



## PIANETI IN MOSTRA PER CONOSCERE MEGLIO LA TERRA.

### *Abstract.*

*During seven months (from Dec. 8, 2009 to May 30, 2010) a public exposition will summarize all planetary discoveries obtained up to now by planetary spacecrafts. Under the name of 'Exploration of the Solar System', the exposition was created, at the beginning of the 80's years, by the GAT Astronomical Center, in order to inform, every three years, the generic public and, above all, the school people about the main planetary discoveries, obtained from Earth and, above all, from space missions. The 9<sup>th</sup> edition of the exposition, that will take place in Tradate (VA), starting from December 2009, encloses, by now, about 10.000 images with exhaustive and strongly interactive captions. As in the past, the winning structure of the exhibition remains the same: to put the Earth at the center of the Solar System and to demonstrate that the exploration of the other planets is a powerful tool to understand better our planet.*

**Cesare Guaita (Gruppo Astronomico Tradatese/Planetario di Milano)**

[c.guaita@libero.it](mailto:c.guaita@libero.it)

### 1) Introduzione.

Una buona idea è destinata a durare nel tempo. Questo è il caso della mostra triennale dedicata a L'ESPLORAZIONE DEL SISTEMA SOLARE, che, creata nel 1980 dal GAT, Gruppo Astronomico Tradatese, è ormai arrivata alla 9° Edizione, in programma a Tradate (locali della Villa Comunale di via Mameli 13) dall' 8 Dicembre '09 al 30 maggio 2010.

La fortuna di questa mostra, unica nel suo genere in Italia, è fondamentalmente legata allo scopo primario con cui è stata concepita fin dall'inizio: colmare, ogni tre anni e mediante l'uso di appetibili immagini fotografiche, la cronica incapacità dei mezzi di informazione di rendere partecipe la gente comune ed il mondo della scuola delle straordinarie scoperte realizzate dalle decine di sonde spaziali che l'uomo ha lanciato verso quasi tutti i corpi del Sistema Solare. Inevitabile che la mostra si ingigantisse a dismisura negli anni: basti dire che la 9° edizione conta ormai quasi 10.000 immagini, tutte dotate di didascalie esaurienti e fortemente interattive. Inevitabile anche che questo ponesse anche seri problemi non solo per gli organizzatori ma anche per il pubblico dei visitatori. Per questo abbiamo voluto creare un archivio completo e facilmente accessibile, inserendo tutto il materiale in un singolo DVD la cui consultazione è molto facile ed intuitiva: questo ne permette una proficua utilizzazione sia da parte degli appassionati in genere che, soprattutto, da parte del mondo della scuola.

Il materiale è suddiviso in 14 sezioni : 11 dedicate al Sistema Solare vero e proprio (pianeti, comete, asteroidi), una dedicata all' Universo visto dallo Space Telescope ( con particolare riguardo alla ricerca sui sistemi planetari extrasolari), una dedicata alla storia dell'esplorazione spaziale (con particolare riguardo alle macchine che hanno permesso l'esplorazione degli oggetti principali del Sistema Solare), una (particolarissima e spettacolare) dedicata al Sole ed alle 7 eclissi totali che il GAT ha seguito in varie parti del mondo negli ultimi 20 anni (la prima fu quella dell' 11 Luglio '91 in Messico, l'ultima è stata l'eclisse 'cinese' del 22 Luglio 2009). L'ambiente espositivo MODULARE (12 locali separati su due piani di villa Truffini a Tradate) è di importanza fondamentale per favorire una impostazione didattica ed interattiva ottimale.

L' edizione 'galileiana' della mostra (ossia la 9° edizione, che abbiamo voluto far partire quest'anno in Dicembre per inserirla in IYA2009) conserva una filosofia di fondo che l'ha sempre caratterizzata fin dall'inizio: quella secondo cui l' esplorazione del Sistema Solare, pur incredibilmente motivante per ragioni intrinseche, è anche il metodo migliore per conoscere meglio il pianeta che più ci preme, vale a dire la Terra. Per questo, proprio la Terra è il pianeta che

introduce la mostra, nel senso che è il primo pianeta che i visitatori sono obbligati a visitare. Per almeno **tre ragioni, una geologica, una ambientale ed una biologica.**

Alla **parte geologica** sono dedicate decine di immagini radar, le uniche in grado di penetrare insormontabili ostacoli ottici (nubi, ghiacci polari, sabbie dei deserti), evidenziandoci immediatamente le regioni ad alto rischio sismico e vulcanico. Un rilievo particolare viene dato all'Italia, uno dei paesi a massimo rischio vulcanico ( Vesuvio...) e sismico (nella zona dello stretto di Messina si verificò un secolo fa il terremoto più distruttivo della storia recente...). Le tecniche radar satellitari sono le stesse con le quali la sonda Magellano ha perforato, all'inizio degli anni 90, le nubi di Venere e con le quali la sonda Cassini sta a poco a poco svelandoci i misteri della superficie di Titano, resa invisibile da una cappa di smog organico simile a quella della Terra primordiale. Nel caso terrestre il radar ha anche permesso di migliorare la statistica dei crateri da impatto (in gran parte nascosti sotto i ghiaccio polari o le sabbie dei deserti), al punto che, ormai, predomina l'idea che siano state prodotte dalla caduta di asteroidi di 2-10 km le cinque maggiori estinzioni di massa degli ultimi 600 milioni di anni. Da qui uno stimolo maggiore allo studio ravvicinato dei NEO (Near Earth Object), ossia degli asteroidi potenzialmente pericolosi, cui la mostra dedica uno spazio molto importante sia per quanto riguarda Eros, il maggiore dei NEO conosciuti (mappato integralmente dalla sonda orbitale NEAR nel 2000-2001), sia per quanto riguarda Itokawa, un incredibile 'mucchio di sassi' senza crateri su cui si è posata la sonda giapponese Hayabusa, con lo scopo di prelevarne campioni superficiali.

Sul tema dell'**attività biologica** della Terra, la mostra cerca di evidenziare come un fenomeno pur complesso come la vita sembra formarsi con facilità anche in condizioni estreme, purchè esistano fonti di acqua liquida (non importa se calda o fredda, acida o alcalina). Lo dimostrano le straordinarie colonie di creature idrotermali (bivalvi e vermi tubolari giganti) dotate di un metabolismo prima del tutto sconosciuto, che proliferano in maniera sistematica nei pressi dei 'fumatori neri' (*black smokers*), geyser di acqua bollente che emergono dai fondali lungo le dorsali oceaniche. Lo dimostrano altresì i batteri primordiali scoperti nelle acque di certi laghi (come il Vostok) sepolti sotto i ghiacci antartici, oppure all'interno di coni vulcanici di altissima quota (come il Lincaburn, a oltre 6000 metri in cima alle Ande).

Nella **parte ambientale** della Terra viene dato rilievo a due problemi fondamentali: l'effetto serra e il buco di ozono antartico, dimostrando che due fenomeni in apparenza così differenti, sono alla fin fine indirettamente connessi. Tra le cause antropogeniche dell'effetto serra, gli incendi delle foreste equatoriali sono gli eventi più direttamente percepibili (davvero impressionanti le immagini satellitari infrarosse sia diurne che notturne). Più subdolo, ma non meno deleterio è l'inquinamento luminoso (per generare corrente elettrica bisogna bruciare petrolio...) che le immagini spaziali mostrano diffuso in tutte le regioni più industrializzate. Tra le conseguenze dell'effetto serra, le più vistose si collocano nelle regioni polari: dai grandi iceberg che si staccano dalla banchisa polare antartica, alla diminuzione del 40% in 30 anni del ghiaccio residuo della calotta artica estiva.

Vediamo adesso di espandere meglio il concetto appena espresso, secondo cui dell'esplorazione dei pianeti è il mezzo migliore per capire meglio la Terra.

## 2) L'evoluzione geologica della Terra..

I dati e le immagini infrarosse dello strumento NIMS a bordo della sonda Galileo (1995-2003) hanno mostrato che la temperatura di certe colate di lava sul satellite gioviano lo è molto più alta di quanto si era pensato, con valori che possono arrivare a 1600°K e, forse, addirittura a 2000°K. In corrispondenza di certi punti emissivi come Pillar e Tvshhtar Patera. Temperature così elevate suggeriscono la presenza di lave basaltiche arricchite di Ferro e Magnesio: questo potrebbe essere dovuto al fatto che i continui rimescolamenti del materiale interno, conseguenti a ripetuti cicli di riscaldamento mareale, hanno impedito al mantello superiore di lo di instaurare una forte differenziazione. Magmi terrestri dello stesso tipo sono denominati Komatiti, ed erano tipici anche della Terra prima della formazione dei continenti (più di 3,8 miliardi di anni fa). Quindi lo studio del vulcanesimo di lo diventa un utile strumento per comprendere meglio l'evoluzione geologica della Terra primordiale. La mostra (nell'ambito della sezione Giove) vi dedica le migliori immagini orbitali della Galileo e le riprese della sonda New Horizons nel Febbraio 2007.

Quando la Terra (più di 3 miliardi di anni fa) raggiunse una completa differenziazione (nucleo caldo, mantello, crosta) si innescò il meccanismo basilare della sua evoluzione geologica: la

formazione di grandi fessure (le attuali dorsali oceaniche), veicolo primario dell'emissione di calore interno e motore principale della suddivisione della sottile crosta superficiale in zolle e del loro spostamento reciproco sia in allontanamento (nuovi bacini oceanici) sia in avvicinamento (con processi di subduzione alla base di catene di montagne, vulcani e terremoti).

Siccome Venere è un pianeta di taglia molto simile alla Terra ( massa=82% e raggio=95%) è logico pensare che abbia al suo interno una quantità simile di calore, quindi che la sua evoluzione geologica debba essere simile a quella della Terra. Invece le immagini radar che ne hanno perforato l'atmosfera resa opaca da un denso strato di anidride solforosa hanno rilevato un migliaio di strutture vulcaniche ma nessuna traccia di movimenti orizzontali della crosta veicolati dalla presenza di fessure globali (tipo le dorsali oceaniche terrestri). La ragione di tutto questo non è chiara. Forse, però, fu decisiva la minor distanza di Venere dal Sole, che in poche centinaia di milioni d'anni fece perdere al pianeta tutta la sua acqua originaria ( il rapporto D/H 100 volte maggiore che sulla Terra è un forte indizio al riguardo). Come conseguenza Venere si è ritrovato con una atmosfera 100 volte più densa di quella terrestre, quasi completamente costituita da CO<sub>2</sub>. (sulla Terra la CO<sub>2</sub> viene assorbita in gran parte dalle acque oceaniche). Questo ha innescato un effetto serra senza controllo, che ha innalzato le temperature al suolo fino a quasi 500°C. Le conseguenze di questo riscaldamento superficiale sono state così estreme, da influenzarne anche l'evoluzione geologica. La mostra ne fornisce chiara dimostrazione attraverso le immagini ottiche di Venus Express (primi anni 2000), le immagini radar della sonda Magellano (primi anni 90) e le immagini superficiali, recentemente restaurate, delle sonde Venera (metà anni 70). In sostanza la crosta di Venere, priva di acqua, è diventata così rigida e spessa da inibire la liberazione di calore interno attraverso la formazione di fessure globali. Ma siccome questo calore, comunque, esiste, esso finisce per accumularsi lentamente alla base della crosta, fino a raggiungere un livello critico ogni circa 0,5 miliardi di anni: sembra che la valvola di sfogo di questa specie di 'pentola a pressione' planetaria sia un gigantesco punto caldo situato tra le regioni di Beta, Atla e Themis (la cosiddetta BAT Regio) dove, non a caso, si ritrova almeno il 70% dei vulcani venusiani.

### 3) L'acqua e la vita.

Il lago Vostok è un enorme deposito di acqua liquida scoperto sotto i ghiacci dell' Antartide. E' il più esteso (14.000 km<sup>2</sup>) e il più profondo (600 metri) tra i circa 100 laghi situati a 4 km di profondità sotto la calotta di ghiaccio antartica. Il Vostok è probabilmente mantenuto liquido dal calore geotermico che emerge da un rift sotterraneo simile a quello che taglia l' Africa orientale. Si stima che l'acqua del lago sia rimasta completamente separata dal resto del pianeta per un tempo compreso tra 10.000 ed un milione di anni. Alla fine degli anni 90 il ghiaccio sovrastante è stato perforato fino a 120 metri dal lago (il timore di un inquinamento esterno ha finora bloccato la perforazione completa). Ci si è così accorti che sotto i 3550 metri il ghiaccio è costituito da acqua del lago solidificatasi alla base della calotta antartica. Ebbene, campioni di questo ghiaccio hanno mostrato una concentrazione relativamente alta di organismi microbici, soprattutto Paleobacteria e Actinomicetes. I processi metabolici di questi microorganismi appaiono analoghi a quelli scoperti nei pressi delle sorgenti idrotermali profonde ('*black smokers*', fumatori neri) che disseminano tutte le dorsali oceaniche della Terra (la mostra vi dedica un ampio spazio sia in senso geologico che biologico) : *black smokers* potrebbero essere presenti anche sul fondo del lago Vostok e, in questo caso, potrebbero favorire la proliferazione delle forme di vita più tipiche delle oasi idrotermali fondo oceaniche, vale a dire le straordinarie comunità di vermi tubicoli giganti del tipo *Riftia Pachyptila*.

In ogni caso le creature idrotermali delle 'calde' dorsali oceaniche e i microorganismi presenti nei laghi di acqua liquida situati sotto la gelida crosta ghiacciata dell' Antartide dimostrano che l'acqua liquida è probabilmente il fattore primario perché si sviluppino elementari forme di vita, indipendentemente dalle condizioni ambientali specifiche ( temperatura, pressione, acidità, gas velenosi). Da questo punto di vista il satellite gioviano Europa, dotato di una crosta esterna spessa e fratturata come quella antartica, al di sotto della quale il calore mareale di Giove ha generato un immenso oceano di acqua liquida e calda, appare come il luogo forse più adatto per la ricerca di qualche forma di vita extraterrestre di tipo idrotermale. (le immagini della mostra sono molto esplicite al riguardo). Sarà però necessario perforare i ghiacci superficiali di Europa

con strumenti dotati di tecnologie nuove e complesse: queste stesse tecnologie potranno essere prima collaudate sulla Terra, nella perforazione finale del lago Vostok

Ma forse la vita, lungi dall'essere un fenomeno locale ed eccezionale, è invece un fenomeno diffuso in tutto il Cosmo, per la presenza generalizzata dei due componenti fondamentali per la vita, il Carbonio e l'acqua liquida. Basti pensare che il Carbonio (prodotto dal metabolismo stellare ed iniettato nello spazio dalle esplosioni di Supernovae) è uno degli atomi più diffusi dopo l'idrogeno ed l'elio; mentre l'acqua (sottoprodotto della formazione stellare) è la molecola più abbondante del Cosmo dopo il CO (Ossido di carbonio). Dal punto di vista chimico, le molecole della vita (amminoacidi e proteine, basi nucleiche e DNA) sono incredibilmente complesse. Ciononostante la vita si deve essere formata molto 'velocemente' sulla Terra: le prime testimonianze risalgono infatti a circa 3,9 miliardi di anni fa, quando era passato poco più di mezzo miliardo di anni dalla formazione del Sistema Solare e dei pianeti. Il fatto che, proprio in quel momento la Terra sia stata anche colpita da una grandinata di oggetti cometari (il cosiddetto 'grande bombardamento tardivo') può non essere un caso. Nella sezione Luna della mostra si spiega come la realtà di questo 'grande bombardamento tardivo' è chiaramente scritta nei dati acquisiti sulla Luna dalle missioni Apollo: in particolare laddove si è potuto dimostrare che TUTTI i grandi mari della Luna hanno praticamente la stessa età di 3,9 miliardi di anni.

Un ruolo fondamentale in questi avvenimenti lontani potrebbe essere stato espletato dalle comete, cui la 9° edizione della mostra dedica la sezione forse più spettacolare e suggestiva. La scoperta che comete come la Halley (1986), la Hale-Bopp (1997), la Borrelly (2001), la Wild-2 (2004) e la Tempel (2005) sono impasti di ghiaccio e di materiale organico (assorbito dagli spazi interstellari), ha fatto progredire l'affascinante ipotesi che questi corpi, cascando negli oceani primordiali durante il grande bombardamento tardivo, li abbiano trasformati in una calda brodaglia adatta a velocizzare la formazione di molecole organiche sempre più complesse. Con una svolta epocale in questo primo decennio del 21° secolo, perché certe indagini che in passato venivano condotte da lontano e per via indiretta, hanno cominciato ad essere condotte direttamente a contatto con il materiale da analizzare, prelevandolo in loco e, addirittura portandolo in laboratorio. La storia di STARDUST è meravigliosa e fantastica: la navicella ha infatti catturato un migliaio di piccoli frammenti della cometa Wild-2, riuscendo a riportarli indenni a terra il 4 gennaio 2005. I risultati analitici si sono rivelati di una importanza senza precedenti e la mostra ne fa per la prima volta una sintesi completa e coerente. Anche la storia di DEEP IMPACT è straordinaria. Un missile staccatosi dalla nave madre ha perforato la crosta superficiale della cometa Tempel-1 il 4 luglio '05, facendone fuoriuscire per alcuni giorni una valanga di acqua e materiale organico di chiaro significato pre-biologico.

La ricerca della vita fuori dalla Terra diventa quindi la ricerca di materiale organico (cometario e non) assieme ad acqua liquida (non importa se acida o alcalina, se calda o salata), indipendentemente dal corpo su cui questa acqua liquida sia o sia stata presente.

Così, in corpi pur ricchi di acqua e composti del carbonio come i satelliti di Urano, di Nettuno e come lo stesso Plutone, la bassissima temperatura ha 'congelato' qualunque potenzialità verso una chimica troppo complessa

Al contrario, su Marte, condizioni favorevoli alla vita ci furono probabilmente in passato, quando, grazie ad una atmosfera calda e densa, un grande oceano ne ricopriva l'emisfero boreale. Poi, però, l'atmosfera è divenuta fredda e rarefatta rendendo la vita su Marte attualmente molto difficile, ma certamente non impossibile. Questa conclusione deriva dalle indagini altimetriche dello strumento MOLA a bordo della sonda orbitale MGS (Mars Global Surveyor) sulla topografia della regione polare Nord marziana (un terzo della superficie globale del pianeta), piatta ed incavata (2-3 km di profondità) come un fondale oceanico terrestre. Acqua liquida confluiva in questo antico oceano Boreale marziano fino a 2 miliardi di anni fa, quando i grandi vulcani della regione equatoriale di Tharsis, essendo ancora attivi, emettevano (oltre alla lava) anche elevate quantità di vapor d'acqua e di CO<sub>2</sub> (il benefico effetto serra che ne derivava era in grado di mantenere la temperatura al di sopra del punto di congelamento dell'acqua). Poi, però, quando i vulcani di Tharsis si sono spenti (era inevitabile che succedesse dato che la massa di Marte è solo 1/10 di quella della Terra) la CO<sub>2</sub> atmosferica ha cominciato a sfuggire nello spazio senza essere più sostituita e il pianeta è diventato gelido come l'attuale Antartide. La sezione Marte della mostra rappresenta tutto questo in immagini di grande bellezza e suggestione, soprattutto laddove viene presentata l'incredibile epopea dei rover Spirit ed Opportunity e le scoperte fondamentali

della missione Phoenix. Le evoluzioni di Spirit all'interno del cratere Gusev culminano con la spettacolare scoperta di depositi bianchi di Silice pura nei dintorni di una struttura (Home Plate) molto simile a quella di un vulcano sottomarino: la scoperta di silice è importante perché non bisogna dimenticare che questo è il materiale più abbondante emesso dalle sorgenti idrotermali sottomarine (*'black smoker'* terrestri) e che questa silice è utilizzata da molti organismi marini per la costruzione dei loro gusci protettivi. L'avventura di Opportunity è stata un susseguirsi di colpi di scena. Prima la scoperta di depositi salini di solfato di magnesio (indizio di un antico oceano molto acido), poi la scoperta di una quantità 'industriale' di sferule grigie di ematite pura (un ossido di ferro la cui morfologia può essere giustificata solo da una grossa quantità di acqua liquida persistente per un tempo molto lungo). Infine la discesa di Opportunity nel cratere Victoria, con la scoperta che i depositi salini più profondi (quindi più antichi) erano più poveri di solfati e più ricchi di cloruro di Sodio (il sale che caratterizza i mari della Terra...).

C'era dunque, tanta acqua su Marte nel passato. A queste informazioni Phoenix ha aggiunto la certezza della presenza di tantissimo ghiaccio appena al di sotto della superficie. Calore geotermico residuo potrebbe far sciogliere in profondità questo ghiaccio creando bolle di acqua liquida simili ai laghi antartici, dove potrebbe svilupparsi qualche forma di vita microbica.

Ma come fare a dimostrare la presenza passata (o presente) di vita su Marte? Su questo punto la missione Phoenix ha dato forse una risposta fondamentale dal punto di vista della strategia di questa ricerca. Sì, perché, Phoenix ha scoperto che le sabbie che circondano il polo Nord di Marte, sono ricche di ghiaccio ma anche di composti (sali dell'acido perclorico) in grado di distruggere qualunque sostanza organica venga ricercata con metodi termici. Da qui una clamorosa revisione dei risultati ottenuti dalle sonde Viking degli anni 70. Forse i Viking scoprirono la vita su Marte, ma non riuscirono a rintracciare molecole carboniose nel terreno perché, ricercandole mediante riscaldamento ad alta temperatura, le distrussero nel momento stesso che tentarono di individuarle. Forse la vita su Marte esiste attualmente in certe regioni ricche di ghiaccio, argille e carbonati: una dimostrazione potrebbe essere la scoperta che da queste regioni emergono d'estate grandi quantità di metano, un gas che sulla Terra viene prodotto quasi sempre da microrganismi anche e soprattutto in ambienti estremi, come quelli marziani.

Ci sono però, al di fuori della Terra, ambienti ancora più estremi. Uno di questi è il sistema di Saturno e dei suoi satelliti, che dal luglio 2004 la sonda Cassini sta esplorando in ogni dettaglio.

La sezione Saturno della 9° Edizione della mostra non è solo la più estesa, ma è anche quella più ricca di novità e di immagini 'impossibili'. La scoperta che dal polo sud del piccolo **Encelado** trasudano immensi di geysers di vapor d'acqua, provenienti da un profondo oceano caldo e salino ha dell'incredibile. Soprattutto è incredibile che la Cassini sia entrata direttamente in questi geysers, trovandovi gran parte delle stesse molecole organiche presenti nelle comete. Poi c'è **Titano**, dotato di una atmosfera densa e otticamente impenetrabile. Il sorvolo passato (sonde Voyager, 1980-81) e la recente esplorazione diretta della sonda Cassini-HUYGENS, ci ha insegnato che il grande satellite di Saturno è avvolto da un'atmosfera riducente e ricca di molecole organiche, molto simile a quella che la Terra possedeva 4 miliardi di anni fa, ai primordi della nascita della vita.

Alla fine del 2008 il radar della Cassini aveva già perforato una cinquantina di volte questa misteriosa nuvolaglia rossiccia, rivelandoci un mondo incredibile e fantastico, costituito da una crosta ghiacciata ricoperta da melme organiche di provenienza atmosferica e intaccata da piogge, fiumi, laghi e mari di metano liquido ed idrocarburi. Saltuarie fusioni del ghiaccio superficiale (impatti meteorici, calore geotermico) avrebbero effetti esobiologici inimmaginabili anche in un ambiente così gelido. La sotto-sezione della mostra dedicata a Titano include tutte le 'strisce' radar finora realizzate dalla Cassini, permettendone una comprensione geologica immediata ed intuitiva.

#### 4) Effetto serra e le variazioni climatiche.

E' ben noto che da circa un secolo la troposfera terrestre si sta scaldando a causa del rilascio in atmosfera di grandi quantità di gas (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, CFC) che fanno da schermo (occludendo la finestra infrarossa attorno a 5 micron) all'emissione di calore verso l'esterno.

Per chi non credesse agli effetti devastanti dell'effetto serra, la mostra offre motivo di grande meditazione nelle immagini di Venere, il 'gemello' della Terra che, avendo perduto tutta la sua

acqua a causa della sua maggior vicinanza al Sole, si è ritrovato con una atmosfera 100 volte più densa di quella terrestre, quasi completamente costituita da CO<sub>2</sub>. Come risultato, il pianeta è diventato una specie di 'inferno' con temperature al suolo che raggiungono ovunque i 500°C. Abbiamo già accennato che questo riscaldamento fuori controllo ne ha addirittura influenzato l'evoluzione geologica

Sulla Terra il riscaldamento per effetto serra appare ben più modesto (1-2°C). Ciononostante le conseguenze sui fenomeni climatici naturali sono molto importanti, nel senso che essi tendono ad aumentare in frequenza e in intensità: la mostra dedica due sotto-sezioni davvero esemplari dal punto di vista didattico, a due situazioni meteorologiche particolarissime come il buco di ozono sull'Antartide e la corrente pacifica di El Niño

Il legame tra distruzione dell'Ozono (da parte dei CFC) ed effetto serra diventa comprensibile se si considera che i gas serra scaldano la bassa atmosfera ma, allo stesso tempo, raffreddano anche la stratosfera polare. Ora si può dimostrare che un calo della temperatura della stratosfera antartica favorisce la formazione di nubi di cristalli di ghiaccio, sui quali si adsorbono le sostanze capaci di distruggere l'ozono. Non stupisce quindi che, a partire dalla metà degli anni 90, le dimensioni e la profondità del buco di Ozono primaverile sull'Antartide siano andati progressivamente aumentando assestandosi stabilmente, dopo il 1998, oltre i 25 milioni di km<sup>2</sup> di estensione e i 100 Dobson di concentrazione (contro un valore standard di 250 Dobson).

Ma nel corso degli anni 90 il riscaldamento globale ha innescato anche una netta diminuzione della temperatura stratosferica sul polo Artico. Come conseguenza, la tendenza ad una diminuzione della concentrazione primaverile di Ozono è ormai un fatto accertato e, forse, irreversibile. Al punto che, all'inizio degli anni 2000, si sono formati sull'Europa Nord-occidentale, alcuni mini-buchi di Ozono profondi come il buco antartico (ozono distrutto per il 50%).

Il riscaldamento globale potrebbe anche essere uno dei fattori che più influenza i cosiddetti eventi ENSO (El Niño South Oscillation): non è un caso che il massimo riscaldamento del Pacifico equatoriale avvenne con El Niño del periodo 1997-98, mentre la ripetitività del fenomeno sembra essere passata da 7-8 anni a soli 3-4 anni.

È interessante aggiungere che importanti effetti climatici prodotti da piccoli squilibri termici non sono una peculiarità terrestre, ma sono tipici di quasi tutte le atmosfere planetarie. Su questo punto anche Saturno può offrire qualche utile insegnamento. In corrispondenza con la stagione estiva (boreale ma anche australe), quando la temperatura subisce un l'incremento 1-2°C, si producono spesso enormi eruzioni chiare di materiale ammoniacale denominate GWS (Great White Spot), che possono coinvolgere anche tutto il pianeta. Il caso più spettacolare si verificò nel settembre 1990: il fenomeno perdurò per più di un anno e fu immortalato da spettacolari immagini del telescopio spaziale Hubble. Meno vistoso, ma comunque significativo, l'aumento di formazioni cicloniche alle medie latitudini meridionali saturniane, riscontrato dalla Cassini in corrispondenza della recente ultima estate australe.

## 5) Conclusioni.

Questa mostra è unica tra le varie manifestazioni indette per IYA 2009, Durante i sette mesi di apertura continuativa (8 Dicembre '09 - 30 maggio 2010, esclusa una sosta natalizia e pasquale, 9,30-12,30 e 14,30-18,30), il GAT farà in modo che sempre ci sia qualcuno a disposizione per visite guidate. In questo modo le visite diventano didatticamente utili per studenti di qualunque classe. Anzi, l'enorme quantità di materiale esposto, può servire agli studenti per ricerche approfondite su argomenti di vario tipo: le informazioni inserite in quasi 1000 pagine di didattiche esplicative e fortemente interattive, costituiscono infatti una autentica enciclopedia planetaria, impossibile da reperire altrove con la stessa completezza ed attualità.

Completano la manifestazione una lunga serie di conferenze pubbliche, la proiezione continuativa su grande schermo di immagini del satellite Meteosat (grazie ad un sistema dedicato di ricezione), alcuni modelli in scala del Sistema solare e di sonde spaziali fornite dall'ESA. Non mancheranno infine osservazioni dirette del cielo e del Sole con strumenti posizionati nel grande parco di Villa Truffini, dove la mostra si svolge.

Le scuole si possono prenotare allo 0331-840957 (Ufficio Cultura di Tradate) oppure, a partire dal 9 Dicembre '09, anche allo 0331- 810117 (GAT-Segreteria della Mostra). Ulteriori informazioni sulle varie edizioni della mostra si possono trovare sul sito del GAT <http://www.gruppoastronomicotradate.it>.