

MOTOJI IKEYA

EARTHQUAKES AND ANIMALS ⁽¹⁾

SINTESI ANALITICA
di Massimo Silvestri

Abstract: *The title of this book suggests that Ikeya analyses only the connection between animals behavior and earthquakes; on the contrary, the Author tentatively explores and collects various geophysical phenomena and environmental changes that could be related with earthquakes.*

"Earthquakes and animals" provides a review of the current state of knowledge regarding seismic precursors and it could be useful for people who are interested in the subject of the Luminous Transient Phenomena in Atmosphere .

Contrariamente a quanto si potrebbe desumere dal titolo, Ikeya non analizza solamente il legame che intercorre fra inquietudine animale e terremoti, ma tenta di esplorare e di comprendere tutti quei fenomeni geofisici e mutamenti ambientali che si suppone legati all'arrivo di un sisma.

"Earthquakes and animals" fornisce una visione sullo stato attuale di conoscenza nei confronti dei precursori sismici e rappresenta inoltre una valida lettura per chi si interessa di Fenomeni Luminosi Transitori in Atmosfera.

Il ricercatore giapponese Motoji Ikeya è professore presso la scuola di scienze dell'università di Osaka (dip. di Fisica dal 1987 e dal 1991 Scienze della Terra e dello Spazio); *chair* presso il Quantum Geophysics Laboratory e ricercatore associato presso altre università giapponesi, statunitensi ed europee; specializzato nella ricerca del campo del Electron Spin Resonance (ESR). Al suo attivo vanta più di trecento pubblicazioni scientifiche. La presentazione del suo curriculum lavorativo è d'obbligo per comprendere le capacità di questo ricercatore che intraprende una ricerca in un campo considerato da molti scienziati assai discutibile e risibile.

Già nella prefazione del libro il lettore si fa una chiara idea dello stato dell'arte nella ricerca nel campo dei precursori sismici. L'idea di scrivere un libro trae spunto dal fatto che Ikeya, fortemente impressionato per l'elevato numero di vittime nel terremoto di Kobe del 1995, rimane altrettanto impressionato per i particolari racconti riportati dai sopravvissuti al disastro; eventi inusuali si sarebbero palesati molto tempo prima dell'arrivo del sisma. Strane luci in cielo, la formazione di particolari nubi la sera prima del

sisma, una certa inquietudine mostrata ore prima dagli animali domestici e tanti altri piccoli avvenimenti che in una qualche maniera preannunciavano l'arrivo della sciagura. Tra l'altro Ikeya si trova di fronte ad un corpus di eventi già conosciuti, in quanto il Giappone terra estremamente sismica ha una ricca tradizione di aneddoti, leggende e racconti folcloristici che traggono origine in questo evento naturale e questo lo induce a porsi alcune interessanti domande.

Non è che le leggende popolari inerenti a strani comportamenti degli animali, alla presenza di particolari condizioni climatiche e ad altri comportamenti bizzarri della natura contengano un fondo di verità?

Può la scienza odierna analizzare, verificare e testare in laboratorio questi eventuali segni premonitori al fine di identificare la reale presenza di fenomeni geofisici che inducono quegli strani comportamenti nella natura raccontati poi nelle leggende?

Può la comunità scientifica utilizzare eventuali scoperte derivanti da questa ricerca per creare un modello predittivo al fine di salvare molte vite umane?

Gli interrogativi che si pone Ikeya non sono certo di semplice risoluzione, ma neanche impossibili da perseguire o quantomeno è una strada che va percorsa e comunque ne sarà valsa la pena (da sempre nella scienza la strada che porta ad una scoperta o

Short English Version in

INTERNATIONAL
PROJECT
HESSDALEN
WORKSHOP

Breve versione in inglese

<http://www.ciph-soso.net/SOSO/IPHW2006.htm>

all'acquisizione di una determinata conoscenza e'costellata da errori ed insuccessi).

Il fatto interessante che viene subito evidenziato all'inizio del libro è che, in molti fra amici e studenti del ricercatore, è stato unanime il giudizio di un lavoro ad "alto rischio di perdita di credibilità" e l'hanno vivamente sconsigliato dal pubblicare!

Questo perché il mettere le mani nell'aneddotica e nel folclore popolare per estrapolare possibili dati utili ad una ricerca scientifica poteva in qualche modo minare la credibilità professionale di chi esegue la ricerca...

Ikeya, prima di intraprendere questo lavoro, fa una sintesi delle differenti modalità di approccio che vi sono su questo argomento fra scienziati occidentali e asiatici. In generale parlando di aneddoti legati ai precursori sismici, i ricercatori occidentali considerano tutto questo come leggende senza una minima base di verità. L'approccio degli scienziati orientali risulta diverso come in generale quello delle popolazioni asiatiche, di fronte a questi argomenti di frontiera. I bizzarri comportamenti manifestati dal regno animale o le strane condizioni climatiche e atmosferiche che i racconti popolari dicono di verificarsi prima di un sisma, non sono completamente rigettati e considerati alla stregua di un racconto di fantasia, bensì rappresentano un aspetto della natura non ancora compreso e che vale la pena investigare prima di scartarli aprioristicamente. E così Ikeya cerca di verificare la fondatezza di questo corpus di testimonianze e di racconti popolari per vedere se esiste un fondo di verità dal quale estrapolare dati utili.

Ma vediamo da vicino alcune di queste testimonianze o di quegli aneddoti tramandati dalla popolazione attraverso i quali la saggezza o la "credulità" popolare tenta di predire l'arrivo del sisma.

Varie testimonianze sono legate all'apparizione in cielo di strani fenomeni atmosferici. Una vecchio adagio giapponese afferma che :

"Una luce rossa che si diffonde come un grande fuoco su un'area normalmente scura nella notte e' segno di un grande terremoto o tsunami imminente in zona."

"Nuvole rosse alle nove di una buia sera preannunciano un terremoto".

Luci sismiche – EQL

Nel terremoto del 869 A.D. che colpì la zona di Mutsu (Giappone) vennero osservati diverse luci brillanti lampeggiare in cielo e la popolazione locale

udì un rombo simile al tuono alcuni istanti prima dell'arrivo dell'onda sismica e di una immensa onda di tsunami che distrusse la città.

Durante il terremoto di Zenkoji nel 1847 vennero osservati molti fulmini in cielo, una colonna di fuoco e una tromba anch'essa di fuoco si estese verso il cielo da una sorgente luminosa . Molte masse luminose simili a palle di fuoco furono osservate in cielo. Presso il terreno si notarono fuoriuscite di gas che innescandosi generavano fiamme.

Nuvole e nebbie sismiche (EQC- Earthquake Cloud, EQF- Earthquake Fog)

L'apparizione nel cielo di nuvole dai colori cangianti e dalle forme particolari, come il formarsi di repentine nebbie al suolo nei luoghi interessati dal sisma emergono da molte testimonianze oculari (e in alcuni casi riprese fotograficamente) e che per altro si riscontrano anche in molti proverbi e aneddoti giapponesi.

"Quando le nuvole sono vicine al terreno, ci sarà pioggia o un terremoto"

"Una fine nebbia avvolgerà la montagna portando il terremoto"

"Nuvole simili a serpenti o a draghi circondano il sole prima di un terremoto"

In un libro pubblicato nel 1830 in cui si parla del terremoto dell'isola di Sado del 1802, viene riportato che i lavoratori delle miniere d'oro, presenti sull'isola, abbandonarono le gallerie non appena si formò una strana nebbia interpretata come un fenomeno pre-sismico. Si pensò che la nebbia fosse una emanazione della terra.

"Un testimone osservò una strana condizione climatica e particolari nuvole mai viste prima, basse vicino al terreno. Non vi era né vento né pioggia. Subito dopo ci fu il terremoto"

Ikeya osserva che anche altri ricercatori evidenziarono nei loro lavori particolari condizioni climatiche; nebbie e nuvole prima dell'arrivo del sisma. L'esploratore tedesco Alexander von Humbolt riportò dal sud America la testimonianza di una nebbia che coprì una zona prima dell'abbattersi di un fortissimo sisma e che i minatori del luogo abbandonarono la miniera non appena apparve repentinamente una strana nebbia nelle gallerie. Anche altre inusuali condizioni del tempo sembrano preannunciarne l'arrivo.

Nel suo percorso esplorativo Ikeya raccoglie altri

adagi popolari attraverso i quali si riuscirebbe a predirne l'arrivo. Un proverbio giapponese afferma:

“Un inusuale cielo rosso di sera indica terremoto”

Anche il Sole e la Luna non sfuggono all'attenzione popolare come indicatori di presagi sismici:

“Se si osserva un alone o un anello attorno al Sole o alla Luna, allora entro breve ci sarà un terremoto”

Perfino l'osservazione di stelle più scintillanti e vivide del solito o un loro apparire più vicino rappresenta un segno premonitore nel folclore giapponese. L'aneddotica popolare riporta anche di inusuali e repentine variazioni della temperatura e di livello nelle acque di pozzi, fiumi e mari.

Inquietudine animale

L'anomalo comportamento di animali rappresenta un altro settore di indagine nel campo dei precursori sia per le testimonianze raccolte, sia per la quantità di proverbi e resoconti folcloristici sorti attorno a questi comportamenti. Da secoli circolano storie su questi strani comportamenti, reazioni di panico, eccitazione, comportamenti fuori dal normale hanno alimentato una miriade di aneddoti tramandati nel tempo da persona a persona. Purtroppo la scienza ha quasi sempre rigettato l'idea di indagare seriamente per verificarne la fondatezza. Alcuni tentativi comunque sono stati fatti. Nel 1971 l'ufficio sismologico cinese iniziò una raccolta di dati sul bizzarro comportamento tenuto dagli animali al fine di arrivare ad una sorta di previsione nel medio e corto periodo. Oltre ad una osservazione del bizzarro comportamento animale, parallelamente si portarono avanti tutta una serie di rilievi geofisici per verificare la presenza di mutamenti ambientali. Sulla base dei dati raccolti, quattro anni dopo, osservando il bizzarro comportamento di animali si decise di evacuare la città di Haicheng che dopo poche ore subì enormi danni da un sisma di magnitudo 7,3 (4 Febbraio 1975). Alla fine pur con la città distrutta si salvarono 100.000 persone. Un anno dopo prima del rovinoso sisma di Tangshan (M 7,8) nel 1976 si osservarono sempre inusuali e bizzarri comportamenti negli animali, ma non venne diramato nessun allarme o informativa di possibile pericolo imminente. Dopo il sisma si contarono 240.000 vittime. Bisogna anche dire che non sempre, prima di un terremoto, gli animali mostrano un comportamento par-

ticolare; pertanto occorre studiare e capire quali sono i mutamenti ambientali che ne influenzano maggiormente il comportamento.

Prima di alcuni sismi si è osservato la fuoriuscita da terreno di serpenti e vermi, anche in stagioni (invernali) in cui usualmente tali specie sono in letargo. Nel folclore giapponese un posto di riguardo, come sentinella che preannuncia i terremoti, è riservata al pescegatto. Lo si è osservato agitarsi nei fiumi, negli acquari e a mutare colore prima del sopraggiungere del terremoto.

Stranezze dal regno vegetale

Abbandoniamo per un istante il regno animale per addentrarci in quello vegetale, Ikeya riporta diverse testimonianze e riferimenti documentali di anomale fioriture di piante e alberi in periodi antecedenti il terremoto. Sono riferiti mutamenti nel colore dei fiori, anomale fioriture invernali e rifioriture di alberi di albicocche, di peschi e di peri. La mimosa, pianta estremamente sensibile, prima di un sisma la si è osservata chiudere gli stami e ripiegarli.

Altre bizzarrie

Oggetti inanimati hanno mostrato inusuali comportamenti fisici nei periodi antecedenti il sisma. Testimonianze che provengono dal passato, inerenti al sisma di Ansei-Edo del 1855 (M 6,9), riferiscono che in un emporio dove faceva bella mostra un magnete naturale con attaccato a se un chiodo di ferro della lunghezza di 15 centimetri, perse improvvisamente le sue proprietà magnetiche facendo cadere il chiodo 2 ore prima del verificarsi del terremoto; passato lo shock principale il magnete riguadagnò le sue proprietà. Un altro aneddoto che parrebbe riconducibile alla pura superstizione afferma che quando si osserveranno le fiamme delle candele inclinarsi verso il basso sarà imminente l'arrivo di un sisma.

Come vedremo in seguito Ikeya assieme ad un collega riescono a riprodurre in laboratorio questo evento particolare, fornendo quindi una base scientifica a questo antico adagio giapponese.

Kobe, 1995

Durante il già citato terremoto di Kobe del 1995 che colpì la città giapponese il 17 Gennaio alle 5:47 del mattino si manifestarono bizzarri fenomeni sia prima che durante lo shock principale.

Con appositi questionari distribuiti presso la popolazione da varie organizzazioni e tramite appelli lanciati dai mass media, il ricercatore giapponese K. Wadatsumi raccolse ben 1519 rapporti inerenti ad

accadimenti strani e inusuali che preannunciarono l'arrivo della tragedia.

Il Kansai Science Forum raccolse altri 173 testimonianze provenienti dalla zona epicentrale (e che Wadatsumi non riuscì a raccogliere per l'elevata confusione post-terremoto), ma che essenzialmente costituiva uno spaccato di quanto già visto nei 1519 rapporti da lui raccolti. Le anomalie collezionate da Wadatsumi e che costituirono poi l'argomento del libro "1519 Statements on Precursors", (Tokyo pub., 1995) possono essere suddivise nelle seguenti 4 categorie:

1) Comportamenti animali inusuali e bizzarri	51%
2) Fenomeni in atmosfera e in cielo	29%
3) Fenomeni in mare e a terra	11%
4) Anomalie ad apparati elettrici/elettronici	9%

Già ad una prima osservazione si evidenzia l'apparizione di una nuova categoria di anomalie presismiche, tipica del nostro secolo tecnologico, ovvero i malfunzionamenti e le interferenze a radio, televisori e cellulari.

Ovviamente questa categoria non può trovare una controparte nei proverbi e leggende che ci arrivano dal passato, ma evidenzia in quale direzione la ricerca si deve muovere. Infatti l'ipotesi di Ikeya inerente alla formazione di campi elettromagnetici lungo le faglie e nelle zone interessate dal terremoto potrebbe spiegare le anomalie e i disturbi riscontrati nei vari elettrodomestici.

Per la categoria dei fenomeni atmosferici molti rapporti riferiscono di un cielo divenuto stranamente scuro nell'istante del sisma. Si riportano inoltre diversi fulmini, anche se risulta difficile comprendere se questi eventi erano associati al terremoto o all'istantaneo mutamento delle condizioni meteo.

Alcune testimonianze, sempre in tema di anomalie atmosferiche, sono supportate da fotografie riguardanti la comparsa di strane nuvole che si vuole associate al sisma.

Di queste testimonianze fotografiche una riguarda la comparsa di una nuvola a forma di tornado 8 giorni prima della fatidica mattina. Agli osservatori non sfugge nemmeno la repentina comparsa al suolo di strane nebbie concomitanti all'evento sismico e alcune stranezze legate all'osservazione in quel giorno di un Sole stranamente giallo.

La notte precedente il sisma, la Luna venne osservata (e fotografata) circondata da un alone che la faceva apparire allungata; le stelle invece davano l'impressione di essere così vicine da poter essere

toccate!

Grazie all'opera di una associazione animalista giapponese venne distribuito un questionario ai vari proprietari di animali che trovarono riparo presso i vari rifugi approntati a Kobe per i sopravvissuti. Il 39% dei proprietari di gatti e il 26% di quelli dei cani, osservarono strani e inusuali comportamenti nei loro animali. Molti cani la sera prima mostrarono una forte inquietudine e senso di protezione nei confronti dei loro proprietari, coricandosi vicino al loro letto. Altri invece iniziarono ad ululare e guaire senza una causa apparente; alcuni cani residenti nella zona vicino all'epicentro, grazie al loro abbaiare, svegliarono i loro padroni 30 minuti prima dello shock principale. Altre testimonianze riportano di cani a passeggio con i loro proprietari (ricordo che il sisma avvenne alle 5:47 del mattino) che si rifiutarono di percorrere l'usuale itinerario che guarda caso conduceva verso l'epicentro del sisma cercando di allontanarsi in senso opposto.

Concludendo molti testimoni riferirono che l'inquietudine palesata dai propri beniamini a quattro zampe in quei frangenti era del tutto simile a quella mostrata dagli stessi animali prima e durante un temporale.

Medesimo comportamento venne riferito dai proprietari di gatti; i quali oltre a mostrare segni di forte inquietudine, alcuni di loro svegliarono tutta la famiglia camminando sopra i letti e miagolando una quarantina di minuti prima dell'arrivo del sisma.

I responsabili e i custodi dello zoo di Kobe riferirono di un inquietudine diffusa e di comportamenti anomali da parte dei vari animali ospitati nella struttura (evidenziando quindi una probabile sensibilità interspecie verso i fenomeni precursori).

Anche gli esseri umani mostrano segni di inquietudine e strani malesseri già evidenziati dagli altri appartenenti del regno animale. Novantuno casi riguardano malesseri quali nausea, vomito, vertigini, senso di imbarazzo, emicranie e inquietudine apparsi già dal giorno precedente il sisma (ndr, leggendo di questi malesseri trovo un ulteriore riscontro a quanto già evidenziato dagli studi di G. Matteucing sui malesseri pre-sismici da lui indicati come sindrome di Mercalli o sindrome dell'alterata cenestesi presismica).

Vi sono rapporti inerenti alla percezione di strani odori a 35 km dalla zona epicentrale. Molti testimoni riferiscono di essersi svegliati quella mattina inspiegabilmente verso le 5:00 senza un motivo o causa apparente; quarantacinque minuti prima del sisma e comunque un risveglio prima del tempo mai

verificatosi precedentemente.

Gli uccelli presenti in zona mostrarono anch'essi comportamenti fuori dal comune nelle ore che precedettero l'arrivo del sisma. Pappagalli, cocorite e altri volatili domestici mostrarono forti segni di inquietudine se non di vero e proprio panico negli ultimi istanti che precedettero la scossa. Piccioni e corvi sparirono dalla zona epicentrale il giorno precedente. In un allevamento avicolo posto a 100 chilometri di distanza, tutti i galli iniziarono a cantare inspiegabilmente dalle 2:00 del mattino, mentre le uova prodotte dalle galline presenti nei luoghi del sisma nei giorni che lo precedettero presentavano la stranezza di avere due tuorli.

Altrettanti comportamenti bizzarri vennero osservati e registrati fra gli appartenenti alla fauna ittica.

Nei giorni antecedenti l'evento, moltissimi pesci del laghetto di Nishinomiya rimasero immobili in superficie orientati lungo l'asse Est-Ovest. Altri pesci nella baia di Kobe persero la loro istintiva paura per l'uomo e nuotarono in superficie facendosi catturare facilmente dai pescatori. Durante questo anomalo aumento di pescosità vennero catturati diversi esemplari di *Regalecus* specie ittica che abitualmente dimora nelle acque più profonde del mare e noti presso la tradizione locale col soprannome di "pesce del terremoto", in quanto la loro cattura avviene sempre nei giorni che precedono un sisma.

I pescigatto (altro animale che tradizionalmente si considera legato ai terremoti) notoriamente tranquilli, iniziarono a saltare violentemente fuori dall'acqua dai loro acquari, agitandosi vistosamente, due o tre giorni prima della fatidica data. I delfini dell'acquario di Suma (in zona epicentrale) mostrarono forti segni di nervosismo il giorno antecedente il sisma, spingendosi addirittura a saltare sulla terra ferma per non rimanere in acqua. Diverse osservazioni mostrano che anche il regno vegetale non rimase immune all'evento che stava per sopraggiungere, mostrando comportamenti abnormi non osservati in precedenza. In pieno inverno molte piante fiorirono e rifiorirono diverse volte (come tra l'altro già indicato dalle tradizioni popolari).

Una ulteriore anomalia, che come vedremo non trova riscontri nel folclore tradizionale e che Ikeya battezza col termine di "Alice nel paese delle meraviglie" è costituito dal malfunzionamento di diversi dispositivi elettronici come televisioni, radio, cellulari, lampade fluorescenti e frigoriferi; praticamente tutti quegli elettrodomestici che normalmente sono presenti nelle abitazioni. Le diverse anomalie riportate da questi apparati tecnologici evidenziano una

probabile interferenza di natura elettromagnetica innescata dai mutamenti geofisici in atto prima dell'evento catastrofico. Molti testimoni riferiscono di televisioni e radio che inspiegabilmente si accesero da soli; come pure si osservarono interferenze e disturbi nella ricezione di programmi radio-televisivi. Ikeya riporta la testimonianza di un autotrasportatore che in quella mattina dalle 5:00 alle 5:45 (ricordo che il sisma avvenne alle 5:47, $M=7,3$) non riuscì a sintonizzare la sua radio su nessuna emittente in quanto la ricezione di qualunque programma era fortemente disturbata. Diverse anche le segnalazioni inerenti ad orologi elettronici che risultarono in anticipo o in ritardo rispetto all'ora reale.

Turchia 1999

Spostiamoci ora in Turchia dove il 17 Agosto del 1999 fu colpita da un rovinoso sisma di magnitudo 7,4 e che interessò la zona di Izmit nel nord dell'Anatolia.

Una lunga serie di anomalie si osservarono durante questo evento e grazie all'opera di un ricercatore turco U. Ulusoy vennero raccolte, catalogate e analizzate con la collaborazione di Ikeya, in quanto Dr. Ulusoy lavorò per diverso tempo per il post-dottorato presso il laboratorio giapponese dell'E.S.R., quello appunto dove opera Ikeya.

Ulusoy raccolse la bellezza di 880 casi da 348 testimoni attraverso lettere, fax, telefonate e testimonianze dirette. Dopo una prima classificazione i due ricercatori notarono una straordinaria somiglianza con quanto accaduto a Kobe, quattro anni prima. Molte testimonianze riportano l'osservazione di luci nel periodo del terremoto. I colori maggiormente riportati sono il bianco e il blu con alcuni casi di luci verdi a Izmit e rosse ad Adaparazi a 40 chilometri di distanza dall'epicentro. Estremamente interessanti sono le osservazioni effettuate alcuni giorni dopo il sisma, di palle di luce viste fuoriuscire dalle acque del golfo di Izmit e dal Mar della Marmara e l'ascolto di esplosioni nell'area del golfo. Come riportato da diversi pescatori, nell'arco di alcuni mesi che precedettero il sisma, si osservarono varie palle di fuoco volare in cielo e durante il terremoto venne osservata una esplosione sotto il mare e una luce fuoriuscire dall'acqua per salire in cielo. Le reti dei pescatori dopo tali eventi risultarono irrimediabilmente bruciate.

Come già osservato a Kobe anche qui si notarono strani colori del cielo e l'apparizione improvvisa di una nebbia biancastra concomitante all'evento sismico. Alcuni testimoni riportano pure la bizzarra osser-

vazione di stelle apparentemente più brillanti e vicine del solito. La documentazione raccolta da Ulusoy inerente agli inusuali comportamenti animali ricalca quanto già osservato precedentemente a Kobe.

Centosedici sono i casi raccolti inerenti a malesseri e disturbi che hanno afflitto la popolazione turca. Ansia, vertigini, emicranie, inappetenza, nervosismo, pressione sanguigna alta e complicazioni cardio-circolatorie rappresentano i malesseri maggiormente riferiti. Diversi testimoni riportano di una condizione climatica particolarmente umida, calda e senza uno spiraglio di vento e che si risentiva maggiormente dell'effetto del Sole. Si udirono suoni provenire dalle profondità della terra e si percepirono strani odori simili a quelli provenienti dalle fognature sia prima che dopo il sisma. Una testimonianza riguarda uno strano fenomeno per il quale Ikeya conia il termine di "Fenomeno di Mosè", accaduto ad un pescatore presso Capo Golcuk (Golfo di Izmit):

"io ascoltai uno strano suono e sentii una vibrazione alle 2:57 del mattino. C'era qualcosa di strano circa il cigolio delle viti e nella vibrazione della barca. Allora vidi una luce color rosa-rosso muoversi velocemente dalla superficie del mare al cielo. Circa alle 3:04 il mare improvvisamente si aprì in due e la mia barca si abbassò toccando il fondale. Vidi un muro di acqua ai lati dell'imbarcazione, poi un'onda gigantesca mi portò verso la scuola navale turca e io ritornai a terra".

Diversi furono i malfunzionamenti che si verificarono negli elettrodomestici in quel periodo; interferenze nelle trasmissioni radio e tv, orologi bloccati o indicanti un orario sbagliato, false chiamate su telefoni cellulari e strani rumori provenienti da lavatrici e frigoriferi a più di 300 km dalla zona epicentrale.

Taiwan 1999

Ikeya prosegue nelle sue indagini sui prodromi del terremoto, analizzando le vicende verificatesi in altro fortissimo sisma, quello di Taiwan del 21 settembre 1999 alle ore 1:47 a.m. e nel quale perirono più di 2400 persone (Taiwan-921, M 7,7). Oltre essersi verificate molte frane e smottamenti e una diffusa presenza del fenomeno della liquefazione del terreno; si osservarono una moltitudine di comportamenti bizzarri sia nel regno animale che in quello vegetale. Vennero riportati i classici segni di panico e inquietudine fra cani, gatti e scimmie. Accadde anche un fatto molto strano riportato dai giornali; in un alle-

vamento avicolo situato nei sobborghi di Shanghai a circa 1000 chilometri di distanza, mezzo milione di polli furono presi dal panico e tentarono di fuggire dalle loro gabbie nel periodo antecedente l'arrivo del sisma nella lontana isola di Taiwan. Nella concitazione morirono 20.000 polli e 200.000 rimasero feriti... Lungo la faglia interessata dagli eventi, alcuni giorni prima si osservarono molte formiche portare fuori le loro uova dai formicai per cercare riparo altrove. Dopo il sisma si notò che le radici di molte piante e alberi poste in prossimità della faglia risultarono bruciate e che l'erba era divenuta inspiegabilmente di colore marrone.

Bhuj Gujarat 2001

Ikeya conclude la sua disamina sui prodromi sismici analizzando i rapporti provenienti dal rovinoso sisma indiano di Bhuj Gujarat avvenuto alle 8:46 del 26 Gennaio 2001 (M 7,7).

Per questo evento si attivò H.K. Kundu della Geological Survey of India, che visitando subito le zone colpite riuscì a raccogliere interessanti testimonianze inerenti ad eventi inusuali che precedettero il sisma.

M. Thakka del R.R. Lalan College di Bhuj riferì che appena terminò la shock principale vide il cielo occidentale di un pallido giallo e che in breve tempo riacquistò il suo colore azzurro. Un'altra testimonianza indipendente dalla precedente afferma che contemporaneamente al sisma il cielo assunse per alcuni secondi una colorazione giallo-rossastra. Anche in questo terremoto vennero raccolte molte testimonianze inerenti ad inusuali comportamenti degli animali che ricalcano quanto già osservato precedentemente.

Prologo: i dati a confronto

Analizzando i dati raccolti Ikeya osserva che non vi sono praticamente differenze fra i resoconti testimoniali provenienti dai luoghi, tempi e ambiti culturali diversi fra loro. Ciò che è stato osservato in Turchia è simile a quanto osservato in India, Giappone e Cina e ciò depone a favore sulla genuinità o realtà del fenomeno riportato dal testimone.

Un'altra curiosità che emerge da questo corpus di testimonianze raccolte è l'aumento di pescosità nelle settimane precedenti i sismi. Oltre alla cattura di determinate specie che usualmente dimorano nelle profondità marine, molte altre specie di pesci sembrano perdere la loro istintiva paura nei confronti dell'uomo facendosi catturare facilmente. Va comunque detto che la comunità scientifica sta ancora ana-

lizzando questi fatti in quanto sono molti i fattori, sia ambientali che climatici, che condizionano il livello di pescosità in una determinata area, prima di poter utilizzare questo indicatore come uno strumento di previsione sismica.

Nel proseguo della sua indagine Ikeya si pone altre semplici domande:

Partendo dal presupposto che l'inquietudine animale derivi da fenomeni pre-sismici, quali mutamenti ambientali o segnali geofisici percepiscono gli animali nei giorni e nelle ore precedenti il terremoto?

E' possibile verificare e replicare eventuali ipotesi in un ambiente scientificamente controllato come un laboratorio?

Congetture e ipotesi plausibili

Seguiamo Ikeya e vediamo come il ricercatore giapponese ha trovato la risposta a queste due apparentemente complicate domande.

Molti degli animali osservati precedentemente, possiedono capacità uditive che superano di molto quelle possedute dall'uomo. L'essere umano, mediamente, percepisce un range di frequenze che copre dai 15-20 Hz fino ad arrivare a 15 - 20 KHz. Molti animali hanno una gamma di frequenze percepite più estesa che si estende maggiormente nella gamma degli infrasuoni (sotto i 15 Hz). In questo intervallo di frequenze subsoniche ricadono le emissioni acustiche generate dalle onde sismiche. Infatti la superficie terrestre percorsa dal sisma si comporta come la membrana di un altoparlante permettendo l'irradiazione di questi infrasuoni in atmosfera.

Le prime onde sismiche a propagarsi, sono le onde P e sono anche quelle più difficili da percepire fisicamente dal punto di vista meccanico (mentre le onde S giungono con un certo ritardo rispetto alle P e sono quelle che causano i maggiori danni alle strutture e all'ambiente). Pertanto è ragionevole supporre che gli animali siano messi in allerta dalle onde subsoniche prodotte dalle prime onde propagatesi dalla zona epicentrale.

Questo fatto però non spiegherebbe il comportamento anomalo che il più delle volte si palesa ore se non giorni prima del sisma.

L'olfatto, altro senso molto sviluppato fra gli animali, gioca un ruolo rilevante. L'aumento di stress tettonico nelle aree epicentrali, determinano l'apparire di crepe e fratture nelle rocce e nel terreno, attraverso le quali si ha una veicolazione in atmosfera di polveri e vari tipi di gas (metano, radon, solfuri, etc.). La comparsa di queste nuove sostanze possono allertare e stimolare i predetti comportamenti

anomali negli animali. Ikeya pone una particolare attenzione anche alla fuoriuscita del Radon, gas radioattivo che una volta giunto in atmosfera stimolerebbe la formazione di masse d'aria ionizzate (il breve tempo di decadimento del radon libererebbe in atmosfera molte particelle elettricamente cariche e radiazioni in grado a loro volta di strappare altre cariche dagli atomi e molecole neutre dei gas atmosferici, come ipotizzato negli anni '80 da Helmut Tributsch). La presenza di aerosol ionizzati (elettricamente caricati positivamente o negativamente) potrebbero interferire con i delicati equilibri della produzione ormonale dei soggetti esposti, come creare ad esempio degli squilibri nella produzione della serotonina. Questo potrebbe essere uno dei fattori alla base dell'inquietudine osservata negli animali (sindrome della serotonina).

Le anomalie comportamentali potrebbero anche essere innescate dalla particolare sensibilità che alcuni animali mostrano nel percepire le emissioni infrarosse. Ad esempio i serpenti hanno dei recettori sensibili al calore che utilizzano per individuare e catturare le loro prede. Gli elevati livelli di sforzo tettonico a cui sono sottoposte le faglie attive e le masse tettoniche nel periodo antecedente al sisma generano calore che dissipano sotto forma di emissioni infrarosse. Questo fatto fornirebbe una spiegazione logica a quei resoconti testimoniali che riferiscono anche in pieno inverno di serpenti risvegliatisi prematuramente dal loro letargo i quali si allontanerebbero dai luoghi dove poi si abatterà il terremoto. Ma è nella direzione dei precursori elettromagnetici che Ikeya approfondisce maggiormente il discorso sulle possibili interazioni fra inusuali comportamenti degli animali (e piante) e segnali e campi elettromagnetici emessi prima e durante l'arrivo del terremoto. Nella categoria dei SEMS (Seismo Elettromagnetical Signal) vanno inclusi i segnali ELF-VLF, la cui presenza è stata varie volte accertata e registrata durante molti eventi e le variazioni locali del campo elettrico e del campo magnetico. I segnali elettromagnetici, secondo le ipotesi formulate da Ikeya, sono i migliori candidati per spiegare non solo gli strani comportamenti degli animali o le stranezze registrate nel mondo vegetale, ma permetterebbero di decifrare quei meccanismi alla base delle formazioni di EQL, EQC e dei malfunzionamenti di alcuni elettrodomestici.

Le verifiche sperimentali

Ikeya porta il problema delle interazioni fra SEMS

e anomalie pre-sismiche in laboratorio per verificare in un ambiente controllato se vi sono dei legami fra questi due mondi apparentemente così lontani.

Relativamente ai campi magnetici, la comunità scientifica sospetta ad esempio che i piccioni viaggiatori e le api utilizzino il campo magnetico terrestre (50 micro-Tesla alle medie latitudini) per orientarsi durante i loro spostamenti. L'organismo di questi animali sintetizza piccole quantità di magnetite (Fe_3O_4) e si suppone che determinati organi contenenti questa sostanza fungano da bussole naturali. Ikeya mediante un magnete permanente (Neomax) che genera un campo magnetico di alcune decine di mT (milliTesla) tenta di influenzare diverse specie di animali riscontrando un effetto pressoché nullo (sia con c.m. statico che dinamico). Bisogna tenere presente che il magnete utilizzato genera un c.m. di vari ordini di grandezza più intenso rispetto al valore medio terrestre; mentre nel caso di forti terremoti e intense tempeste solari le variazioni indotte da questi fenomeni risultano inapprezzabili al confronto con quelle introdotte dal magnete dello scienziato.

Molto più promettenti risultano gli esperimenti condotti utilizzando i campi elettrici, dove gli animali mostrano una notevole sensibilità alla loro presenza. A livello del mare ad esempio, in condizione normali, fra il capo e i piedi di una persona si instaura un campo elettrico statico dell'ordine dei 100-200 V/m. La resistenza elettrica del corpo umano e l'instaurarsi di una polarizzazione interna fanno sì che localmente si annulli questa differenza di potenziale. Diversamente se una persona o un animale è immerso in un campo variabile l'intensità del campo elettrico, l'impedenza elettrica del corpo e la frequenza con cui varia questo campo determinerà una corrente indotta proporzionale ai valori precedentemente citati. Vi sono animali come ad esempio gli squali, che impiegano particolari organi sensibili agli impulsi elettrici per catture le prede e individuano segnali dell'ordine di 0,04 mV/m (40 microvolt/metro). Altri animali acquatici invece mostrano la capacità di percepire le debolissime correnti elettriche, indotte all'interno del loro corpo, dal campo magnetico terrestre.

A fronte di queste capacità è ragionevole supporre che questi animali possano apprezzare e reagire alla presenza di impulsi elettrici innescati da eventi pre-sismici.

La presenza di aerosol (pulviscolo in sospensione) elettricamente carico può interagire col metabolismo degli esseri viventi con cui viene a contatto. Ricerche

nel settore hanno accertato che la presenza di ioni negativi influenzano positivamente la salute, mentre grandi quantità di ioni positivi possono costituire un grave rischio. La fuoriuscita di gas dal sottosuolo fra i quali il Radon, portano alla formazione di locali masse di aerosol elettricamente cariche che influenzano il metabolismo degli esseri viventi andando ad agire sulla produzione di serotonina, un neurotrasmettitore che controlla l'umore e il comportamento. Inoltre la presenza di aerosol carichi elettricamente modifica la conducibilità atmosferica stimolando l'insorgere di altri fenomeni precursori (EQL, EQF e EQC). Personalmente reputo rilevante la sperimentazione condotta da Ikeya per verificare le interazioni fra campo elettrico (statico e variabile) e le risposte comportamentali e fisiologiche degli animali. Sottoponendo gli animali a campi elettrici se ne osserva le risposte comportamentali, annotando e video-registrando le variazioni di umore e di comportamento, mentre per eventuali variazioni fisiologiche, grazie alla collaborazione di alcuni veterinari, vengono eseguite delle analisi del sangue mirate a rilevare i livelli ormonali raggiunti.

In seguito poi viene eseguita una seconda serie di verifiche di laboratorio sottoponendo vari campioni di roccia a compressione fino alla loro frantumazione misurandone emissioni sonore, segnali elettromagnetici e nel contempo registrando il comportamento di varie specie di animali poste in gabbie nelle vicinanze del campione di roccia da saggiare. Con questa seconda serie di esperimenti si è riusciti, come vedremo in seguito, ad osservare la presenza di inusuali comportamenti in concomitanza sia di emissioni sonore che di quelle elettromagnetiche dai campioni di roccia sottoposti a compressione. Nella prima serie di prove Ikeya utilizza due tipi di campo elettrico; uno statico ottenuto da una serie di batterie e uno impulsivo attraverso l'ausilio di un generatore di Van de Graff con il quale emette brevi impulsi della durata di pochi microsecondi dal valore di 60 V/m. Per la seconda serie di prove Ikeya utilizza una pressa in grado di esercitare una pressione fino a 1000 tonnellate presso i laboratori di ingegneria civile di Kahnouke.

Alle fine i risultati ottenuti sono una conferma che non solo l'inquietudine mostrata dagli animali è correlata ad eventi pre-sismici di natura sonora ed elettromagnetica; ma che i racconti e l'aneddotica popolare rispecchiano la realtà.

I pescigatto e le anguille sono fra gli animali acquatici più sensibili in assoluto alla presenza di campi elettrici (c.e.); il pesce gatto ad esempio, ha dei recettori che percepiscono valori di campo dell'ordine di 0,005

mV/m (5 milionesimi di Volt per metro!). Con segnali di 0,5 V/m il pescegatto esce dalla sua tana e si nasconde sotto la sabbia del fondale per minimizzare gli effetti del campo elettrico; con valori dell'ordine di 3,5 V/m l'animale si muove violentemente nel tentativo di sfuggire dall'acquario. Tutto ciò conferma quelle vecchie tradizioni giapponesi in cui si parla di agitazione pre-sismica dei pesci gatto e della loro osservazione per prevederne l'arrivo. Anche altri rappresentanti della fauna ittica presentano, anche se non a questi livelli, una estrema sensibilità ai c.e. dell'ordine di 5 V/m come i ciprinidi (pesciolini d'acqua dolce), gamberetti, calamari, polipi e granchi. A titolo di esempio sottoponendo un acquario, contenete ciprinidi, ad un c.e. di circa 10 V/m; tutti i pesci per minimizzarne l'effetto fastidioso si dispongono perpendicolarmente alla direzione del c.e. medesimo. Le aragoste presentano un forte disagio se esposte a valori di campo superiori ai 10-15 V/m tanto da farle spingere in superficie e tentare di fuoriuscire dall'acquario. Ciò trova conferma in quanto già riportato da alcuni pescatori durante il sisma giapponese del 1927 (M 7.5), dove molte aragoste furono catturate lungo la costa fuori dall'acqua. Medesima reazione di intolleranza ai c.e. viene mostrata dalle tartarughe, rane, serpenti ed altri rettili che nervosamente tentano di risalire le pareti delle loro gabbie nel tentativo di allontanarsi da essi (con valori di campo assai più contenuti dai 2 ai 10 V/m).

Ugualmente i mammiferi reagiscono alla presenza di un C.E.; esperimenti condotti da altri ricercatori sui cani evidenziano una loro capacità di iniziare a percepire qualcosa per valori attorno ai 70 V/m. A 90 V/m il cane inizia ad abbaiare contro questa presenza invisibile e tenta di allontanarsi dalla zona sottoposta al c.e. I gatti invece mostrano una sensibilità maggiore, iniziando a miagolare e a leccarsi nervosamente il pelo e la faccia a valori di 45 V/m. Stessa reazione per i topolini da laboratorio che a 2 V/m iniziano a mostrare segni di inquietudine e aumentando il c.e. iniziano a pulirsi il pelo nervosamente.

Piantando nel terreno alcuni elettrodi e applicandovi un potenziale elettrico tale da raggiungere i 100 V/m si osserva la fuoriuscita di tutti i vermi qui contenuti; ciò a conferma di quanto già osservato da diversi testimoni prima di alcuni grandi terremoti. I bachi da seta ad esempio, quando sono sottoposti ad un campo elettrico si dispongono perpendicolarmente alla sua direzione per minimizzarne gli effetti. C'è da chiedersi se anche l'uomo reagirebbe positivamente alla presenza di c.e. come il resto degli animali appena osservati. Nel caso degli esseri umani sono state promulgate varie leggi a tutela della salute nei confronti delle espo-

sizioni a campi elettromagnetici artificiali. Comunque prima di arrivare a valori di campo da costituire un pericolo per chi vi è esposto la ricerca medico-scientifica ha osservato che uno dei primissimi sintomi sono rappresentati dall'insorgere di formicolii in varie parti del corpo e dall'elettrificazione dei capelli. Casi di formicolio e di capelli elettrostaticamente carichi sono riportati prima del sisma di Kobe e ciò depone positivamente a favore dell'ipotesi dell'instaurazione di c.e. prima del terremoto. Nella seconda parte dei suoi esperimenti Ikeya cerca di riprodurre comportamenti anomali negli animali non più stimolandoli direttamente con c.e. artificiali, bensì esponendoli a ciò che viene emesso in termini di onde sonore, campi elettromagnetici, flussi di ioni e cariche elettriche ottenendole direttamente dalla compressione di campioni di roccia, in maniera da simulare in laboratorio il più verosimilmente possibile una situazione pre-sismica reale. Come già fatto notare precedentemente, per tutto il periodo di tempo in cui viene incrementata la pressione sulla roccia da saggiare, diversi strumenti registrano i vari parametri fisici in gioco; livello di pressione raggiunto, emissioni sonore, emissioni elettromagnetiche su varie gamme di frequenza e telecamere per la ripresa diretta del comportamento tenuto dai vari animali posti nelle vicinanze. Oltre a ciò, grazie alla collaborazione con un gruppo di veterinari vengono eseguite analisi sul sangue e sul contenuto ormonale presente nell'ipotalamo dei topi di laboratorio utilizzati nell'esperimento.

Gli ormoni monitorati sono 5 fra i più significativi neurotrasmettitori coinvolti nella trasmissione degli impulsi nervosi: adrenalina, noradrenalina, serotonina, dopamina e l'acido gamma-amminobutirrico (GABA).

Dai test effettuati da Ikeya emerge una differenziazione di livelli di emissione (sonora e elettromagnetica) a secondo del tipo di roccia saggiato e se il campione risulta oppure no intriso d'acqua. In tutti i casi, anche in quelli in cui si ebbero deboli emissioni elettromagnetiche, si osservo' un'alterazione comportamentale dei singoli animali. Prendendo ad esempio il test eseguito su un campione di granito, non si registrarono emissioni radio nei primi 10 minuti di carico; poi raggiunto il valore di 60 tonnellate si verificarono le prime emissioni della durata di circa 30 nS (nanosecondi – 30 miliardesimi di secondo), di intensità compresa fra 10 – 50 mV/m a frequenze superiori a 100 Mhz. Con una opportuna calibrazione degli strumenti la massima emissione registrata da Ikeya fu un impulso di 2 V/m.

Le prime emissioni acustiche si verificarono a 35 minuti dall'inizio del test (su una durata totale di 48 mi-

nuti), quindi molto in ritardo rispetto alle prime emissioni e.m. Diversi risultano invece i periodi di apparizione dell'inquietudine mostrata dagli animali, a seconda della specie interessata. Le cocorite sembrano mostrare segni di inquietudine già dopo i primi minuti dall'inizio del test, ben prima della comparsa delle prime emissioni radio e acustiche. In generale topi, anguille e cocorite manifestano segni di irrequietezza per tutto il periodo in cui si hanno emissioni radio e sonore.

Le analisi del livello ormonale sia nel sangue che nel fluido cerebrospinale dei ratti da laboratorio mostrano valori identici fra loro e i livelli dei 5 ormoni sono a loro volta misurati in concomitanza con la presenza di onde elettromagnetiche (EM), compressione delle rocce (COM), esposizione ad aerosol caricati positivamente (IONI+) e negativamente (IONI-). L'adrenalina, ormone secreto durante gli stati di pericolo e che aumenta la reattività dei vari organi tramite un aumento delle pulsazioni cardiache e una maggiore dilatazione dei vasi sanguigni risulta diminuire in tutte e quattro le situazioni EM, COM, IONI + e IONI -.

La noradrenalina neurotrasmettitore con effetti simili all'adrenalina e indicatore dello stato di eccitamento, risulta incrementare in presenza di EM e COM, mentre diminuisce durante l'esposizione agli IONI + e IONI-

La serotonina neurotrasmettitore importantissimo che regola il ciclo del sonno e la sua presenza è fondamentale per numerose funzioni fondamentali e la cui mancanza può determinare l'insorgere di patologie quali, insonnia, angoscia, depressione, stress ed emicrania. Alla presenza di campi elettromagnetici, stati compressivi della roccia e ioni negativi non variano i livelli, mentre diminuisce in presenza di aerosol caricati positivamente. La dopamina ormone con diverse funzioni e che stimola la formazione della serotonina, diminuisce in presenza di campi EM, mentre per i valori inerenti a COM, IONI + e - non vengono forniti i risultati.

L'acido gamma-amminobutirrico, neurotrasmettitore con funzioni inibitrici nei confronti delle noradrenaline e della trasmissione degli impulsi nervosi, presenta valori fluttuanti in presenza di campi E.M. e COM, incrementa con IONI+ e decrementa con IONI-.

	EM	COM	IONI+	IONI-
Adrenalina	dim	dim	dim	dim
Noradrenalina	inc	inc	dim	dim
Serotonina	nc	nc	dim	nc
Dopamina	dim	—	—	—
GABA	flut	flut	inc	dim

Questi risultati lasciano perplessi i ricercatori giapponesi e auspicano un maggiore coinvolgimento della comunità scientifica mondiale per un migliore approfondimento in questo ambito. Le perplessità, come afferma Ikeya, nascono dal fatto che mentre si osserva uno stato di inquietudine crescente negli animali a mano a mano che le emissioni elettromagnetiche aumentano si registra invece dal punto di vista fisiologico una diminuzione delle adrenaline (col significato di diminuzione della paura) e contemporaneamente un aumento delle noradrenaline il che significa un aumento dello stato eccitativo. Pertanto questo risulta un comportamento contrastante nella produzione di questi ormoni: se si osservasse solamente il livello dell'adrenalina si direbbe che gli animali si stanno rilassando, se invece si osservasse solo la noradrenalina si affermerebbe che si stanno eccitando. Da questi esperimenti si evince l'inconsistenza dell'ipotesi che vuole un aumento della serotonina nelle fasi presismiche come ipotizzato anni or sono da Tributsch, in quanto come evidenziato dai rilievi di Ikeya i livelli di serotonina risultano immutati. A prescindere dalle difficoltà interpretative dei dati fisiologici fra loro contrastanti (va segnalato che la ricerca in questo settore è ancora giovane ed è quindi auspicabile un aumento degli sforzi in questa direzione) l'osservazione diretta dell'inquietudine e della agitazione mostrata dagli animali è invece reale e tangibile sia per quanto riguarda i terremoti che per gli esperimenti condotti da Ikeya. Un ulteriore conferma sull'inquietudine animale prima e durante un sisma ci perviene dall'istituto di ricerca sulle proteine di Osaka. L'istituto, situato a 50 Km dall'epicentro del rovinoso sisma che distrusse Kobe nel 1995.

In quel periodo l'istituto stava conducendo una serie di esperimenti con l'ausilio di cavie da laboratorio (topolini) modificati geneticamente. A questi topolini era stato tolto il gene di Fyn che regola i recettori delle membrane sinaptiche; rendendo queste cavie estremamente sensibili agli stimoli, inclusi gli shock elettrici. Per la sperimentazione che si stava conducendo, i ricercatori prevedero un monitoraggio continuo dell'utilizzo delle ruote poste in ciascuna gabbia dei roditori.

Il monitoraggio costante permise di osservare che il tempo di utilizzo di queste ruote e la relativa distribuzione nell'arco temporale della giornata era pressoché simile fino al 12 Gennaio. Da quel momento in poi, fino ad arrivare al 17 Gennaio giorno del terremoto (5:47 am), si registrò un aumento progressivo del loro utilizzo, indice di un aumentata attività

fisica. In questo determinato periodo i ricercatori dell'istituto non stavano conducendo nessun tipo di esperimento al quale potesse essere ascritto questa inusuale iperattività dei roditori. Passato in sisma il livello di attività fisica (e quindi di utilizzo delle ruote) rientrò nella norma di inizio Gennaio. Questa casuale osservazione registrata dai ricercatori dell'Istituto di Osaka fa supporre, se messa a confronto con i dati raccolti da Ikeya, che un precursore sismico di natura elettromagnetica (SEMS) abbia stimolato le attività fisiche dei topolini. Sempre inerente al sisma di Kobe è stata condotta un'interessante ricerca (a posteriori) distribuendo un questionario a tutti gli studenti delle scuole presso le varie città vicine alla zona epicentrale fino ad una distanza di 500 Km. Il questionario domandava semplicemente agli studenti se la mattina del terremoto si erano svegliati insolitamente prima del previsto ed eventualmente quanto tempo prima rispetto al sisma. Elaborando le risposte ne è risultata una tabella che mostra che una certa percentuale si è svegliata entro un minuto dalla scossa principale e questo, mettendola in relazione con la distanza delle abitazioni dall'epicentro, è probabilmente dovuto all'arrivo delle prime onde sismiche (onde P). La questione veramente interessante è che vi sono una buona percentuale di risvegli nel lasso di tempo che va 1 a 10 minuti e oltre i 10 minuti dallo shock principale, fatto che non può essere ricondotto all'arrivo delle onde P dalla zona epicentrale in quanto il sisma non ha avuto ancora luogo!

Una ulteriore analisi, condotta sui dati raccolti, attraverso test statistici del chi-quadro mostra che questi dati sono reali e non casuali. Pertanto Ikeya ipotizza che tale risveglio anticipato, molto prima del tempo abituale e prima del verificarsi del del sisma (ricordo che il sisma avvenne alle 5:47 del mattino) possono essere una conseguenza di una esposizione a segnali elettromagnetici precursori del terremoto. Una connessione fra inquietudine animali e segnali EM generati dal sisma (SEMS), non è da considerarsi una ipotesi stravagante in quanto oltre alle esperienze condotte in laboratorio da Ikeya vi sono una moltitudine di osservazioni scientifiche condotte da ricercatori che testimoniano la realtà di questo legame, come ad esempio le osservazioni condotte da sismologi cinesi durante il fortissimo sisma di Tangshan (1976 M=7,8) in cui fu osservato un impulso elettrico di intensità tale da mandare a fondo scala i diversi elettrometri presenti!

SEMS e precursori atmosferici

Continuando le sue analisi, Ikeya considera i SEMS come uno dei fenomeni maggiormente coinvolti nella stimolazione e generazione di precursori atmosferici del terremoto. Come osservato precedentemente, sia i racconti folcloristici del passato sia le testimonianze attuali riferiscono della presenza in cielo di luci, bagliori diffusi, palle luminose zigzaganti, formazione di nebbie a livello del suolo; tutte apparizioni che avvengono sia prima che durante lo svolgersi del terremoto. Inizialmente per ciò che concerne i precursori luminosi chiamati anche luci sismiche o Earthquake Light (EQL), si tentò di liquidarli come eventi legati all'isteria momentanea causata dal sisma o errate interpretazioni di incendi e cortocircuiti derivanti dal crollo di abitazioni e di tralicci dell'alta tensione. Poi col tempo si accumularono sempre più testimonianze credibili relative ad eventi luminosi osservati prima dell'evento sismico permettendo ai precursori atmosferici di uscire da quel limbo in cui erano relegati. Va inoltre ricordato che questa accettazione da parte della comunità scientifica la si è avuta negli ultimi trent'anni del secolo scorso grazie anche alla comparsa sia di testimonianze fotografiche che di plausibili ipotesi scientifiche. La maggioranza dei ricercatori rimane però per lo più scettica per quanto riguarda la comparsa di particolari formazioni nuvolose e di nebbie a livello del suolo come precursore dell'evento sismico.

A questo punto però procediamo con ordine e analizziamo, attraverso la guida di Ikeya, le varie tipologie di precursori atmosferici.

Le EQL hanno accompagnato spesso l'arrivo dei più forti terremoti che hanno afflitto la storia dell'umanità. Ma è solo dopo il sisma giapponese di Matsushiro del periodo 1967-1968, che il ricercatore Yasui pone di fronte agli occhi della comunità scientifica mondiale dati e fatti inoppugnabili sulla realtà del fenomeno. Yasui esegue una classificazione del fenomeno a seconda della forma con cui si palesano. Le EQL vengono suddivise in fulmini zigzaganti, lampi e bagliori diffusi, linee luminescenti in cielo e palle di luce. I precursori come i fulmini zigzaganti, oppure gli istantanei bagliori diffusi assomigliano molto verosimilmente a quei fenomeni luminosi che accompagnano anche i forti temporali, tanto da ricondurre anche l'origine dei primi a fenomeni di natura elettrica come causa scatenante.

I globi luminosi, la cui colorazione va dall'arancio al rosso-bluastro, osservati durante moltissimi terremoti, come ad esempio quelli di Izmit e Taiwan-921, presentano forti analogie con i fulmini globulari che palesano la capacità di volare zigzagando evitando gli

ostacoli, di attraversare muri e penetrare nelle case. Pur restando un enigma per la comunità scientifica, i BL vengono associati alla presenza di una forte elettricità atmosferica scatenata dai temporali e dai tornado. Pertanto anche per i casi simili di EQL si presume vi possa essere all'origine del fenomeno una causa riconducibile a eventi di natura elettromagnetica.

A Kobe si osservarono flash, cupole di luce e ventagli luminosi svilupparsi dal suolo e protendersi verso il cielo subito prima dell'evento principale; come riportato da diversi studenti e da due professori che a 40 Km dalla zona epicentrale videro dei bagliori provenire da questa direzione. Alcuni ricercatori dopo aver raccolto varie testimonianze ricostruirono le dimensioni spaziali di questi flash che dai calcoli risultarono estendersi non oltre i 200 metri di altezza occupando una base che andava da 1 a 8 Km.

Anche per il sisma di Izmit del 1999 vennero osservate molti precursori luminosi. Ad Adaparazi (40 Km da Izmit) venne osservata una luce arancio-rossastra. Durante il sisma giapponese di Shizuoko nell'aprile del 2001 si ebbe la fortuna che la televisione giapponese NHK filmò completamente lo svolgersi dell'evento, grazie ad una telecamera fissa posta sul tetto della loro sede. Fra le varie scene comparve un flash quasi contemporaneo all'arrivo del sisma, la cui luminosità decadette rapidamente. Analizzando la registrazione Ikeya verifica che il flash appare solo in un fotogramma la cui durata risulta essere di 1/30 di secondo. Nel fotogramma che precede il rapido bagliore sembrano esserci due piccole sorgenti luminose. Interpellando la compagnia elettrica al ricercatore venne data informazione che pur non essendo mancata rete durante le varie fasi del terremoto non si verificarono danni ai tralicci di distribuzione ne scintille da cortocircuiti. Diverse le teorie e ipotesi avanzate nel corso degli anni per spiegare questi particolari precursori sismici. Una delle prime ipotesi avanzate nel 1930 dal ricercatore giapponese Terada è quella della triboluminescenza ovvero la luminescenza causata tramite la frantumazione e frizione delle rocce sottoposte a movimenti sismici. Terada per verificare sperimentalmente la sua ipotesi pose vari campioni di roccia in una macina dalla quale, una volta azionata, scaturirono scintille. Traslando questa esperienza nel mondo reale è facile arguire che in presenza di moti franosi e scorrimenti di faglia, l'attrito fra le masse rocciose porti alla formazione di scintille e luminescenze diffuse. Difficile invece, come osservò lo stesso Terada dopo aver testato la sua idea, è comprendere quelle

luminescenze che non siano a livello del suolo come i bagliori e le masse luminescenti osservate in alto nel cielo e sopra alla cima degli alberi. Le molecole dell'aria eccitate si diffondono nell'atmosfera molto più lentamente rispetto al tempo di decadimento della luminescenza e pertanto le luci non potrebbero discostarsi di molto dal livello del suolo. Un altro processo formativo delle EQL si suppone che sia rappresentato dalla termoluminescenza. Tutte le rocce risultano essere costituite da minerali, i quali durante il loro periodo formativo possono essersi solidificati con difetti o impurità nel proprio reticolo cristallino. Una struttura cristallina con difetti e o impurità risulta nel suo complesso non più elettricamente neutra e queste cariche in eccesso possono essere liberate con un apporto esterno di energia minore alla quantità necessaria per rompere i legami covalenti di una struttura cristallina neutra. Le enormi pressioni presenti nelle fasi presismiche determinano un aumento di temperatura che fornirebbe l'energia necessaria a rendere libere quelle cariche elettriche dovute ad impurità nelle rocce e a crearne delle nuove. Questo flusso di cariche libere una volta che si andranno a ricomporre libereranno l'energia in eccesso anche sotto forma di radiazione luminosa. L'evento luminoso può altresì essere innescato da un'emissione exoelettronica da parte delle medesime rocce sottoposte a stress e a microfratturazione; in questi frangenti si determina un rilascio di cariche elettriche che interferendo con le varie molecole che compongono l'atmosfera, producono emissioni luminescenti. Fenomeni luminescenti possono insorgere anche in presenza di rocce intrise d'acqua e possono aver luogo anche se la componente atmosferica viene sostituita completamente da questo liquido.

L'emissione di gas e aerosol carichi elettricamente nelle zone epicentrali (durante le fasi di risalita dei gas attraverso crepe e fessure si ingenerano moti vorticosi che determinano un'auto-elettrificazione, causata da una frizione reciproca fra molecole dei vari composti gassosi e il pulviscolo roccioso che si trascinano dietro) fa sì che una volta liberati nell'ambiente si neutralizzino rilasciando l'energia in eccesso sotto forma di luce.

Va anche tenuto conto che una parte di questi gas possono essere costituiti da composti infiammabili (metano) che una volta giunti a contatto con l'ossigeno atmosferico possono reagire e determinare l'apparizione di fiamme e fiammelle a livello del suolo.

Comunque risulta difficile spiegare attraverso una logica di liberazione di aerosol, radon e metano la

comparsa di eventi luminosi nell'alta atmosfera per un motivo legato alla dispersione e diluizione dei medesimi già a pochi metri dal suolo.

Per le EQL associate alle onde di tsunami alcuni ricercatori ipotizzano possa trattarsi di sonoluminescenza cioè luce generata all'interno di un fluido mediante onde sonore ad elevata frequenza ed intensità. Sempre per questa famiglia di EQL Ikeya ipotizza che questi eventi luminosi possano essere causati anche dalla ricombinazione esplosiva di idrogeno con l'ossigeno atmosferico. La formazione di idrogeno lungo le faglie sottomarine risulta causata dall'instaurarsi di processi elettrolitici dell'acqua. La liberazione di cariche elettriche nelle zone di rottura attraverso quei meccanismi visti precedentemente, genera una corrente elettrica la quale a sua volta genera una reazione elettrolitica con conseguente liberazione di idrogeno ed ossigeno. A questo punto sacche di gas esplosivo possono ricombinarsi in modo violento causando l'insorgere di fenomeni luminosi simili a quanto riferito dai testimoni di Izmit del 1999; in quella occasione si assistette a brillanti palle di luce emergere dal mare.

Le sfere luminose rappresentano un'altra intrigante manifestazione di questo fenomeno. Nel tentativo di comprendere questa tipologia, Ikeya si avvale anche degli studi compiuti nel campo dei fulmini globulari che pur manifestandosi in maniera simile ai precedenti sembrano trarre origine da eventi atmosferici quali temporali, tornado o relative situazioni di forte elettricità atmosferica. Ikeya pensa vi possano essere dei meccanismi di interferenza e rafforzamento che permetterebbero ai SEMS di portare alla formazione di palle luminose di natura sismica. Allo scopo cita il lavoro del premio Nobel Kaptiza nel campo dei fulmini globulari, il quale riteneva che i BL potessero essere innescati da radiazioni elettromagnetiche nella gamma delle microonde (dato che la dimensione media delle BL è di 20-40 cm e il valore medio di 30 cm corrisponde alla lunghezza d'onda di una radiazione E.M. con frequenza di 1 GHz); Kaptiza speculò che vi dovessero essere in gioco enormi quantità di energia per mantenere in vita i BL così a lungo, ma non riteneva plausibile che questa energia potesse essere auto-contenuta in un volume esiguo come quello rappresentato dal BL; pertanto l'apporto energetico doveva essere continuo e provenire dall'esterno e più precisamente dalle emissioni E.M. prodotte da forti temporali. Purtroppo le spedizioni di Kaptiza nella parte meridionale del Caucaso, dove hanno luogo spesso dei fortissimi temporali, evidenziò solamente la formazione di de-

boli livelli di microonde. Comunque i meccanismi di interferenza e di rafforzamento delle microonde prodotte in natura sono a tutt'oggi oggetto di studio, ma possono costituire una traccia per ritenere che meccanismi simili possano intervenire anche nei confronti delle SEMS e portare alla formazione di BL di natura sismica. Per concludere la disamina dei meccanismi che possono portare alla formazione di EQL Ikeya analizza il fenomeno piezoelettrico capace di liberare una quantità di carica tale da innescare la formazione di fenomeni luminescenti in atmosfera.

La crosta terrestre è ricchissima di minerali di quarzo e questo cristallo possiede la caratteristica di generare una separazione di carica elettrica se sottoposto ad una compressione lungo uno degli assi della sua struttura cristallina. Se l'ammontare della carica generata dal singolo cristallo risulta irrisoria non lo è più se si prende in considerazione l'effetto globale di tutti i cristalli contenuti nella massa tettonica sottoposta a stress. Anche se alcuni ricercatori sostengono che la casuale orientazione dei cristalli tenderebbe ad un annullamento reciproco del contributo di ogni singolo campo elettrico; calcoli teorici mostrano invece che anche in presenza di una distribuzione casuale delle orientazioni dei cristalli di quarzo si otterrebbe un valore globale di campo elettrico diverso da zero. Difatti basta solamente che 1% dei quarzi sia inizialmente allineato per determinare la formazione di un campo elettrico consistente. La presenza di questo campo si estenderebbe in tutte le direzioni interessando anche quella porzione di atmosfera che sovrasta la zona litosferica sottoposta a stress e nella quale si avrebbe quindi la possibilità del verificarsi di EQL. Il fenomeno piezoelettrico, come afferma Ikeya, presenta ancora molti lati oscuri ed è assai più complesso di come esposto precedentemente. Vi sono due punti di notevole interesse che vanno presi in considerazione:

il primo è che elevati potenziali elettrici possono essere generate da molteplici varietà di rocce (non solo da quelle di quarzo) e secondo che i maggiori valori di campo elettrico le si ottengono quando la compressione e fratturazione avviene in maniera lenta e localizzata (attività pre-sismica) piuttosto che con un forte sisma (ndr: trovo una straordinaria assonanza fra questa affermazione di Ikeya con quanto ipotizzato da Persinger con la sua TST). In geofisica sono stati messi a punto dei modelli matematici che permettono di calcolare tutti i parametri coinvolti in un determinato terremoto. Partendo dalla lunghezza della faglia, dallo spostamento subito e dal tipo di roccia coinvolto si può determinare il livel-

lo di energia liberata dal sisma e la relativa magnitudo. Adoperando questi modelli matematici Ikeya e il collega Takaki S. stimano quale possa essere il valore di un impulso elettrico per una faglia tipica di 10 Km di lunghezza percorsa da onde S (5 Km/s) nell'arco di tempo di un secondo. Si osserva che il picco di emissione lo si tende ad avere prima del terremoto (eventi presismici) piuttosto che durante lo shock principale. Ikeya sottolinea il fatto che da questo modello teorico si possono ottenere campi elettrici dell'ordine di 4000 V/m sufficienti a produrre significativi effetti anche a notevole distanza dalla zona epicentrale (basta pensare non solo in termini di EQL, ma di inquietudine animale in cui molti risultano sensibili a livelli effettivi di campo elettrico dell'ordine di 1 V/m). Forte di questo risultato teorico Ikeya e Takaki avanzano l'ipotesi che alcune manifestazioni luminose siano innescate da una scarica che loro definiscono "scura" (Dark Discharge Model).

Ikeya e Takaki partono dal presupposto che normalmente nell'atmosfera terrestre sono presenti dai 4 ai 10 milioni di elettroni per metro cubo di aria, generati in maniera naturale dall'azione dei raggi gamma, vento solare e decadimento radioattivo di elementi attivi presenti in natura. In presenza di un campo elettrico sufficientemente intenso, questi elettroni possono essere accelerati ad una velocità elevatissima (94% della velocità massima nell'intervallo di 10 nano-S). Gli elettroni accelerati colpirebbero gli atomi dei gas che compongono l'atmosfera liberando altri elettroni e producendo emissioni luminose. La luminescenza prodotta sarebbe molto tenue e in teoria rilevabile solo attraverso sensibili strumenti; questa flebile luminescenza atmosferica potrebbe divenire visibile solo in particolari condizioni come vedremo a breve. Tale meccanismo lavorerebbe in maniera ottimale con valori di campo dai 60 ai 150 KV/m. Alternativamente anche un segnale EM indotto da un campo elettrico transitorio come quelli generati da un sisma avrebbe le capacità di accelerare questi elettroni. I campi elettrici generati da stress tettonico accelererebbero gli elettroni liberi presenti nell'atmosfera sovrastante l'area sottoposta a sforzo; questi nella corsa, urtando gli atomi e le molecole dei gas atmosferici fornirebbero l'energia sufficiente per liberare altri elettroni e stimolare l'emissione di energia luminosa. Gli elettroni accelerati nell'ultimo processo, a loro volta, colpirebbero altre molecole di gas neutro liberando altre cariche. Questa valanga elettronica creerebbe una reazione a catena che oltre a liberare nuove cariche genererebbe una ulteriore luminescenza diffusa. Parte di questa radiazio-

ne luminosa risulterebbe composta, dalla stima effettuata dai due ricercatori, da radiazioni UV (ultravioletta) in grado di ionizzare altre molecole di gas neutro incrementando quindi la quantità totale di elettroni liberi. La reazione a catena non sarebbe infinita, ma sufficientemente lunga da poter permettere di essere osservata ad una certa distanza. Come asserito da Ikeya questa luminescenza risulterebbe estremamente flebile da non poter essere percepita da occhio umano se, ad esempio, il volume di gas atmosferico coinvolto risulti delle dimensioni paragonabili a quelle contenute all'interno di una bottiglia. Se però il volume di atmosfera coinvolto risultasse ragguardevole come quello sovrastante una zona interessata da eventi sismici, allora per un testimone posto alla distanza di un chilometro che osservi orizzontalmente i luoghi degli eventi si avrebbe la possibilità di osservare una breve luminescenza atmosferica visibile anche in presenza di Luna piena. Da calcoli effettuati la luminescenza assumerebbe principalmente due forme: la prima è quella emisferica, che partendo da una fase iniziale puntiforme si espanderebbe dal livello del terreno verso l'atmosfera giungendo alla sua forma finale indicata precedentemente; mentre la seconda tipologia è la forma sferica.

Da test condotti in laboratorio bombardando con elettroni vari tipi di gas atmosferico si ottengono emissioni blu e UV dall'azoto (361 nm), il verde dall'ossigeno (557,7 nm), mentre non si ottengono emissioni nella gamma del rosso (ossigeno atomico 630 nm) in quanto l'elevata pressione atmosferica presente a livello del suolo impedisce quelle reazioni che permetterebbero agli atomi di ossigeno di emettere in questa determinata banda di colore, come invece accade in quota durante le aurore boreali. Pertanto mentre risultano facilmente spiegabili le colorazioni blu, bianche e verdi osservate dai testimoni posti nelle vicinanze dell'evento luminoso, non lo sono altrettanto quelle dalle colorazioni rosse riportate da testimoni posti in lontananza. Ikeya ipotizza che una colorazione rossa derivi o dalla presenza di gas Argon (Ar) che interagendo con le particelle emesse dal decadimento del Radon determini l'insorgere di una luminescenza in questa determinata lunghezza d'onda; oppure che le testimonianze derivino da testimoni posti ad una certa distanza dai luoghi degli eventi e quindi entrerebbero in gioco assorbimenti selettivi operati dall'atmosfera terrestre che attenuando per prima le lunghezze d'onda minori (blu 360 - 400 nm) farebbe sì che ai testimoni giungessero solo quelle prossime al rosso.

Oltre alle già citate EQL, altri eventi pre-sismici fanno la loro apparizione nel cielo o quanto meno è ciò che sembra evidenziarsi dai racconti testimoniali. L'apparizione improvvisa di strane nebbie al suolo o di particolari formazioni nuvolose sembrano precedere e accompagnare l'evento sismico. Ci giungono testimonianze anche di natura fotografica di una nube vista apparire pochi minuti prima del sisma che colpì Tokyo il primo Settembre del 1923. L'immagine mostra una immensa nuvola con la parte esterna di un bianco luminoso. Una nuvola simile venne osservata e ripresa anche durante il sisma di Kobe assieme ad altre immagini che mostrano una nuvola a forma di tornado fotografata il giorno prima dell'evento.

Come già riportato precedentemente anche durante il sisma di Izmit del 1999 si osservò l'apparizione di una fitta nebbia negli istanti del terremoto. Osservazioni simili ci pervengono dall'esploratore naturalista tedesco Alexander von Humbelton dal suo diario viaggio in Sud America. Il ricercatore giapponese Kagito C. nel 1980 pubblico' un libro dedicato interamente alle nuvole sismiche (EQC) e alcuni disegni e raffigurazioni sono stati utilizzati anche da Ikeya per mostrare quali configurazioni possono assumere le formazioni nuvolose in un contesto sismico. Queste ricostruzioni basate sui racconti testimoniali ci mostrano nuvole a forma di ventaglio, di colonna, di sottili strisce disposte orizzontalmente nel cielo, oppure che circondano il Sole. Una plausibile spiegazione scientifica sulla presenza di particolari formazioni EQC e EQF deriva da quanto già ipotizzato precedentemente. Nelle fasi presismiche possono essere presenti in atmosfera aerosol carichi elettricamente e contenenti micro particelle solide in sospensione dovute alla fuoriuscita dal sottosuolo di gas che veicolano in atmosfera anche una certa quantità di polveri ultrasottili. Nelle fasi di risalita i moti vorticosi dei gas misti alle micro particelle si caricano elettricamente (triboelettricità e termoelettricità). Una volta giunti in atmosfera i micro granuli elettricamente carichi si comportano come nuclei di aggregazione per le molecole di vapore acqueo qui presenti, stimolando la formazione di nuvole e nebbie. Un processo aggregativo simile potrebbe essere stimolato dalla presenza di impulsi e campi elettromagnetici pre-sismici (SEMS), i quali hanno la capacità di elettrificare e aggregare la polvere e il vapore acqueo già presenti in atmosfera arrivando alla formazione di nebbie e nuvole.

A questo punto Ikeya ci mostra che in laboratorio è possibile replicare sperimentalmente il fenomeno della rapida condensazione di nuvole e nebbie, come

ipoteticamente potrebbe accadere in natura.

Ikeya utilizza la camera di Wilson, una struttura simile ad un acquario completamente sigillata al cui interno sono presenti due elettrodi. La cella viene saturata di gas di etanolo a bassissima temperatura e non appena si applica una differenza di potenziale ai capi degli elettrodi (1,2 KV) cominciano ad apparire sottili pennacchi di nebbia biancastra. A 2,4 KV si forma una piccola massa bianca che circonda gli elettrodi e a 3,6 KV l'intera cella risulta colma di questa nebbia biancastra a base di etanolo. Un'altra verifica viene effettuata riempiendo la cella con un aerosol ottenuto facendo reagire un clorato (SnCl_4) con acqua. Una piccola nuvola comincia a condensarsi per valori di campo elettrico minori di 800 V/m. Quanto mostrato precedentemente è molto speculativo, in quanto i campi elettrici utilizzati nella cella di Wilson risultano molto più intensi di quelli che si suppone si generino durante un terremoto. Comunque va altresì tenuto in debito conto che in presenza di particolari strutture acuminatae come cime di alberi, estremità di rami, cespugli e formazioni rocciose risultino sufficienti potenziali elettrici relativamente meno intensi per instaurare un flusso di cariche elettriche (fuochi di Sant' Elmo). Da questo primo flusso di cariche si potrebbe generare un effetto valanga che libererebbe altre cariche e conseguentemente si rafforzerebbe il campo elettrico presente, giungendo in fasi successive a valori ottimali per innescare la condensazione di nebbie e vapori.

La presenza in atmosfera di vapori e nuclei d'acqua condensati sotto l'effetto di campi elettrici di origine sismica, permetterebbe di spiegare anche quelle numerose testimonianze che riferiscono di strani aloni attorno al Sole e alla Luna, della presenza di segmenti di arcobaleno, di particolari colorazioni del cielo (giallastro e/o rossastro) e della visione elongata sia del Sole che della Luna.

Le masse di vapore acqueo e micro goccioline d'acqua si comporterebbero come delle lenti naturali che deformerebbero le osservazioni effettuate attraverso di esse. Lo spostamento di questi banchi di vapore potrebbero accentuare il fenomeno della scintillazione delle stelle (come riportato da vari testimoni) oppure di giorno determinare un assorbimento selettivo della luce solare facendo risaltare una colorazione fra il giallo e il rosso (light-scattering, come avviene all'alba e al tramonto dove predominano i colori con maggiore lunghezza d'onda). Per concludere la presenza di goccioline d'acqua in atmosfera si comportano come dei veri e propri micro-

prismi, scomponendo la luce solare nei suoi colori basilari e generando delle porzioni o archi di arcobaleno come spesso riferito dai testimoni.

Testimonianze apparentemente inspiegabili

I tentativi di formulare congetture logiche e ipotesi sensate per le anomalie verificatesi durante alcuni forti terremoti non si limitano ai soli eventi macroscopici e ripetitivi osservati da più parti. Infatti Ikeya cerca di entrare nel merito anche di quei singoli casi che pur essendo unici un loro eventuale chiarimento permetterebbe di comprendere meglio l'intera gamma dei precursori sismici. Nel 1944 il genio militare giapponese stava effettuando delle misure geodetiche in una zona a ridosso della spiaggia nella prefettura di Shizuoka. Questi rilievi vennero resi impossibili dai continui ed inspiegabili movimenti delle bolle (d'aria) presenti nelle livelle tanto da vanificare i tentativi effettuati dai militari. I fallimentari tentativi di rilievo furono due; il primo a due giorni e il secondo alcuni minuti prima del rovinoso sisma che si abbattè nella zona orientale di Nankai (M 7.9). A posteriori si penso' che i rapidi movimenti mostrati dalle bolle delle livelle fossero imputabili a rapide deformazioni subite dal terreno, anche se i militari del genio non riferirono mai di aver notato o percepito nulla.

Ikeya a questo punto avanza una sua personale spiegazione dei fatti partendo da due presupposti concreti:

- a) i militari addetti ai rilevamenti non riferirono mai alcuna deformazione o movimento nel terreno
- b) a quei tempi le livelle venivano realizzate con materiali che non proteggevano da eventuali interferenze elettromagnetiche

Pertanto l'idea di Ikeya è che un campo elettrico precursore del sisma abbia elettrificato la bolla d'aria e il liquido che la conteneva rendendone instabile l'impiego e manifestandosi nei termini e nelle modalità riferite dai militari giapponesi. A supporto della sua idea lo scienziato giapponese utilizzando una normale livella dimostra che avvicinandogli un intenso campo elettrico la bolla d'aria contenuta nel bulbo non risulta più stabile nella sua posizione pur lasciando la livella immobile, ma si sposta seguendo le eventuali variazioni e orientazioni del C.E. applicato.

Sempre in tema di verifica sperimentale delle varie osservazioni raccolte risultano molte testimonianze inerenti a strani suoni a bassa frequenza uditi prima

dell'arrivo del sisma. Queste percezioni vengono riportate anche da testimoni che si trovavano a distanze tali dall'epicentro da non risultare plausibile una spiegazione ascrivibile a vibrazioni meccaniche causate dall'arrivo di onde sismiche (P e S). Le onde sismiche P e S si propagano ad una velocità di 8 e 4 Km/s e risultano notevolmente più veloci rispetto ad una eventuale propagazione diretta del suono dalla zona epicentrale che risulta solamente di 340 m/s. Deve quindi esistere un eventuale altro meccanismo che permetta di trasmettere i rumori imputabili al sisma su lunghe distanze con tempi più rapidi, quasi istantanei, rispetto alla propagazione del suono in atmosfera e di quello relativo alle onde sismiche.

Ikeya ipotizza che la rapida trasmissione del suono su lunghe distanze possa essere ricondotta ad una conversione diretta di segnali E.M. (SEMS) in onde sonore grazie ad un processo piezoelettrico inverso operato dai cristalli di quarzo presenti nel terreno. Se dei grani di quarzo vengono sottoposti ad un campo elettrico si produce in essi una deformazione meccanica nella struttura cristallina e se il C.E. dovesse risultare variabile nel tempo si svilupperebbe un movimento meccanico oscillatorio, una vibrazione, che trasformerebbero i vari grani di quarzo in tante piccole membrane di un altoparlante.

La verifica in laboratorio di questa sua ipotesi conferma questa conversione diretta di un segnale E.M. in suono. Ikeya utilizza una barretta di granito (40 x 90 cm) inserita fra due elettrodi e non appena vi applica un C.E. variabile, quest'ultima inizia ad oscillare e ad emettere suoni con una frequenza simile a quella del segnale elettrico applicato. Pertanto è ragionevole supporre che nelle fasi presismiche eventuali SEMS possano stimolare l'insorgere di rumori e borbottii anche su distanze tali non ancora raggiunte da una eventuale onda sismica (onde P). Va comunque ricordato che l'ipotesi di conversione elettro-meccanica precedentemente descritta è tuttora al vaglio della comunità scientifica ed è ascrivibile, eventualmente, ai soli casi di rumori e borbotti trasmessi istantaneamente a distanze superiori a quelle raggiunte dalla propagazione del sisma medesimo.

Ikeya intravede sempre nei SEMS una valida causa per una ulteriore serie di anomali accadimenti insorti prima dell'arrivo del terremoto.

Un vecchio proverbio giapponese recita, ad esempio, che quando tutte le candele poste su un altare votivo hanno la fiammella inarcata verso il basso e' in arrivo un forte sisma.

Un ora prima del sisma di Kobe, i devoti in un tem-

pio buddista ebbero molte difficoltà ad accendere le candele votive. Il ricercatore giapponese vede in questa testimonianza l'ennesima prova della presenza di un forte campo elettrico.

In laboratorio Ikeya pone una candela accesa sopra un elettrodo del generatore di Van de Graff; non appena l'elettrodo si carica negativamente si assiste all'incurvamento verso di esso della fiamma sprigionata dalla candela. Il comportamento si spiega in quanto le varie componenti del plasma incandescente risultano ionizzate positivamente e nella normalità sono trascinate verso l'alto dai moti convettivi del calore. In presenza di un forte addensamento di carica elettrica negativa alla base della candela, la forza convettiva che trascina le varie componenti polarizzate della fiamma verso l'alto viene annullata e si assiste ad un suo inarcamento verso il basso. In presenza poi di una eventuale fluttuazione del campo elettrico, questo si ripercuote sulla fiammella facendola traballare. Invertendo la polarità dell'elettrodo e addensando quindi una forte quantità di cariche positive alla base della candela, Ikeya osserva che le componenti ionizzate (+) della fiamma sono respinte e la fiamma tende ad estinguersi. In questa situazione è ipotizzabile che anche un tentativo di accensione della candela risulti estremamente difficoltoso confermando quindi l'esperienza vissuta dai devoti. Un altro evento singolare è quello capitato ad un uomo ammalato con febbre alta nei giorni che precedettero il sisma di Kobe. Misurandosi frequentemente la febbre, con un termometro al mercurio, l'uomo noto che il mercurio scendeva velocemente nell'ampolla e non rimaneva invece stabilmente bloccato nel punto di massima temperatura come usualmente accade. Inizialmente il testimone penso che il termometro fosse difettoso, ma una volta passato il sisma il termometro riprese a funzionare normalmente. Pur essendo unica come testimonianza l'evento è stato replicato da Ikeya in laboratorio. Sottoponendo un termometro ad un campo elettrico, il mercurio si carica elettricamente e se ne ha una rapida discesa nell'ampolla di contenimento.

Ikeya nel suo laboratorio riesamina la testimonianza del pescatore turco, che nell'istante del sisma di Izmit sentì la sua barca colpire il fondale marino per ritrovarsi poi fra due immense muraglie d'acqua. Egli definisce questo evento col termine "effetto Mosè" richiamandosi alla nota vicenda biblica; risultano poi molteplici le testimonianze riportate da vari pescatori inerenti a particolari fenomeni idrologici avvenuti in varie parti del mondo durante il manifestarsi di un sisma. Ikeya verifica che la faglia dalla quale è sca-

turito l'evento di Izmit taglia per 10 Km il golfo omonimo. Egli assume per questa faglia valori di 10 metri di larghezza e di 10 Km di profondità con una porosità valutabile attorno al 30% e una durata fra movimento principale della faglia e assestamento di 300 secondi circa. Con questi valori si desume che vi sia stata a Izmit un assorbimento d'acqua all'interno della faglia, dal quale si è generato un incredibile effetto idrologico che ha portato ad un abbassamento repentino del livello marino in alcune zone ben determinate e l'insorgere repentino di un muro d'acqua tutt'intorno (come riferito dal pescatore). Attraverso un modello in scala del Golfo di Izmit le simulazioni condotte in laboratorio confermano questa ipotesi confermando, per quanto incredibile possa sembrare, il racconto del pescatore.

Molti testimoni riportano di strani ed inusuali comportamenti di elettrodomestici quali televisori, computer, orologi, frigoriferi, climatizzatori e molti altri dispositivi che in quest'epoca tecnologica ci aiutano quotidianamente. Le anomalie che sembrano insorgere frequentemente o che comunque sono state notate maggiormente nei giorni e nelle ore precedenti un forte sisma, forniscono ad Ikeya una ulteriore indicazione sulla natura di alcuni possibili precursori. Va tenuto presente che durante avvenimenti eccezionali o particolarmente traumatici la mente umana tende a mettere in risalto e a creare dei legami fra fatti e cose concomitanti con l'evento traumatico, creando quindi una sorta di relazione che in realtà potrebbe non esistere. Tenendo ben presente anche queste dinamiche psicologiche, Ikeya osserva che moltissime testimonianze provenienti da varie parti del mondo risultano straordinariamente simili. Stà di fatto che anche gli eventi a più elevato indice di stranezza coinvolgenti elettrodomestici emersi in questi anni vengono, da parte del ricercatore giapponese, non solo spiegati in maniera logica e scientifica ma replicati in laboratorio.

Anche con questa parte della casistica Ikeya intravede l'azione diretta dei precursori elettromagnetici (SEMS) del terremoto i quali interagendo con oggetti e cose ne modificano il funzionamento o l'eventuale comportamento agli occhi dei testimoni. Precedentemente si era parlato di quanto riportato nelle cronache di Ansei del 1855. Qui si riferisce di un grosso magnete naturale [1] dal quale pendeva un lungo chiodo in ferro di 15 cm di lunghezza e il tutto rappresentava per l'epoca una grande attrattiva presso l'emporio della cittadina. Stranamente però due ore prima del forte terremoto (M 6,9) che colpì la zona di

Ansei-Edo (Tokyo) il magnete perse le sue proprietà naturali facendo cadere il chiodo, per riacquistarle poi passò il sisma. In questi anni si è dibattuto spesso se questo episodio fosse da ricondurre ad una forte variazione presismica del campo magnetico locale. Ci si accorse però che le variazioni locali del campo magnetico terrestre sono esigue, praticamente trascurabili dell'ordine di dieci millesimi del valore ordinario (1-10 nanoTesla su un valore nominale di 30-50 micro-Tesla). Pertanto l'annullamento temporaneo delle proprietà magnetiche della calamita dovevano dipendere da qualche altro fattore scatenatosi prima del sisma. Ikeya intravede nell'insorgere di un forte campo elettrico locale la possibile soluzione dell'annullamento delle proprietà magnetiche della calamita. La sua ipotesi di lavoro viene corroborata in laboratorio dove ad un magnete sospeso dal quale penzolano diversi chiodi viene applicato un forte campo elettrico prodotto da un generatore di Van de Graff. Nel volgere di pochi secondi l'accumulo di cariche elettriche fra il magnete e il suolo (simulato da un foglio di alluminio posto alla base) determina l'insorgere di una forza attrattiva fra chiodi e suolo (in cui sono presenti cariche di segno opposto) e di una forza repulsiva fra i vari chiodi (cariche dello stesso segno); queste due azioni combinate portano all'annullamento della forza attrattiva del magnete con la conseguente caduta dei chiodi.

Durante l'evento di Kobe del 1995, Wadatsumi raccolse molte testimonianze inerenti ad accensioni momentanee di lampade fluorescenti (neon). Questa anomalia non è una cosa poi così straordinaria come si sarebbe portati a credere in quanto diversi eventi simili si sono avuti anche in presenza di forti temporali. La presenza di fulmini durante i temporali costituiscono una buona fonte di emissione di onde EM le quali in opportune situazioni innescano momentaneamente i gas contenuti nelle lampade al neon stimolandone anomale emissioni luminose. È ragionevole pensare che in opportune situazioni la presenza di SEMS possa portare all'eccitamento dei gas contenuti in queste lampade. Ikeya riproduce questi eventi in laboratorio, avvicinando un tubo al neon al suo generatore di Van de Graff causandone l'accensione. Medesimi risultati si ottengono mediante l'utilizzo di un generatore Tesla (altro apparato atto a generare forti impulsi elettromagnetici). Le testimonianze inerenti a interferenze e disturbi nella ricezione di programmi radio-televisivi sono innumerevoli e provengono da quasi tutti i forti terremoti che si sono manifestati nella nostra era tecnologica. In

questa situazione gli eventuali segnali elettromagnetici emessi dall'evento tellurico coprono una banda radio molto estesa che va dalle ELF-VLF fino alle VHF. Inoltre recenti studi evidenziano come i disturbi alle comunicazioni radio-televisive non siano dovute solamente ad una azione di sovrapposizione di segnali di natura sismica ma dovuta anche ad una modificazione dei percorsi in atmosfera di queste onde radio mediante una variazione dell'altezza e della densità elettronica della ionosfera (la cui presenza influenza la propagazione delle onde radio). Ikeya sulle pagine del suo libro pone a confronto per l'evento di Kobe i tracciati radio realizzati da diversi ricercatori giapponesi su diverse lunghezze d'onda; si osserva come i disturbi radio distribuiti su una gamma molto estesa di frequenza (dalle ELF fino alle VHF) si siano incrementati nei giorni compresi fra il 9 e 11 Gennaio con un ulteriore picco (specialmente nella gamma HF) in concomitanza col sisma. Tutto ciò convalida le testimonianze inerenti alle interferenze osservate durante l'evento di Kobe che sarebbero da imputare alle emissioni elettromagnetiche di natura sismica. Diverse altre testimonianze riferiscono di chiamate a vuoto su telefoni cellulari (il cellulare suonava, ma non risultava nessun interlocutore dall'altra parte del collegamento) o di accensioni spontanee di elettrodomestici come televisori, radio e climatizzatori. Anche in queste anomalie tecnologiche il ricercatore giapponese intravede l'azione di campi EM sui circuiti elettrici (il più delle volte non schermati) degli apparati incriminati. In laboratorio Ikeya avvicina dieci cellulari di marche diverse ad un generatore di Van de Graff ottenendo in 2 di questi l'accensione del display e della suoneria (gli altri invece rimasero inattivi, probabilmente risultano costruttivamente schermati meglio alle interferenze). Relativamente alle misteriose accensioni di climatizzatori, televisori ed altri elettrodomestici nella zona di Kobe vale quanto detto precedentemente per i cellulari; tutti i moderni elettrodomestici, per comodità di impiego presentano un dispositivo di accensione a distanza costituito da circuiti elettronici che attivano l'apparato mediante telecomando. Pertanto anche quando l'apparato risulta spento in realtà non lo è mai nella sua totalità, in quanto una parte dell'elettronica deputata a ricevere i segnali dal telecomando risulta sempre attiva. Ora se la componentistica elettronica con cui è realizzato il ricevitore non è perfettamente schermata da eventuali disturbi EM, l'instaurarsi di un forte campo elettrico può interferire con questi circuiti causando l'accensione casuale dell'elettrodomestico.

Previsione dei terremoti: realtà o utopia?

Vediamo ora a che punto sono le ricerche sulla previsione sismica basate sul monitoraggio dell'inquietudine animale. Come ribadisce Ikeya questa è una "disciplina" ancora giovane che trova molta resistenza presso la maggioranza della comunità scientifica. Attualmente sono portati avanti solo alcuni progetti di studio più per volere dei singoli ricercatori che per un disegno a più largo respiro e quasi sempre con i connotati di una ricerca a scopo puramente didattico, atta a permettere una migliore conoscenza da parte degli studenti con i vari aspetti del terremoto. Una lodevole iniziativa è stata intrapresa da un maestro cinese della China's Railroad High Schools, che da più di vent'anni controlla il comportamento e le abitudini di un gruppo di cocorite. Utilizzando microfoni e filtri audio, egli registra e cataloga il cinguettio e lo sbattere delle ali di questi volatili 24 ore su 24. Abituamente egli ne ricava un grafico che mostra l'attività canora (cinguettio) e fisica (battuta di ali) dei pappagallini nell'arco della giornata. In occasione di alcune scosse locali l'attività giornaliera dei volatili presenta un incomprensibile aumento delle due attività monitorate anche durante le ore notturne (che normalmente sono le più tranquille) e questo a partire da otto giorni prima del verificarsi del sisma (casi simili si sono avuti anche per Kobe).

In Giappone la previsione sismica basata sull'osservazione degli animali e nella fattispecie del pesce gatto è portata avanti presso il Tokyo Metropolitan Fisheries Experimental Station. Da quando è stata avviata questa ricerca si è raggiunto un grado di successo pari al 30% di predizioni esatte. Tenuto conto che il pescegatto subisce anche le influenze dai numerosi fronti temporaleschi che si sviluppano nei mari che circondano il Giappone, il risultato di previsione esatte conseguite dai ricercatori non è poi così deludente come potrebbe sembrare. Questo settore di studio è giovanissimo e questa ricerca è utilizzata soprattutto a scopo didattico presso varie scuole giapponesi con l'intento di promuovere in generale la conoscenza della sismologia. Per questo scopo presso varie scuole superiori e laboratori giapponesi sono monitorati 24 ore su 24 diversi acquari contenenti pescegatto mediante l'ausilio di telecamere. Inoltre nell'acquario è sistemato un tubo in pvc che funge da tana al quale sono applicati alcuni elettrodi che permettono di monitorare la presenza di impulsi elettrici ambientali. I vari acquari e relativa strumentazione risulta connessa in rete, permettendo a ricercatori, studenti e insegnanti di seguire nel

tempo l'andamento della ricerca. Ikeya suggerisce di utilizzare anche le cavie da laboratorio per questa indagine, in quanto oltre ad essere estremamente sensibili ai campi EM (vedi quanto è successo a Kobe) risultano essere gli animali maggiormente conosciuti e studiati presso i laboratori di tutto il mondo. Concludendo in questi ultimi vent'anni si sono profusi tempo ed energie nella ricerca inerente ai precursori elettromagnetici del terremoto (SEMS) e siamo solo all'inizio di questo cammino in quanto molti aspetti si devono ancora chiarire per discernere le varie relazioni che intercorrono fra CEM e terremoti. Ciò che risulta assodato è che vi sono delle variazioni sia nel campo magnetico (minime) che nel campo elettrico con relativa emissione di onde elettromagnetiche prima e durante alcuni eventi (come testimoniato dalle numerose osservazioni scientifiche). Quello che invece risulta ancora poco chiaro è come avvengano queste emissioni, qual'è l'esatto meccanismo (o il concorrere di diversi meccanismi) che permettono l'instaurarsi di queste emissioni di SEMS e di come poterle utilizzare per una previsione sismica sicura. In questi decenni lo sviluppo di nuovi strumenti e il loro continuo miglioramento ha permesso alla comunità scientifica di accertare che le variazioni del campo magnetico terrestre locale, prima di un evento tellurico, varia di poco o nulla rispetto al valore nominale (10-15 nano-Tesla su un totale di 40-50 micro-Tesla). Diversi e più promettenti i risultati legati alle fluttuazioni del campo elettrico locale, il quale può variare notevolmente determinando tutta una serie di fenomeni secondari che risultano assai promettenti per i ricercatori impegnati in questo settore. Il monitoraggio continuo su tutto lo spettro elettromagnetico ha evidenziato che una banda di frequenze assai estesa, che vanno dalle ELF-VLF sino alle VHF risultano disturbate e alterate dai prodromi del terremoto. Purtroppo, come già osservato, il riscontro e la relativa associazione ad un determinato evento sismico della presenza di disturbi nelle trasmissioni radio-televisive, dell'aumento del rumore di fondo su determinate gamme di frequenza o la rilevazione di eventuali altri eventi inusuali avvengono tutti a posteriori quando il sisma si è già concretizzato. Inoltre va considerato che lo stato attuale delle conoscenze non permette di discernere interferenze E.M. di natura sismica da quelle stimulate da un fronte temporalesco (o di altra origine) presente anche a centinaia di chilometri di distanza, in quanto non si conoscono ancora eventuali marcatori che permettono questo riconoscimento e ciò complica notevolmente il lavoro dei ricerca-

tori. Comprendere l'origine di una interferenza elettromagnetica, di un disturbo radio televisivo diviene un lavoro arduo anche con gli attuali mezzi tecnologici. Il rischio è sempre quello che, non esistendo allo stato attuale dei marcatori univoci e precisi, si ingenerino falsi allarmi nella popolazione con tutto quanto ne consegue sia in termini psicologici, sociali che di natura economica. A prescindere da ciò la strada sembra promettente e non è detto che in un futuro più o meno lontano non si possa utilizzare i dati provenienti dal monitoraggio in varie bande di frequenza interpolati con altri provenienti da altri settori della geofisica per ottenere un modello predittivo efficace e scongiurare gli effetti maggiormente deleteri di un sisma: la perdita di vite umane.

Prologo

Eccoci finalmente giunti alla fine di quella che nelle mie intenzioni doveva risultare una semplice recensione di un libro sui precursori sismici e sull'inquietudine degli animali; ma che nella realtà si è trasformato in uno scritto approfondito sulle esperienze condotte da M. Ikeya. Personalmente trovo quest'opera estremamente interessante dove vengono presentate una notevole quantità di testimonianze relative ad anomalie presismiche (non sempre facilmente reperibili a chi non è un addetto ai lavori) e una loro possibile spiegazione sulla base delle odierne conoscenze scientifiche e infine una verifica sperimentale di quanto ipotizzato riproducendo il fenomeno in laboratorio (o quantomeno simulandolo e cercando di ricalcare il più possibile il supposto fenomeno).

I fenomeni luminosi associati al terremoto solo in questi ultimi trent'anni sono usciti dal limbo che li vedeva perennemente in bilico fra creduloneria popolare o isteria indotta dal sisma. Infatti il più delle volte quando la questione non trovava spiegazione come un possibile incendio o cortocircuito veniva liquidato come il prodotto dell'isteria causata dagli eventi. Sulla strada del riconoscimento sembra si sia avviata anche la ricerca sull'inquietudine degli animali anche se ancora oggi molti ricercatori, specialmente occidentali, ridicolizzano questo tipo di approccio. La mole delle testimonianze raccolte, i dati provenienti dai laboratori di ricerca (fra tutti quello inerente all'iperattività delle cavie presso l'Istitute for

Protein Research, Oshaka University) fanno propendere verso una realtà oggettiva del fenomeno. Ciò non vuol dire che la soluzione del problema ed un suo impiego in termini di previsione sismica sia a portata di mano; la strada da percorrere è ancora lunga ma non impossibile e si dovranno attendere molti anni prima di avere una chiara visione delle sottili trame che legano i terremoti, i SEMS e i vari recettori animali. Una volta compreso questo meccanismo allora sarà possibile utilizzare non tanto gli animali bensì dei dispositivi tecnologici che simulino fedelmente il funzionamento (e magari lo migliorino) di quei recettori organici che permettono di sentire i prodromi del terremoto.

Il libro rappresenta una lettura consigliata anche per chi si interessa di fenomeni luminosi in atmosfera (FLA) in quanto non solo contiene una buona casistica di eventi luminosi avvenuti durante alcuni terremoti, ma fornisce parecchi elementi (ipotesi di lavoro, ricerche sperimentali e materiale) a supporto del lavoro compiuto in più di trent'anni dal ricercatore canadese M. Persinger a favore della sua TST (Teoria dello Stress Tettonico).

Le molte luci osservate in cielo senza una plausibile spiegazione logica di cosa potessero essere, gli eventuali effetti di tali eventi sulla vegetazione e sull'ambiente, l'inquietudine suscitata negli animali, i malesseri evidenziatesi su alcuni testimoni, rappresentano gli effetti delle mutate condizioni ambientali pre-sismiche e che già mise Persinger in relazione con un accumulo di stress tettonico sorto in zona o in luoghi limitrofi. Il libro di Ikeya fornisce una ulteriore fonte a sostegno di questa ipotesi oltre a quelle già emerse ed evidenziate dal lavoro compiuto dal ricercatore canadese e dalle collaborazioni di cui si è avvalso in tutti questi anni, come ad esempio il geologo americano John Derr.

A conclusione di questa sintesi, ricordo che il ricercatore Motoji Ikeya scomparì il 13 marzo 2006.

Una versione sintetica di questo articolo è stata presentata All'International Project Hessdalen Workshop (IPHW20006) tenutosi il 17 giugno 2006 presso il Visitor Center del Radiotelescopio di Medicina. Bologna.

Note

1) Il fenomeno della perdita delle proprietà magnetiche da parte di una calamita è conosciuto da tempo anche in occidente. Uno dei primi a riferire di questa anomalia fu Immanuel Kant nel suo "Scritti sul terremoto", in cui analizza e tenta di comprendere la natura

del sisma che il primo Novembre 1755, giorno di Ognissanti, distrusse Lisbona, e per il quale si riportò la stranezza avvenuta in quel medesimo giorno ad Augsburg dove le calamite lasciarono cadere il loro carico. Prima di Kant fu il grande fisico Robert Boyle, vissuto nel XVII secolo che riferì della demagnetizzazione di una calamita in occasione di un terremoto che si verificò a Napoli (la perdita delle proprietà magnetiche avvenne dopo il sisma) [2, 3].

(*) <http://www.ciph-soso.net/SOSO/IPHW2006.html>

Bibliografia

- [1] Ikeya, Motoji “Earthquakes and Animals: From Folk Legends to Science”, World Scientific Publishing, Singapore 2004
- [2] Kant, Immanuel “Scritti sui terremoti”, a cura di P. Manganaro, 10/17 Cooperativa Editrice, Salerno 1984
- [3] Matteucig, Giorgio “Terremoti: ecologia etologia, raccolta di relazioni, comunicazioni d interventi sul comportamento degli animali in relazione alle variazioni geo-chimicofisiche ambientali precedenti i sismi, Napoli, Assessorato all’Ecologia della Provincia di Napoli, 1983

Ringraziamenti

Un sentito ringraziamento a Nico Conti, Cristiano Fidani e Renzo Cabassi per i consigli e i suggerimenti scaturiti durante la lettura delle bozze

© Copyright (2008) Massimo Silvestri, CIPH (Comitato Italiano per il Progetto Hessdalen)

Quale espressione dell'attività intellettuale dell'autore, questo materiale è protetto dalle leggi internazionali sul diritto d'autore. Tutti i diritti riservati. Nessuna riproduzione, copia o trasmissione di questo materiale può essere eseguita senza il permesso scritto dell'autore. Nessun paragrafo e nessuna tabella di questo articolo possono essere riprodotti, copiati o trasmessi, se non con il permesso scritto dell'autore. Chiunque utilizzi in qualsiasi modo non autorizzato questo materiale è perseguibile a norma delle vigenti leggi penali e civili.

© Copyright (2008) Massimo Silvestri, CIPH (Comitato Italiano per il Progetto Hessdalen)

As an expression of intellectual activity by the author, this material is protected by the international laws on copyright. All rights reserved. No reproduction, copy or transmission of this material may be made without written permission by the author. No paragraph and no table of this article may be reproduced, copied or transmitted save with written permission by the author. Any person who does any unauthorized act in relation to this material may be liable to criminal prosecution and civil claims for damages.