancora lontano

dal dominio di questa catastrofe, l'osservazione via radar e la raccolta ed elaborazione sistematica di dati cui sta lavorando hanno finora almeno consentito di acquisire informazioni sulla genesi e la tipologia dei tornado.

La zona in cui essi sono più frequenti è quella delle Grandi Pianure, nel centro degli Usa, a est della catena delle Montagne Rocciose. Soprattutto tra aprile e giu-

○ continua a pag. 105





Sopra, le correnti all'atto della formazione di un tornado negli Stati Uniti. In inverno soffia una forte corrente da ovest a est. In estate questa raggiunge anche il Canada. La corrente fredda e secca supera la catena delle Montagne Rocciose e sulle Grandi Pianure si incontra con la corrente caldo umida proveniente dal sud. L'incontro di queste correnti fa partire a nord una corrente in senso anti-orario, e a sud una corrente in senso orario. Nelle Grandi Pianure si incontrano la corrente fredda e secca e quella caldo-umida.

ORIGINE DI UN GRANDE DISTRUTTORE

I recenti studi sui tornado hanno individuato una «super-cellula», e cioè il punto all'interno del cumulonembo in cui si genera il tornado. È più facile che si verifichi un tornado quando il cumulonembo si forma al di sopra del fronte secco, la linea di confine tra la corrente di sud-est, calda e umida, e quella di nord-ovest che si riscalda solo dopo esser ridiscesa dalle Montagne Rocciose. Se le correnti si infrangono sul fronte secco, generano un vortice sul fondo del mega-cumulonembo. Il tornado viene generato dall'azione di questo vortice. Sono ancora molti i punti oscuri sulla struttura di questi fenomeni meteorologici: la loro osservazione è ostacolata infatti dal pericolo che avvicinarvisi comporta, e dal fatto che anche un'osservazione dall'alto è vanificata per la presenza dei cumulonembi.

gno, si abbattono all'improvviso, di solito tra il pomeriggio e la notte fonda, e imperverano con una durata variabile da pochissimi minuti a oltre un quarto d'ora. Talvolta si ripresentano, e in alcuni casi possono anche durare varie decine di minuti.

Il tornado appare come un vortice a forma di imbuto, che si sviluppa

in verticale. Spesso si estingue prima di toccare terra, ma ve ne sono anche di molto violenti che raggiungono la superficie della terra spazzando via alberi e case, uomini e animali, provocando morti e feriti.

Negli Stati Uniti se ne scatenano circa mille all'anno

I numerosi tornado che si abbattono su questa parte degli Stati Uniti sono generati dagli spostamenti dei venti prevalenti occidentali. Questi in inverno soffiano sul continente americano da ovest verso est, con una velocità di 150 m al secondo; in estate, con una velocità ridotta all'incirca alla metà, si spingono

nel nord fino al Canada. Il periodo tra aprile e giugno rappresenta la fase culminante per il verificarsi dei tornado: questi venti oltrepassano le Montagne Rocciose e qui accolgono anche l'aria fredda e secca del nord. Il tornado nasce proprio dallo scontro di questa corrente fredda con quella caldo-umida che

continua a pag. 107 →



arriva dalle Grandi Pianure. La matrice nella genesi dei tornado sono i «mega-cumulonembi», che si estendono per svariate decine di chilometri e si sviluppano su un'altezza che può raggiungere i 16 km. Se si riscalda dell'acqua in una pentola, l'acqua riscaldata sale,

e si genera una corrente convettiva per l'acqua fredda che invece scende verso il basso. Quando il sole si leva e comincia a scaldare la superfi-

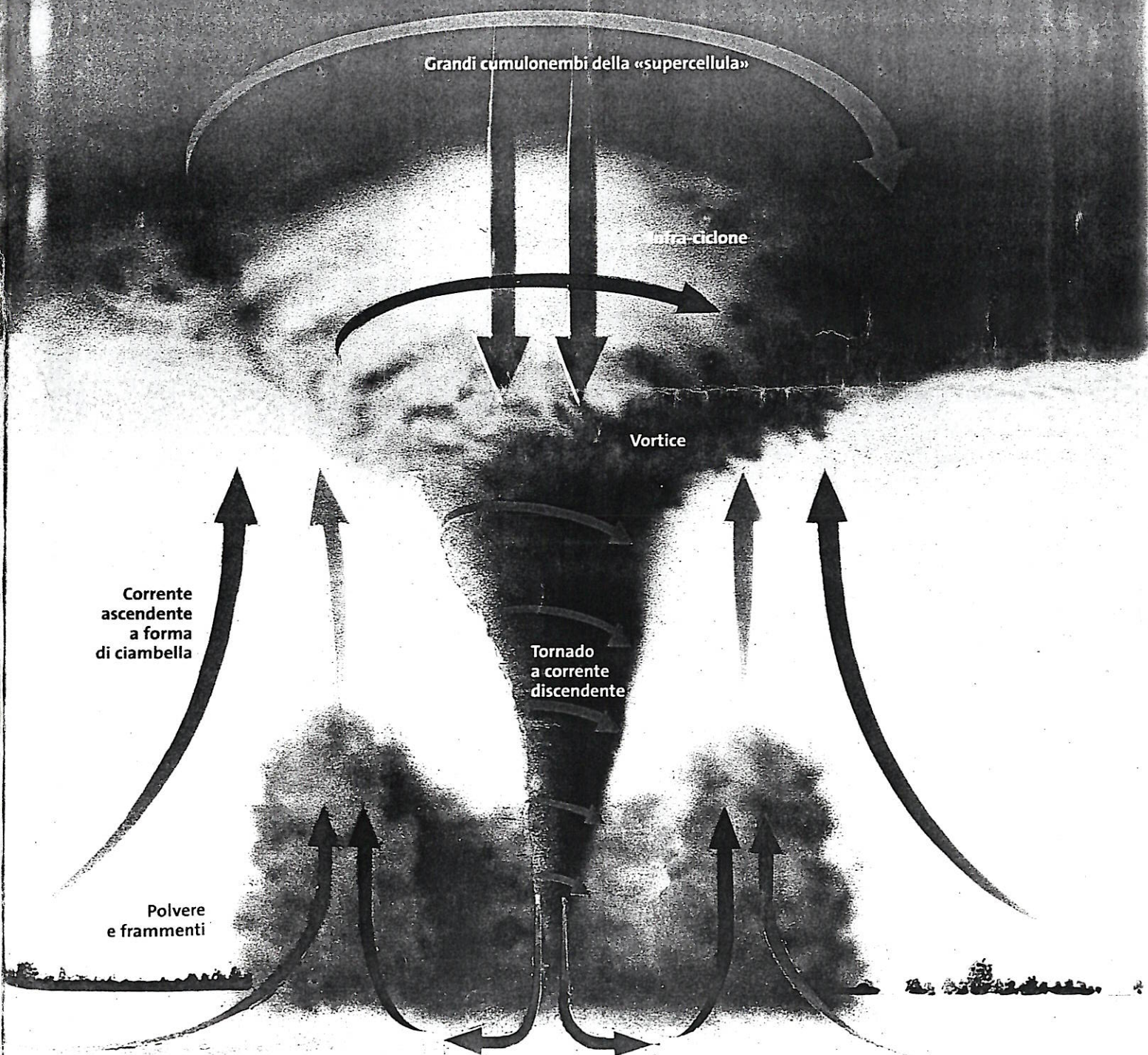
cie terrestre, le nuvole bianche che si alzano in cielo rispondono allo stesso fenomeno. Queste nuvole si raggruppano in banchi; l'ulteriore sviluppo di questi banchi si manifesta in torreggianti ammassi, che sono appunto i cumulonembi.

Un altro fattore impor-

tante è il cosiddetto «calore latente». È il calore che si sprigiona quando il vapore si trasforma in acqua. Per esempio, 1 g di vapore a 25° C, nel trasformarsi in acqua della stessa temperatura, sprigiona delle calorie, cioè calore latente. Il vapore che sale dall'acqua che bolle si tra-

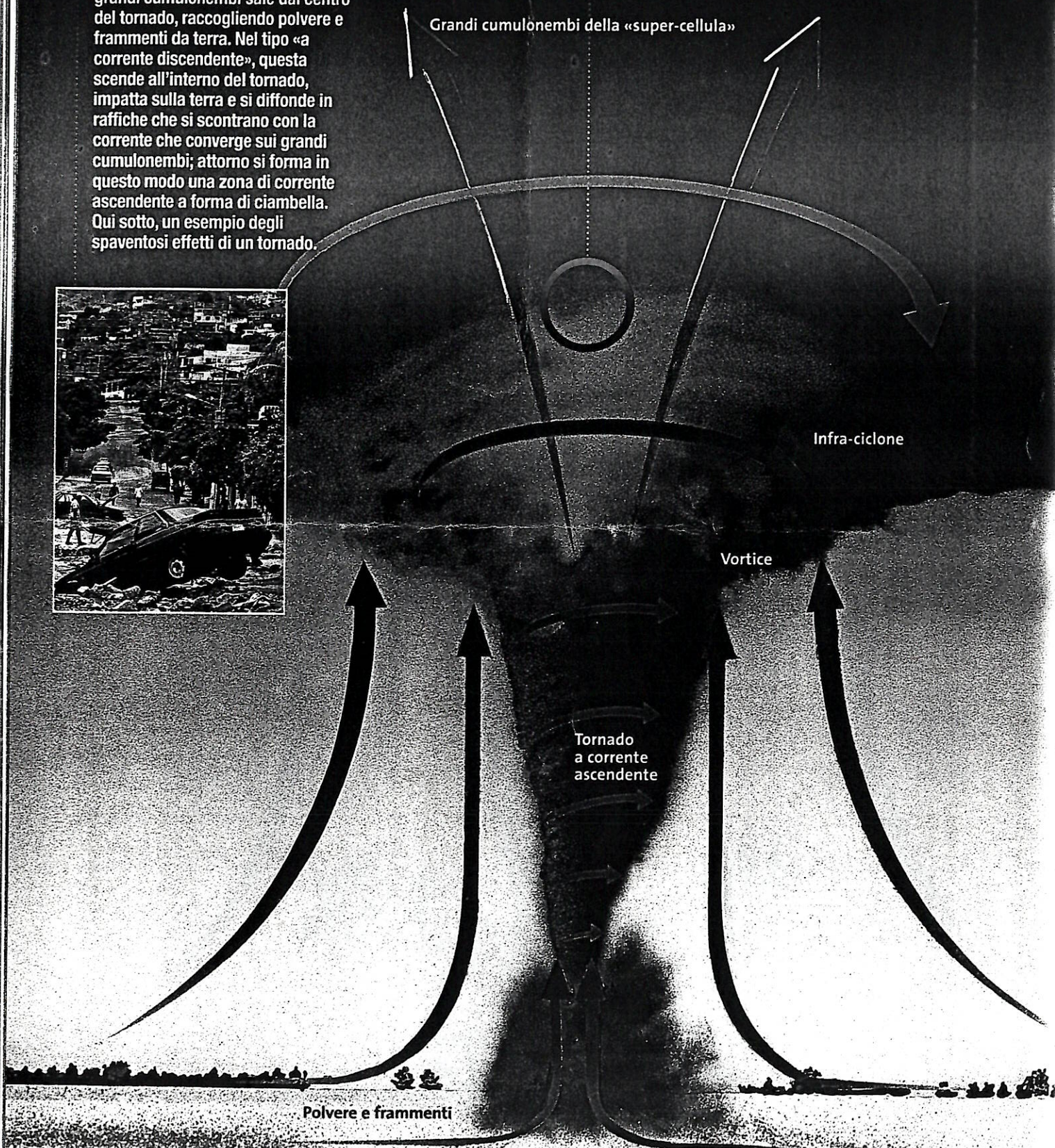
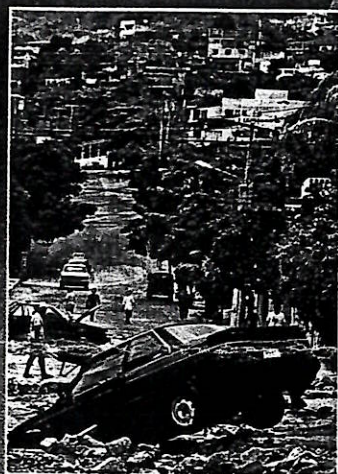
continua a pag. 108 →

Mega-cumulonembi: basta il nome a far temere il peggio



I DUE TIPI DI TORNADO

Nel tipo «a corrente ascendente», la corrente che ha fatto convergere i grandi cumulonembi sale dal centro del tornado, raccogliendo polvere e frammenti da terra. Nel tipo «a corrente discendente», questa scende all'interno del tornado, impatta sulla terra e si diffonde in raffiche che si scontrano con la corrente che converge sui grandi cumulonembi; attorno si forma in questo modo una zona di corrente ascendente a forma di ciambella. Qui sotto, un esempio degli spaventosi effetti di un tornado.



sforma poi in «fumo» bianco; se a questo avviciniamo una mano ci scottiamo: è il calore latente, che si sprigiona quando il vapore si trasforma in «fumo» bianco. All'interno dei cumulonembi, il calore latente riscalda l'aria e determina una forte corrente che sale.

Il vortice dei tornado si comporta come un pattinatore

La corrente caldo-umida proveniente dal sud attraverso il Golfo del Messico, al suo arrivo genera cumulonembi. Quando si incontra con la corrente fredda e secca proveniente dal nord, i cumulonembi si sviluppano ulteriormente, diventando una massa di nuvole, di pioggia e di

crystalli di ghiaccio; nello stesso tempo, lo sprigionarsi di calore latente provoca una forte corrente ascendente, la cui velocità può anche raggiungere svariati metri al secondo. A terra, la violenza del vento, della pioggia, delle grandinate e dei fulmini che scatena, può causare anche ingenti danni.

Un cumulonembo si sviluppa in «mega-cumulonembo» per effetto della rotazione indotta

dal riunirsi delle correnti sull'America centro-occidentale, che a nord prendono a circolare in senso anti-orario e a sud in senso orario. L'entità della rotazione di queste correnti riunite, quando sorvolano le Grandi Pianure in direzione nord-est, è all'incirca uguale o inferiore a

quella della Terra. Il megacumulonembo risucchia l'aria che gira intorno per effetto di un fenomeno, definito «conservazione del momento angolare», che genera una sorta di convergenza, per la quale la rotazione diventa improvvisamente più veloce.

► Chilometri d'aria che gira

Pensiamo al pattinaggio artistico: per curvare lentamente, i pattinatori tengono le braccia aperte; quando invece girano molto velocemente tengono le braccia aderenti al corpo. Allo stesso modo avviene nelle correnti, la cui velocità aumenta in funzione di questa convergenza. L'aria che gira su una superficie, che può andare da qualche decina a qualche centinaio di chilometri, quando viene risucchiata da un megacumulonembo di vari chilometri di diametro comincia a ruotare molto velocemente. Nello strato inferiore del megacumulonembo si forma una zona detta infracicclone, da cui dipende l'entità della rotazione del tornado. Che ha un diametro di svariati chilometri, pari circa a un decimo di quello dell'infracicclone: la sua velocità di rotazione è quindi molto maggiore.

Nel 1995 Joshua Wurnam e Jerry Straka, due docenti dell'Università dell'Oklahoma, ed Erik Rasmussen, del Centro di ricerca nazionale sulle tempeste [v. riquadro accanto] riuscirono per la prima volta a osservare a distanza ravvicinata un tornado. Caricarono un radar Doppler su un comune furgone e si lanciarono all'inseguimento del tornado. Il 3 giugno, a Dimmit nel Texas riuscirono a portarsi a 3 chilometri dal centro del tornado e ad ottenere l'immagine radar. Il principio dell'effetto Doppler, su

○ continua a pag. 110 ➔

● Stati Uniti: rada

● **Un nido di mostri** meteorologici, tanto da essere chiamato Tornado Valley: è il territorio che va dal Texas al Nebraska, passando per il Kansas e l'Oklahoma, dove tutti imparano, fin da piccoli, a trovarsi un riparo appena il vento inizia a soffiare. In ogni momento, da un temporale può nascere un aspiratore gigantesco che poi «atterra» lasciando una scia di distruzione e di morte. Nelle grandi pianure, tutti ricordano i danni del tornado del marzo del 1925, quello che ha percorso 350 chilometri in tre Stati uccidendo 700 persone. Nell'aprile 1996, nell'Arkansas, un tornado ha ucciso 7 persone e ne ha ferite 30; in maggio, la città di Beatrice, in Nebraska, è stata spazzata via.

Le zone più a rischio in Italia

Trombe d'aria da 300 km/h

● **Veneto, Lombardia** e la costa toscana sono le zone italiane statisticamente più battute dal fenomeno delle trombe d'aria, cioè dei veri tornado, anche se di intensità inferiore a quelli americani. Come spiega il generale Carlo Finizio, capo del servizio meteorologico dell'Aeronautica, l'80 per cento delle trombe d'aria è generato da una particolare situazione meteo in cui, su una zona pianeggiante, si incontrano tre correnti: una di aria calda e umida a livello del suolo, una di aria secca negli strati intermedi (3-6000 metri) e una veloce corrente a getto ad alte quote (10 mila metri). Le zone pianeggianti del Lazio sono le più esposte a tali fenomeni.

Il vortice che si forma ha di solito un diametro di qualche centinaio di metri, con venti che possono raggiungere i 300 km l'ora, e si muove velocemente su una traiettoria spesso biz-

zara e con una durata fra 30 minuti e poche ore. Le trombe d'aria nostrane sono fenomeni più limitati rispetto ai tornado delle zone americane; ciò nonostante possono raggiungere anche intensità distruttive. Proprio sulla zona di Venezia-Jesolo, l'11 settembre 1970 si abbatté una delle trombe di maggiore intensità, con una velocità del vento al suolo di 300 km l'ora.



computer e coraggio. Così lavorano gli scienziati «acchiappatornado»

«Non si potrà mai far niente contro questi fenomeni, ma si può tentare di capirli meglio per migliorare i termini di previsione. Il giorno in cui ci riusciremo, potremo chiedere ai computer e ai meteorologi di dare l'allarme più efficacemente».

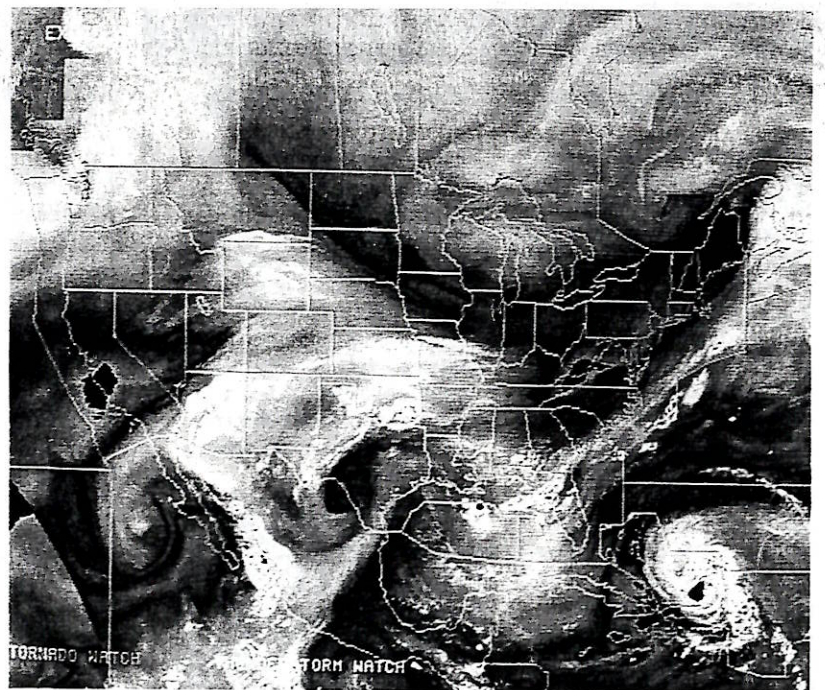
• L'ingegner Joe Schaeffer

lavora al Centro di previsioni delle tempeste di Norman, Oklahoma. Lui e la sua équipe tengono sotto osservazione gli eventi meteorologici e danno l'allarme in caso di tornado. Nel Centro ci sono dozzine di computer. Le immagini dei satelliti Goes 8 e 9, i dati raccolti da un centinaio di radar Doppler sparsi nei diversi Stati, i rapporti dalle stazioni meteorologiche: tutto entra nei programmi informatici incaricati di individuare le zone a rischio di tornado. Da

decenni, anche gli uomini che lavorano al Laboratorio nazionale delle tempeste vanno a caccia di tornado: tra il 1994 e il 1995, durante l'esperimento Vortex, li hanno «braccati» con camion, aerei ed elicotteri. Ricorda Erik Rasmussen, coordinatore dell'esperimento. «Bisognava mettere i camion davanti, dietro e ai lati del tornado; filmarlo e

studiarlo con radar di tipi diversi (tra cui quello inventato da Joshua Wurnam e Jerry Straka dell'Università di Norman) che funzionano su frequenze diverse». Howard Bluestein, professore di meteorologia all'Università di Norman, è uno dei più famosi «cacciatori di tornado» degli Stati Uniti. Secondo lui, la difficoltà principale deriva dall'estre-

ma «volatilità» del fenomeno: «Ciascun tornado è diverso dall'altro. Sono più di 20 anni che li inseguo, li osservo, mi immagino apparecchi per penetrare all'interno e misurare la velocità del vento. Ma sono ottimista. Un giorno saremo in grado di simulare un tornado con il computer: quel giorno, avremo fatto un enorme passo in avanti».



LAGGIÙ NELL'OKLAHOMA, DOVE I TORNADO DETTANO LEGGE

Qui sopra, l'immagine di una delle zone a rischio come appare sui monitor del Centro di previsioni di Norman, Oklahoma (in alto a sinistra). In alto a destra, Jerry Straka in cima al camioncino che trasporta il radar di sua invenzione. A sinistra Howard Bluestein, che da vent'anni insegue, controlla e studia i tornado.

cui il radar si basa, è che quando un oggetto si avvicina aumenta la sua frequenza sonora. Il radar Doppler, sulla base di questo principio, misura la velocità con cui una corrente si allontana o si avvicina. Questo radar emette inoltre un riflesso in presenza di oggetti fluttuanti, come gocce d'acqua, frammenti o polvere, che viene ricevuto da un'antenna. L'intensità del riflesso varia a se-

conda del tipo e della quantità degli oggetti. Il grafico della disposizione dei riflessi di varia intensità ottenuto dal gruppo di Wurnam con il radar Doppler è molto somigliante a quello di un uragano, anche se quest'ultimo è centinaia di volte più grande. Al centro di un tornado l'intensità del vento è debole, simile a quanto avviene nell'«occhio» del ciclone. Attorno al centro c'è

una parte costituita da polvere e frammenti spazzati via da vento di forte intensità che si dispongono a forma di ciambella. Nell'uragano, invece di questa ciambella di polvere e frammenti, attorno al centro si dispongono mega-cumulonembi, verso i quali polveri e frammenti convergono disponendosi in bracci che si avvolgono a spirale. I tornado che si generano nella super-cellula possono

essere fondamentalmente di due tipi. Fino a quando la super-cellula non ha raggiunto il culmine, la corrente che sale all'interno del tornado risucchia tutto da terra, come un aspirapolvere. Questo modello viene definito «a corrente ascendente», e in questi casi la polvere e i frammenti si accumulano in prossimità dell'estremità inferiore del tornado. L'aria che gira al centro del tornado subisce una forza centrifuga, e la pressione si abbassa in modo da bilanciarla.

Un'altra manifestazione della violenza della natura

Uragani, giganteschi ma prevedibili

● **Chiamato «willi willy»** in Australia, «baguio» nelle Filippine, «ciclone» in India, «tifone» nell'area del Pacifico, l'uragano, termine con cui è indicato nel mondo anglosassone, è una delle più violente forze della natura. Ma fortunatamente, a differenza dei tornado, o trombe d'aria, che si formano all'improvviso e non permettono di allestire difese, l'uragano ha una genesi lenta e i suoi spostamenti possono essere seguiti e anticipati, consentendo alle popolazioni di mettersi in salvo.

Gli uragani si formano nelle zone tropicali e subtropicali (nell'oceano Atlantico generalmente da giugno a novembre), quando la temperatura del mare raggiunge i 25-27 gradi e l'aria diviene satura di umidità. La nascita di un uragano si svolge in diverse fasi: prima si formano perturbazioni tropicali che portano in alto l'aria calda e umida che, giunta ad alte quote, si condensa rilasciando calore. Ciò fa innalzare e poi condensare altre masse d'aria calda con una specie di reazione

a catena. Nel frattempo, le correnti d'aria circostanti cominciano a ruotare in senso anti-orario (in senso orario nell'emisfero meridionale) a causa della rotazione terrestre, trascinando con sé le nuvole della perturbazione. Quando i venti circolari della perturbazione si stabilizzano raggiungendo i 100 km l'ora, un nuovo uragano è nato. Nella zona caraibica dell'Atlantico gli uragani si muovono generalmente verso nord-ovest. Inizialmente sono relativamente lenti, viaggiando intorno ai 20-25 chilometri orari. A mano a mano che raggiungono latitudini più alte, la loro velocità aumenta fino a 90-100 chilometri orari, mentre i venti al loro interno possono raggiungere anche i 250-300 chilometri orari. Eppure, non sono i venti la causa principale di morte e distruzione in un uragano, ma i nubifragi e le inondazioni (la maggior parte dei decessi avviene infatti per annegamento). Un uragano può far cadere in poche ore anche 320 litri d'acqua per metro quadrato (un terzo, per esempio, di quanto piove in tutto l'anno in una città come Roma) e provocare maree che fanno salire il livello del mare di 3-4 metri.

► **Scrutati dal radar**

Superata la fase culminante, diventa maggiore la differenza di pressione tra il centro e la parte superiore del cumulonembo, e la corrente prende a discendere. Questo modello di tornado viene detto «a corrente discendente». Questa corrente discendente dal centro, quando tocca terra si estende verso l'esterno e si scontra con la corrente che converge verso la super-cellula, formando una ciambella ascendente di qualche centinaio di metri dal centro del tornado. Con le raffiche soffiate dal tornado, polvere e frammenti convergono nell'area della ciambella, e da qui salgono, evolvendo talvolta in grandi tornado. Attraverso la misurazione radar dell'area a ciambella di forte intensità di eco, si è verificato che i tornado simili a uragani sono del tipo «a corrente discendente». Si è anche accertato che quando raggiungono una velocità superiore ai 70 metri al secondo, girano velocemente in senso anti-orario. Altri aspetti che sono stati individuati sono la presenza di una corrente che spira nei pressi della terra verso l'esterno, e l'accentuarsi della pressione del centro e delle correnti verso il basso.

