

Aurores polars

Surinye Olarte, febrer de 2013

Les aurores polars són coneguts fenòmens que il·luminen el cel de nit, sobretot a les zones polars, amb una gran varietat de formes que canvien contínuament i que prenen tons principalment verds, però que també poden ser vermells, blaus i blancs.

Quan es parla d'*aurores boreals* es fa referència als fenòmens de les aurores que es produeixen en latituds nord. A les latituds sud s'anomenen *aurores australs*.



Aurora boreal a Qaleralit(Groenlàndia)

Fotografia de: Kike Herrero

Les arrels de les aurores

El nom d'aurora prové de la divinitat romana de l'alba. El debat sobre qui va posar-li aquest nom és obert. Pierre Gasendi al 1621 i Galileu Galilei al 1619 són els dos científics als qui se'ls atribueix l'autoria. L'adjectiu Boreal ve de *Bòrees* que era el déu del vent del nord a l'antiga Grècia, fill d'*Eos* (l'aurora grega) i d'*Astreu*.

A les aurores boreals, però, també se les coneix com a *llums del nord*. Aquest és el nom, *Nordurljo*, que apareix documentat per primera vegada al segle XIII en la crònica noruega *Konungs skuggsjá* (*El mirall del rei*).

Però encara que aquest fenomen només aparegui clarament identificat a partir del segle XIII, són moltes les cites de textos més antics provinents de diferents cultures que s'associen a les aurores. Es poden trobar cites a l'antic testament, o dins la literatura grega, romana i xinesa que s'interpreten com a descripcions de les aurores.



Aurora del 5 d'octubre de 1591 sobre Nuremberg,

il·lustració de Drechsel Wolf

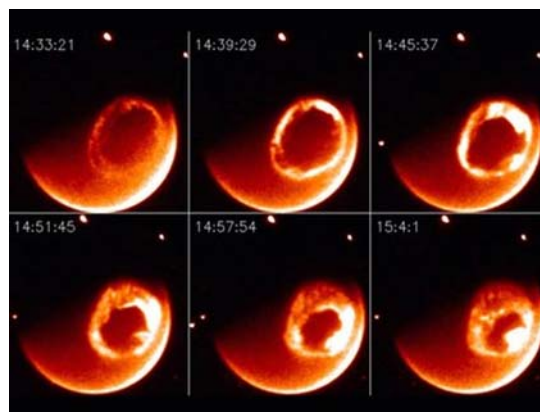
El principi de l'aplicació del coneixement científic a l'estudi de les aurores es situa al segle XVIII, quan a partir de l'observació d'una impressionant aurora el 1716, visible des de latituds ben baixes, Edmund Halley va desenvolupar una teoria que relacionava les aurores amb el camp magnètic terrestre. També Jean de Mairan després d'observar una aurora el 1726 va postular una interacció entre les atmosferes del Sol i la Terra.

Ja al segle XIX fou important el paper de Christopher Hansteen que proposà que les aurores formaven anells de diàmetres de 2000 a 4000 km al voltant dels pols. A finals d'aquell segle la investigació en el camp de les aurores ja era una disciplina científica.

Els ovals de les aurores

Tal i com Hansteen proposà, les aurores normalment ocorren en zones properes als pols. En contra del que majoritàriament es creu, no ocorren en els pols mateixos, sinó en unes àrees en forma d'anells d'uns 4000 km de diàmetre al voltant dels pols magnètics anomenades *ovals*.

Aquests ovals tant es poden veure a l'hemisferi nord com al sud. De fet després d'observar-los simultàniament des de l'espai es va veure que els ovals dels dos pols són conjugats, això significa que són exactament iguals en els dos hemisferis però oposats.



[Oval vist des del satèl·lit IMAGE de la NASA](#)

Fotografia de: S. Mende , H. Frey, Randy Gladstone

El diàmetre dels ovals, i per tant de les zones des d'on es poden veure les aurores no és sempre el mateix. A mesura que augmenta el diàmetre es pot veure l'aurora en latituds més baixes, arribant a ser visibles de vegades en latituds equatorials, encara que de forma extremadament esporàdica.

Un exemple curiós d'aurora visible des de latituds baixes és la del 25 de gener de 1938, que es va poder observar per tota Europa, arribant-se a veure fins hi tot des d'Andalusia. En el següent enllaç podem llegir la notícia que va publicar el diari *Solidaridad Obrera* aquell dia:

<http://hemerotecadigital.bne.es/issue.vm?id=0004924841&page=7&search=aurora+boreal+1938&lang=ca>

La física de les aurores

Les aurores polars s'expliquen físicament com el resultat de les col·lisions d'electrons i ions d'alta velocitat provinents de l'espai, amb àtoms d'oxigen i nitrogen de la part alta de l'atmosfera. Aquestes partícules venen de la regió de l'espai controlada pel camp magnètic terrestre, la magnetosfera, i transfereixen la seva energia als àtoms d'oxigen i nitrogen. Els àtoms en absorbir l'energia s'exciten, i després tornen al seu estat normal alliberant l'energia en forma de llum.

Quan el nombre de partícules que arriba és prou gran, els àtoms de l'atmosfera terrestre poden emetre llum suficient per a ser observada a ull nu, tot i que ho fan des d'alçades de 100 a més de 400 km. És aleshores quan diem que s'està produint una aurora.

El vent solar i la magnetosfera

L'atmosfera del Sol és tan calenta que els àtoms que la formen, principalment hidrogen i heli, no poden mantenir lligats els electrons als seus nuclis. Els àtoms sense ells queden carregats elèctricament, ionitzats i d'aquesta manera l'atmosfera solar esdevé el que s'anomena plasma. El plasma és format pels electrons, i els nuclis d'heli i els d'hidrogen (protons) que han resultat de la ionització dels àtoms, i té un camp magnètic associat com a conseqüència del continu moviment d'aquestes partícules carregades.

Per altra banda, com que el camp gravitatori del Sol no pot mantenir la seva atmosfera totalment subjecta, va escapant en totes direccions donant lloc al vent solar.

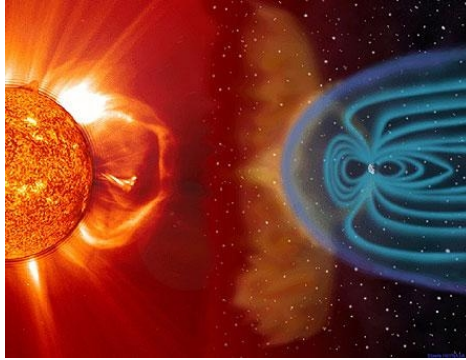
De tant en tant es donen explosions altament energètiques de vent solar, que es relacionen amb les taques solars i amb altres fenòmens atmosfèrics del Sol, denominades tempestes solars.



Pluja coronal

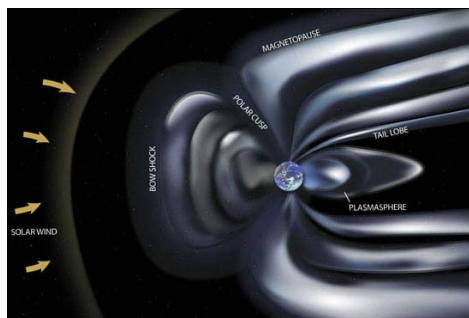
Fotografias de: [TRACE Project](#), [NASA](#)

Abans que el vent solar arribi a la Terra, topa amb la seva presència, és a dir: amb el camp magnètic terrestre. El camp de la Terra desvia de la seva trajectòria les partícules carregades que van arribant i crea una mena de cavitat en el vent solar anomenada magnetosfera. Aquesta regió evita que el plasma expulsat pel Sol impacti directament amb la Terra.



El Sol, el vent solar i la magnetosfera (NASA)

La mida de la magnetosfera ve donada per la distància a la que s'equilibren la pressió mecànica del plasma que ve del Sol amb la pressió del camp magnètic terrestre. La llargada de la magnetosfera pel costat que s'enfronta al vent solar, anomenat costat diürn, és d'uns 10 radis terrestres. En el seu costat nocturn, però, la magnetosfera s'allarga formant una cua, de la que no se'n sap la mida exacta però que pot arribar als 1000 radis terrestres. La regió límit de la magnetosfera amb l'espai s'anomena magnetopausa.



La magnetosfera terrestre (NASA)

Encara que normalment el vent solar és desviat per la magnetosfera, de vegades pot arribar a penetrar –hi i d'allí a l'atmosfera.

El procés bàsicament seria el següent:

- Les línies del camp magnètic del vent solar és reconnecten amb les del camp magnètic terrestre.
- Aquesta reconexió orienta les línies magnètiques del costat diürn al costat nocturn de la Terra i converteix energia magnètica en cinètica permetent que el vent solar penetri a la magnetosfera.
- A mesura que augmenten les línies en el costat nocturn per la reconexió, el sistema és cada cop més energètic i cada cop més inestable.
- Les línies de camp tornen a connectar-se, ara en la cua de la magnetosfera. Amb això les partícules adquireixen l'energia necessària per entrar a l'atmosfera terrestre a través de les línies de camp magnètic.
- A l'atmosfera les partícules impacten amb els àtoms i alliberen els fotons que produeixen les aurores.

Cal remarcar que el fet que la reconexió de les línies es produeixi a la cua de la magnetosfera que és al costat nocturn explica perquè les aurores més intenses normalment ocorren al voltant de la mitjanit. De fet, abans es pensava que les aurores eren produïdes per partícules provinents directament del Sol i no de la magnetosfera, però això feia difícil explicar la nocturnitat de les aurores.

Les formes i els moviments de les aurores

Les formes que poden adquirir les aurores i la seva intensitat són infinitament variables. Es poden classificar en arcs, bandes, taques, vels i raigs, que alhora poden presentar-se en forma estriada o en filaments o homogèniament.

Les cortines i els arcs de llum que van de cap a cap de l'horitzó són algunes de les manifestacions més conegudes de les aurores, així com els moviments que poden adquirir. Les cortines, per exemple, poden plegar-se i desplegar-se ràpidament, fer-se brillants i atenuar-se. Una altra mostra del dinamisme de les aurores són les famoses corones, que es veuen com una explosió de raigs en totes direccions. Les corones són un fenomen que s'associa a l'efecte de la perspectiva pel fet de situar-se l'aurora just en el zenit.



Fotografies de: [Alaska Education](#).

Els canvis en les formes i els moviments de les aurores s'atribueixen a diferents causes.

Per una banda els moviments més lents s'associen a la rotació de la Terra: com que els ovals estan una mica desplaçats respecte dels pols, mentre la Terra gira l'òval es manté en direcció al Sol. Això farà que a la nit l'aurora sembli moure's cap al nord en aquest hemisferi, ja que és més alt i també que a la vegada es desplaci cap a l'oest com ho fan els astres en un dia.

Per altra banda hi ha d'altres moviments que s'associen a la disposició i intensitat del vent solar i d'altres associats als canvis en els camps magnètics interns de la magnetosfera.

Els colors de les aurores

Hem vist que les aurores poden tenir una gran varietat de colors. Els colors dependran tant de les partícules que entren a l'atmosfera com dels gasos que hi ha en ella.

Les partícules que entren a l'atmosfera al xocar amb els àtoms que la formen fan que aquests s'excitin. És a dir, els electrons d'aquests àtoms agafen part de l'energia del xoc i la utilitzen per saltar a nivells d'energia superiors. D'aquesta manera els àtoms de l'atmosfera augmenten la seva energia. Però també augmenten la seva inestabilitat i aviat tornen a desexcitar-se i a alliberar, en part en forma de llum, l'energia guanyada. En funció de l'excitació que assoleixen, emeten després fotons de diferent energia i com que l'energia dels fotons es tradueix en el

color de la llum, que emetin fotons de diferent energia vol dir que emeten llum de colors diferents. A més, com que els àtoms dels elements que formen cada gas tenen uns nivells energètics característics, cada gas de l'atmosfera pot absorbir només unes quantitats d'energia determinades al xocar amb les partícules que entren. Com a resultat cada gas emet fotons d'energies determinades i per tant de colors característics.

Per altra banda, com que l'abundància dels gasos en l'atmosfera depèn de l'alçada, les aurores que es formen en diferents alçades presenten colors diferents.



Fotografies de: [dherikwillyam](#) i [Oli Haukur](#)



Fotografies de: [howstuffworks](#), [Flickr](#), [Flickr](#), [Flickr](#)

Quan les partícules que entren a l'atmosfera es troben amb l'oxigen i xoquen, depentent de l'energia que porten i per tant del nivell d'excitació que li fan assolir amb el xoc, poden fer que aquest emeti llum de colors diferents: si tenen molta energia provoquen l'emissió de llum verda mentre que les de poca energia provoquen l'emissió de llum vermella. Com que l'oxigen abunda a les capes altes de l'atmosfera, les aurores verdes i roges ocorren en aquestes capes i de fet, les roges en capes més altes que les verdes.

El nitrogen generalment dóna llum blava i lila.

La combinació de tots aquests colors donarà la gama de liles i roses i el blanc que podem trobar a les aurores.

A més de llum visible, a les aurores també podem trobar emissions de llum ultraviolada i de raigs X.

El so de les aurores

Encara que en la mitologia de les aurores s'ha parlat molt del so que emeten científicament no s'ha pogut detectar mai cap tipus de so ni donar-ne una explicació. El tema del so s'ha desviat cap a il·lusions psicològiques o cap a les tempestes elèctriques relacionades amb les aurores.

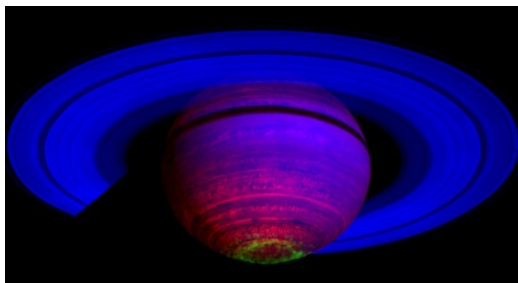
Però el que sí que s'ha pogut enregistrar i estudiar en les aurores és l'emissió d'ones electromagnètiques de radio que per mitjà d'un aparell ben senzill es poden convertir en ones de so.

Les aurores en altres planetes

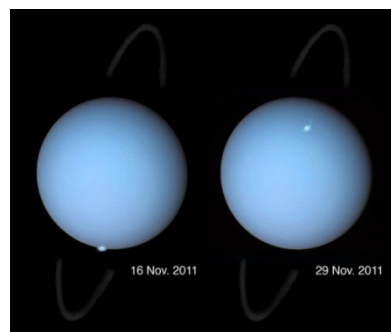
Com que les aurores s'associen a la interacció del vent solar amb el camp magnètic de la Terra, és lògic pensar que altres planetes que també tinguin camp magnètic també podran tenir aurores. Però s'ha de recordar que a més de camp magnètic es necessita una atmosfera.

Així doncs, per a veure quins planetes del sistema solar poden tenir aurores s'haurà de veure quins tenen magnetosfera i atmosfera:

- Mercuri encara que te camp magnètic no te gairebé atmosfera i per tant no pot tenir aurores.
- en el cas de Venus com que el camp magnètic no és prou fort les aurores seran un fenomen esporàdic i gairebé inapreciable.
- el cas de Mart és el mateix que el de Venus ja que no té un camp magnètic prou fort a pesar de tenir atmosfera.
- en el cas de Júpiter es donen les condicions idònies. De fet les aurores de Júpiter són cents de mils de vegades més intenses que les de la Terra. Però a diferència de la Terra, en el cas de Júpiter la font de la majoria de partícules que entren a la seva atmosfera, més que atribuir-se al plasma solar, s'associa al seu satèl·lit Io. A lo se'l caracteritza per una gran activitat volcànica. La gran quantitat de partícules que llancen els seus volcans són accelerades pel gran camp magnètic del planeta gegant i en penetren l'atmosfera. i a corrents que porten partícules de més enllà de la magnetocua del planeta.
- Saturn també te atmosfera i camp magnètic, i per tant, les condicions necessàries. De fet, s'han enregistrat grans aurores de Saturn l'origen de les quals s'atribueix tant a les partícules provinents del vent solar, com a ones electromagnètiques generades quan les llunes del planeta es mouen a través del plasma que omple la magnetosfera de Saturn.
- al 2012 es van publicar unes imatges d'aurores a Urà que els científics van registrar a través del Telescopi Espacial Hubble al 2011. Aquestes aurores es posaven en relació amb les partícules provinents del Sol.
- Neptú té camp magnètic però encara és molt desconegut pel que fa a aquest tema.



John Clarke (University of Michigan), i [NASA/ESA](#)



Aurora a Urà,
Foto de: Laurent Lamy, Telescopi Hubble

Referències

- http://finland.fi/Nature_Environment/aurora/history.html
- <http://www.geo.mtu.edu/weather/aurora/>
- <http://www.phy6.org/Education/aurora.htm>
- <http://spaceweather.com/>
- <http://webcoist.momtastic.com/>
- J. Gallego, I. Lizaso, J. Mínguez, J. Teus, J.A. Boneta, K. Zuza, I. Vidal, V. Casanova, I. Olaizola; “Ipar zeruko argiak = Luces del Norte”; Sociedad de Ciencias Aranzadi, Donostia – San Sebastián, 2004; Munibe Suplemento 18
- E. Sandholt , H. C. Carlson i A. Egeland; Dordrecht ; “Dayside and Polar Cap Aurora”; Boston : Kluwer Academic Publishers, 2002.
- R. Eather; “Majestic Lights: The Aurora in Science, History, and the Arts”; Washington, DC: AGU, 1980.

Agraïments

Agraïixo a la Carme Jordi i a l’Eduard Massana tots els seus comentaris i correccions.