

munibe
SUPLEMENTO 18. GEHIGARRIA

IPAR ZERUKO ARGIAK LUCES DEL NORTE



ASTRONOMIA SAILA SECCIÓN DE ASTRONOMIA



ARANZADI

zientzi elkartea . sociedad de ciencias
society of sciences . soieté de sciences

AURKIBIDEA

INDICE

Sarrera.....	11	Introducción
Auroren Historia eta Mitologia	12	Historia y Mitología de las auroras
Lekua eta eguna aukeratzea	15	La elección de lugar y fecha
Eremu geografikoa	18	Geografía de la zona
Hainbat datu etnografiari buruz.....	22	Algunos datos de etnografía
Bidaia	24	El viaje
Argazki estetikoa.....	29	Fotografía estética
Argazkia formatu ertainean	39	Fotografía en formato medio
Argazki zientifikoa.....	45	Fotografía científica
Bideoen filmatzea.....	48	Filmación en video
Donostiako taldea.....	53	Equipo de Donostia
Auroren egunkaria	56	Diario de auroras
Aurorak beste planetetan.....	59	Auroras en otros planetas
Eguzkia.....	61	El Sol
Partikulen oinarritzko mugimenduak.....	68	Movimientos básicos de las partículas
<i>Magnetosfera</i>	70	<i>Magnetosfera</i>
<i>Mekanismoa</i>	75	<i>Mecanismo</i>
Auroraren koloreak.....	76	Los colores de la aurora
Auroren mugimenduak	80	Movimientos de las auroras
Formak, egiturak, portarea denboran eta distira.....	82	Formas, estructuras, comportamiento temporal y brillo
Auroren soinua	86	El sonido de las auroras
Argazki bilduma	93	Colección fotográfica



AURKEZPENA

Miramon.Espazioaren KutxaGunea 2001eko urtarrilaren 17an izan zen inauguratua. Urte hura oso berezia izan zen Eguzkariaren ikerlariarentzat, eguzki-orban kopururik handienetakoa espero baitzuten azken hilabeteetarako. Izan ere, eguzki-orban mordoa izan zen. Eguzki-aktibitatea handia denean, aurora boreal bizi-biziak gertatzen dira. Horregatik, Aranzadi Zientzi Elkarteko Astronomia Atalaren proposamenaz ez nintzen bat ere harritu: Kanadara joatea, aurora borealak ikertzera: aurorak “in situ” ikusteko, kolore gartsuen bilakera sinestezinak fotografiatu eta bidez filmatzeko, auroren bizitasunaren eta lurrera iristekoak ziren energia altuko partikulen arteko korrelazioa egiaztatzeko, auroretan errebotaturik uhin motzeko irrati-transmisioak lortzeko, eta azkenean, auroren soinu itzurkorrak grabatzen saiatzeko.

Miramon.Espazioaren KutxaGunea ados egon zen halako espedizio interesgarri batean parte hartzearekin. Emaitzak interesgarriak izan dira oso, eta lortu den materialari esker, ziur gaude oraindik emaitza gehiago lortuko direla.

Emaitza horietariko bat zuek zeuek daukazue eskutian: argitalpen bikain bat, aurorak zer diren azaldu eta eginiko ikerketak zehatz azaltzen dituena.

Espedizioan parte hartutako Aranzadiko eta KutxaGunea-ko pertsonen lana, bai Kanadara joandakoena bain Donostian lanean geratutakoena, bihotz-bihotzez eskertzen dut.

Mila esker gutxioi,

PRESENTACIÓN

Miramon.KutxaEspacio de la Ciencia se inauguraba el 17 de enero de 2001. Ese año era muy peculiar para el Sol, pues se esperaba un máximo de manchas solares para sus últimos meses. Efectivamente, hubo una gran población de manchas. Gran actividad solar significa grandes auroras boreales. Por eso no me extrañó la propuesta de la Sección de astronomía de la sociedad de Ciencias Aranzadi: ir al Canadá a estudiar las Auroras Boreales. Para verlas “en situ”, para fotografiar y filmar en video las increíbles evoluciones de sus ardientes colores, para ver la correlación entre intensidad de las auroras y cantidad partículas de alta energía que llegaban al suelo, para intentar una transmisión de radio en onda corta con rebote en las auroras y, por fin, para tratar de grabar su elusivo sonido.

Miramon.KutxaEspacio de la Ciencia estuvo de acuerdo en participar en tan interesante expedición que ha producido muy interesantes resultados, y con el material obtenido, sin duda, todavía se conseguirán más.

Uno de los resultados lo tienen ustedes en su mano, una excelente publicación donde se explican con todo detalle lo que son las auroras y se describen los estudios realizados.

Agradezco de todo corazón el trabajo de las personas de Aranzadi y de KutxaEspacio que participaron en la Expedición, tanto a los que fueron a Canadá como los que se quedaron trabajando desde Donostia.

Gracias a todos,

Félix Ares
Zientziaren KutxaGunea-ko Zuzendaria

Félix Ares
Director KutxaEspacio de la Ciencia

SARRERA

“Gure ondorengo belaunaldiei, idatziz uzteko gauza izan garena da gugandik geratuko zaien bakarra” eta hedaduraz, “egundo edo etorkizuneko komunikabideek argitaratu edo transmititu ahal izan dituzten irudietan agertuko dena”.

Hala bada, esaldi biribil horrexek garbi asko adierazten du 2001. urteko irailaren 10etik urriaren 8 arteko egunetan bizi izandako esperientziak argitaratzean dugun asmoa.

Bi talde egin genituen, eta Aurorei buruzko informazioa eta irudiak jasotzea genuen xede. Beti Ipar aurora deitu izan zaie horiei, Ipar hemisferiokoak, alegia, inortxo ere ez zelako Antartidara joan han ere aurorak badirela egiaztatuz. Horrenbestez, gure datuak ipar aurorenak izan arren, guztietara heda daitezkeela suposatzen da.

Bi talde horietako batek, Donostian geratu zenak, Eguzkiaren azaleraren irudiak lortu behar zituen egunero, Kutxaguneko behatokian egokituriko teleskopio bikainaren bidez.

Jarduera gorenean geunden une hartan, eta horrenbestez, askotan agertzen ziren eguzki-orbanak, fakulak, filametuak eta abar.

Hemendik egun argietan lortutako datuekin eta nazioarte-ko informazio astronomiko espezializatuak eskainitakoe-

INTRODUCCIÓN

“Para las generaciones que nos sucedan, no quedará de nosotros más que aquello que hayamos sido capaces de dejar escrito” y por extensión, “aquello cuyas imágenes puedan publicarse o transmitirse por los medios de comunicación actuales o futuros”.

Esta frase, así de rotunda, muestra nuestra intención al publicar las experiencias vividas durante los días transcurridos entre el 10 de Septiembre y el 8 de Octubre del año 2001.

Se organizaron dos equipos cuya misión era recoger información e imágenes sobre las Auroras. Siempre se habían llamado Boreales, del hemisferio Norte, porque nadie había ido a la Antártida a comprobar que allí también existen. Por tanto, aunque nuestros datos son de aquellas, se supone que pueden hacerse extensivas a todas.

De dichos equipos, uno, el que quedó en San Sebastián, tenía que obtener, por medio del excelente telescopio instalado en el observatorio del Kutxaespacio, diariamente, imágenes de la superficie del Sol.

Estábamos en un momento de máxima actividad con lo que esto supone de presencia frecuente de manchas solares, fáculas, filamentos, etc.

Con los datos obtenidos desde aquí los días suficientemente claros y los de la información astronómica interna-



Kanadara joandako aurora 2001 espedizioko partehartzaileak. Eskuinetik hasita: Jon Teus, Iñigo Vidal, Iñaki Lizaso, Julia Gallego eta Kristina Zuza. Egilea: Iñaki Lizaso.

Miembros de la expedición aurora 2001 desplazados a Canadá. Empezando desde la derecha: Jon Teus, Inigo Vidal, Iñaki Lizaso, Julia Gallego y Kristina Zuza. Autor: Iñaki Lizaso.

kin txosten bat prestatu genuen, eta txosten hori helarazi genion Raen (Kanada) egokituriko kanpamendutik irudiak lortu nahian ari zen taldeari.

Eguzki azalera gertatzen ari ziren fenomenoek eta handik egun bat edo bira gaez gertatzen ziren irudien artean zegoen erlazioa egiaztatzea zen gure asmoa.

Horregatik, erlazio hori zehaztu eta jasota uztea izan da gure egitekoa.

Hain zuzen ere asmo horrekin ekin diogu dokumentu honen argitalpenari ere. Lehenago, Eguzki Eklipsearekin egin genuen 1999. urtean, eta lortutako emaitza guztiz positiboa izan zela uste dugu.

Espero dugu, oraingoan ere, aurreikusitako helburua betezea, hauxe da, hurrengo erronkari aurre egiteko beharreko energia biltzea.

Josetxo Minguez

AUOREN HISTORIA ETA MITOLOGIA

Historian zehar erreferentzia ugari aurki ditzakegu Aurorari buruz. Erromatar Inperioan, “Kontu Naturalak” idatzi zituen Senekak, eta pentsatzen da lan horretan agertu zela fenomeno honi buruzko lehen deskribapen zientifikoa. Geroago, Galileo Galilei, Tycho Brahe, René Descartes, Edmund Halley edo Benjamin Franklin bezalako beste zientzialari ospetsu batzuek ahaleginak egin zituzten fenomeno honen misterioak argitzeko.

Batzuentzat, Pierre Gassendi frantsesa izan zen 1621. urtean zeruan argi batzuk ikusi eta Aurora (Eos grekoentzako), egunsentiaren jainkosa erromatarren izena eman ziena. Gero Iparra edo Boreal hitza sartuko zuen, iparraldeko haizeen jainkoa aipatuz (Boreas, Eos eta Astreoren semea).

Aldiz, beste batzuek uste dute Galileo izan zela 1619an Aurora hitza aplikatu zuen lehena. Aurorak eguzki-argia lurraren atmosferan islatzean sortzen zirelako uste faltsua zuen honek. Horixe izan zen Unibertso Geozentrikoaren aurka erabili zuen teoretikoaren bat. Elizak itun astronomikoa idaztea galarazi zionez, Galileok, Mario Guiducci bere ikasleentako baten izenean idatzi zuen teoria hau.

Ipar aurorek mito eta legenda ugari sortu dituzte gure planetan bizi izan diren zibilizazio desberdinetan. Baina iparraldean zeuden herrien artean gertatu dira garrantzitsuenak, haiek askoz ere gehiagotan ikusi baitzezaketzen fenomeno hori.

zional especializada, elaborábamus un informe que se transmitía al equipo que, desde el campamento instalado en Rae (Canadá), intentaba conseguir las imágenes.

La intención era comprobar la relación entre los fenómenos que estaban ocurriendo en la superficie solar y las imágenes que se producían en la noche de uno o dos días más tarde.

Por ello, nuestra misión ha sido captar esta relación y dejar constancia de ello.

Con esa intención abordamos la edición de este documento. Anteriormente, lo hicimos también con el Eclipse Solar de 1999, con un resultado que consideramos altamente positivo.

Nuestra esperanza es que, también en este caso, se cumpla el objetivo previsto que no es otro que recibir la energía necesaria para enfrentarnos al siguiente reto.

Josetxo Mínguez

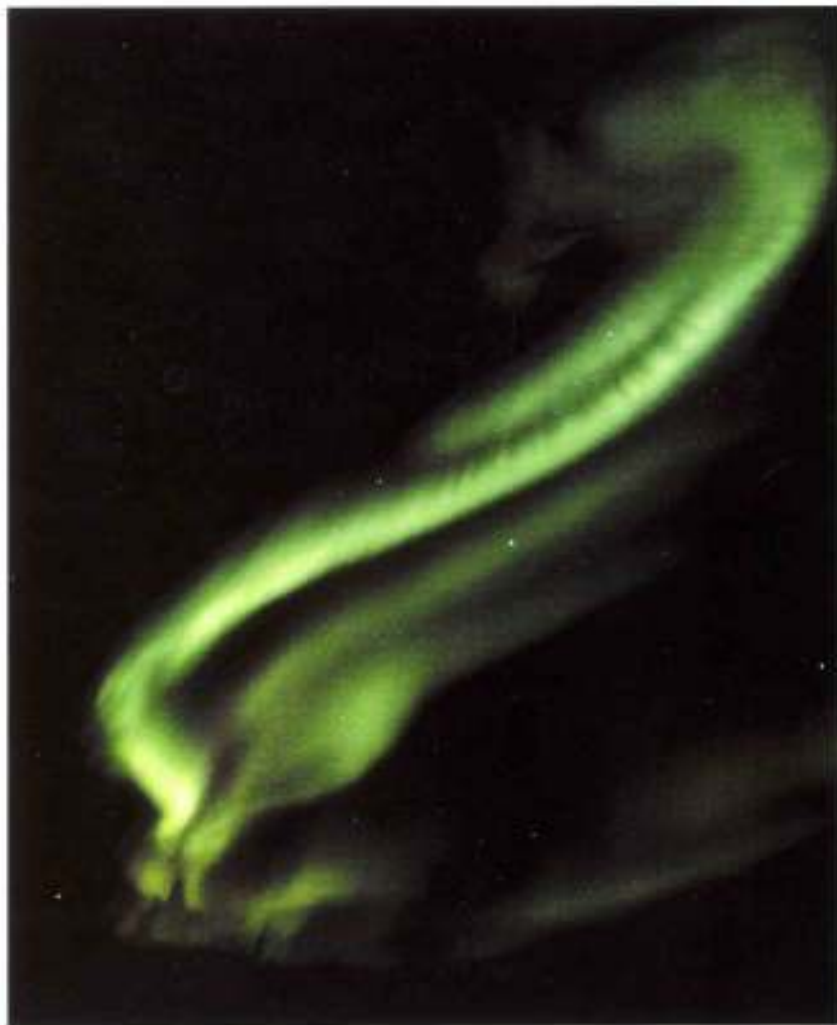
HISTORIA Y MITOLOGÍA DE LA AURORES

A lo largo de la historia, podemos encontrar muchas referencias sobre las Auroras. En el Imperio Romano, Séneca redactó las “Cuestiones Naturales” y se cree que en él incluyó la primera descripción científica sobre este fenómeno. Más recientemente, otros famosos científicos como Galileo Galilei, Tycho Brahe, René Descartes, Edmund Halley o Benjamín Franklin, intentaron desentrañar sus misterios.

Para algunos, fue el francés Pierre Gassendi quien, en 1621, observó luces en el cielo a las que llamó como a la diosa romana del amanecer, Aurora (Eos para los griegos). Después incluiría la palabra Boreal, haciendo referencia al dios de los vientos septentrionales (Bóreas, hijo de Eos y Astreo).

En cambio, otros creen que fue Galileo el primero en aplicar el término de Aurora en 1619. Tenía la falsa creencia de que las auroras estaban provocadas por la reflexión de la luz solar en la atmósfera terrestre. Ésta fue una de las teorías que utilizó contra la del Universo Geocéntrico. Como la Iglesia le prohibió escribir tratados astronómicos, Galileo redactó esta teoría bajo el nombre de uno de sus alumnos: Mario Guiducci.

Las auroras boreales han generado numerosos mitos y leyendas en las distintas civilizaciones que han poblado nuestro planeta. Las más significativas se han dado entre los pueblos más septentrionales que con más frecuencia podían observar el fenómeno.



Zuek ere dragoi bat ikusten al duzue? 2001eko irailaren 18an Raeko inguruetan egindako argazkia. Egilea: Iñigo Vidal.

¿Ustedes ven también un dragón? Fotografía hecha en las cercanías de Rae el 18 de septiembre del 2001. Autor: Iñigo Vidal.

Batzuk izugarri distiratsuak izan daitezke eta beren argiarekin gauez irakurri ere egin daitezke. Halaz ere, gauez zeruan dauden izarrak ikus daitezke edozein dela ere auroraren intentsitatea. Hain zuzen ere horrexek sortzen du itxura magiko hori, mito horiek sortzerakoan hainbeste eragina izan duen itxura hori.

Egungo Txinako lurraldean, estatistiken arabera, pertsona batek bere bizitza osoan aurora bat edo bi ikusteko aukera baino ez izan arren, lurralde horretan aurkitu zen aurora baten deskribapen zaharrena. Horiexek izan zirela dragoiei buruzko legenda txinatarren sorburu ere esaten da. Kronika zaharretan, zerrenda moduko aurora batek irudikatzen zuen zeruetako sugea.

Dragoiei buruzko legenda europarrak ere eguzkiaren ezohiko jarduera batetik sortu zirela uste da, jarduera horrek aurora ugari eragin baitzituen latitude baxuetan.

Mitoen alorrean oraindik asmatu gabe segitzen duen misterioetako bat “xuxurlen” jatorria da. Legenda batzuen

Pueden ser tan brillantes que con su luz es posible leer en la noche. Aún así, las estrellas que pueblan el cielo nocturno son también visibles sin importar la intensidad de la aurora. Esto es lo que provoca su apariencia mágica que ha influido en la creación de tales mitos.

Aunque en la región de la actual China una persona estadísticamente no tenía oportunidad de ver más que una o dos auroras en su vida, fue en este país donde se encontró la descripción más antigua de una aurora. Incluso se especula que fueron las que dieron origen a las leyendas chinas sobre dragones. En las antiguas crónicas, la serpiente celestial era representada por una aurora en forma de bandas.

Se cree que incluso las leyendas europeas sobre dragones surgieron a partir de una inusual actividad solar que provocó muchas auroras en bajas latitudes.

Uno de los misterios que aún sigue sin resolverse sobre estos mitos es el origen de los “susurros”. Ruidos que,

arabera, zuzenean auroretatik zetozen soinu horiek. Halaz ere, urteetan zehar ugari eztabaidatu da soinu horien izatea. Zientzialari batzuek diote aurora isiltasunean begiratzearan sortzen diren ilusio psikologikoak baino ez direla. Beste batzuek, berriz, sortzen dituzten trumoi elektrikoak aipatzen dituzte. Nolanahi ere, eztabaida irekia dago, eta teoriak oraindik egiaztatu gabe, ugari gainera. Kanadan egon ginen bitartean, isiltasun osoan gertatu ziren ikusi genituen aurora guztiak.

Eskimalak Alaskako Mendebaldetik Groenlandiaraino hedatu ziren 6.000 urtean gutxienez. Beren dentsitate txikiaren ondorioz, eta herrixka desberdinen artean komunikabiderik ez zegoenez, beren hizkuntza eremuz eremu aldatzen joan zen eta horrekin baita beren kultura ere. Izpirituei loturik daude aurorei edo beste fenomeno natural batzuei buruz eskimalek dituzten mitoetako asko.

Talde horren artean, Dene herria aurkitu genuen eta denbora eta espazio ugari partekatu genuen haiekin. Amona xarmangarri bat ezagutu genuen, eta bere herriak aurorei eta beste sinismen batzuei buruz dituen hainbat historia eta mito kontatu zizkigun Moises bere semearen bidez (berak ez baitzekien ingelesez hitz egiten); herri kristaua izan arren arbasoen legendak kontserbatzen baitituzte. Elisabeth Mackenziek, berriz, bere etxean hartu gintuen; bere izena darama Fort Raeko oinarrizko hezkuntzarako eskolak eta Ipar-mendebaldeko Lurraldeetako urteko emakume izendatu zuten 1996. urtean.

según algunas leyendas, procedían directamente de las auroras. Sin embargo, la existencia de estos sonidos ha sido debatida durante años. Algunos científicos postulan que son ilusiones psicológicas producidas al observar la aurora en silencio. Otros apuntan a las tormentas eléctricas que las producen. Pero el debate está abierto y las teorías por comprobar, muchas. Durante el tiempo que estuvimos en Canadá, todas las Auroras que observamos transcurrieron en total silencio.

Los esquimales se extendieron desde el Oeste de Alaska hasta Groenlandia durante por lo menos 6.000 años. Debido a su poca densidad y la falta de comunicación entre los diferentes poblados, su idioma fue variando de área en área y con ello su cultura. Muchos mitos esquimales sobre las auroras u otros fenómenos naturales son asociados a espíritus. Los esquimales los respetaban porque temían sus poderes y las consecuencias de sus fuerzas mágicas.

Dentro de este grupo, encontramos los Dené con los cuales compartimos tiempo y espacio. Conocimos a una entrañable anciana que nos contó a través de su hijo Moises (pues ella no hablaba inglés) historias y mitos sobre auroras y otras creencias que tiene su pueblo, que aun siendo cristiano conserva las leyendas de sus antecesores. Elisabeth Mackenzie, cuyo nombre lleva la escuela elemental de Fort Rae y fue nombrada mujer del año de los Territorios del Noroeste en 1996, nos recibió en su casa.



Aurora baten ilustrazio zahar bat.

Ilustración antigua de una aurora.

Oro har, ontzat dauzkate aurorak eta ongi interpretatzen badituzte lagun diezaieketela uste dute. Jendea sendatze-ko belarrak non dauden adierazteko ahalmena dutela uste dute. Goseteak daudenean, berriz, aureorekin amets egite-ko eskatzen diete zaharrei, eta aurora horiek ehiza eta arrantza non dauden adierazten dutela kontatzen zигun.

Aurorak gorriak direnean, izua sortzen diete, seinale txarra dela esaten baitute, belea gauerdian karrakaka ari dela entzuten dutenean bezalaxe. (Bagdag bonbardatu aurretik aurora gorri handi bat izan zela adierazi zигun Elisabethek).

Aurorek soinua egiten dutela eta ez dutela dioten legendei dagokienean, berak esan zигun bere senarrak, behin batean, kaskabiloak zeramatzatzen zakur batzuek tiratutako lera batean zihoala, papera bihurritzean egiten denaren antzeko soinua entzun zuela, buelta eman omen zuen eta aurora bat ikusi omen zuen.

Amaitzeko, zerbait oso polita kontatu zигun aureorei buruz, ez dugu uste hori mitologia denik, baina bai aldaketa ugari bizi izan dituen eta bere herria ahalik eta modu hobere-
nean aldaketa horietara egokitu dadin nahi duen amona baten balorazioa. Aurorak, elkartzen ari ziren arraza desberdinen ikurra zirela esan zигun, kolore bakoitzak arraza bat irudikatzen duela, eta aurorak berriz gizadia.

Veronica Casanova

LEKUA ETA EGUNA AUKERATZEA

Ikusirik Ipar Auroren irudiak lortzeko proiektua benetako aukera zela, eta jakinik arrakasta-aukera handiagoak izateko lan hori 2000 eta 2001 urteen artean eraman behar genuela aurrera, eguzkia jarduera gorenean zegoenean, hain zuzen ere, bidaia nolakoa izango zen planifikatzea izan zen hurrengo lana. Leku hobereana eta egunik egokienak zein ziren erabaki behar genuen. Arian-arian forma hartzen joan zen guztia, kokaleku bakoitzak eskaintzen zizkigun aukerak eta klima aztertu genituen, eta esan beharrik ez dago, Aurorak ikusteko aukera handienak eskaintzen zituen lekua genuela helburu nagusi.

Hori guztia kontuan izanik, egin genuen lehenengo gauza Auroren obaloak aztertzea izan zen. Ipar eta Hegoaldeko polo magnetikoen inguruan marrazten diren irudizko eraztun antzekoak dira obaloak. Eraztun horien barnean gertatzen dira Aurorak. Eraztunak lodiagoak edo meheagoak izan daitezke, Eguzki Haizearen arabera, Aurorak biziagoak edo ahulagoak dira; baina leku batzuetan, nahiz eta oso txikia izan, beti presente dago obalo hori. Horrenbestez, jada lehen urratsa emana genuen nora joango ginen erabakitzeko.

En general, tienen a las auroras como buenas y creen que les pueden ayudar si las saben interpretar. Creen que tienen el poder de indicar donde están las plantas para sanar a la gente. En épocas de hambre piden a sus mayores que sueñen con auroras y nos contaba que éstas indican el lugar donde está la caza y la pesca.

Cuando las auroras son rojas, las temen, pues dicen que son un mal presagio igual que si oyen graznar al cuervo a media noche. (Elisabeth nos aseguró que antes del bombardeo de Bagdag hubo una gran aurora roja).

En relación a las leyendas sobre si las auroras suenan o no, ella nos contó que el padre de su marido, yendo una vez en trineo tirado por perros que llevaban cascabeles, escuchó un ruido parecido a estrujar unos papeles, se giró y vio una aurora.

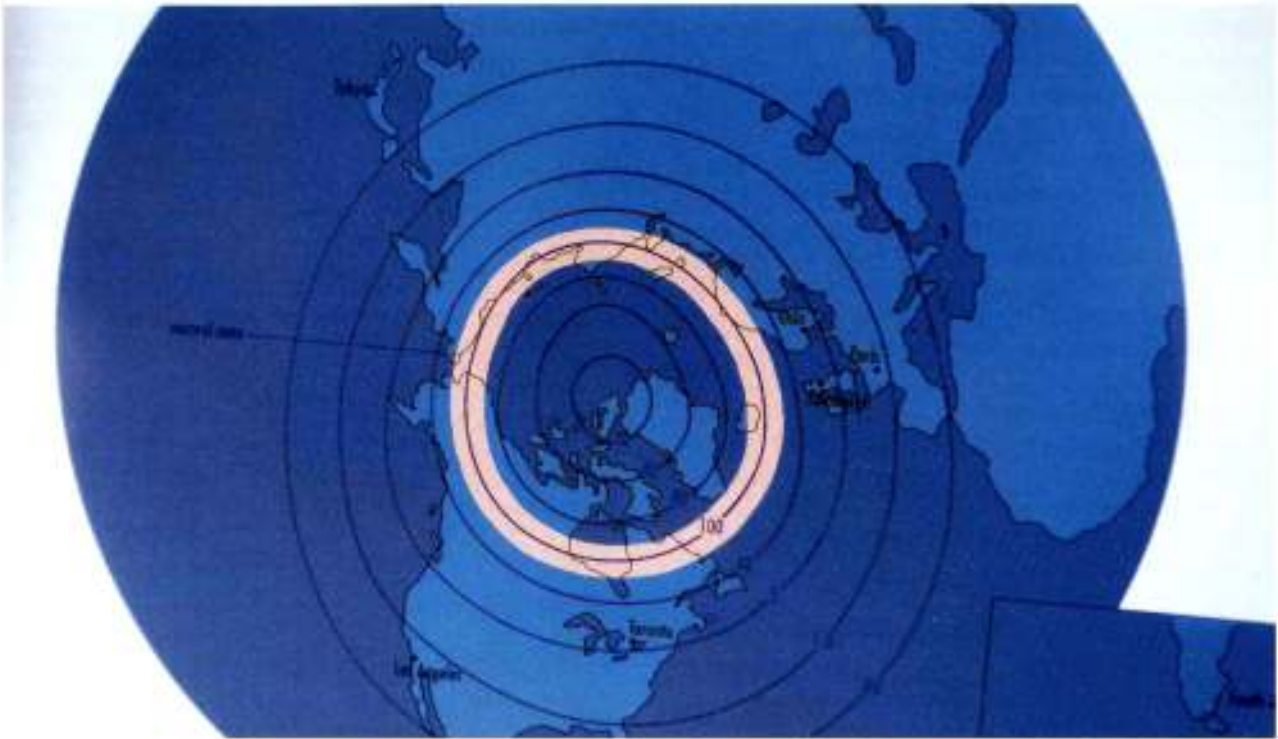
Terminó diciéndonos algo muy bonito sobre las auroras boreales aunque no creemos que sea mitología pero si la apreciación de una anciana que ha vivido muchos cambios a lo largo de su vida e intenta que su pueblo se adapte a los mismos de la mejor forma posible. Nos dijo que las auroras eran un símbolo de razas distintas uniéndose, donde cada color representa una raza y la aurora la humanidad.

Veronica Casanova

LA ELECCIÓN DE LUGAR Y FECHA

Visto que el proyecto de la obtención de imágenes de Auroras Boreales era una posibilidad real y que para tener más posibilidades de éxito debíamos llevarlo a cabo entre el 2000 y 2001, coincidiendo con el máximo de actividad solar, el trabajo siguiente fue el de planificar cómo iba a ser el viaje. Debíamos decidir qué lugar era el mejor y qué fechas las más adecuadas. Todo tomó forma poco a poco, estudiando las posibilidades y el clima que nos ofrecía cada ubicación y cómo no, teniendo por objetivo principal que tenía que ser aquel donde la probabilidad de ver Auroras fuera más alta.

Teniendo en cuenta todo esto, lo primero que hicimos fue estudiar los óvalos de las Auroras. Estos óvalos son una especie de anillos que se dibujan, imaginariamente, alrededor de los polos magnéticos Sur y Norte. Dentro de estos anillos es donde ocurren las Auroras. Pueden ser más gruesos o finos dependiendo del Viento Solar, si las Auroras son más o menos intensas; pero hay algunos lugares en los que ese óvalo, por muy pequeño que sea, siempre está presente. Por lo tanto, ya habíamos dado el primer paso para decidir a dónde íbamos.



Auroren obaloa.

Hego Poloa berehala baztertu genuen. Alde batetik, hego hemisferioan lur gutxiago dago, eta Aurorak maiztasun eta bizitasun berdinez gertatzen badira ere, aurora horiek ikusi eta aztertzeko moduko leku gutxiago daude. Nolanahi ere, era horretako bidaia bat egiteko beharreko aurrekonturik ez genuela izango bagenekien.

Ipar Poloak eskaintzen zizkigun aukerak eta obaloa igarotzen zen lekuak aztertzen hasi ginen. Aurorak lur-raren eremu magnetikoarekin zuten erlazioa ezagutzen genuen, eta suposatzen genuen, Lurraren polo magnetikoa eta geografikoa puntu berean ez elkartu izana islatuko zela obaloean, eta halaxe da. Lurraren polo magnetikoa Kanadako lurretan dago, Ipar Polo geografikotik gradu batzuetara. Horren ondorioz, eraztuna hegoalderantz higitua dago kontinente amerikarrean, eta iparralderantz, berriz, europarrean. Hego hemisferioan ere antzeko zerbait gertatzen da. Hori guztia kontuan harturik, garbi dago kontinente amerikarrean europarrean baino latitude txikiagotik ikusten direla aurorak.

Horrez gainera, kontuan hartzen badugu lurralde eskandinabiarrek aski klima hezea dutela eta estatistiken arabera urtean oso egun gutxi izaten direla hodeirik gabe, bera bakarrik baztertzen da aukera hori; izan ere, laino horiek, nahiz eta oso altuak izan, Aurorak gertatzen direnak baino altitude txikiagoetan daude beti, eta zerua hodeitsu bada-goz ezinezkoa da aurora horiek ikustea.

Óvalo de auroras.

El Polo Sur fue descartado rápidamente. Por un lado, existe el problema de que hay menos tierra en el hemisferio sur y aunque ocurran las Auroras con la misma periodicidad e intensidad hay menos lugares desde donde se pueden ver y estudiar. De todos modos éramos conscientes de que no tendríamos presupuesto para un viaje de estas características.

Nos pusimos a estudiar las posibilidades que nos daba el Polo Norte y los lugares por donde pasaba el óvalo. Conocíamos la relación de las Auroras con el campo magnético terrestre y es de suponer que el hecho de que el polo magnético y el geográfico de la Tierra no coincidan en el mismo punto, se verá reflejado en el óvalo y así es. El polo magnético terrestre, está en territorio canadiense a unos cuantos grados del Polo Norte geográfico. Esto hace que el anillo esté desplazado hacia el sur en el continente americano y hacia el norte en el europeo y por supuesto ocurre algo similar en el hemisferio sur. Teniendo todo esto en cuenta se concluye que en el continente americano se ven las auroras desde una latitud menor que en el europeo.

Si a esta idea le sumamos el hecho de que en los países escandinavos tienen un clima bastante húmedo y las estadísticas dicen que hay muy pocos días del año sin nubes, esta opción se descarta sola, pues éstas, por muy altas que sean, siempre están en altitudes menores que aquellas a las que ocurren las Auroras y en condiciones de cielos nublados es imposible observarlas.

Horrenbestez, jada Kontinente Amerikarra genuen helburu. Han hiru leku bereiz genitzakeen, eta hasiera batean bederen, hiruek balio zuten espedizio honetan aurrera eramanez, nahiz ere genuen lana egiteko: Alaska, Kanada eta Groenlandia. Kanadako tundra, Ipar-mendebaldeko lurraldeetan, leku egokia zela erabaki genuen, hor klima kontinentalak baita, bat ere hezea ez, bi ozeanoetatik aski urrutiko dagoelako.

Beraz, lekua aukeratua zegoen, baina bidaia egiteko egunak ere hori bezain garrantzitsuak ziren. Klimak garrantzi handia du, ikusi dugun bezala, baina bidaia urteko zein garaitan egiten den ere garrantzitsua da, Eguzkiaren argiak lainoen efektu berdina eragin baitezake: Aurorak ikusezin bihurtu. Eguzkiaren argia Auroraren baino askoz ere bizia goa da. Horrek benetako garrantzia du hain latitude altuetan, udan Eguzkia ia ez baita sartzen eta neguan, berriz, argi ordu ahul batzuk baino ez dituzte.

Halatan, aukeratutako latitude horietan udan tenperaturak atseginak badira ere, ezin da Aurorak urtaro horretan aztertze espedizio bat prestatu. Negua, aldiz, benetan garai egokia izango litzakete, Eguzkia ordu gutxi batzuk baino ez baita agertzen horizonteari gainetik. Baina kontuan eduki beharreko beste eragozpen bat badago neguan, tenperaturak izugarri baxuak direla, zero azpitik 60º gradu ingurukoak izaten baitira minimoak.

Nuestras miras ya estaban en el Continente Americano en el cual podíamos diferenciar tres lugares, en principio, igual de válidos para el trabajo que queríamos realizar en la expedición: Alaska, Canadá y Groenlandia. Decidimos que la tundra canadiense era un buen lugar, en los territorios del Noroeste, donde el clima es continental y poco húmedo por encontrarse suficientemente alejado de ambos océanos.

El lugar ya estaba decidido, pero las fechas en las que se iba a realizar el viaje eran igualmente importantes. El clima tiene importancia como hemos visto, pero la época del año en la que se viaja también, pues la luz del Sol puede hacer el mismo efecto que las nubes: hacer las Auroras invisibles. La Luz del Sol es mucho más intensa que la de las Auroras. Esto tiene gran importancia en latitudes tan altas en las que en verano el Sol apenas se pone y en invierno tienen unas pocas horas de luz tenue.

Es por esto que, aunque en verano las temperaturas son agradables en las latitudes elegidas, no es posible preparar una expedición para estudiar las Auroras en esta estación. El invierno en cambio, sería realmente bueno, pues el Sol apenas se asoma unas pocas horas por encima del horizonte. Pero tiene otro inconveniente que hay que tener en cuenta, las temperaturas son realmente bajas, mínimas cercanas a los 60º bajo cero.



Kanadako mapa. Egilea: Kristina Zuza.

Mapa de Canadá. Autora: Kristina Zuza.

Udaberria eta Uda ziren gainerako aukerak. Estatistiken arabera, Udaberrian eguraldia hobea izaten da, baina tenperaturak oraindik ere oso baxuak dira, eta martxoan joateko benetan animatuta egon baginen ere, han bizi izandako pertsona batekin hitz egin ondoren, hobeto pentsatu genuen, eta konturatu ginen gauza bat zela bertan bizirautea eta bestea kalean lan egitea zero azpitik 30º inguruko tenperaturan.

Horrenbestez, Udazkena izan zen gure aukera, edo hobeto esanda, beste guztiak baztertu ondoren geratu zitzaigun aukera. Espero genuen urteko sasoi horretan eguraldia aski ona izatea eta tenperaturak, berriz, zero azpitik 10º-tik behera gutxitan jaisten ziren. Eguzki argiari dagokionean ere ez da garai txarra, Ekinoziotik hurbil egotean 12 bat Eguzki ordu inguru izango baikenituen eta beste hainbeste ilun.

Egun zehatzak aukeratzeko orduan Ilargia ere kontuan hartu genuen, nola ez. Han hilabete bat igaro behar genuela, eta gure behaketetan zehar Ilargia bere fase guztietatik pasako zela bagenekien arren, egokiago iruditu zitzaigun argazkiak Ilargirik gabe egiten hastea, erabat ilun egonik. Donostiatik 2001eko irailaren 8an ateratzea erabaki genuen, lehen behaketak hilaren 11n egin ahal izateko. Egun horietan eta hurrengoetan Ilargiak ez zigun eragozpenik sortuko, hilak 17 Ilargi berria baitzen. Ilargi betearen urriaren 2an izango zen, eta erabateko iluntasunean argazki ugari egiteko denbora izango genuen ordurako.

Kristina Zuza

EREMUKO GEOGRAFIA

4 milioi kilometro karratutik gora luzatzen da Ezkutu kanadarra, Labradorreko kostalde malkartsu eta soiletik hasi eta Hartzaren eta Esklaboen Aintzira Handietaraino, Mackenzie ibaiaren arroko depositu natural izugarriak horiek. Lurren egitura geologikoak aukera ematen digu lurralde benetan zabal hori lurralde natural bakar gisa sailkatzeko: Kanbriarraurreko harriak dira, kristalinoak, guztiz plegatuak, eta oso fenomeno glaziar ikusgarriak ageri dituzte. Han eta hemen, elkarren gainean ageri diren ildaska morrenikoek sare handi bat eratzen dute, oso konplexua, eta horren eraginez ibai arroen banalerroak zehaztu gabe geratzen dira askotan, Mackenzie ibaiaren arroaren mugek eskaintzen duten segurtasun ezak egiaztatzen duen bezala. Lurralde honek ia ez du bat ere balio nekazaritza lanetarako, baina baso ondare guztiz aberatsa du aldiz, hegoalde guztia basoz estalia baitago. Meatzeak eta zentral hidroelektriko handiak dira ekonomia baliabide nagusiak oso biztanle urri duen lurralde honetan, Superior eta Huron aintziren inguruetan izan ezik, eremu horietan hirigune garrantzitsuak baitaude. Ezkutu Kanadiarretik

Las posibilidades restantes eran la Primavera y el Otoño. En Primavera, las estadísticas dicen que el tiempo suele ser mejor pero las temperaturas son todavía muy bajas y, aunque estuvimos muy animados para ir en Marzo, el hablar con una persona que vivió allí, hizo que recapacitáramos y nos diéramos cuenta que una cosa era sobrevivir y otra trabajar en la calle a temperaturas cercanas a los 30º bajo cero.

El Otoño fue pues nuestra opción, o mejor dicho, la opción que quedó después de descartar todas las demás. Una época del año en la que esperábamos que el tiempo fuera bastante bueno y las temperaturas raras veces bajan de los 10º bajo cero. En cuanto a la luz solar tampoco es una mala época, pues estando cerca del Equinoccio de otoño tendríamos alrededor de 12 horas de Sol y otras tantas de oscuridad.

A la hora de afinar las fechas exactas también tuvimos en cuenta la Luna, cómo no. Aún sabiendo que íbamos a estar allí un mes y que la Luna pasaría por todas sus fases durante las observaciones, nos pareció más adecuado empezar a hacer fotografías sin Luna, en total oscuridad. Decidimos salir de Donostia el 8 de Septiembre del 2001 para poder hacer las primeras observaciones el 11. Estos días y los siguientes, la Luna no iba a molestarnos, pues 17 era Luna nueva. La Luna llena la tendríamos el 2 de Octubre cuando ya habríamos tenido tiempo de hacer muchas fotos en total oscuridad.

Kristina Zuza

GEOGRAFÍA DE LA ZONA

El Escudo Canadiense se extiende más de 4 millones de kilómetros cuadrados, desde la costa abrupta y desértica del Labrador hasta los lagos de los Osos y de los Esclavos, inmensos depósitos naturales de la cuenca del Mackenzie. Lo que nos permite clasificar este vastísimo territorio como una sola región natural es la estructura geológica de los terrenos: se trata de rocas precámbricas, cristalinas, fuertemente plegadas, con fenómenos glaciares muy vistosos. Los surcos morrénicos que se intercalan y se superponen dibujan una amplia red, muy complicada, por efecto de la cual las divisorias de las cuencas fluviales quedan con frecuencia indeterminadas, como se confirma por la inseguridad que ofrecen los límites de la cuenca del Mackenzie. Casi por completo inepta para la agricultura, esta región es, en cambio, rica en patrimonio forestal, ya que toda la parte meridional de la misma se halla cubierta de bosques. Los yacimientos mineros y las grandes centrales hidroeléctricas constituyen los recursos económicos ampliamente predominantes para una población muy escasa, a no ser en las inmediaciones del lago Superior y



Katagorri kanadiarra.
Egilea: Iñaki Lizaso.

Ardilla canadense.
Autor: Iñaki Lizaso.

datoz Aintzira Handien eta San Lorentzo aintziraren ondoko hirietako lantegietan erabiltzen dituzten industria lehengai gehienak.

Mackenzie ibaia da Iparraldeko ibai handiena, urtean 4-6 hilabetetan nabigagarria da bere ibilbidearen zati handi batean. Ibai bat baino gehiago, ibai sistema bat da Mackenzie (4.240 km Peace eta Finlay adarrekin), hainbat aintzirarekin elkartzen da, Hartzen Aintzira Handia eta Esklaboen Aintzira handia besteak beste, 30.000 Km²-ko hedadurarekin bakoitza, hauxe da, Italiak hartzen duen azaleraren bostena biltzen dute guztira. Ibaiaren amaierako ibilguari soilik ematen zaio Mackenzie izena, hauxe da, Esklaboen Aintzira Handitik hasi eta ibaiaren bokaleraino.

Hurón, donde hay importantes centros urbanos. Del Escudo Canadiense es de donde procede la mayor parte de las materias primas industriales utilizadas en las factorías de las ciudades de los Grandes Lagos y del San Lorenzo.

El mayor río del Norte es el Mackenzie, navegable durante 4-6 meses al año en un buen tramo de su recorrido. El Mackenzie (4.240 km con el Peace y el Finlay) es, más que un río, un sistema de ríos, unido con varios lagos, entre los cuales figuran el Gran Lago de los Osos y el Gran Lago de los Esclavos, con una extensión de 30.000 Km² cada uno, es decir que en total, reúnen un quinto de la superficie de Italia. El nombre de Mackenzie sólo se le da al curso terminal del río, o sea, desde el Gran Lago de los Esclavos hasta la desembocadura.



Mackenzie Parke
Nazionaleko bisontea.
Egilea: Iñaki Lizaso.

Bisonte del Parque
Nacional Mackenzie.
Autor: Iñaki Lizaso.



Esklabuaren Aintzira Handia. Egilea: Iñaki Lizaso.

Gran Lago del Esclavo. Autor: Iñaki Lizaso.

Hiru dira Mackenzieren ibai sistemara urak isurtzen dituzten ibai nagusiak: Finlay-Peace, Athabasca eta Liard, Mendi Harritsuetatik datozenak guztiak ere. Luzeena Finlay ibaia da, Siftongo igarobidean sortzen da hau, lehenik Hegoalderantz hartzen du bidea, mendikate harritsu handiaren paraleloan, eta gero handik atera (Finlayren sardak), eta ordoki alderantz bideratzen da Fort St. Johnera, han Alaskako errepidea zeharkatzen du, eta Finlay ibaiak izena aldatu eta Peace ibaia bihurtzen da. Athabasca ibaia, berriz, askoz ere hegoalderago sortzen da, eta ur-laster eta ur-jauzien bidez jaisten da larreen lurraldeko mailetan barrena, eta azkenik, Fort McMurrayn, Edmontonera doan trenbidea abiatzeko geltokian, nabigagarri bilakatzen da izen bereko aintziraraino.

Athabasca eta Finlay-Peace ibaiak Athabasca aintziran elkartzen dira, eta handik ibai bakarra ateratzen da, Esklaboen ibaia izenarekin (Slave River). Ibai horixe bera Mackenzie ibai bihurtzen da aipaturiko Esklaboen Aintzira Handi hori zeharkatu ondoren. Liard, berriz, Mackenzie ibaiak ezkeraldetik jasotzen duen adar nagusia dela esango genuke.

Uren bolumenak, Ozeano Glaziar Artikoan Mackenzie ibaiaren bokaleraino nabigatzeko aukera emango luke bi puntu desberdinetan eragozpen naturalak ez balira egongo,

Tres son los principales cursos de agua que fluyen al sistema fluvial del Mackenzie: el Finlay-Peace, el Athabasca y el Liard, todos ellos procedentes de las Montañas Rocosas. El más largo es el Finlay, que nace en el paso de Sifton, donde discurre primero hacia el Mediodía, paralelamente a la gran cadena montañosa por la que se abre paso después (las horcas del Finlay); al desembarcar en la meseta en Fort St. John, donde atraviesa la carretera de Alaska, el Finlay cambia de nombre y se transforma en el Peace. El Athabasca nace mucho más al Sur, y desciende mediante rápidos y cascadas por los escalones de la región de las praderas, hasta que en Fort McMurray, estación de partida del ferrocarril a Edmonton, se hace navegable hasta el lago homónimo.

El Athabasca y el Finlay-Peace confluyen ambos en el lago Athabasca, de donde sale un solo emisario con el nombre de Esclavos (Slave River). Este mismo curso de agua, una vez atravesado el ya citado Gran Lago de los Esclavos, se convierte en el Mackenzie propiamente dicho. En cuanto al Liard, diremos que se trata del afluente más importante que el Mackenzie recibe por la izquierda.

El volumen de las aguas, en verano, permitiría la navegación hasta la desembocadura del Mackenzie en el Océano

Esklaboen Aintziran zehar eta Mackenzie ibaiaren behe arroan dauden ur-lasterrak dira horiek. Hori dela eta, beharreko ontzi-aldaketak egin behar izaten dira ibaian zehar egiten diren garraioetan. Zailtasun horri klimaren gogortasuna erantsi behar diogu, horrek ere mugatu egiten baitu komunikazio-linea garrantzitsu horrek eskain lezakeen erabilgarritasuna; halaz ere, mea aberastasunek (petrolio, material erradioaktiboak, kobrea) garrantzi handiko lurralde ekonomiko bilakatzen dute Mackenzie ibaiaren arroa.

Hartzaren Aintzira Handia (Great Bear Lake) adarkatu egiten da Mackenzie ibaiaren ibilgutik gertu (eta aintzira-izen bera duen adar batek eramaten ditu urak hara), zirkulu polarraren parean; bere erriberan dago, -erribera horiek izoztuak egoten dira urtearen gehiengoan-, Port Radium izeneko herria, mea erradiaktiboa erauzten den zentroa. Esklaboaren Aintzira Handia (Great Slave Lake) aurrekoa bezain zabala da ia (28.930 km²), eta hura bezain bakartia hau ere; gainera, ez dago hain Iparraldean, elikatzen duen Esklaboaren ibaiaren eta Mackenzie ibaiaren artean, eta honek aintzira horri zor dio bere jatorria, hain zuzen ere. Athabasca aintzira da (7.925 km²) ibai sistema horretan hirugarrena, eta 60º-ko paraleloaren inguruan luzatzen da hau.

Iñaki Olaizola

Glaciar Artico si no fuese porque, en dos puntos distintos, existen obstáculos naturales, que son los rápidos a lo largo del Esclavos y en el bajo Mackenzie, por lo que los transportes fluviales han de hacerse mediante los correspondientes transbordos. A esta dificultad hay que añadir la rigidez del clima, que interviene también en la limitación de la utilidad que podría ofrecer esta importante línea de comunicación; no obstante, las riquezas minerales (petróleo, materiales radioactivos, cobre) hacen de la cuenca del Mackenzie una región económica de gran relieve.

El Gran Lago del Oso (Great Bear Lake), que se ramifica junto al curso del Mackenzie (adonde las aguas son llevadas por un emisario que lleva el mismo nombre que el lago) a la altura del círculo polar; sobre sus riberas, heladas la mayor parte del año, está la localidad de Port Radium, centro de extracción de mineral radioactivo. El Gran Lago del Esclavo (Great Slave Lake) es casi tan vasto como el anterior (28.930 km²) e igualmente solitario; además, se halla algo menos al Norte, entre el río del Esclavo que lo alimenta y el Mackenzie, que debe su origen a este lago. El tercero del mismo sistema fluvial es el lago Athabasca (7.925 km²), que se extiende cerca del paralelo 60º.

Iñaki Olaizola



Esklaboaren Aintzira Handia. Egilea: Iñaki Lizaso.

Gran Lago del Esclavo. Autor: Iñaki Lizaso.

HAINBAT DATU ETNOGRAFIARI BURUZ

Rae herritik 5 bat kilometrora zegoen oinarritzko kanpamendua, eta herri hori, berriz, Ipar-mendebaldeko Departamentuko hiriburua den Yellowknifetik 110 kilometrora dago.

Eremu zabal horrek Kanadaren herena baino gehiago hartzen du, baina lurraldeko guztizko biztanleriaren %1 baino ez da bizi bertan. Yukon ibaitik hasi eta Atlantikoraino hedatzen da. Eremu honetan daude, hain zuzen ere, bi aintzira handienetakoak: Esklaboen Aintzira Handia eta Hartzen Aintzira Handia. Era berean, hiru barrutitan: Franklin, Keewatin eta Mackenzie, banaturik daude Ipar-mendebaldeko Lurraldeak. Mackenzie barrutian zegoen kanpamendua.

Dene, Inuit eta Metis herriek osatzen dute lurralde haue-tako biztanleria.

Gaur egungo biztanle gehienak Metis herrikoak dira; lehen ehiztari frantses eta ingelesen ondorengoak dira horiek, lurralde hauek okupatzen zituzten tribu indiarretako emakumeekin elkartu zirenak.

ALGUNOS DATOS DE ETNOGRAFÍA

El campamento base se encontraba a unos 5 kilómetros de la localidad de Rae y ésta, a su vez, a 110 de Yellowknife, capital del Departamento de Territorios del Noroeste.

Es ésta una gran zona que ocupa más de la tercera parte de Canadá y, en cambio, sólo cuenta con el 1% de la población total del país. Se extiende desde el río Yukon hasta el Atlántico. Dos de los mayores lagos se encuentran en ella: El Gran lago del Esclavo y El Gran lago del Oso. Los Territorios del Noroeste están, a su vez, subdivididos en tres distritos: Franklin, Keewatin y Mackenzie. El campamento se encontraba en el distrito de Mackenzie.

La población de estos territorios está formada por indios Dené, Inuit y Metis.

Los Metis, mayoría de la población actual, son los descendientes de los primeros cazadores franceses e ingleses unidos a mujeres de las tribus indias que ocupaban estos territorios.

Los Inuit son descendientes de los tradicionalmente conocidos como esquimales.



Elizabeth Mackenzie bere etxean, itzultzaile lanak egiten zituen bere semearekin. Dené etniakoak dira. Egilea: Iñigo Vidal.

Elizabeth Mackenzie en su casa junto a su hijo haciendo de intérprete. Ambos de la etnia Dené. Autor: Iñigo Vidal.

Inuitak, berriz, tradizioz eskimal gisa ezagutzen ditugunen ondorengoak dira.

Inuitek nahiz Deneek Erdiko Asian dute beren jatorria, eta kontinente horretatik Beringo itsasartean barrena Amerikara igaro ziren migrazioen emaitza dira horiek.

Tradizioz erreserbetan bizi izaten ziren, eta horietara ez zen ez zientzia ez kultura modernoa iristen. Ehizatik bizi ziren bereziki, eta Kanadako Estatuak kontrolatzen zituen.

1970. urtetik aurrera, mendeetan zehar jasandako diskriminazioa errotik kentzeko gai izango zen eredia bilatu zen. Agente indigenak, kontrol paternalistaren ordezkariak, erreserbetatik erretiratu zituzten eta bertako organizazio politikoen sorrera bultzatu zuen Gobernuak, eta oraindik ere indarrean dira horiek.

Administrazio Kanadarraren eta bertako biztanleen arteko negoziazioak 1973. urtean hasi ziren finko, Yukon ibaian, eta 1978. urtean akordio bat sinatu zen Herri Indigenen Tituluetarako Batzordearekin. Mendebaldeko Artikoko 2000 Inuit baino gehiago ordezkatzeko zituen batzordeak.

Mackenzie ibaiaren haranean, Dene Nazioa titulu generikoa hartzeko konpromisoa hartu zuten bost tribuk, 8000 bat gizabanako guztira, eta 5500 Metisekin batera Dene Adierazpena egin zuten. Nazio berriaren barnean zeudenen gainetik erabateko botereak izango zituen gobernu autonomoa eskatzen zuten adierazpen horretan.

Dene herriak egindako nazio gisa tratatzeko eskaera, ordea, ez zen onartu. Izugarri handia eta mea aldetik guttiz aberatsa zen lurralde batean milaka lagun gutxi batzuk autonomia eskatzea, eta tartean zalantzarik jatorri etnikoa zutenak ugari izanik, hasiera batean gehiegizkotzat hartu zen eta Konstituzio Kanadarraren legezko esparrutik kanpo zegoen.

Panorama honen barnean ebaluatu behar da Sahturen sorrera eta izatea. Lur eremu handi bat da Sahtu, eta tradizioz mapa politikoan Kanadako Ipar-mendebaldeko Lurralde gisa ezagutzen direnei dagokie oraindik ere. Mackenzie ibaia da eremu hori Hegoalde Iparralde zeharkatzen duen ibaialde handia; Ekialdetik Mendebaldera Hartzaren Aintzira Handitik hasi eta Yukonen mugetaraino hartzen du. Sahtu da Deneek antzina Hartzaren Aintzira Handiari eman zioten izena, eta herri hori izan da, hain zuzen ere, mende askotan zehar lurralde horretan bizi izan dena, bertako basoetan ehiza egin eta aintziretan arrantza egin duena, eta bereziki berek Dehcho izenaz ezagutu duten Mackenzie ibaian arrantza egin duena, hitz horrek Ibai Handia esan nahi baitu Slavey hizkuntzan.

Tanto los Inuit como los Dené tienen su origen en el Asia Central y son resultado de las migraciones que procedentes de dicho continente pasaron a América por el estrecho de Bering.

Tradicionalmente habían vivido en reservas a las que no llegaban ni la ciencia ni la cultura modernas, dedicados fundamentalmente a la caza y controlados por el Estado de Canadá.

A partir de 1970, se busca un modelo capaz de erradicar la discriminación sufrida durante siglos. Los agentes indígenas, representantes del control paternalista, fueron retirados de las reservas y el Gobierno fomentó la creación de organizaciones políticas nativas que aún siguen en vigor.

Las negociaciones entre la Administración Canadiense y los nativos comenzaron en firme hacia 1973 en el Yukon y en 1978 se firmó un acuerdo con el Comité para Títulos de los Pueblos Indígenas que representaba a más de 2000 Inuit del Ártico Occidental.

En el valle del Mackenzie, cinco tribus que globalizaban unos 8000 individuos se comprometieron a adoptar el título genérico de Nación Dené y junto con unos 5500 Metis, promulgaron la Declaración Dené en que se solicitaba un gobierno autónomo con plenos poderes sobre quienes estaban acogidos a la nueva nación.

La solicitud de los Dené de ser tratados como nación no logró aceptación. La petición de autonomía de unos pocos miles de personas entre las que abundan las de dudosa procedencia étnica, en un territorio inmenso y rico en minerales, se consideró en principio como exagerada y fuera de los marcos legales de la Constitución Canadiense.

En este panorama es como debe evaluarse el surgimiento y existencia de Sahtu, que es una considerable extensión de terreno que pertenece aún a lo que se conoce tradicionalmente como Territorios del Noroeste de Canadá en el mapa político de este Estado. El río Mackenzie es la gran arteria fluvial que atraviesa esta zona de Sur a Norte; de Este a Oeste abarca desde el Gran Lago del Oso hasta los límites con el Yukon. Sahtu es el vocablo que dieron antiguamente los Dené al Gran Lago del Oso y este pueblo es el que ha habitado esta región desde hace siglos, cazando en sus bosques y pescando en el lago, en las quebradas y especialmente en el río Mackenzie que ellos han conocido como Dehcho, vocablo que en lenguaje Slavey puede traducirse por Río Grande.

BIDAIA

Gauza guztiak prestatu, beharreko probak egin eta egunak erabaki ondoren, 2001eko irailaren 8an atera ginen Donostiatik, gauzez abiatu ginen, Madril aldera. 5 Lagunek osatzen genuen espedizioa, eta gure motxilak, maletak, poltsak argazki kamerekin eta zerraldo itxurako zurrezko kutxa pare bat generamatzan gurekin; tripodeak, monitorea, kableak eta gainerako material elektronikoa sartu genituen kutxa horietan.

Madriila iritsi eta gosalduta ondoren, goizeko 9:30etan, bidaia prestatu zigun agentziako arduradunak bila etorri zitzaizkigun aireportura eramateko. Bide luzea genuen egiteko, eta hasiera batean ez bazuen zertan gaizki atera behar ere, geroago jakin genuen zorteak lagundu zigulako iritsi ginela guk nahi genuen lekura.

Eguerdian Madrilatik atera ginen Londresko Heathrow aireportu aldera, eta handik itsasoa alderik alde igaro genuen Edmontoneraino; hegaldiak 9 ordu inguru iraun zuen Islandia eta Groenlandiaren gainera. Hegazkinetik ikus genitzakeen Icebergak, eta benetan duten tamainaren ideia bat egiteko aukera eman zigun horrek. Irailaren 10eko arratsaldean lortu genuen bisatu kanadarra, burdinaz beteriko kutxa haiek zer ote ziren azaltzera aduanatik pasa ondoren.

Bidaiaren azken atala hurrengo egunean egin behar genuen, atsedena hartzeko premia handia baikenuen

EL VIAJE

Después de todos los preparativos, pruebas y decisión de fechas, salimos de Donostia el 8 de septiembre de 2001, por la noche, en autobús, rumbo a Madrid. Los 5 integrantes de la expedición, nuestras mochilas, maletas, bolsas con las cámaras de fotos y un par de cajas de madera con pintura de ataúdes, llenos de trípodes, monitores, cables y demás material electrónico.

Una vez en Madrid después de desayunar, a las 9:30 vinieron a buscarnos para llevarnos al aeropuerto los responsables de la agencia que nos prepararon el viaje. Nos esperaba un largo camino que aunque en un principio no veíamos porque podría salir mal, más tarde supimos que llegamos al destino con la suerte como compañera.

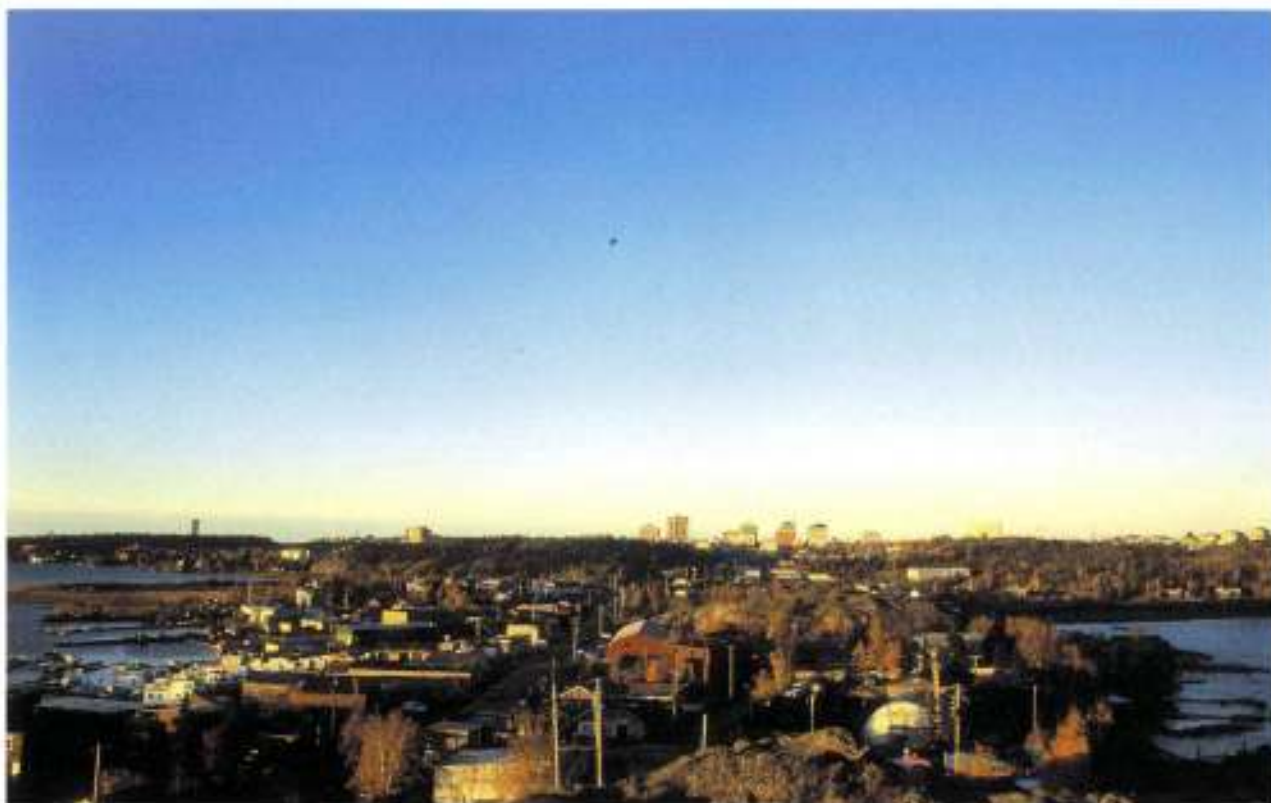
Salimos a medio día de Madrid hacia el aeropuerto Heathrow de Londres y desde allí cruzamos el océano hasta Edmonton en un vuelo que duró aproximadamente 9 horas pasando por encima de Islandia y Groenlandia. Se podían ver los Icebergs desde el avión, lo que nos da una idea del tamaño que tienen en realidad. Conseguimos el visado canadiense la tarde del 10 de septiembre después de tener que pasar por la aduana para explicar qué eran aquellas cajas llenas de hierros.

La última etapa del viaje la íbamos a hacer el día siguiente, necesitábamos tomar un descanso urgentemen-



Hegazkinetik. Egilea: Kristina Zuza.

Vista desde el avión. Autora: Kristina Zuza.



Egusentia Yellowknifen. Egilea: Kristina Zuza.

Yellowknife al amanecer. Autora: Kristina Zuza.

aurreko gaua autobus batean pasa eta ordu asko, gehiegi, hegan eman ondoren. Egun batean egiten da eta benetan luzea da, Mendebalderantz baikindoazen. Aireportutik gertu dagoen hotel batean eman genuen gaua. Hurrengo egunean, goizeko 7:30etan ateratzen zen gure hegaldia Yellowknifera.

09:30etan hegaldi bat zegoela jakin genuen, eta une hartan pentsatu genuen egokia izango zela aldatzea, lo pixka bat gehiago egin eta gainean generaman nekea arintzeko. Ez genuen horrelakorik egin, eta horri esker ez genuen aste oso bat Edmontongo aireportuan eman behar izan.

Goizeko 07:30etan atera ginen, aurreikusi bezala. Edmontonen 2 orduko aldea dago Estatu Batuetako Ekialdeko kostaldekoarekiko. Edmontondik ateratzen ari ginen ordu berean gertatzen ari ziren Dorre Bikien eta Pentagonoaren aurkako atentatuak. Hegazkin batzuk beren bidetik desbiderarazi zituzten eta beste batzuei lurra harrarazi zieten New Yorken gertatutakoa atentatuak zirela eta ez istripuak jakin bezain laster. Argi dagoen bakarra da gure hegazkina atera eta handik gutxira itxi egin zutela Edmontongo aireportua, eta ez hura bakarrik, baita Ipar Amerikako aireportu guztiak ere, aste luze batez. Txartela 9:30etako hegaldira-ko aldatu izan bagenuen, lehorrean geratuko ginen zailtzarik gabe.

te después de pasar la noche anterior en un autobús y muchas, demasiadas, horas volando. En un día que se hace y es realmente largo, ya que viajábamos hacia el Oeste. Dormimos en un hotel cercano al aeropuerto. Nuestro vuelo a Yellowknife era a las 07:30 del día siguiente.

Supimos que había un vuelo a las 09:30 y en aquel momento pensamos en que sería bueno cambiarlo y así poder dormir un poco más y descansar de la paliza que llevábamos encima. No lo hicimos, gracias a ello no pasamos una semana tirados en el aeropuerto de Edmonton.

Salimos a las 07:30 como estaba previsto. En Edmonton la hora local tiene 2 de diferencia con la de la costa Este de los EEUU. A la misma hora a la que salíamos de Edmonton estaban sucediendo los atentados contra las Torres Gemelas y el Pentágono. Hubo aviones que desviaron de sus rutas o que hicieron aterrizar nada más saber que eran atentados y no accidentes lo ocurrido en New York. Lo único que está claro es que poco después de salir nuestro avión, cerraron el aeropuerto de Edmonton, y no sólo éste, sino todos los del norte de América durante una larga semana. Si hubiéramos cambiado el billete para el vuelo de las 9:30, habríamos quedado en tierra.

Nolanahi ere, guk ez genuen gertatutakoari buruz ezer ere jakin Raera iritsi ginen arte, ostatu hartu behar genuen kanpamenduko arduradunak eman baitzigun horren berri.

Goizeko 9:30ak aldera iritsi ginen Yellowknifera; aireportu hura ez zen Hondarribikoa baino handiagoa, Estatuko Hiriburuko aireportua izan arren. Kanpoan aurkituko genuen hiria nolakoa izan zitekeen pentsatzeko lehen ideia eman zigun horrek.

Aireportuan bertan hartu genuen kamioneta alokairuan eta Yellowknifeko bisitarien zentzora abiatu ginen. Han esan ziguten Raera nola iritsi, eta janariak eta hegazkinean eraman ezin izan genuen eta behar genuen materialaren zati bat non lortu ere adierazi ziguten. Batik bat zerbitzuetan eta administrazioan ziharduen hiri batean geunden, baina urre eta diamante meak ere kontuan hartu beharrekoak dira. Meatoki horiek erakargarri handia izan ziren dirua bilatzen duen jendearentzako, latitude horietan benetan baldintza gogorak jasan behar diren arren. Arraza, kolore eta lurralde guztieta-ko jendea etorri zen eta bertakoeekin egin zuen topo.

Horrexegatik hiri txiki bat da Yellowknife, baina beste latitude batzuetan herrizat hartuko litzateke. 3 edo 4 eraikin handi ditu, bulegoz osatuak, eta horrek gogorarazten digu hiria ez ezik, Estatuko Hiriburua ere badela; oso biztanle gutxi ditu, baina benetan hedadura handia eta aberastasun natural ugari.

Erosketa guztiak egin eta Rae aldera abiatu ginen, hiriburutik 100 bat kilometrora. Mapan begiratu genuen, eta ikusi genuen Raetik igarotzen den autopista dela Yellowknifetik lehorrez ateratzeko bide bakarra. 100 kilometro berehala egiten dira hemen ezagutzen ditugunak bezalako autopista batetik, baina errepideak zati batzuetan asfaltoa eta beste batzuetan lurra duenean, beste begi batzuekin ikusten duzu mapa, eta beste ikuspuntu batetik neurtzen dituzu distantziak eta denborak.

Hegazkinetik begiratuta jada pentsa genezakeen paisaia nolakoa izango zen, pinuz osatutako lautada bat, ez oso pinu altuak, negu gogorak ez baitie nahi adina hazten uzten, aintziraz betea, aintzira handiak eta txikiak, izugarri handiak eta ttiki-ttikiak, tamaina guztietakoak, baina aintzirak leku guztietan. "Autopista" Esklaboaren Aintzira Handiaren ertzetik zihoan, Ipar-mendebaldeko Lurraldeetako handienetako bat da hori, Hartzaren Aintzira Handiarekin batera.

Oso paisaia atsegina eta ikusgarria da Udazkenean, sastrekek kolore okre eta gorrixkak dituzte eta oso argi berezia ikusten da, latitude hauetan Eguzkiaren altuera oso txikia delako. Paisaia berriaz gozatzen bi ordu eman ondoren, iritsi ginen azkenean kanpamendura; hilabetea pasatzeko etxolak zurezkoak izatea espero genuen.

De todos modos, nosotros no supimos nada de lo ocurrido hasta llegar a Rae donde nos lo dijo la responsable del campamento en el que nos íbamos a alojar.

Llegamos a Yellowknife hacia las 9:30 de la mañana, a un aeropuerto no más grande que el de Hondarribia aunque se trate de un aeropuerto de Capital de Estado. Esto nos dio la primera idea de cómo podía ser la ciudad con la que nos íbamos a encontrar fuera.

Cogimos la camioneta de alquiler en el mismo aeropuerto y nos dirigimos al centro de visitantes de Yellowknife. Allí nos indicaron cómo llegar a Rae y dónde podíamos conseguir víveres y parte del material que necesitábamos y no pudimos llevar en el avión. Nos encontramos con una ciudad dedicada a los servicios y a la administración, principalmente, aunque también hay que tener en cuenta las minas de oro y diamantes. Estas minas fueron un reclamo para la gente que buscaba dinero a pesar de las duras condiciones que se dan en estas latitudes. Gente de todas las razas colores y países que se encontró con los nativos.

Esto hace que Yellowknife sea una pequeña ciudad que en otras latitudes sería considerada pueblo. Tiene 3 o 4 edificios grandes de oficinas que nos recuerdan que no sólo es ciudad sino que además es Capital de Estado; de muy pocos habitantes pero gran extensión y muchas riquezas naturales.

Hicimos todas las compras y nos dirigimos hacia Rae a unos 100 kilómetros de la capital. Miramos el mapa y vimos que la única salida por tierra de Yellowknife era la autopista que pasa por Rae. 100 kilómetros se hacen muy rápido cuando es una autopista como las que conocemos aquí pero cuando es una carretera con asfalto en unos tramos y tierra en otros te hace mirar el mapa con otros ojos y plantearte las distancias y los tiempos con otro rasero.

Ya desde el avión se podía adivinar cómo era el paisaje, una llanura llena de pinos no muy altos, pues el duro invierno les impide crecer tanto como quisieran, repleto de lagos, grandes y pequeños, enormes y minúsculos, de todos los tamaños, pero lagos por todas partes. La "autopista" transcurre por la orilla del Gran Lago del Esclavo, uno de los grandes de los Territorios del Noroeste junto con el Gran Lago del Oso.

Es un paisaje agradable y muy vistoso en Otoño, con todos los matorrales de colores ocres y rojizos y una luz muy especial gracias a que la altura del Sol es muy baja en estas latitudes. En dos horas de coche disfrutando de la novedad del paisaje llegamos al campamento en el que esperábamos cabañas de madera en las que pasar el mes.



Aurora 2001 espedizioaren kanpalekua, Rae.Egilea: Kristina Zuza.

Campamento de la expedición Aurora 2001, Rae. Autora: Kristina Zuza.

Kanpamenduaz arduratzen zen emakumeak egin zigun harrera eta berak eman zigun Estatu Batuetan gertatutakoaren berri; beldur zen ez ote ginen iritsiko. Etxekoei deitu genien ongi geundela eta gure lekura iritsi ginela jakinarazteko. Zortea gurekin batean etorri zela konturatu ginen orduan.

Kanpamendua ez zen guk espero genuen bezalakoa, ares-tian esan dudan bezala, zurezko etxolak izatea espero bainenuen. Etxolak telazkoak ziren, baina hori bai, tximinia bazuten, eta baita ur bidoi bat eta konketa bat ere. Mundua goitik behera etorri zitzaigun hilabete bat zero azpiko tenperaturan etxola haietan pasa behar genuela pentsatze hutsarekin. Baina egia esan ez zen hain txarra izan. Sua egiten ikasi genuen eta sua pizturik ahalik eta denbora gehien edukitzeko erabiltzen genituen teknikak kontatzen genizkion elkarri goizero. Lotara joan aurretik sua piztea faltan bota zuen baten batek etxera itzuli zenean.

Kanpamenduan egun guztiak berdintsuak ziren guretzat, meteorologia zen espedizioaren jardura aldatzen zuen bakarra. Aurreko gauean ona egin bazuen berandu jaikitzen ginen, oheratu ere berandu egiten baikin, gosalduta eta aurreko gauean lortutako materiala sailkatzen ematen genuen denbora bat, argazki karreteak, eta bideo edo soinu zintak antolatzen. Materiala puntuan jartzen genuen, objektiboak garbitu, karreteak edo zinta berriak prestatzen genituen eta gauerako iragarpenak zein ziren begiratzen

La señora que regentaba el campamento nos recibió y nos dio la noticia de lo ocurrido en EEUU y temía que no llegaríamos, llamamos a nuestras familias para hacerles saber que estábamos bien y que habíamos llegado al destino. Entonces nos dimos cuenta de que la suerte había venido con nosotros de viaje.

El campamento no era lo que esperábamos, como ya he dicho anteriormente esperábamos cabañas de madera, pero el campamento era de cabañas de tela, eso sí con chimenea y hasta un bidón de agua y una palangana. Se nos vino el mundo encima cuando pensamos que tendríamos que pasar un mes durmiendo bajo cero en aquellas tiendas. La verdad es que no fue tan malo. Aprendimos a hacer fuego y todas las mañanas nos contábamos unos a otros las técnicas que usábamos para mantener el fuego el mayor tiempo posible. Hubo quien echó de menos encender fuego antes de dormir cuando volvió a casa.

Nuestros días en el campamento eran más o menos iguales, lo único que variaba la actividad de la expedición era la meteorología. Si la noche anterior había hecho bueno nos levantábamos tarde pues nos acostábamos tarde también, desayunábamos y pasábamos un tiempo clasificando el material que conseguimos la noche anterior, carretes de fotos, cintas de video o de sonido. Poníamos el material a punto, limpiar objetivos preparar carretes o cintas nuevas y mirábamos cuales eran las predicciones para la



Rae "hiriguneko" kale bat. Egilea: Kristina Zuza.

Calle "semicéntrica" de Rae. Autora: Kristina Zuza.

genuen; bai eguraldiarenak bai aurorenak. Horiexek bai-kenituen helburu.

Otordu handi bat egiten genuen: bazkari-afari bat, eta arratsaldeko seiak edo zazpiak aldera abiatzen ginen aurrez aukeratu genuen behatokirantz. Lehen egunetan leku horiek bilatu behar izan genituen. Kanpotik begirata erraza badirudi ere, ez da hain erraza. Hainbat zailtasun harrapatu genituen bidean. Alde batetik, esan behar da Kanadako tundra guztia pinuz estalia dagoela eta hori arazo handia da benetan, gure horizontea oso altu jartzen baitzigun; toki garbiak aurkitu behar genituen basoan. Baina horrez gainera, errepideen kontua ere gogoan eduki behar da; edozein lekura mendi-bide batez iristen ohituak gaude gu, hori hemen gertatzen da, baina nolako bigarren mailako errepideak espero ditzakezu autopista mendi-bidea den lekuetan?. Hiru edo lau leku egoki aurkitu genituen eta txandaka ibiltzen ginen.

Lainoa zegoen edo euria egiten zuen egunetan Rae eta bere inguruak ezagutzen ematen genuen denbora. Raeko Dene komunitatean eskola ezagutu eta bertakoekin harremanak edukitzeko aukera izan genuen, baina benetan ikusmira handia sortzen genuen joaten ginen leku guztietan. Mackenzie parke nazionala ezagutzeko aukera ere ez genuen galdu. Bisonteen santutegia ere deitzen zaio parke horri, errepide ertzetan bisontek ikus baitaitezke nonahi, bazkatzen ari diren ardiak bailitzan.

noche; tanto de tiempo como para las auroras. Nuestro objetivo.

Hacíamos una comida fuerte: una comida cena y hacia las seis o siete de la tarde partíamos hacia el lugar de observación que habíamos elegido previamente. Los primeros días tuvimos que buscar esos sitios. Aunque parezca simple a primera vista, no es tan sencillo. Nos encontramos con varias dificultades. Por un lado, teníamos que toda la tundra canadiense está repleta de pinos y eso es realmente un problema, pues hace que tu horizonte esté muy alto; teníamos que encontrar claros en el bosque. Pero además de esto, el problema de las carreteras también hay que tenerlo en cuenta, estamos acostumbrados a que a cualquier sitio se pueda llegar por una pista, eso es aquí, pero ¿qué carreteras secundarias puedes esperar donde la autopista es una pista? Encontramos tres o cuatro sitios adecuados e íbamos turnándolos.

Los días que estaba nublado o llovía, nos dedicamos a conocer Rae y los alrededores. En la comunidad Dené de Rae, pudimos conocer la escuela y tener contacto con los nativos no sin llamar la atención allá por donde íbamos. No perdimos la ocasión de visitar el parque nacional Mackenzie, también conocido como santuario de los bisontes, donde se pueden ver bisontes como si fueran ovejas pastando en los márgenes de la carretera.

Irailaren 29an Julia eta Iñigo etxera itzuli ziren lan kontuentatik eta gainerakoak beste 10 egun geratu ginen, baina ez Raeko kanpamenduan. Inguruetan mugitzea erabaki genuen, alde batetik, aurorak ikusteko eszenatoki berriak bilatu nahi genituen, eta gainera, betirako Raen geratu zela zirudien eguraldi txarrari ihes egin nahi genion; izan ere, hori ere esan egin behar da, bertakoek urte askoan ez omen zuten hain Udazken euritsua ezagutu.

Fort Providencen eman genituen egun batzuk, Mackenzie ibai emaritsuaren ertzean. Han, Ilargi betearekin eta aski eguraldi onarekin aurorak ikusi ahal izan genituen egun pare batean. Hain ongi ez zegoena autoaren bateria zen, ordea, lan gehiago ez zuela egingo esan zuen alternadoreak eta autoa bateriarik gabe geratu zen. Horrenbestez, aurora amaitu zenean, autoan sartu ginen eta eguna argitu eta goizaldean herrira eramango gintuen norbait azaldu arte bertan itxaron beste erremediorik ez genuen izan.

Hurrengo egunetan bateria zela eta ez zela hainbat arazo izan ondoren, Yellowknifera itzuli ginen urriaren 7an etxerako hegazkina hartzera. “Zerraldoak” fakturatzera joan ginen, baina beldur ginen irailaren 11ko atentatuen ondorioz ezarritako segurtasun arau zorrotzen ondoren ez ote ziguten horrelakorik egiten utziko. Ez zitzaigun arrazoia falta ez, alde batetik bestera ibilarazi gintuzten; bazirudien inortxok ere ez zuela kutxa haietaz arduratu nahi, ia-ia hegazkina galdu genuen, baina azkenean lortu genuen.

Oraingoan beste eskala bat gehiago egin genuen, Edmontonen egiteaz gainera, Calgaryn ere eskala egin genuen, hantxe pasa genuen egunaren gehiengoa eta benetako hiri bat ezagutzeko aprobetxatu genuen aukera. Londresen eskala egin eta Madrila zihoan hegazkina ez galtzeko Heatdrown korrika ibili ondoren, kafe bat hartu eta etxera eramango gintuen autobuserako txartelak lortu genituen. Azkenean, Donostiara iritsi ginen eta hantxe genituen etxeok eta lagunak gure zain.

Kristina Zuza

ARGAZKI ESTETIKOA

Argazki probak, konexioak Internet bidez, Eguzkiaren jardueraren jarraipena Donostiatik, auroren soinua grabatzea, 35 mm eta formatu ertaineko kamerak, prentsa idatzia eta ikus-entzunezkoa, dokumentala, hotzaren frogak -15°C-tan: Aurora 2001, horixe da gure proiektua. Eklipse 99, gure azken espediziotik bi urte igaro ondoren, ekimen berri bat izan du Aranzadi Zientzi Elkartearen Astronomia Sailak. Prestaketa lanetan urte luzea eman ondoren, iritsi da azkenean Kanadako Ipar-mendebaldeko lurralde hotzetara eramango gaituen bidaia hasteko ordua.

El día 29 de septiembre, Julia e Iñigo volvieron a casa por motivos de trabajo y el resto nos quedamos 10 días más, pero no en el campamento de Rae, decidimos movernos por los alrededores. Por un lado, queríamos nuevos escenarios para las auroras y, además, queríamos huir del mal tiempo que parecía se había estancado en Rae, porque, eso también hay que contarlo, los lugareños no recordaban un Otoño tan lluvioso desde años atrás.

Pasamos unos días en Fort Providence a las orillas del caudaloso río Mackenzie donde durante un par de días pudimos ver auroras con la Luna llena y un tiempo aceptable. Lo que no fue tan aceptable fue el estado de la batería del coche, el alternador dijo que ya no trabajaba más y el coche se quedó sin baterías y cuando se acabó la aurora no nos quedó más remedio que meternos en el coche y esperar que al amanecer alguien pasara para llevarnos al pueblo.

No sin más problemas con la batería en los días siguientes, regresamos a Yellowknife para coger el avión de vuelta el 7 de octubre. Fuimos a facturar “los ataúdes” con miedo de que no nos lo permitieran después de las estrictas normas de seguridad impuestas a raíz de los atentados del 11 de Septiembre. No nos faltó razón, nos tuvieron de un lado a otro; parecía que nadie quería responsabilizarse de aquellas cajas, casi perdimos el avión, pero al final lo conseguimos.

Esta vez hicimos una escala más, además de en Edmonton, también hicimos escala en Calgary donde pasamos gran parte del día y aprovechamos para conocer una ciudad de verdad. Después de hacer escala en Londres y correr por Heatdrow para no perder el avión a Madrid, conseguimos billetes para el autobús a casa después de tomar un buen café y llegamos a Donostia donde nos esperaban familiares y amigos.

Kristina Zuza

FOTOGRAFÍA ESTÉTICA

Pruebas fotográficas, conexiones vía Internet, seguimiento de la actividad Solar desde Donostia, grabación del sonido de las auroras, cámaras de 35 mm y de formato medio, prensa escrita y audiovisual, documental, pruebas de frío a -15°C : Aurora 2001, es nuestro proyecto. Después de dos años desde la última expedición, Eclipse 99, surge una nueva iniciativa desde el Departamento de Astronomía de Aranzadi Zientzi Elkartea. Tras un largo año de preparativos es el momento de emprender el viaje que nos llevará a los fríos territorios del Noroeste de Canadá.



- **Objektua:** IBC = 3 motako Aurora, Ilargia eta etxolak.
- **Objektiboa:** Nikkor 16 mm f/2.8.
- **Kamera:** Nikon F3.
- **Pelikula:** Kodak Ektachrome E200 - 400.
- **Esposizio-denbora:** 30 segundo.
- **Teknika:** Kamera tripode gainean.
- **Kokalekua:** Oinarritzko kanpamendua, Raetik 5 km-ra (Kanada).
- **Eguna:** 2001/9/28. Egilea: Iñaki Lizaso.

- **Objeto:** Aurora tipo IBC = 3, Luna y cabañas.
- **Objetivo:** Nikkor 16 mm f/2.8.
- **Cámara:** Nikon F3.
- **Película:** Kodak Ektachrome E200 a 400.
- **Tiempo de exposición:** 30 segundos.
- **Técnica:** Cámara sobre trípode.
- **Localización:** Campamento base, a 5 km de Rae (Canadá).
- **Día:** 28/9/2001. Autor: Iñaki Lizaso.

Agian baten batek bere buruari galdetuko dio: eta zergatik Aurorak? Ongi da, lehenengo eta behin, esan behar da fenomeno astronomikoa dela, eta oso ikusgarria izateaz gainera, orain arte ez dela askorik aztertu, eta batez ere, oso gutxi dokumentatua dagoela. Bestalde, zientzialariak egunetik egunera ahalegin handiagoak egiten ari dira Eguzki Haizearen (Eguzkiak igortzen dituen partikula kargatu eta azeleratuak) eta lurraren eremu magnetikoaren arteko elkarreraginaren portaera ulertzeko, gizakiak asmatutako gailuen portaera ona alda baitezake horrek.

Quizás alguien se pregunte: ¿y por qué las Auroras? Bien, en primer lugar es un fenómeno astronómico, que además de ser muy espectacular, es relativamente poco estudiado y, sobre todo, poco documentado. Por otro lado, los científicos se esfuerzan cada día más en entender el comportamiento de la interacción del Viento Solar (partículas cargadas y aceleradas emitidas por el Sol) y el campo magnético terrestre, ya que puede alterar el buen comportamiento de los dispositivos ideados por el ser humano.

Baina bestalde, oso fenomeno ikusgarria eskaintzen digu eremu magnetikoaren kaos honek: Aurora. Esan daiteke, fenomeno fisiko hori aztertzean ezagutzak lortzen ari garela Lurraren eta Eguzkiaren arteko elkarreragin hori ulertzeko.

Jakin badakigu gure lanak dibulgazio lana izan behar dela, zientzia lana baino gehiago. Horixe da, hain zuzen ere, proiektu honen arrazoia: dibulgazioa eta dokumentazioa.

Argazkigintza

Espedizio honetan egindako lanetako bat argazkiak izan dira. Zehatz adierazteko, hiru moldeko argazkiak egin ditugu: Formatu ertainean (Kristina Zuza), argazki zientifikoak 35 mm-ko formatu estandarrean (Iñigo Vidal) eta argazki estetikoak 35mm-ko formatu estandarrean, eta horixe da, hain zuzen ere, niri egokitu zaidana.

Aurorak eta paisaiak, zuhaitzak, aintzirak, espedizio kideak lanean, etxolak, Ilargia, hodeiak eta abar enkoardatze berean kokatzea da argazkigintza estetikoa.

Horrek esan nahi du, alde batetik, eremu handi bat estali behar dela, horixe baita enkoardatze berean aurorak eta paisaiak azaltzeko modu bakarra; eta bestalde, halako esposizio-denbora jakin batzuk erabili behar direla, baina horiek aurrerago azalduko ditugu.

Argazkigintza-materiala

Hasteko, behatokian egongo ziren meteorologia baldintzak jasateko modukoa izan behar zuen Kanadan erabili beharreko argazkigintza-material guztiak. Espedizioak bazekien behaketa gehienak oso tenperatura baxuetan egingo zirela, eta tenperatura baxuek alda dezaketela argazki kamera, objektibo, pila eta gainerako gailuen funtzionamendu ona.

Ildo horretatik, tenperatura baxuan probak egin genituen bi industria izozkailutan. Lehenengoan tenperatura zero gradukoa zen. Argazkigintza-material guztia 30 minutuz baldintza horietan eduki genuen, eta ikusi genuen oso ondo funtzionatzen zuela. Bagenekien, lehen proba horretan, materialak behar bezala funtzionatzeko aukera handiak genituela; Pirinioetan egindako behaketen esperientzia baikenuen, eta han tenperatura -6 gradu zentigradu eta beheago jaisten da neguan.

Pero por otro lado, este caos de campo magnético nos proporciona un fenómeno muy espectacular: la Aurora. Se puede decir que estudiando este fenómeno físico estamos aportando conocimiento para la comprensión de la interacción Tierra - Sol.

Somos conscientes de que nuestra labor debe ser más divulgativa que científica. Es la razón de este proyecto: divulgación y documentación.

Fotografía

Uno de los trabajos desarrollados en la expedición ha sido fotografía y concretamente se han desarrollado tres tipos: En formato medio (Kristina Zuza), científica en formato estándar 35 mm (Iñigo Vidal) y estética en formato estándar 35mm, que es la que me ha correspondido a mí.

La fotografía estética es situar en un mismo encuadre auroras y paisaje, árboles, lagos, miembros de la expedición trabajando, cabañas, Luna, nubes, etc..

Esto exige por un lado cubrir un gran campo, ya que es la única forma de que en el encuadre aparezcan auroras y paisaje, y por otro el empleo de ciertos tiempos de exposición que más adelante se detallan.

Material Fotográfico

En primer lugar, todo el material fotográfico que se usó en Canadá, debía ser muy resistente a las condiciones meteorológicas que se darían en el lugar de observación. La expedición era consciente de que la mayoría de las observaciones se harían a bajas temperaturas, y las bajas temperaturas pueden alterar el buen funcionamiento de las cámaras fotográficas, objetivos, pilas y demás dispositivos.

En este sentido, se realizaron pruebas a baja temperatura en dos congeladores industriales. En el primero la temperatura era de cero grados. Sometimos todo el material fotográfico durante 30 minutos a esas condiciones y comprobamos que funcionaba perfectamente. Sabíamos que, en esta primera prueba, la probabilidad de que el material funcionara correctamente era alta; por la experiencia que tenemos de realizar observaciones en Pirineos, donde la temperatura en invierno suele bajar a -6 grados centígrados o menos.



- **Objektua:** IBC = 3 motako Aurora, paisaia Ilargiak argizatua.
- **Objektiboa:** Nikkor 16 mm f/2.8.
- **Kamera:** Nikon F3.
- **Pelikula:** Kodak Ektachrome E200 - 400.
- **Esposizio-denbora:** 40 segundo.
- **Teknika:** Kamera tripode gainean.
- **Kokalekua:** Mackenzie ibaiko Ferrya, Fort Providencetik 5 km-ra (Kanada).
- **Eguna:** 2001/9/25. Egilea: Iñaki Lizaso.

- **Objeto:** Aurora tipo IBC = 3, paisaje iluminado por la Luna.
- **Objetivo:** Nikkor 16 mm f/2.8.
- **Cámara:** Nikon F3.
- **Película:** Kodak Ektachrome E200 a 400.
- **Tiempo de exposición:** 40 segundos.
- **Técnica:** Cámara sobre trípode.
- **Localización:** Ferry del Río Mackenzie, a 5 km de Fort Providence (Canadá).
- **Día:** 25/9/2001. Autor: Iñaki Lizaso.

Beste izozkailu batean ere egin genituen probak, oraingo honek -15°C -ko temperatura zuen barnean. Gogoan dut 2001eko abuztua zela, oso eguraldi sargoria egiten zuen, eta argazkigintza-materiala: tripodea kamerarekin, objektiboa eta kliskagailua, jartzera sartzea izugarria zen, eta are gehiago kamiseta hutsean joaten bazinen, hotz lehor hura arnasa mozteko modukoa zen, eta barruan ezin genituen 2 minutu baino gehiago jasan. Handik bi ordura, etxera iritsi nintzenez, nire kamerak hotz zeuden orain-

Hicimos comprobaciones también en otro congelador que regulaba la temperatura en su interior a -15°C . Recuerdo que era agosto de 2001, día muy bochornoso, entrar a colocar el material fotográfico: trípode con cámara, objetivo y disparador era criminal y más si uno lo hace con una simple camiseta, un frío seco que corta la respiración, no se aguantaba más de 2 minutos dentro, dos horas después, cuando llegué a casa, mis cámaras todavía estaban frías. Ahora bien, si entrar era duro, salir era como entrar en un

dik. Hori bai, sartzea gogorra bazen, ateratzea labe batean sartzea bezala zen, bero-bolada batek jotzen zintuen aurrepian, erreko bazintu bezala.

Azken proba honetan ere, 30 minutu igaro ondoren, ikusi genuen materialak, kamera eta objektiboak batik bat, behar bezala funtzionatzen zuela. Hori bai, zuri-zuria atera zen: erabat izoztua.

Nire lana aurrera eramateko erabili nuen materiala bi kamera, hiru objektibo, bi kliskagailu eta bi tripode izan ziren. Egia esan, aldi berean bi ekipo erabiltzeak lana zertxobait zaildu dezake; izan ere, esate baterako, bi esposizio-denbora hartu behar dira kontuan (ia beti desberdinak), datuak orri batean jaso behar dira eta abar. Itogarria izan daiteke, erritmoa izugarria baita, esposizioa bukatu, enkadre berria bilatu eta berehala berriro ere kliska egin aurreko argazkiaren datuak jasotzeko. Une batzuetan lanarekin ez da bat ere gozatzen, eta are gutxiago aurorek eskaintzen duten ikuskizunarekin, baina nolana ere, bi ekipo izatea eskertzekoa da, argazki gehiago lor baitaitezke.

Erabili nituen kamerak bi Nikon F3 izan ziren, kamera horiek gogorrak baitira benetan. Ez dut gogoan kameraren gidaliburuak behar bezala funtzionatzeko temperatura maila zehazten duen ala ez, baina nik egiaztatu dut -15 gradu zentigradutik 52 gradu zentigradu arte (Errumania: Eclipse 99) oso ondo funtzionatzen duela.

Hiru Nikkor objektibo erabili nituen, 16 mm f/2.8 arrainbegi, 28 mm f/1.4 eta 28 mm f/2.8. Hiruak ere behar bezala funtzionatu zuten temperatura baxuetan, baina nolana ere, Kanadan -7°C egin zituen gau hotzenean. Zortea izan genuen...

horno, una ola de calor golpeaba en la cara con la sensación de quemarte.

En ésta última prueba y después de 30 minutos, también todo el material funcionó correctamente, básicamente cámara y objetivo. Eso sí, salió blanco: literalmente congelado.

El material utilizado para llevar a cabo mi tarea eran dos cámaras, tres objetivos, dos disparadores y dos trípodes. La verdad es que el uso de dos equipos paralelamente puede llegar a complicar algo la tarea, ya que por ejemplo hay que contar dos tiempos de exposición (casi siempre diferentes), apuntar en una hoja los datos etc. Puede llegar a ser estresante, ya que el ritmo es frenético, acabar la exposición, buscar el encuadre nuevo y enseguida volver a disparar para apuntar los datos de la foto anterior. Hay momentos en los que no se disfruta en absoluto del trabajo y menos del espectáculo de las auroras, pero se agradece el hecho de tener dos equipos ya que se puede obtener mayor cantidad de fotos.

Las cámaras que usé fueron dos Nikon F3 y, en este sentido, son realmente resistentes. No recuerdo si el manual especifica cual es el rango de temperaturas en las que funciona correctamente pero tengo comprobado que desde -15 grados centígrados hasta 52 grados centígrados (Rumania: Eclipse 99) lo hacen a la perfección.

Utilicé tres objetivos Nikkor, 16 mm f/2.8 ojo de pez, 28 mm f/1.4 y 28 mm f/2.8. Todos funcionaron correctamente a bajas temperaturas, aunque la noche más fría en Canadá fue de -7°C. Tuvimos suerte...



- **Objektua:** IBC = 2 motako Aurora.
- **Objektiboa:** Nikkor 28 mm f/2.8.
- **Kamera:** Nikon F3.
- **Pelikula:** Kodak Ektachrome E100VS.
- **Esposizio-denbora:** 50 segundo.
- **Teknika:** Kamera tripode gainean.
- **Kokalekua:** Ingraham Trail, Yellowknifetik 30 km-ra (Kanada).
- **Eguna:** 2001/9/25. Egilea: Iñaki Lizaso.

- **Objeto:** Aurora tipo IBC = 2.
- **Objetivo:** Nikkor 28 mm f/2.8.
- **Cámara:** Nikon F3.
- **Película:** Kodak Ektachrome E100VS.
- **Tiempo de exposición:** 50 segundos.
- **Técnica:** Cámara sobre trípode.
- **Localización:** Ingraham Trail, a 30 km de Yellowknife (Canadá).
- **Día:** 25/9/2001. Autor: Iñaki Lizaso.

Garbi neukan espedizioan 16 mm-ko arrainbegi-objektiboa beharko nuela nire lana egiteko, objektibo horrek eremu handia hartzen baitu (180 gradu diagonalean). Hori bai, zeruan hainbesteko angelua estaltzen duen objektibo bat izatea abantaila handia bazen ere, eragozpen bat ere bazuen: objektibo hori erabiltzeak, esposizio-denborak izugarri handitu beharra eskatzen du; modu errazean azaltzeko, esan dezagun zenbat eta angelu handiago hartu “orduan eta zeru beltz handiagoa hartzen duela”. Esposizio-denbora luze batek arazoak sor ditzake, lehenengo, erabiltzen den argazki pelikulak nahi ez den koloreren bat aurkez dezakeelako esposizio-denbora horietarako, eta esposizio-denbora murrizteko pelikula-

Tenía claro que necesitaría un ojo de pez 16 mm para realizar mi tarea en la expedición, debido al gran campo que cubre (180 grados en diagonal). Ahora bien, aunque un objetivo que cubre tanto ángulo en el cielo era una ventaja, presentaba otro gran inconveniente: El hecho de usarlo, implica tener que aumentar de forma espectacular los tiempos de exposición, digamos para explicarlo de forma sencilla que cuanto más angular “recoge más cielo negro”. Un tiempo de exposición largo puede ser un problema, primero porque la película fotográfica que se emplea puede presentar para esos tiempos de exposición algún dominante de color no deseado, y si aumentamos mucho la sensibilidad de la película para disminuir el

ren sentsibilitatea asko igotzen badugu, berriz, gehiegizko maila azaltzen du (ikus argazki pelikula aukeratzea).

28 mm-ko objektiboak aukeratu nituen angeluarrak direlako, eta bereziki, fotograman 16 mm-ko arrainbegi gisa eratzten den irudia ez dutelako hainbeste distorsionatzen. Zehatz adierazteko, bi erabili nituen, 28 mm f/2.8, objektibo horrek esperientzia izateagatik, horixe baita topatu dudan angeluar hoberenetako bat; eta 28 mm f/1.4, argitasun handia izateagatik.

Argazki Pelikula aukeratzea

Bi argazki pelikula desberdin aukeratu nituen, erabilitako objektiboen ezaugarriengatik. Egin behar nuen lana aurrera eramateko, ez zen bat ere beharrezkoa pelikulak sentsibilitatea handiegia izatea, argazki estetikoak egiteko ez baita garrantzitsua aurora mugitua azaltzea, eta gainera batzuetan interesgarria ere izaten da.

Hona hemen argazki pelikulak bete behar zituen ezaugarriak 16 mm f/2.8 objektiboarekin erabiltzeko:

- Kolore nagusirik ez izatea 2 - 3 minutuko esposiziorako.
- Sentsibilitate ertaina pikorrik ez izateko.
- Ahal izanez gero, elkarrekikotasun ona.

Argazki pelikula aukeratzeko orduan nire esperientzia pertsonala hartu nuen oinarritzat, zeru sakonaren astroargazkia egiteko erabiltzen dudana pelikula Kodaken Ektachrome E200 da pausu bat behartua (320 ASA). Pelikula horretan ongi inpresionatzen dira kolore gorria nahiz berdea eta urdina, baina batez ere kolore nagusi neutroa du. Pikor apur bat badu, baina edozein 800 ASA pelikulak baino askoz gutxiago.

Hona hemen argazki pelikulak bete behar zituen ezaugarriak 28 mm f/2.8 eta 28 mm f/1.4 objektiboekin erabiltzeko:

- Koloreen saturazio ona.
- Kontraste ona.
- Sentsibilitate txikia pikorrik ez izateko.

Ezagutzen ditudan pelikuletatik, Kodaken Ektachrome E100VS da koloreak hoberen saturatzen dituen eta kontraste handiena eskaintzen duena. Baina edozein 100 ASA pelikulak baino pikor gehiago du. Fukiren Provia 100F pelikulak ia ez du pikorrik, baina koloreak gutxiago saturatzen ditu eta E100VS-k baino kontraste txikiagoa eskaintzen du. E100VS aukeratu nuen, batik bat koloreak benetan ongi saturatzen dituelako eta kontraste egokia eskaintzen duelako; eta hori oso garrantzitsua zen aurkezten ziren aurorak argitasun aldetik ahul samarrak baziren (baina zorionez ez zen horrelakorik gertatu).

tiempo de exposición, presenta grano exagerado (ver elección de película fotográfica).

Elegí objetivos 28 mm por ser angulares y sobre todo porque no distorsionan tanto la imagen que se forma en el fotograma como un ojo de pez 16 mm. Usé dos concretamente, el 28 mm f/2.8 por tener experiencia personal con este objetivo, uno de los mejores angulares con los que me he encontrado y un 28 mm f/1.4 por su gran luminosidad.

Elección de la Película Fotográfica

Opté por dos películas fotográficas diferentes por las características de los objetivos utilizados. Para el trabajo que iba a realizar, no era preciso para nada abusar de la sensibilidad de la película, ya que para fotos estéticas no es importante que la aurora aparezca movida, incluso a veces interesa.

Características que debía cumplir la película fotográfica para el 16 mm f/2.8:

- No presentar dominante de color para 2 - 3 minutos de exposición.
- Sensibilidad media para evitar grano.
- A ser posible buena reciprocidad.

La base para seleccionar la película fotográfica fue mi experiencia personal, la película que suelo usar para hacer astrofotografía de cielo profundo es la Ektachrome E200 de Kodak forzada un paso (320 ASA). Es una película en la que impresiona bien tanto el rojo como el verde y azul, pero sobretodo tiene un dominante de color neutro. Tiene algo de grano, pero bastante menos que cualquier película de 800 ASA.

Características que debía cumplir la película fotográfica para el 28 mm f/2.8 y el 28 mm f/1.4:

- Buena saturación de colores.
- Buen contraste.
- Sensibilidad baja para evitar grano.

De las películas que conozco, Ektachrome E100VS de Kodak es la que más satura los colores y más contraste ofrece. Pero tiene el inconveniente de tener más grano que cualquier película de 100 ASA. La Provia 100F de Fuji tiene un grano casi inexistente, pero satura bastante menos los colores y ofrece menos contraste que la E100VS. Seleccioné la E100VS primero porque satura realmente bien los colores y por el contraste que ofrece; un punto muy importante si las auroras que se presentaban eran más bien débiles en cuanto a su luminosidad (cosa que no ocurrió afortunadamente).



- **Objektua:** IBC = 2 motako Aurora, Ilargia eta autoa pasatzen.
- **Objektiboa:** Nikkor 16 mm f/2.8.
- **Kamera:** Nikon F3.
- **Pelikula:** Kodak Ektachrome E200 - 400.
- **Esposizio-denbora:** 2 minutu.
- **Teknika:** Kamera tripode gainean.
- **Kokalekua:** Ingraham Trail, Yellowknifetik 30 km-ra (Kanada).
- **Eguna:** 2001/9/25. Egilea: Iñaki Lizaso.

Esposizio-denbora

2000ko martxoko Sky & Telescope aldizkaritik hartu genituen esposizio-denborak. Zenbaki horretan, eta zehatz adierazteko, 46. orrialdean, bi taula datoz, horietako batean objektibo arrunt batentzako (50 mm) eta 400 ASA pelikula batentzako gomendatzen diren denborak eta objektiboaren argitasun desberdinak azaltzen dira, hori guztia aurora motaren (IBC) arabera betiere. Beste taulan, berriz, esposi-

- **Objeto:** Aurora tipo IBC = 2, Luna y coche pasando.
- **Objetivo:** Nikkor 16 mm f/2.8.
- **Cámara:** Nikon F3.
- **Película:** Kodak Ektachrome E200 a 400.
- **Tiempo de exposición:** 2 minutos.
- **Técnica:** Cámara sobre trípode.
- **Localización:** Ingraham Trail, a 30 km de Yellowknife (Canadá).
- **Día:** 25/9/2001. Autor: Iñaki Lizaso.

Tiempos de Exposición

Los tiempos de exposición se tomaron de la revista de astronomía Sky & Telescope de Marzo de 2000. En este número, y concretamente en la página 46 vienen dos tablas, una donde están los tiempos recomendables para un objetivo normal (50 mm), para una película de 400 ASA y distintas luminosidades del objetivo en función todo ello del tipo de aurora (IBC). En la otra tabla vienen

zio-denbora horiek beste foku batzuetara bihurtzeko erlazio eraginkorrak azaltzen dira.

IBC = 1 motako Aurora: aurora ahula ikusezina lehen begiratu batean.

IBC = 2 motako Aurora: distiratsua Esne-bidearen antzekoa.

IBC = 3 motako Aurora: Esne-bidea baino distiratsua goak, koloreak bereizten dira.

IBC = 4 motako Aurora: itzala sortzen dute.

Objektibo arrunt batentzako gomendatzen diren esposizio-denborak

Auroraren distira (IBC)	f/1.4	f/2	f/2.8
1	15-25	20-30	40-60
2	4-8	8-15	20-30
3	1-2	2-4	5-10
4	1/4- ₋	₋ 1	2-3

Esposizio-denborak aldatu egin ziren auroren distiraren arabera. 100 ASA pelikulako 28 mm f/2.8 objektiborako erabili genituen denborak 40 segundo eta 80 segundo artekoak izan ziren, eta 28 mm f/1.4 objektiborako 20 eta 45 segundo artean. 16 mm f/2.8 objektiboarekin eta 400 ASA pelikularekin, berriz, 2 eta 3 minutu arteko denborak erabili genituen. Denbora horiek Ilargirik ez zegoen egunetarako izan ziren, jakina. Ilargia zegoen egunetan, hauxe da, azken bi asteetan, Ilargirik gabeko egunetan erabilita-koen erditik behera jaisten dira denborak.

relaciones efectivas para convertir estos tiempos de exposición a otras focales.

Aurora tipo IBC = 1: aurora tenue invisible a simple vista.

Aurora tipo IBC = 2: brillante como la Vía Láctea.

Aurora tipo IBC = 3: más brillantes que la Vía Láctea, se diferencian colores.

Aurora tipo IBC = 4: producen sombra.

Tiempos de exposición recomendados para un objetivo normal en segundos.

Brillo de la aurora (IBC)	f/1.4	f/2	f/2.8
1	15-25	20-30	40-60
2	4-8	8-15	20-30
3	1-2	2-4	5-10
4	1/4- ₋	₋ 1	2-3

Los tiempos de exposición fueron variables, en función del brillo de la aurora. Para el 28 mm f/2.8 con 100 ASA los tiempos usados fueron entre 40 segundos y 80 segundos, para el 28 mm f/1.4 entre 20 y 45 segundos. Con el 16 mm f/2.8 y película de 400 ASA los tiempos anduvieron entre 2 y 3 minutos. Estos tiempos son por supuesto para los días que no hubo Luna. Los días con Luna, últimas dos semanas, bajan a más de la mitad de los tiempos que se emplearon para los días sin Luna.



- **Objektua:** IBC = 3 - 4 motako Aurora, Tauro, Saturno eta Jupiter aintziran islatua.
- **Objektiboa:** Nikkor 28 mm f/2.8.
- **Kamera:** Nikon F3.
- **Pelikula:** Kodak Ektachrome E100VS.
- **Esposizio-denbora:** 30 segundo.
- **Teknika:** Kamera tripode gainean.
- **Kokalekua:** Raeko aintzira (Kanada).
- **Eguna:** 2001/9/28. Egilea: Iñaki Lizaso.

Eclipse 99 bezalaxe, Aurora 2001 ere esperientzia izugarria, bizia eta aberasgarria izan da benetan, eta horrenbestez, bihotzez eskertzen dut Aranzadi Zientzi Elkartearen Astronomia Sailak eskaini didan aukera.

Era berean, nire lagunei eskerrak eman nahi dizkiet, oraingoan ere, zuen laguntzarik gabe hau ezin izango bainuen aurrera eraman.

Aita, badakit bitzako esperientzia hauek guztiak ezagutzea gustatuko zitzaizula, zure oroimenez, honako lerro hauek eskaintzen dizkizut.

- **Objeto:** Aurora tipo IBC = 3 - 4, Tauro, Saturno y Júpiter reflejado en el lago.
- **Objetivo:** Nikkor 28 mm f/2.8.
- **Cámara:** Nikon F3.
- **Película:** Kodak Ektachrome E100VS.
- **Tiempo de exposición:** 30 segundos.
- **Técnica:** Cámara sobre trípode.
- **Localización:** Laguna de Rae (Canadá).
- **Día:** 28/9/2001. Autor: Iñaki Lizaso.

Al igual que Eclipse 99, Aurora 2001, ha sido una experiencia increíble, intensa y muy enriquecedora, por tanto no tengo más que agradecer la oportunidad que me ha ofrecido el Departamento de Astronomía de Aranzadi Zientzi Elkarte.

Así mismo, agradecer a mis amigos/as, porque una vez más, esto no habría sido posible sin vuestro apoyo.

Aita, sé que te habría gustado conocer todas estas experiencias vividas, en recuerdo a tu memoria te dedico estas líneas.

Gure artean egon ez arren
gertu sentitzen zaitut aita;
zugan dut behar dudana bizipoza.

Bihotz-bihotzez, Iñaki.

Iñaki Lizaso Iburguren

ARGAZKIA FORMATU ERTAINEAN

Espedizioaren helburu nagusi gisa dibulgazioa hartuta, pentsatu genuen garrantzitsua zela gure espedizioaren lanaren atalik deigarriena, hauxe da, Irudia, indartzea.

Bideoarekin eta formatu estandarrean argazki modalitate desberdinekin ahal genuen guztia hartzen saiatu ginen, baina beste aukera batzuk ere geratzen zitzaizkigun, formatu ertaina, esate baterako. Argazki formatu hori norma-

Gure artean egon ez arren
gertu sentitzen zaitut aita;
zugan dut behar dudana bizipoza.

Bihotz-bihotzez, Iñaki.

Iñaki Lizaso Iburguren

FOTOGRAFÍA EN FORMATO MEDIO

Con la divulgación como objetivo principal de la expedición, creímos importante reforzar la parte más llamativa del trabajo de nuestra expedición: La imagen.

Intentamos abarcar lo más posible con el video y las distintas modalidades de fotografía en formato estándar pero quedaban otras posibilidades, por ejemplo el formato medio. Un formato de fotografía no utilizado habitual-



Aurora oso aktiboa IBC 3+. 2001ko irailaren 18a. Mamiya formatu ertaineko kamerarekin egina eta 35 mm.ko objektiboa f/3.5era jarria. Fujifilm Fujichrome Provia 400 F pelikula 800era. 20 segunduko esposizio denbora. Egilea: Kristina Zuza.

Aurora muy activa IBC 3+. 18 de septiembre del 2001. Fotografía hecha con la cámara de fotos Mamiya y objetivo de 35 mm. a f/3.5. Película Fujifilm Fujichrome Provia 400 F a 800. 20 segundos de exposición. Autora: Kristina Zuza.



Kokore berezietako aurora eta ilargia ateratzen. 2001eko irailaren 25a. Mamiya formatu ertaineko kamerarekin egina eta 35 mm.ko objektiboa f/3.5.Sera jarria. Fujifilm Fujichrome Provia 400 F pelikula 800era. 40 segunduko esposizio denbora. Egilea: Kristina Zuza.

Aurora de colores poco comunes con la Luna saliendo del horizonte. 25 de septiembre del 2001. Fotografía hecha con la cámara de fotos Mamiya y objetivo de 35 mm. a f/3.5. Película Fujifilm Fujichrome Provia 400 F a 800. 40 segundos de exposición. Autora: Kristina Zuza.

lean ez dute erabiltzen zaleek, baina profesionalek izugarri estimatzen dute kamerek eskaintzen duten kalitatearengatik eta formatu horietan lantzen dituzten optikengatik.

Zer da, ordea, formatu ertaina? Argazki estandarraren antzekoa da ia guztian, erabiltzen den negatibo mota da alde bakarra, eta negatibo mota horrek behartuta, besta era bateko kamerak eta objektiboak erabili behar dira halaber. Pelikula motari dagokionean, argazki bakoitzak pelikula horretan hartzen duen tamaina da aldea. Formatu estandarra 35 mm-ko gisa ezagutzen da halaber, bere pelikulak espazio hori gordetzen baitu argazki bakoitzarentzako; formatu ertainean, berriz, 6 mm x 4.5 mm-ko espazioa hartzen du argazki bakoitzak pelikulan.

Argazkiak egiten aritu ginen hirurotako bakoitzak oso argi geneukan gure lana zein izango zen, oso antzekoa, baina hasiera-hasieratik oso ongi bereizia eta helburu des-

mente por aficionados pero muy apreciado por los profesionales por la calidad que ofrecen las cámaras y las ópticas que trabajan en estos formatos.

¿Qué es el formato medio? Es un tipo igual a la fotografía estándar en casi todo, sólo lo diferencia el tipo de negativo que se usa y forzado por este tipo de negativo, también es necesario usar otro tipo de cámaras y objetivos. El tipo de película se diferencia en el tamaño que ocupa cada foto en ésta. El formato estándar es también conocido como el de 35 mm pues su película tiene este espacio reservado para cada fotografía, en el formato medio el espacio en la película para cada foto es de 6 mm x 4.5 mm.

Cada uno de los tres que hicimos fotografía tuvimos muy claro cual iba a ser nuestro trabajo, parecido pero bien diferenciado desde un principio y con distintos objetivos. En mi caso y teniendo en cuenta que la fotografía están-



Mamiya 645 kamera.
Egilea: Kristina Zuza.

Cámara Mamiya 645.
Autora: Kristina Zuza.

berdinekin. Nire kasuan, eta gogoan izanik argazki estandarrek jada kontuan hartzen zuela estetika nahiz argazki azkarra, auroraren formak eta berezitasunak behar bezala jaso ahal izateko, garbi geneukan ikuspegiaren aldetik formatu ertainekoak ez zigula ezer berririk eskainiko, bai ordea teoria aldetik eta handitzeko orduan lortuko genuen kalitatearen aldetik. Argazkiak gutxiago handitu beharko genituen pelikula handiagoa zelako.

Argazkigintza-materiala

Formatu ertaina aukera baliagarria zela erabaki ondoren, zein material erabili aztertu behar genuen. Lehen aipatu dudana bezala, formatu hori ez da ohikoa zaleen artean. Materiala Kutxaguneak eman zigun, zientziaren museoak, ekonomia aldetik ezin baikenuen kalitate handi hori

dar ya estaba teniendo en cuenta tanto la estética como la fotografía rápida para buscar las formas y peculiaridades de la aurora, éramos conscientes que la de formato medio no iba a aportar nada nuevo en cuanto a lo visual pero si en cuanto a lo técnico y a la calidad que íbamos a conseguir a la hora de la ampliación. Tendríamos que ampliarlas menos ya que la película es mayor.

Material Fotográfico

Una vez decidido que el formato medio era una opción válida, teníamos que ver qué material utilizar. Como ya he citado anteriormente, no es un formato habitual entre los aficionados. El material nos fue cedido por Kutxaespacio, el museo de la ciencia, pues económicamente no podíamos acceder a esta gran calidad. El seleccionado conjuntamen-



eskuratu. Museoarekin batera aukeratu genuena Mamiya 645 argazki kamera izan zen, 35 mm f/3.5 objektiboarekin eta hiru xasisekin, bata 30 argazki edo 220-koa eta bi 15 argazki edo 120-koak. Horrez gainera, tripode bat eta kliskagailu bat ere erabili nituen.

Funtzionamenduari dagokionean, reflex-kamera baten berdina da argazki-kamera, eskuzkoa erabat, fotometririk gabea. Gaez argazkiak egiteko ez nuen inolako arazorik izan, aurora mota desberdinentzako esposizio-denboren taula batzuez gidatu baikinen. Baina egunez dokumentazio argazkiak egiteko, eskuzko fotometro bat behar izan nuen. Formatu estandarreko kamerek ez duten desberdintasun bat badu horrek; ardatz horizontala alderantzikatua dago bisorean. Hasieran deseroso samarra gerta badaiteke ere, praktika pixka batez konpontzen da hori.

Objektiboari dagokionean, gehiago izatea gustatuko bazitzaigun ere, aukera desberdinekin jokatu ahal izateko, ares-tian aipaturiko muga horiek ez ziguten bat besterik onartzen. 35 mm-koa angeluar handia da, eta formatu ertainean lan egitean 90º-ko esparrua hartzen du; formatu estandarrean 20 mm-koaren parekoa dela esan genezake. Argitasunari dagokionean, f/3.5 bat da. Ezin da esan objektibo argitsua denik, eta horren ondorioz pelikula sentsibleen alorrean egin izan behar genuen aukera.

Material honekin eta nire gainerako lankideenarekin ere hotzaren probak egin genituen, argazkigintza estetikoaren kapituluari xehe azaldu dugun bezala, eta emaitza erabat aldekoa izan zen eta halaxe erakutsi zuten Kanadan.

Aukeratutako materialaz hitz egin dudanean, kamera eta objektiboaz gainera, hiru xasis erabili nituela aipatu dut. Formatu estandarreko argazkietan ez da horrelakorik erabiltzen. Formatu hori erabiltzen dugunean eta pelikula bat erosten dugunean, honek jada badu bere xasisa, metalezko zilindro bat da eta haren barnean ikus daiteke pelikula. Baina formatu ertainean ez da horrelakorik gertatzen. Pelikula bat erosten dugunean, argitik babesteko inolako babesik gabe saltzen digute pelikula hori, eta horixe da, hain zuzen ere, guk ezagutzen dugun zilindro horrek betetzen duen papera. Xasisak ezinbestekoak dira formatu ertainean, pelikulak haietan muntatu eta egokitzen baitira kameran.

Abantaila handi bat badute ohiko pelikulen aurrean. Trukagarriak dira, hauxe da, pelikula eta kamera erabat independenteak dira eta oso modu errazean truka daitezke. Horrek aukera ematen digu aldi berean pelikula desberdinak erabiltzeko edo hainbat kargaturik eduki eta ia momentuan berri bat jartzeko.

Erabilitako xasisetako bi 120 edo 15 argazkikoak ziren. Argazkiak gaez egiteko erabili nituen horiek, sentsibilitate handiko pelikulak formatu horretan soilik saltzen baitira,

te con el museo fue la de una cámara fotográfica Mamiya 645, con un objetivo de 35 mm f/3.5 con tres chasis, uno de 30 fotos o de 220 y dos de 15 fotos o de 120. Además de esto también utilicé un trípode y un disparador.

La cámara fotográfica en cuanto a su funcionamiento es igual que una cámara reflex totalmente manual sin fotómetro. No tuve problemas en cuanto a las fotos nocturnas pues nos guiamos por unas tablas de tiempos de exposición para distintos tipos de auroras. Pero para las fotos diurnas de documentación necesité un fotómetro de mano. Tiene una diferencia que no se da en las cámaras de formato estándar; el eje horizontal está invertido en el visor. Aunque al principio puede resultar un poco incómodo, se soluciona con un poco de práctica.

En cuanto al objetivo, aunque nos hubiera gustado tener más para jugar con diferentes opciones, las limitaciones anteriormente citadas no nos permitían más de uno. El de 35 mm es un gran angular que al trabajar en formato medio abarca un campo de 90º y viene a ser equivalente a un 20 mm en el formato estándar. En cuanto a la luminosidad, es un f/3.5. No se puede decir que sea un objetivo luminoso, esto nos limitó la elección de la película al campo de películas sensibles.

Este material con el del resto de mis compañeros, también fue sometido a las pruebas de frío que se han relatado detalladamente en el capítulo de fotografía estética con un resultado totalmente favorable que mostraron luego en Canadá.

Cuando he hablado del material seleccionado, he mencionado que además de la cámara y el objetivo, también utilicé tres chasis. Estos no se utilizan en la fotografía de formato estándar. Cuando empleamos este formato y compramos una película, ésta ya tiene su chasis, un cilindro de metal por el cual asoma la película propiamente dicha. No ocurre lo mismo con el formato medio. Cuando compramos una película nos venden la película sin ninguna protección que lo preserve de la luz, que es el papel que juega el cilindro que estamos acostumbrados a ver. Los chasis son necesarios en el formato medio, pues es donde se montan las películas y se acoplan a la cámara.

Tienen una ventaja importante frente a las películas habituales. Son intercambiables, esto es, la película es totalmente independiente de la cámara y de manera muy simple se pueden intercambiar, lo cual nos puede permitir utilizar al mismo tiempo películas diferentes o tener varias cargadas y poner una nueva casi de manera instantánea.

Dos de los chasis usados eran de 120 o 15 fotos. Los utilicé para foto nocturna, pues las películas de gran sensibilidad sólo se comercializan en este formato, un poco incó-



Enkoadratzean agertzen ez den Ilargiak eta aurora berde batek argitutako kanpamendua. 2001eko irailaren 28a. Mamiya formatu ertaineko kamera-ekin egina eta 35 mm.ko objektiboa f/3.5era jarria. Fujifilm Fujichrome Provia 400 F pelikula 800era. 60 segunduko esposizio denbora. Egilea: Kristina Zuza.

Campamento iluminado por una aurora verde y la Luna (detrás de la foto). 28 de septiembre del 2001. Fotografía hecha con la cámara de fotos Mamiya y objetivo a f/3.5. Película Fujifilm Fujichrome Provia 400 F a 800. 60 segundos de exposición. Autora: Kristina Zuza.

esan behar da ez dela oso eroso, 15 argazki berehala egiten baitira aurora batek jarduera handia duenean. Nolanahi ere, bi xasis izateak, ahal nuen guztian edo aurorak uzten zidanean kargatu egiten nituen, nolabait ere konpentsatu zuen pelikula argazki gutxiak izateko eragozpen hori.

Hirugarren xasisa 220 edo 30 argazkikoa zen. Hori dokumentazio argazkiak egunez egiteko erabili nuen, pelikula ez zen hain sentisibla, formatu horretan horrelakorik lor baitaiteke. Xasisak aldatzeko aukera izateak oso xamur bihurtu zuen eguneko pelikulak pelikula sentisibletara eta alderantziz aldatzeko lana, eta kamera bera erabiliz auroren argazkiak egin ahal izana genituen.

Argazki Pelikula aukeratzea

Pelikula aukeratzeari dagokionean, garbi geneukan sentisibla samarra izan behar zuela, objektiboaren argitasunak (edo hobeto esanda, argitasun ezak) mugatzen baikintuen.

modo, pues 15 fotos se hacen muy rápido en un momento de gran actividad de una aurora. De todas maneras el hecho de tener dos chasis, siempre que podía o la aurora me lo permitía cargados, compensó de cierta manera el hecho de que la película fuera de pocas fotos.

El tercer chasis era de 220 ó 30 fotos. Este lo usé para fotografía diurna de documentación con una película menos sensible que sí se puede conseguir en este formato. La posibilidad de poder cambiar de chasis hizo muy sencillo el cambio de películas diurnas a películas sensibles para fotografiar auroras y viceversa usando la misma cámara.

Elección de la Película Fotográfica

En cuanto a la elección de la película, teníamos claro que tenía que ser bastante sensible pues estábamos limitados por la luminosidad (o mejor dicho la falta de luminosidad) del objetivo.



Hartz Nagusia zeharkatzen duen aurora batek argitutako horizontea. 2001eko irailaren 28a. Mamiya formatu ertaineko kamerarekin egina eta 35 mm.ko objektiboa f/3.5era jarria. Fujifilm Fujichrome Provia 400 F pelikula 800era. 30 segunduko esposizio denbora. Egilea: Kristina Zuza.

Horizonte iluminado por una aurora en la Osa Mayor. 28 de septiembre de 2001. Fotografía hecha con la cámara de fotos Mamiya y objetivo de 35 mm. a f/3.5. Película Fujifilm Fujichrome Provia 400 F a 800. 30 segundos de exposición. Autora: Kristina Zuza.

Honako ezaugarri hauek bilatu genituen:

- Kolore nagusirik ez izatea 2 minutu inguruko esposizio-etarako.
- Kontraste ona.
- Koloreen saturazio ona.
- Kontuan izanik sentsibilitate handia izan behar zuela, ahalik eta pikor gutxien izan zezala.

Hainbat proba egin genituen merkatuak formatu honentzako eskaintzen dituen 400 ASA pelikulekin, baina proba horiek egiteko orduan arazoak izan genituen. Aurora baten probak nola egin aurorarik ez badago? Gaiaz asko irakurria genuen eta bagenekian Ilargi Beteak argitutako zirruek antzekoa izan daitekeela aurora baten argitasuna, baina kasu honetan argitasuna ez zen garrantzitsua, askoz ere garrantzitsuagoa baitzen pelikularen kolorearen portaera aztertzea.

Argazkiak ilunabarrean egitea aukera ona zela erabaki genuen, kolore-gama handia izango baikenuen auroren aurrean pelikulak nola erantzungo zuen gutxi gora-behera jakiteko. Ilunabarrean argazkiak egitea erraza dirudi,

Las características que buscamos son las siguientes:

- No presentaran ningún color dominante para exposiciones de alrededor de dos minutos.
- Buen contraste.
- Buena saturación de colores.
- Teniendo en cuenta que la sensibilidad tenía que ser importante, el menor grano posible.

Hicimos varias pruebas con las películas que ofrece el mercado para este formato en 400 ASA pero tuvimos problemas a la hora de hacer estas pruebas. ¿Cómo hacer pruebas de una aurora sin aurora? Habíamos leído mucho y sabíamos que la luminosidad de una aurora puede ser parecida a los cirros iluminados por la Luna llena, pero en este caso no era importante la luminosidad, era más importante estudiar el comportamiento del color de la película.

Decidimos que hacer fotos al anochecer era una buena opción pues tendríamos una importante gama de colores para hacernos una idea de cómo podría responder la película ante las auroras. Parece sencillo hacer fotos al atar-

eta Abuztuan halaxe da ipar hemisferioko ia edozein lekutan, Donostian ez ordea. Lehen begiratu batean hain erraza ematen duen lan hori egiteko, hainbat bidaia egin behar izan genituen Nafarroa sakonera.

400 ASA pelikulekin hainbat proba egin genituen, eta pausu bat behartzea erabaki genuen nola erantzuten zuten ikusteko. Hainbat proba eta bidaia egin ondoren, bilatzen genuenera hoberen egokitzen zen pelikula Fujifilm 400F Provia zela erabaki genuen, pausu bat behartua (800 ASAren parekoa gutxi gora-behera). Pelikula horrek benetan ongi erantzun zuen koloreen saturazioari eta kontrastei zegokienean, eta pikor apur bat badu ere, onargarria da lan egin dugun sentsibilitateetan.

Esposizio-denborak

Argazkigintzan lan egin genuen guztiok taula berberak erabiltzen genituen. Argazkigintza estetikoaren alorrean hitz egin dugu haiez, eta taula argi eta garbi azaldu eta adierazia dago.

Hala ere, azpimarratu nahi nuke, arestian aipaturiko kapitulu horretan egin den bezala, 50 mm-ko objektibo baten irekidura desberdinetarako eta auroren argitasun bakoitzetarako dela taula hori. Angeluar handientzako, nabarmen handitu behar dira denbora horiek. Ilargi handia dagoen egunetarako ere ez dute balio tauletan ageri diren esposizio-denbora horiek, Ilargiaren argitasunak pelikula erre baitezake. Ilargia enkoatzen sartzen den argazkietan, gutxi gora-behera erdira jaisten dira esposizio-denborak.

Kristina Zuza

ARGAZKI ZIENTIFIKOA

Gauean oraindik irauten duen argi eta formen ikuskizuna eskaintzen dute Ipar Aurorek. Batzuek forma eta argitasuna berehala aldatzen dute, beste batzuk, berriz, bere horretan mantentzen daitezke eguna argitu arte.

Egin nuen lanak, ipar aurorek hartzen dituzten forma desberdinen argazkiak egitea zuen xede. Zehatz adierazteko, ahalik eta forma eta kolore aldaketa gehien jaso behar nituen. Hain azkar aldatzen direnez, ahalik eta argazki gehien atera behar dira ahalik eta denbora laburrenean.

Materiala

Aukeratu genuen lehenengo gauza argazki-kamera izan zen. Denbora desberdineko esposizioak egiteko aukera eman behar zidan. Badira esposizio-denbora eskuz kon-

decer y lo es en Agosto casi en cualquier sitio del hemisferio norte pero no en Donostia. Esto que a primera vista parece tan sencillo, nos costó varios viajes a la Navarra profunda.

Hicimos pruebas con las películas de 400 ASA y decidimos forzarlas un paso para ver cómo respondían. Después de varias pruebas y sus correspondientes viajes, decidimos que la película que mejor se adaptaba a lo que buscábamos era la Fujifilm 400F Provia, forzada un paso (equivalente más o menos a 800 ASA). Esta respondió realmente bien en cuanto a saturación de colores y contrastes y aunque tiene algo de grano, es aceptable para las sensibilidades en las que hemos trabajado.

Tiempos de Exposición

Todos los que trabajamos en fotografía utilizamos las mismas tablas. En la parte de fotografía estética se habla sobre ellas y la tabla está expuesta y explicada claramente.

Quisiera puntualizar, igual que se ha hecho en el capítulo citado, que esta tabla es para distintas aperturas de un objetivo de 50 mm y cada una de las luminosidades de las auroras. Para grandes angulares, hay que aumentar estos tiempos sensiblemente. Estos tiempos de exposición de las tablas tampoco son válidas para los días de mucha Luna pues la luminosidad de la Luna podría llegar a quemar la película. En las fotos en las que la Luna entra en el encuadre, los tiempos de exposición bajan aproximadamente a la mitad.

Kristina Zuza

FOTOGRAFÍA CIENTÍFICA

Las Auroras Boreales ofrecen un espectáculo de luz y formas que perdura durante la noche. Algunas varían de forma y luminosidad rápidamente, mientras otras pueden mantenerse imperturbables hasta el amanecer.

El objeto del trabajo que realicé era fotografiar las diferentes formas que toman las auroras boreales. Concretamente, captar el mayor número de variaciones de forma y colores. Cambiar tan rápidamente obliga a tomar el mayor número de fotografías en el menor tiempo posible.

Material

La primera elección fue la cámara fotográfica. Debía permitirme realizar exposiciones de diferentes tiempos. Existen cámaras que permiten controlar el tiempo de



*Aktibitate handiko aurora. 2001eko irailaren 11ean sortua. Rae inguruan.
Egilea: Iñigo Vidal.*

*Aurora de alta actividad producida el 11 de septiembre del 2001.
Cercanías de Rae. Autor: Iñigo Vidal.*



Aurora baten koroa. Zenitean sortzen den irudia. Egilea: Iñigo Vidal.

Corona de una aurora. Figura que se forma en el cénit. Autor: Iñigo Vidal.



Rae inguruan aurora oso aktibo bat. 2001eko irailaren 18a. Egilea: Iñigo Vidal.

Aurora muy activa en los alrededores de Rae. 18 de septiembre del 2001. Autor: Iñigo Vidal.



Ilargiaz argitutako aurora bat. 2001eko irailaren 28a. Egilea: Iñigo Vidal.

Aurora activa con la luz de la Luna reflejada. 28 de septiembre del 2001. Autor: Iñigo Vidal.

trolatzeko aukera ematen duten kamerak. Nik neuk ireki eta ixten nuen obturadorea. Azkenean, Nikon F3 aukeratu genuen. Elementu elektronikorik gabeko kamera da, erabat eskuzkoa eta hotzaren aurrean erresistentzia handikoa. Bi F3 gorputz erabiltzea erabaki nuen 2 optika desberdinekin eta pelikula-sentsibilitate desberdinekin aldi berean lan egin ahal izateko.

Kontuan hartu beharreko beste puntu bat ipar aurorek zeruan hartzen duten tamaina da. Halatan, objektibo desberdinekin lan egin behar genuen ahalik eta hoberen enkoadratu ahal izateko. Horretarako, honako Nikon objektibo hauek aukeratu nituen:

- 16 mm f/2.8
- 20 mm f/2.8
- 35 mm f/2
- 50 mm f/1.4

Erabili beharreko pelikula aukeratzea izan zen beste kontu garrantzitsu eta ezinbestekoa gure lanean. Garbi zegoen pelikula diapositiba izango zela, hautemanikoa zintzoki islatu ahal izateko. Gainera, argazkiak pantaila handi batean ikustean hobeto antzematen dira xehetasunak.

Hainbat proba egin ondoren, Fuji 400F Provia pelikula aukeratzea erabaki nuen azkenean. Pelikula horrek koloreak oso zintzo islatzen ditu argi txikia dagoenean. 400 ASA aski sensibilitate onargarria da 50 - 1.4 edo 35 - 2 bezain objektibo argiekin lan egiteko. Behar bezain esposizio-denbora azkarrak kasu hauetan.

Denborak neurtzeko erabiltzen dugun taularen arabera, oso distiratsuak ez diren aurorekin f/2.8 objektiboak eta 400 ASA pelikulak erabiliz gero, esposizio-denbora handiagoak ematen dizkigu. Argazki-pelikulek sensibilitate jakin batean lan egin arren, beste sensibilitate batekin lan egitera behartu ditzakegu guk. Pelikula errebelatzeko garaian guk adierazitako sensibilitatean errebelatzeko eskatu besterik ez da egin behar. Hala bada, errebelatu ondoren 800 ASA pelikula lor genezake jatorrizkoa 400 ASAKoa izan arren. Hala ere, prozesu horrek ez ditu guztiekin emaitza onak eskaintzen; baina Fuji 400F 800 ASARA behartuak oso emaitza egokia eskaini zigun, beste 800ASA batzuek baino hobea.

Iñigo Vidal

BIDEOAN FILMATZEA

“Aurora 2001” espedizioaren proiektuaren hasiera-hasieratik, guztiz garbi geneukan aurora bat mugimenduan filmatzea lortu behar genuela. Lan hori aurrera eramateko, bideoa aukeratu genuen eskaintzen dituen erraztasunen-

exposición de forma manual. Yo mismo accionaba la apertura y el cierre del obturador. Nikon F3 fue la escogida. Se trata de una cámara sin elementos electrónicos, totalmente manual y resistente al frío. Decidí utilizar dos cuerpos de F3 para poder trabajar con 2 ópticas diferentes y sensibilidades distintas de película simultáneamente.

Otro punto a tener en cuenta es el tamaño que alcanzan a tener la auroras boreales en el firmamento. Así que era necesario trabajar con diferentes objetivos para poder encuadrarla lo mejor posible. Para ello, seleccioné estos objetivos de Nikon:

- 16 mm f/2.8
- 20 mm f/2.8
- 35 mm f/2
- 50 mm f/1.4

La elección de la película a utilizar fue otro punto determinante y de vital importancia en el trabajo. La película sería evidentemente diapositiva para poder reflejar fielmente lo captado. Además el visionado de las fotografías en una gran pantalla nos hace apreciar mejor los detalles.

Se realizaron varias pruebas y finalmente opté por Fuji 400F Provia. Se trata de una película que refleja muy fielmente los colores en situaciones de poca luz. 400 ASA es una sensibilidad bastante aceptable para trabajar con objetivos tan luminosos como el 50 a 1.4 o 35 a 2. Los tiempos de exposición suficientemente rápidos en estos casos.

Según la tabla que utilizamos para medir tiempos, el utilizar los objetivos a f/2.8 y la película a 400 ASA con auroras no demasiado brillantes, nos da tiempos de exposición demasiado elevados. Aunque las películas fotográficas trabajen a una sensibilidad determinada, nosotros podemos forzarlas a que funcionen con una sensibilidad diferente. Sólo hace falta avisar a la hora de revelar la película que ésta se revele a la sensibilidad que hemos indicado. Así pues, podíamos tener una película de 800 ASA una vez revelada, aún siendo de 400 ASA originalmente. Este proceso no ofrece buenos resultados con todas; pero la Fuji 400F forzada a 800 ASA ofreció un resultado muy convincente por encima de otras de 800 ASA.

Iñigo Vidal

FILMACION EN VIDEO

Desde el comienzo del proyecto de la expedición “Aurora 2001” teníamos muy claro la necesidad de conseguir filmar una aurora en movimiento. Para llevar a cabo este trabajo elegimos la opción del vídeo por las facilidades que ofrece.



Aurorak filmatu ahal izateko dena prest uzten ilunabarrean. Egilea: Iñaki Lizaso.

Preparación para la filmación de las auroras al atardecer. Autor: Iñaki Lizaso.

gatik. Aurorak filmatzeko erabili behar den bideokamera batek bost ezaugarri izan behar ditu, era horretako filmazioei ahalik eta hoberen egokitu ahal izateko. Esposizio-denbora, diafragma, ikusmen-angelua, irabazia eta baterien iraupena dira ezaugarri horiek. Horrez gainera, formatu bat ala bestea aukeratu beharko dugu kontuan harturik lortutako irudiei emango diegun erabilera.

Batez ere, kontuan izan behar dugu objektu ahula filmatu behar dugula, hauxe da, argitasun txikikoa. Horregatik, argitasun txikiko egoeretara egokitu behar dira kamerak jaso dezakeen argi kopuruan esku hartzen duten parametro guztiak.

Kameraren formatua: Asmoa da irudi hauek telebistan ematea eta tamaina handiko pantailak dituzten aretoetan proiektatzea. Horregatik, ia derrigorrez baztertu behar dira etxeko Hi-8 formatuko kamerak. Horiek oso ongi daude oportetan grabaturikoa edo horrelako gauzak etxean jartzeko, baina formatu profesionaletan argitaratzeko garaian (betacam analogikoa edo digitala) kalitate handiagoa behar dugu ezinbestean. Kamera profesionalek zuzenean betacamen grabatzen dute, baina izugarri garestiak dira eta argi maila handiko filmazioak egiteko egokituagoak daude beren prestazioak. Horregatik, egokia iruditu zitzaigun mini DV kamera bat aukeratzeko. Formatu horrek emititu eta proiektatzeko kalitate aski badu (betacam batek baino txikiagoa izan arren), eta gainera, era

Una videocámara que queramos utilizar para filmar auroras debe tener cinco características lo más adaptadas a este tipo de filmación. Tiempo de exposición, diafragma, ángulo de visión, ganancia y duración de las baterías. Además y en función del uso que queramos dar a las imágenes obtenidas, deberemos elegir uno u otro formato.

Ante todo tenemos que ser conscientes de que vamos a filmar un objeto débil, es decir, de poca luminosidad. Por esto, tenemos que conseguir que todos los parámetros de la cámara que intervienen en la cantidad de luz que consigue captar se ajusten en límite para situaciones de baja luminosidad.

Formato de la cámara: El propósito de estas imágenes es el de emitirlas en televisión y proyectarlas en salas donde el tamaño de la pantalla es considerable. Por este motivo es casi obligado desechar las cámaras de formato Hi-8 domésticas. Van bien para poner en casa lo grabado en vacaciones o cosas así pero a la hora de editar en formatos profesionales (betacam analógico o digital) necesitamos más calidad. Las cámaras profesionales graban directamente en betacam pero son increíblemente caras y sus prestaciones están más adaptadas a filmaciones con niveles de luz altos. Por este motivo nos pareció adecuado elegir una cámara mini DV. Este formato tiene la calidad suficiente (aunque menos que una betacam) como para poder emitir y proyectar, además, este tipo de cámaras

horretako kamerek aukera ugari eskaintzen diote erabiltzaileari, baina horiek gero aipatuko ditugu.

Esposizio-denbora: Hasiera batean ahalik eta esposizio-denbora motelena behar genuen. Kamerak zenbat eta denbora luzeagoan argia jaso, orduan eta argitasun txikiagoko eszenak grabatu ahal izango dira. “Hasiera batean” diot honako arrazoi honegatik: aurorak diafragma arruntekin eta irabazi maila handiekin (jarduera ertain/handiko aurorentzat) grabatzeko, 1/8 eta 0,5 segundo arteko denborekin egin beharko dugu lan. Dena zuzena orain arte. Baina grabatutakoa argitaratu nahi dugunean sortzen zaizkigu arazoak. Esposizio-denbora horiekin grabatutako irudiak ikustean irudi-ebaketa ikusiko dugu 1/8 edo 0.5 segundoro, eta horrenbestez, derrigorrez kendu egin beharko dugu jauzi hori. Beraz, masterra (jatorrizko grabazioa) azkartu egin beharko dugu irudiak etenik gabe, hauxe da, ebaki edo jauzirik gabe ikusi arte. Esan beharrik ez dago, hori egitean abiadura handiagoa ematen diogula auroraren jatorrizko higidurari. Gehienetan aurorak forma aldatzen duen abiadura oso motela denez, irudi horiek azkartzeak ez du inolako arazorik sortzen, alderantziz baizik. Askoz ere modu argiagoan erakusten dugu mugimendu hori, jendeak eskertu egiten du (ez da hainbeste aspertzen) eta askoz ere irudi ikusgarriagoak lortuko ditugu.

Irudi hauek azkartzeak badu, ordea, muga bat; neurri batean onuragarria da proiektzioan abiadura handiago horretaz baliatzea. Baina gehiago azkartzen badugu, emaitza azkarregia izango da. Esposizio-denbora motelagoekin grabatzen badugu gehiago azkartu behar dugu, azken irudian jarraipen bat lortu arte. Horregatik, komeni da (horrekin aski badugu) 1/8 eta 0.5 esposizio-segundo arteko abiaduretan filmatzea.

Ikusmen-angelua (objektiboa): Kamera gehienek, berez, oso foku-distantzien eskala handia eskaintzen duten zoom objektiboak ekartzen dituzte fabrikatik. Foku kopuru handiak dituzte “tele” alderdian, baina “angeluarren” gaman askoz ere mugatuagoak daude. Oso zaila da 70 gradutik gorako ikusmen-angelua eskainiko digun serieko objektibo bat aurkitzea (30 mm-ko objektibo baten baliokidea argazki-kamera batentzat). Eta hori oso gutxi da aurora bat filmatzeko.

Kontuan izan behar dugu Ekialdetik Mendebaldera zeru osoan zehar luzatzen diren argi-gortinak direla poloetako aurorak. Jardunean daudenean eta argitasun maila handiekin beha ditzakegunean, 180 gradura irits daitezkeen arku batzuk ikusiko ditugu, hauxe da, horizontetik horizontera doazenak, zenitetik pasatuz. Horrez gainera, beste alderdi garrantzitsu bat ere ez dugu ahantzi behar, ikusleak tamainak alderatu behar ditu, eszenan sartu eta aurora batek zeruan dituen neurrien ideia bat egin behar du. Efektu hori erakustea lortu ahal izateko, lurreko elementu batzuk gra-

pone a disposición del usuario un abanico muy amplio de posibilidades que luego comentaremos.

Tiempo de exposición: En principio necesitamos disponer del tiempo de exposición más lento posible. Cuanto más tiempo esté recibiendo luz la cámara, escenas menos luminosas podrán grabarse. Digo “en principio” por lo siguiente: Para grabar auroras con aberturas normales de diafragma y niveles altos de ganancia (para auroras de media/alta actividad) nos hará falta trabajar con unos tiempos de entre 1/8 y 0.5 segundos. Hasta aquí todo correcto. El problema viene cuando queremos editar lo grabado. Al visionar las imágenes grabadas con estos tiempos de exposición veremos un corte de imagen cada 1/8 o cada 0.5 segundos por lo que este salto es algo que obligatoriamente tendremos que eliminar. En consecuencia tenemos que acelerar el master (grabación original) hasta ver las imágenes de forma continua, es decir, sin cortes ni saltos. Evidentemente al hacer esto estamos dando más velocidad al movimiento original de la aurora. Como la velocidad con la que una aurora cambia de forma es por general demasiado lento el acelerar estas imágenes no supone ningún problema sino todo lo contrario. Mostramos de manera mucho más evidente este movimiento, el público lo agradece (se aburre menos) y el resultado son imágenes mucho más espectaculares.

El acelerar estas imágenes tiene un límite; hasta cierto punto resulta beneficioso aprovecharnos de esta mayor velocidad en la proyección. Pero si aceleramos más, el resultado será demasiado rápido. El grabar con tiempos de exposición más lentos nos obliga a acelerar más hasta llegar a obtener una continuidad en la imagen final. Por esto es preferible (si con eso nos basta) filmar en unas velocidades que se encuentren entre 1/8 y 0.5 segundos de exposición.

Angulo de visión (objetivo): La mayoría de las cámaras vienen de serie equipadas con objetivos zoom que proporcionan una escala de distancias focales muy amplia. Tienen una gran cantidad de focales en el aspecto “tele” pero se encuentran más limitadas en la gama de “angulares”. Resulta difícil encontrar un objetivo de serie que nos dé un ángulo de visión superior a 70 grados (el equivalente a un objetivo de 30 mm para una cámara de fotos). Esto se nos queda muy corto para filmar una aurora.

Hay que tener en cuenta que las auroras polares son cortinas de luz que se extienden de Este a Oeste por todo el cielo. Cuando son activas y pueden ser observadas con niveles de luminosidad altos vemos unos arcos que pueden llegar a medir 180 grados, es decir, de horizonte a horizonte pasando por el cenit. Además no tenemos que olvidar un aspecto muy importante, el público necesita comparar tamaños, meterse en la escena y poder hacerse una idea de las dimensiones que una aurora tiene en el cielo. Para conseguir mostrar este efecto tenemos que grabar elementos terrestres



Dokumentalerako irudiak hartzen. Egilea: Iñigo Vidal.

Tomando imágenes para el documental. Autor: Iñigo Vidal.

batu behar ditugu, zuhaitzak eta horizonte bat mendiz hornitua, esate baterako, erreferentzia gisa erabili eta ikusleari fenomeno hau hobeto ulertzeko aukera emango dioten paisaiak azken batean (publikoa areto batean dago eseria ez mendian aurorei begira).

Arrazoi horregatik handitu egin behar dugu objektuaren angelua. Merkatuan badira objektiboaren fokua eraldatzen duten lenteak. Nire iritziz, bi dira aurorak filmatzeko foku egokiak, bat 180 gradukoa, zero esparru handia jaso eta aldi berean eszenan lurreko elementuak sartu ahal izateko angelua jaisteko aukera emango diguna; eta bestea, 100 bat gradukoa "lehen planoak" egiteko; soilik zeruan ikusten den auroraren eszenak filmatzeko. Era berean, horizonteko linea horizontalak eta abar gutxiago distorsionatzeko erabiliko dugu foku txikiago hori.

Objektiboa angeluarra goa egiteko osagarri horiek ez dute f zenbakia handitzen, hauxe da, serieko objektiboaren diafragma gorenarekin segitzen dugu lanean. Aldiz, sistema optikori gehitu diogun lente kopuruaren ondorioz, argitasun pixka bat bai galduko dugu ("T" zenbakia edo lente baten benetako argitasuna), baina hori ez da kezkatzeko kontua.

Bestalde, Canonen XL-1 bezalako kamerek objektiboak aldatzeko aukera ematen dute. Marka horrek objektibo zoom angeluarra du osagarri gisa, eta horrek 84 graduko angulu gorena eskaintzen du f/1.8ko diafragma goren

como árboles, un horizonte con montañas, en definitiva paisajes que sirvan de referencia y faciliten al espectador la comprensión de este fenómeno (el público está en una sala no en el monte mirando la aurora).

Por este motivo tenemos que ampliar el ángulo del objetivo. Existen en el mercado lentes que transforman la focal del objetivo. En mi opinión dos son las focales adecuadas para filmar auroras, una de 180 grados que recoja gran cantidad de cielo y a la vez nos permita bajar el ángulo para tener elementos terrestres en escena y otra que sea de unos 100 grados para "primeros planos"; escenas sólo de la aurora en el cielo. También aprovecharemos esta menor focal para distorsionar menos las líneas horizontales de horizonte, etc.

Estos accesorios para hacer más angular el objetivo no incrementan el número f, es decir, seguimos trabajando con el diafragma máximo del objetivo de serie. Sin embargo, debido al número de lentes que añadimos al sistema óptico, sí perderemos algo de luminosidad (número "T" o luminosidad real de una lente), aunque no de forma preocupante.

Por otro lado cámaras como la XL-1 de Canon permiten cambiar objetivos. Esta marca tiene como accesorio un objetivo zoom angular que proporciona un ángulo máximo de 84 grados con un diafragma máximo de f/1.8. Este ángulo aunque nos sirva para grabaciones concretas,

batekin. Angelu horrek grabazio zehatz batzuk egiteko balio badu ere, jarduera interesgarria ageri duten koroako alde batzuk edo auroraren luzapenak grabatzeko, esate baterako, nire iritziz, motz geratzen da jarduera handiko poloetako aurora baten zabalera osoa jasotzeko.

Objektuaren argitasuna: argitasunean esku hartzen duten eta grabatzea lortu genuen elementuen artean, hauxe da “bigarren mailako efekturik” ez duen elementu bakarra. Zenbat eta argitsuago, orduan eta hobeto, horixe da kontua. Gure kamerak, Canon XL-1ek, f/1.6ko diafragma gorenaren zuen eta bere lente angeluarrenarekin f/1.8 arte iristen da gutxi gora-behera; objektibo gehienek irekidura gorenak f/2.0 inguruan ibiliko dira, eta oso gutxi iritsiko dira f/1.4 edo gutxiagora. Uste dut, f/2.0 baino irekidura txikiagoa behar dela “diafragma” faktorea poloetako auroren grabazioa egiteko moduan edukitzeko.

Irabazia: Argazki-pelikula batentzako sentsibilitatea bezalaxe da irabazia bideo kamera batean. Balore maila batzuk ditu eta horien artean aukera dezakegu. Filmatu nahi dugun objektuaren argitasuna oso handia bada, irabazia jaitzi dezakegu. Objektua, aurorekin gertatzen den bezala, ez bada argitsua, irabazia handitu dezakegu. Arazo bat du, ordea, CCD zenbat eta sentsibleagoa izatea lortu, hauxe da, irabaziaren balioa zenbat eta gehiago handitu, orduan eta kalitate txikiagoa izango dugu irudian. Pikor moduan agertzen da kalitate galtze hori. Nolanahi ere, nire iritziz, hobe da argitasun egokiarekin grabatutako aurora baten irudia nahiz eta pikorra izan, kalitate handia baina argi txikiko irudia baino. Gauza guztietan bezala, kontua da batezbestekoa aurkitzea, eta bereziki, oso garrantzitsua da irabazia auroraren jardueraren arabera egokitzea; hauxe da, aurora horren distiraren arabera egokitzea. Soluzio bat izan liteke aurora bat 0 mailako irabaziarekin edo beharbada +3dB-kin grabatzen hastea (horrek ia ez baitu pikorrik sortzen). Aurorak duen distira kontuan harturik, balio hori behar bezala egokitu dugu, zintan beharreko argi kopurua erregistratu ahal izateko.

Nire kasuan, beti ere behar bezain argi kopuru handia ziurtatu nahi izan nuen kalitatea galtuta ere. Horrek esan nahi zuen +18dB-tan lan egin behar genuela gure kamerarekin. Ilargi Betea zegoen gauetan soilik jaitsi nuen maila hori +9dB-ra, zeruaren hondoko argitasunagatik. Seguru asko, berriz ere kamera berberarekin poloetako aurorak filmatu behar izango banitu, pausu bat edo bi jaitziko nuke 18dB-ko maila gorenari; hauxe da, +15dB edo +9dB-tan utziko nuke. Soilik jarduera handia duten aurorentzat, hauxe da, irabazia jaitzeko aukera emateko moduko distira dutenentzat. Jarduera ertaina dutenentzat, berriz, dena eman behar zaio, bestela ez baita ezer erabilgarri grabatuko.

Nolanahi ere, hobe da irabazi maila handiak eskaintzen dituen kamera bat eramatea, behar duzunaren arabera egokitzeko denbora izango baituzu beti.

zonas de corona o extensiones de aurora que muestren una actividad interesante, en mi opinión, se queda corto para recoger toda la extensión de una aurora polar de alta actividad.

Luminosidad del objetivo: Es el único elemento de entre los que intervienen en la luminosidad que conseguimos grabar que no tiene “efectos secundarios”. Cuanto más luminoso, mejor, así de simple. Nuestra cámara tenía un diafragma máximo de f/1.6, la Canon XL-1 con su lente más angular llega hasta un f/1.8, un poco más o menos, las aberturas máximas de la mayoría de los objetivos, rozarán el f/2.0 y muy pocos, llegarán al f/1.4 o más. Pienso que una abertura menor a f/2.0 es necesaria para tener el factor “diafragma” dentro de las necesidades para realizar una grabación de auroras polares.

Ganancia: La ganancia viene a ser en la cámara de video como la sensibilidad para una película fotográfica. Tiene un rango de valores entre los que podemos elegir. Cuando la luminosidad del objeto que queremos filmar es muy alta, podemos bajar la ganancia. Si el objeto, al igual que las auroras, es poco luminoso, podemos aumentarla. Tiene un problema; cuanto más sensible conseguimos que sea el CCD, es decir, cuanto más aumentemos el valor de ganancia, menos calidad tendremos en la imagen. Esta pérdida de calidad se manifiesta en forma de granulado. De todas formas, en mi opinión, es preferible una imagen de una aurora grabada con una luminosidad perfecta aunque tenga grano que otra de mucha calidad pero escasa de luz. Como en todo, nos vemos obligados a encontrar el término medio y, sobre todo, a ajustar la ganancia en función de la actividad de la aurora; es decir, del brillo de ésta. Una solución puede ser comenzar a grabar una aurora con el nivel 0 de ganancia o si acaso +3dB (que apenas genera grano). En función del brillo que ésta tenga, ajustaremos este valor al adecuado para poder registrar la cantidad de luz suficiente en la cinta.

En mi caso opté por asegurar siempre una cantidad de luz suficientemente alta a costa de perder calidad. Con nuestra cámara esto suponía trabajar a +18dB. Solo en las noches de Luna llena, debido a la luz del fondo del cielo, bajé este nivel a +9dB. Seguramente, si volviera a filmar auroras polares con la misma cámara, bajaría el nivel máximo de 18db uno o dos pasos; es decir, dejarlo en +15dB o +9dB. Únicamente para las auroras de gran actividad, o sea, las únicas que tienen el brillo suficiente como para permitirte bajar ganancia. Con las de media actividad a tope de todo, si no se grabará nada utilizable.

En cualquier caso es preferible llevar una cámara que te permita niveles altos de ganancia, pues siempre estás a tiempo de ajustarla en función de lo que necesites.

Zintan poloetako aurora bat grabatzeko beharreko argia jasotzeko aukera emango diguten elementuak azaldu ditugu orain arte. Ildo horretatik, eta gure esperientzian oinarrituta, gutxi gora-behera honako hauek izango dira balore horiek:

- Esposizio-denbora: segundo laurden bat.
- Diafragma: f/1.6
- Irabazia: +9dB eta +18dB artean

Ah, gauzarik garrantzitsuen argitasun elementuei dagokienez **“AURORAK DISTIRA EGIN BEHAR DU”** bes-tela... ez dago gauza onik.

Lan honetarako eta beste edozein grabazio lanerako beste alderdi garrantzitsu batzuk bateriak eta grabazioaren egonkortasuna dira. Bateriek, tenperatura baxuetan karga galtzen dute eta gutxiago irauten dute. Horrenbestez, hobe da gutxienez bi eramatea eta beti goraino kargatuak edukitzea. Gauez grabatzen nuen eta egunez kargatzen edukitzen nituen. Nire kasuan ez nuen inolako arazorik izan, gure kamerak erabiltzen zituenek izugarri ongi funtzionatu baitzuten. Bakoitzak grabazio gau osoa irauten zuen inolako arazorik gabe -6°C inguruko tenperaturan.

Egonkortasunari dagokionean, funtsezkoa da buru eta tri-pode egonkorrekin lan egitea. Oso material garestia da, baina auroren irudi ederrak alferrik izango ditugu enko-adre osoan dardarka badabilta. Buruak 90 graduko an-gelua hartzeko aukera eman behar du zeniteko aldeak fil-matu ahal izateko (guztiak ez dute horrelakorik egiten). Gainera, aurora batean alde batetik bestera pasatzeko pa-noramikak egiteko garaian, oso astiro egin beharko dugu, kontuan izan gero grabazio osoa argituko dugula.

Auroren irudiak grabatzeko erabili genuen kamera ereduari dagokionean, Sony PD-150 mini Dvcam aukeratu genuen. Oso ongi portatu zen, -10°C -ko tenperatura jasan behar izan zuen eta 5 ordu inguruan poloetako aurorak grabatu zituen.

Jon Teus

DONOSTIAKO TALDEA

AURORA 2001 proiektuaren barnean, 2. taldeak Eguzkiaren azaleraren argazkiak egin behar zituen orban desberdinak aztertu eta Aurorak zuten erlazioa zehazteko, haien irudiak lortuko baitzuten espedizioak.

Irailaren 11n hasi ginen Eguzkiaren irudiak egiten, eta haietan, besteak beste, alde aktibo bat ageri da, 9608 gisa katalogatua. Seguru asko X Motako sugarrak igortzen dituen energiaren osaturiko eremu magnetikoa du alde horrek.

Hasta aquí hemos repasado los elementos que nos permitirán recoger en la cinta, la luz suficiente como para grabar una aurora polar. En este sentido y en función de nuestra experiencia, estos valores tendrán que ser aproximadamente los siguientes:

- Tiempo de exposición: un cuarto de segundo.
- Diafragma: f/1.6
- Ganancia: entre +9dB y +18dB

Ah, lo más importante en cuanto a elementos de luminosidad **“LA AURORA TIENE QUE BRILLAR”** si no... mal asunto.

Otros aspectos importantes para éste y cualquier trabajo de grabación son las baterías y la estabilidad de la grabación. Las baterías, a temperaturas bajas pierden carga y duran menos, por lo que es mejor llevar como mínimo dos y tenerlas siempre cargadas a tope. Por la noche grababa y durante el día las tenía cargando. En mi caso no tuve ningún problema, pues las que utilizaba nuestra cámara funcionaron perfectamente. Aguantaban cada una toda una noche de grabación sin problemas a unos -6°C .

En cuanto a la estabilidad, es fundamental trabajar con un cabezal y un trípode estables. Es material caro, pero no nos servirán de nada unas imágenes de auroras estupendas temblando por todo el encuadre. El cabezal debe permitir ángulos de 90 grados para poder filmar zonas del cenit (no todos lo hacen). Además, a la hora de hacer panorámicas para pasar de una zona a otra de una misma aurora, tendremos que hacerlo muy lento, recordad que después aceleraremos toda la grabación.

En cuanto al modelo de cámara que utilizamos para grabar las imágenes de auroras fue la Sony PD-150 mini Dvcam. Se portó muy bien, aguantó hasta -10°C y grabó cerca de 5 horas de auroras polares.

Jon Teus

EQUIPO DE DONOSTIA

Dentro del proyecto AURORA 2001, el equipo 2 tenía que fotografiar la superficie del Sol para analizar las diferentes manchas y estudiar su relación con las Auroras cuyas imágenes serían obtenidas por la expedición.

La obtención de imágenes del Sol comenzó el día 11 de Septiembre y en ellas, entre otras, aparece una región activa, catalogada como la 9608, que tiene un campo magnético que contiene energía que emite llamaradas probablemente de Clase X.



Intes MK-66 teleskopioarekin foku primarioan Eguzkiari eginiko argazkia. Kodak Ektachrome 100 pelikularekin egina. 1/4000 segunduko esposizio denbora. Egilea: Ander Alcalá Pascua.

Foto del Sol con el telescopio Intes MK-66 a foco primario el 29 de septiembre del 2001. Película Kodak Ektachrome 100, tiempo de exposición 1/4000 segundos. Autor: Ander Alcalá Pascua.

Gehienetan orban batek intentsitatea galtzen du eguzkiardatzaren inguruan bira egiten duen heinean eta normalean ez da berriro azaltzen. Kasu honetan, bitxikeria da urriaren 6an 9653 gisa katalogatutakoa, aurreko errota-zioan 9608 deitu geniona bera dela. Datu hori erabilgarria izan daiteke kalkulu batzuk egiteko

Normalmente una mancha va perdiendo intensidad a medida que gira alrededor del eje solar y no es probable que vuelva a aparecer. La anécdota, en este caso, es que la catalogada como 9653 el día 6 de Octubre, es la misma que en su rotación anterior habíamos llamado 9608. Este dato puede sernos útil para realizar algunos cálculos.

Orbanaren altuera eguzkiaren Hego poloa ukitzen duen plano batekiko, Eguzki Diskoarentzako 50 mm-ko diametroa hartuta:

Altura de la mancha con relación a un plano tangente al polo Sur solar, considerando para el Disco Solar un diámetro de 50 mm:

Irailak 12: 7,0 mm
 “ 13: 7,0 mm
 “ 14: 7,0 mm
 “ 15: 7,2 mm
 “ 16: 8,0 mm
 “ 17: 9,0 mm
 “ 18: 9,5 mm
Urriak 06: 11,2 mm

Día 12 de Septiembre: 7,0 mm
 “ 13 “ “ : 7,0 mm
 “ 14 “ “ : 7,0 mm
 “ 15 “ “ : 7,2 mm
 “ 16 “ “ : 8,0 mm
 “ 17 “ “ : 9,0 mm
 “ 18 “ “ : 9,5 mm
 “ 06 “ Octubre : 11,2 mm

Orbanaren aurreratzea. Linboa ukitzen duen plano bertikal batekiko distantzia Mendebaldeen duen aldean:

Irailak 12:	15,0 mm
“ 13:	19,0 mm
“ 14:	22,0 mm
“ 15:	26,0 mm
“ 16:	26,0 mm
“ 17:	30,5 mm
“ 18:	32,0 mm
Urriak 06:	03,0 mm

Orbanak 18 egun behar izan ditu Eguzkiaren alde ezkutua igarotzeko, ageriko aldean egindako ibilbideak, berriz, 15 egun baino ez zuen iraun.

Bere aurreko “bidaian” baino Eguzkiaren Ekuatoretik hurbilago dagoen eremu batean ageri da oraingoan.

Hori ikusita pentsa dezakegu orbanek eguzki plasman “flotatzen” dutela, hainbat indarren mende daudela eta indar horiek bere posizioa aldarazten dutela?. Hauxe da, ez diote Ekuatorearekiko paraleloan doan norabideari jarraitzen eta ez dute abiadura konstantea?

Avance de la mancha. Distancia a un plano vertical tangente al limbo en su parte más Occidental:

Día 12 de Septiembre:	15,0 mm
“ 13 “ “ :	19,0 mm
“ 14 “ “ :	22,0 mm
“ 15 “ “ :	26,0 mm
“ 16 “ “ :	26,0 mm
“ 17 “ “ :	30,5 mm
“ 18 “ “ :	32,0 mm
“ 06 “ Octubre :	03,0 mm

La mancha ha tardado 18 días en recorrer la cara oculta del Sol, mientras su recorrido por la cara visible duró sólo 15.

Aparece en una zona más cercana al Ecuador Solar que en su anterior “viaje”.

¿Esto nos puede hacer suponer que las manchas “flotan” en el plasma solar y están sometidas a diferentes fuerzas que hacen que varíe su posición?. Es decir, ¿no siguen una dirección paralela al Ecuador ni tienen velocidad constante.



Eguzkiaren jarduera jarraitzeko ardura zuen taldea Aranzadiko astronomia sailak bere egoitza duen Arbideko Dorreetan. Egilea: Iñaki Lizaso.

El grupo encargado de seguir la actividad solar en las puestas de la sede de la sección de astronomía en las Torres de Arbide. Autor: Iñaki Lizaso.

EGUZKI HAIZEA:

Hona hemen espedizioak iraun zuen egunetan jasotako Eguzki Haizearen datuak:

EGUNA	ABIADURA	DENTSITATEA	C. M. I.
09/12	375,3 km/s	2,1 protoi/cm ³	Hegoaldea
09/13	416,4 “	6,7 “	Hegoaldea
09/14	429,6 “	7,5 “	Iparraldea
09/15	527,6 “	4,5 “	Iparraldea
09/16	520,4 “	1,8 “	Iparraldea
09/17	447,8 “	2,3 “	Iparraldea
09/18	450,1 “	3,6 “	Iparraldea
09/19	402,3 “	2,0 “	Iparraldea
09/20	336,8 “	1,2 “	Iparraldea
09/23	548,5 “	4,5 “	Iparraldea
09/24	444,0 “	5,7 “	Iparraldea
09/25	282,9 “	10,2 “	Iparraldea
09/26	280,1 “	12,6 “	Iparraldea
09/27	505,7 “	1,8 “	Iparraldea
09/28	560,8 “	0,9 “	Iparraldea
09/29	700,5 “	2,8 “	Iparraldea
09/30	457,5 “	8,6 “	Iparraldea
10/01	494,7 “	3,7 “	Hegoaldea
10/02	288,1 “	1,5 “	Hegoaldea
10/03	492,6 “	1,7 “	Hegoaldea
10/04	511,1 “	1,1 “	Hegoaldea
10/05	390,2 “	1,4 “	Hegoaldea
10/06	404,7 “	1,9 “	Hegoaldea

Datu horiek egunean zehar ere aldatu egiten dira. Goizeko 10ak aldera hartuak dira Taulan ageri direnak.

Jose txo Minguez

AUOREN EGUNKARIA

- **Irailak 11:** IBC 3 Aurora. Aurora berdea Ekialde Mendebalde norabideko arkuekin. Gortinak eta kizkurak arkuen oinarrietan. Ezin izan genuen ongi aprobetxatu. Behatokia: kanpamendua. Gutxi gora-behera homogenea.
- **Irailak 12:** IBC 2 Aurora. Batik bat orban solteak zeruan. Lainotu egin zuen. Koloreak ia ezin ziren bereizi lehen begiratu batean. Behatokia: Yellowknife-Rae errepidetik gertu dagoen zelai bat, Yellowknifetik 30 kilometrora.
- **Irailak 13:** IBC 2 Aurora. Behatokia: Kanpamendutik hurbil dagoen aintzira.
- **Irailak 15:** IBC 2 Aurora. Izpiak ez dira bereizten lehen begiratu batean. Behatokia: Kanpamendutik hurbil dagoen aintzira.

VIENTO SOLAR:

Los Datos del Viento Solar, recogidos durante los días que duró la expedición, fueron:

DÍA	VELOCIDAD	DENSIDAD	C. M. I.
09/12	375,3 km/s	2,1 protones/cm ³	Sur
09/13	416,4 “	6,7 “	Sur
09/14	429,6 “	7,5 “	Norte
09/15	527,6 “	4,5 “	Norte
09/16	520,4 “	1,8 “	Norte
09/17	447,8 “	2,3 “	Norte
09/18	450,1 “	3,6 “	Norte
09/19	402,3 “	2,0 “	Norte
09/20	336,8 “	1,2 “	Norte
09/23	548,5 “	4,5 “	Norte
09/24	444,0 “	5,7 “	Norte
09/25	282,9 “	10,2 “	Norte
09/26	280,1 “	12,6 “	Norte
09/27	505,7 “	1,8 “	Norte
09/28	560,8 “	0,9 “	Norte
09/29	700,5 “	2,8 “	Norte
09/30	457,5 “	8,6 “	Norte
10/01	494,7 “	3,7 “	Sur
10/02	288,1 “	1,5 “	Sur
10/03	492,6 “	1,7 “	Sur
10/04	511,1 “	1,1 “	Sur
10/05	390,2 “	1,4 “	Sur
10/06	404,7 “	1,9 “	Sur

Estos datos varían también a lo largo del día. Los que figuran en la Tabla están tomados aproximadamente a las 10:00.

Jose txo Minguez

DIARIO DE AURORAS

- **11 de septiembre:** Aurora IBC 3. Aurora verde con arcos de Este a Oeste. Cortinas y rizos en las bases de los arcos. No la pudimos aprovechar bien. Lugar de observación: el campamento. Más o menos homogénea.
- **12 de septiembre:** Aurora IBC 2. Principalmente manchas sueltas en el cielo. Se nubló. Colores casi no apreciables a simple vista. Observatorio: Una campa cercana a la carretera Yellowknife-Rae, a 30 kilómetros de Yellowknife.
- **13 de septiembre:** Aurora IBC 2. Lugar de observación: Lago cercano al campamento.
- **15 de septiembre:** Aurora IBC 2: Rayos no apreciables a simple vista. Lugar de observación: Lago cercano al campamento.



Lainoek lausotutako aurora 2001eko irailaren 12an. Egilea: Kristina Zuza.

Aurora con nubes el 12 de septiembre del 2001. Autora: Kristina Zuza.

- **Irailak 18:** IBC 3+ Aurora: Jarduera izugarria gauerdialdera. Kolore ikusgarriak, berde bizia, eta gorriak ere bereizteko modukoak. Arkuak, gortinak, koroak eta kizkurak arkuen oinarrietan. Batzuetan marraduna argi eta garbi. Behatokia: Raeko sarreran dagoen aintzira.
- **Irailak 19:** IBC 2 Aurora: Aurora aktiboa. Kolore berde ahulak eta arkuak. Behatokia: Kanpamendutik hurbil dagoen aintzira.
- **Irailak 22:** IBC 2 Aurora: Lainotua zegoen eta oskarbi bat zabaldu zen. Haize handia. Aurora berdea orbanekin. Behatokia: Kanpamendua.
- **Irailak 23:** IBC 2 Aurora. Hodeiak ekialdetik. Kolore ahulak eta forma arruntak. Behatokia: Kanpamendutik hurbil dagoen aintzira.
- **Irailak 24:** IBC 2 Aurora. Hodei finak ia zero osoan. Kolore urdineko aurora. Izpiak, orbanak eta arkuak. Ilargia agertzen hasten da. Behatokia: Ingraham Trail. Yellowknifetik 30 km-ra.
- **18 de septiembre:** Aurora IBC 3+: Actividad impresionante alrededor de la media noche. Colores visibles, el verde intenso y rojos apreciables. Arcos, cortinas, coronas y rizos en las bases de los arcos. En ocasiones claramente rayada. Lugar de observación: Laguna de la entrada de Rae.
- **19 de septiembre:** Aurora IBC 2: Aurora activa. Colores verdes tenues y arcos habituales. Lugar de observación: Lago cercano al campamento.
- **22 de septiembre:** Aurora IBC 2: Estaba nublado y se abrió un claro. Mucho viento. Aurora verde con manchas. Lugar de observación: El campamento.
- **23 de septiembre:** Aurora IBC 2. Nubes por el este. Colores tenues y formas corrientes. Lugar de observación: Lago cercano al campamento.
- **24 de septiembre:** Aurora IBC 2. Nubes finas por casi todo el cielo. Aurora de colores azules. Rayos, manchas y arcos. La Luna empieza a aparecer. Lugar de observación: Ingraham Trail. A 30 km de Yellowknife.



2001eko irailaren 13ko aurora berdea. Egilea: Iñigo Vidal.

Aurora verde del 13 de septiembre del 2001. Autor: Iñigo Vidal.

- **Irailak 28:** IBC 3 Aurora. Gaua ia garbia. Aurora berdea tonu urdinekin. Izpiak eta arkuak. Behatokia: Kanpamendua.
- **Urriak 2:** IBC 3 Aurora. Ostarteak eta hodeiak. Orbanak, gortinak eta arkuak. Ilargi betea. Behatokia: Fort Providence.
- **28 de septiembre:** Aurora IBC 3. Noche casi despejada. Aurora verde con tonos azules. Rayos y arcos. Lugar de observación: El campamento.
- **2 de octubre:** Aurora IBC 3. Claros y nubes. Manchas, cortinas y arcos. Luna llena. Lugar de observación: Fort Providence.



Lainoek lausotutako aurora 2001eko irailaren 12an. Egilea: Kristina Zuza.

Aurora con nubes el 12 de septiembre del 2001. Autora: Kristina Zuza.

- **Urriak 3:** IBC 3+ Aurora. Gau garbia. Arkuak, koroak eta gortinak. Aurora berdea. Jarduera handia. Behatokia: Fort Providence.

- **3 de octubre:** Aurora IBC 3+. Noche despejada. Arcos, coronas y cortinas. Aurora verde. Gran actividad. Lugar de observación: Fort Providence.

Kristina Zuza

Kristina Zuza

AURORAK BESTE PLANETETAN

Lehen aipatu dugu Eguzki Haizea dela Auroren eragile nagusia eta Eguzki Sistemaren mugetaraino luzatzen dela haize hori. Horrenbestez, gure Sistemako beste planetetan ere gerta litezke Aurorak.

Horretarako, fenomeno hori gertatzeko ezinbestekoak diren beste bi faktore identifikatu behar ditugu: Magnetosfera eta atmosfera ionizazio handi batekin.

AURORAS EN OTROS PLANETAS

Hemos comentado que el principal causante de las Auroras es el Viento Solar y éste se extiende hasta los límites del Sistema Solar. Luego podrían producirse Auroras en otros planetas de nuestro Sistema.

Para ello tenemos que identificar los otros dos factores imprescindibles para que se produzca este fenómeno: La magnetosfera y atmósfera donde exista una fuerte ionización.

MERKURIO

Merkurio da eguzkitik hurbilen dagoen planeta. Mariner 10 zunda izan zen Merkurioren eremu magnetikoa aurkitu zuena. Bere neurketen arabera, Lurraren %1 bat; errotaio abiadura txikia ikusita aurreikusten zena baino askoz ere biziagoa. Horixe aski litzateke Aurorak sortzeko.

Horrenbestez, partikula ionizatuak osaturiko kanpo geruza bat izatea aski litzateke aurorak gertatzeko. Halaz ere, badakigu Merkuriok ia ez duela atmosferarik. Bere masa txikia eta Eguzkitik hurbil egotea da horren arrazoia. Merkurioren 300°C-ra iristen dira tenperaturak Eguzki aldera ematen duen aurpegian eta horren ondorioz, kontuan izanik masa txikia duela, partikulek oso abiadura handiak hartzen dituzte, planetaren erakarpena gainditzeko modukoak.

ARTIZARRA

Tamainaren aldetik lurraren antzekoa da oso Artizarra planeta. Hasiara batean, badirudi planeta horretan ere egon litekeela bizia. Halaz ere, azalera tenperatura (400°C) eta presioa (Lurrean baino 90 aldiz handiagoa) oso handiak direnez, eta bere atmosferan azido sulfurikoa dagoenez, ur moduan erortzen dena, bideraezin bihurtzen da ideia hori.

Aurorei dagokienean, kasu honetan bai badugu kanpoaldea ionizatua duen atmosfera bat, partikulak poloetara desbideratu eta Aurorak sortzeko beharreko eremu magnetikorik ez ordea. Eguzki Haizearen partikulek Artizarraren atmosferarekin topo egingo dute eta Auroren koloreak ere sortuko dituzte, baina noizbehinkako kontua izango da hori planetaren atmosfera osoan banatua, eta horrenbestez, antzeman ezina da erabat.

MARTE

Lurraren antzeko egitura geografikoa du planeta gorriak, eta planeta guztien artean bere atmosfera da gurearen antza handiena duena.

Oso eremu magnetiko ahula du, Merkuriok bezala. Hura 1997 arte ez zuen aurkitu Surveyor Global zundak. Horrenbestez, atmosfera izan arren, Venusen kasu beraren aurrean geundeke, eta horregatik, poloetako aurorak ezin dira Marten ikusi.

JUPITER

Jupiter da eguzki sistemako planeta handiena. Haren zati handi bat atmosfera da, osagaiak gas moduan daude, baina badu Hidrogenozko nukleo txiki bat, presioaren ondorioz metal moduan dagoena. Horixe da, hain zuzen ere, oso eremu magnetiko bizia izateko arrazoia.

MERCURIO

Merkurio es el planeta más cercano al Sol. Fue la sonda Mariner 10 la que descubrió el campo magnético en Mercurio. Según sus mediciones es el 1% del de la Tierra; mucho más intenso de lo que se preveía por la baja velocidad de rotación. Esto sería suficiente para crear las Auroras.

Luego bastaría con tener una capa exterior con partículas ionizadas para que se produjeran. Sin embargo, es conocido que Mercurio apenas tiene atmósfera. La razón de esto es su poca masa y la cercanía al Sol. Las temperaturas en Mercurio alcanzan los 300°C en la cara que está expuesta al Sol y esto, teniendo en cuenta su poca masa, hace que las partículas alcancen velocidades muy grandes y suficientes para que superen la atracción del planeta.

VENUS

Venus es un planeta muy parecido en tamaño a la Tierra. En principio, parece que también podría desarrollarse vida en este planeta. Sin embargo, debido a la alta temperatura (400°C) y presión (90 veces la de la Tierra) en su superficie y debido a que en su atmósfera existe ácido sulfúrico que se precipita de forma acuosa, se hace inviable esta idea.

Respecto a las Auroras, en este caso sí que tenemos una atmósfera cuya parte exterior está ionizada pero no un campo magnético suficiente como para desviar las partículas a los polos y producir las Auroras. Las partículas de Viento Solar chocarán con la atmósfera de Venus y también producirán los colores de las Auroras pero será algo esporádico repartido por toda la atmósfera del planeta, casi inapreciable.

MARTE

El planeta rojo tiene una estructura geográfica similar a la de la Tierra y su atmósfera es la que más se parece a la nuestra entre todos los planetas.

Tiene un campo magnético muy tenue, al igual que Mercurio. Éste no fue descubierto hasta 1997 por la sonda Global Surveyor. Por lo tanto, aunque tenga atmósfera, estamos ante el mismo caso que Venus y es por ello que no se pueden observar las auroras polares en Marte.

JÚPITER

Júpiter es el planeta más grande del sistema solar. Gran parte de él es atmósfera, sus componentes están en forma gaseosa, pero tiene un pequeño núcleo de Hidrógeno que debido a la presión está en estado metálico y es la causa por la que tiene un campo magnético muy intenso.

Aunque el viento Solar llega hasta Júpiter no es éste el único causante de las auroras sino que uno de los satélites

Eguzki Haizea Jupiterrera iristen bada ere, hori ez da auroren eragile bakarra, Galileok aurkitutako planetaren sateliteetako bat baizik, Io, horixe da materia osagarria sortzen duena. Bere sumendi jardueragatik da ezaguna satelite hori. Arrazoi horregatik, ezin konta ahala partikula botatzen ditu espaziora, eta Jupiterren eremu magnetiko biziak partikula horiek erakarri eta arrastan eramaten dituzte polo magnetikoetara, planetaren atmosfera altuarekin topo eginez.

SATURNO

Saturno da eguzki sistemako bigarren planeta handiena Jupiterren atzetik. Honek bezala, Saturnok ere oso eremu magnetiko bizia du eta Eguzki Haizearen partikulak bere lerroetan harrapatuta geratzen dira eta poloetaraino arrastan joaten dira atmosfera altuarekin topo eginez.

URANO eta NEPTUNO

Urano eta Neptuno planeta gaseosoak dira; eremu magnetikoa dute biek ere. Uranoren kasuan, errotazio-ardatza eguzki sistemaren planoan dagoenez, polo magnetikoek ere inklinazio handia dute Eguzki Haizearen norabidean. Voyager zundak aurora bat sumatu zuen Uranon. Halaz ere, gaur egun ez dira ongi ezagutzen bi planeta horien eremu magnetikoak, eta Neptunoren kasuan, bertan aurorarik gertatzen denik ere ezin izan da egiaztatatu.

PLUTON

Eguzki sistematik urrutien dagoen planeta da Pluton. Ez dakigu eremu magnetikoa duen ala ez, baina atmosfera baduela egiaztatatu da.

Jon Andoni Boneta

EGUZKIA

Egunero gurekin egoten den izarra da Eguzkia, eta izar horri esker daukagu bizia Lurra planetan, baina benetan ezagutzen al dugu Eguzkia? Goizero Ekialdetik atera eta Mendebaldetik sartzen dela badakigu, baina ez diogu behar duen balioa ematen, eta ez diogu merezi duen arreta eskaintzen. Besteak beste, Auroren eragile ere bada eguzkia. Horregatik eta beste gauza askorengatik, astro erregea aztertzeko erabiliko ditugu orrialde batzuk.

Eguzkiak, guretzat hain garrantzitsua den astro horrek, ez du leku berezia okupatzen galaxian, eta jakina, unibertsoan ere ez. 5.000 milioi urteko izar arrunt bat baino ez da, hauxe da, izar heldua, duen masagatik, gutxi gora-behera beste hainbeste urte biziko dena. 2×10^{30} Kg-ko (bikoa eta hogeita hamar zero) masa du eta 696 260 Km-ko erradioa;

del planeta descubierta por Galileo, Io, es quien produce la materia adicional. Este satélite es conocido por su actividad volcánica. Debido a ello, lanza al espacio infinidad de partículas que son atraídas por los intensos campos magnéticos de Júpiter y son arrastradas hasta los polos magnéticos colisionando con la alta atmósfera del planeta.

SATURNO

Saturno es el segundo planeta más grande del sistema solar detrás del planeta Júpiter. Al igual que éste, también tiene un campo magnético muy intenso y son las partículas del viento solar las que quedan atrapadas en sus líneas y son arrastradas hasta los polos, colisionando con la alta atmósfera.

URANO y NEPTUNO

Urano y Neptuno son planetas gaseosos; ambos tienen campo magnético. En el caso de Urano debido a que el eje de rotación está en el plano del sistema solar, los polos magnéticos tienen también una fuerte inclinación hacia la dirección del viento solar. La sonda Voyager detectó una aurora en Urano. Sin embargo hoy en día no se conocen bien los campos magnéticos de ambos planetas y tampoco se tiene, en el caso de Neptuno, constancia de que se produzcan las auroras.

PLUTÓN

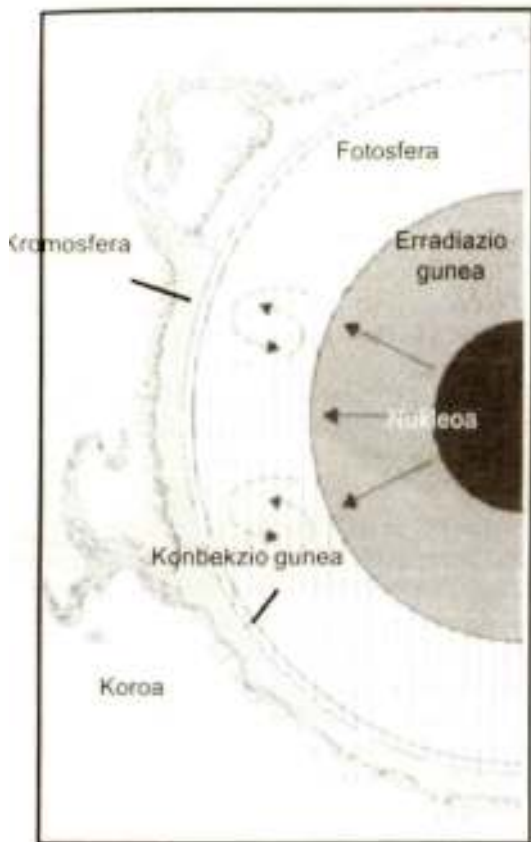
Plutón es el planeta más lejano del sistema solar. No se sabe si tiene o no campo magnético pero sí hay constancia de su atmósfera.

Jon Andoni Boneta

EL SOL

El Sol es la estrella que nos acompaña todos los días, la estrella por la cual es posible la vida en el planeta Tierra, pero ¿conocemos realmente el Sol? Sale cada mañana por el Este y se pone por el Oeste, pero no lo valoramos lo suficiente, ni le prestamos la atención debida. Entre otras cosas, también es el responsable de las Auroras, por todo esto y mucho más, vamos a dedicar unas páginas al estudio del astro rey.

El Sol, que tan importante es para nosotros, no ocupa un lugar excepcional en la galaxia y por supuesto tampoco en el universo. No es más que una estrella común de 5 000 millones de años, es decir una estrella adulta por la masa que tiene, que vivirá aproximadamente otros tantos. Tiene una masa de 2×10^{30} Kg (un dos y treinta ceros) y un radio de 696 260 Km; para hacernos una idea del volumen que ocupa, podemos imaginarnos una esfera gigante en la que pudiéramos meter más de un millón (1,3) de Tierras.



Eguzkiaren geruzak.

Capas del Sol.

okupatzen duen bolumenaren ideia bat egiteko, barruan milioi bat Lurretik gora (1,3) sartzeko moduko esfera erraldoi bat imajina dezakegu.

Erditik ebakiko bagenu, hainbat geruza eta egitura aurkituko genituzke, eta horiek banan-banan aipatuko ditugu hemen:

Erditik hasita, Nukleoa dugu. Hortxe gertatzen dira erreazio termonuklearrak 15 milioi gradu inguruko tenperaturan. Eguzkiak eremu horreketan sortzen du bere energia guztia. Helio atomo bat sortzeko 4 Hidrogeno atomo elkartzen direnean sortzen da energia hori. Segundo bakar batean 653 milioi tona Helio bihurtzen dira 657 milioi tona Hidrogeno. Erreakzio hori exotermikoa da, hauxe da, energia soberan du, eta energia horren zati bat Lurrean jasotzen dugu bai argi moduan, bai bero moduan bai beste uhin eta partikula moduan, baina horiek ezin ditugu ikusi eta hauteman teknologia egokia ez badugu. Hasieran, %73 Hidrogenoa, %28 Helioa eta %1 Karbonoa edo Nitrogenoa bezalako elementu astunagoak zituen Eguzkiak osagai eta oraindik ere hala xe jarraitzen du kanpoaldeko geruzetan; nukleoan, ordea, 5.000 milioi urtean erreakzio nuklearrak izan ondoren, aldatu egin dira proportzio horiek. Eredituen arabera, Eguzkiaren erdialdean %37 baino ez da Hidrogenoa.

Si lo cortásemos por la mitad, encontraríamos distintas capas y estructuras que vamos a ir enumerando de una en una:

Empezando por el centro, tenemos el Núcleo. Aquí es donde se producen las reacciones termonucleares a unas temperaturas de alrededor de 15 millones de grados. Esta es la zona donde el Sol genera toda su energía. Esta energía se forma cuando 4 átomos de Hidrógeno se fusionan para dar un átomo de Helio. En un solo segundo 657 millones de toneladas de Hidrógeno se convierten en 653 millones de toneladas de Helio. Esta reacción es exotérmica, es decir, tiene un superávit de energía de la cual recibimos parte en la Tierra bien en forma de luz, de calor o de otras ondas o partículas que no podemos ver ni percibir sin ayuda de la tecnología adecuada. El Sol en su inicio estaba compuesto por un 73% de Hidrógeno, un 28% de Helio y un 1% de elementos más pesados como el Carbono o el Nitrógeno y así sigue siendo en las capas externas, pero en el núcleo, después de 5 000 millones de años de reacciones nucleares estas proporciones han cambiado. Algunos modelos, predicen que en el centro del Sol el Hidrógeno es tan solo un 37%.

Esta energía se va transformando en su viaje hacia capas exteriores; es por ello que asociamos cada una de estas radiaciones a las distintas capas del Sol. La mayoría de estas ondas y partículas invisibles son nocivas para la vida en la Tierra, pero la atmósfera nos protege de ellas. En general se puede decir que éste es el mismo mecanismo que hace brillar a las estrellas “adultas” (mayoría de las estrellas que vemos en el firmamento). Sobre las estrellas que en su núcleo llevan a cabo esta reacción nuclear, en Astronomía, se dice que están en la secuencia principal.

Justo alrededor del núcleo se encuentra la Zona Radiativa. En esta zona, la materia no sufre ninguna alteración nuclear y se puede decir que la materia está quieta (si obviamos la rotación). El nombre, le viene por la forma en que transporta la energía hacia las capas exteriores, lo hace como un radiador, por contacto. Una partícula que se encuentra en las cercanías del núcleo recibe la energía directamente, se la pasa a una partícula contigua y así sucesivamente; este proceso se da millones de veces hasta que la energía llega hasta la base de la siguiente capa.

La Zona Convectiva es la última capa de lo que se conoce como el interior del Sol antes de la atmósfera. En esta zona en la que la temperatura ya es considerablemente más baja que en el núcleo, tampoco se produce ningún tipo de reacción termonuclear, pero se diferencia con la zona radiativa por la forma en la que se realiza el transporte de energía. En esta capa la materia ya no está quieta; tiene un movimiento cíclico en el que sube y baja una y otra vez como en un caso el agua hirviendo. La que se

Energia hori eraldatzen doa kanpoaldeko geruzetarantz egiten duen bidean; horregatik, Eguzkiaren geruza desberdinekin lotzen ditugu erradiazio horiek. Uhin eta partikula ikusezin horietako gehienak kaltegarriak dira bizitzarako Lurrean, baina atmosferak haietatik babesten gaitu. Oro har, esan daiteke izar "helduei" (zeruan ikusten ditugun izar gehienak) distira eginarazten dion mekanismo berbera dela hori. Beren nukleoan erreakzio nuklear hori eragiten duten izarrak, sekuentzia nagusian daudela esaten da Astronomian.

Justu nukleoaren inguruan Eremu Erradiatiboa dago. Eremu horretan materialak ez du inolako erreakzio nuklearrik jasaten eta materia hori geldirik dagoela esan daiteke (errotazioa alde batera uzten badugu). Energia kanpoaldeko geruzetara eramateko moduarengatik datorkio ize-na, erradiadore batek bezala egiten baitu, ukipenez. Nukleoaren inguruetan dagoen partikula batek zuzenean jasotzen du energia, aldameneko partikula bati pasatzen dio eta horrela jarraitzen du hurrenez hurren; prozesu hau milioika aldiz ematen da energia hurrengo geruzaren oinarrira iristen den arte.

Konbekzio Eremua da atmosfera baino lehen Eguzkiaren barnealde gisa ezagutzen dugunaren azken geruza. Nukleoak baino askoz ere tenperatura baxuagoa duen eremu honetan ere ez da inolako erreakzio termonuklearrik gertatzen, baina energiaren garraioa egiteko modua da eremu erradiatiboarekiko duen aldea. Geruza honetan materia jada ez dago geldirik; mugimendu zikliko bat egiten du eta behin eta berriro igo eta jaitsi egiten da ur irakina lapiko batean bezala. Eremuaren oinarrian dagoena berotu egiten da, eta horrenbestez, ez da gainean duen materia bezain trinkoa. Fisikaren oinarritzko legeei jarraiki, gorantz egingo du materia horrek. Behin eremu horren goialdera iritsi ondoren, materia hoztu egiten da, azpitik materia beroagoa dator eta hari lekua utzi behar dio. Horrenbestez, konbekzioaren hondoa bukatuko du berriro ere. Prozesu hori ziklikoa da eta geruza erradiatibotik energia iristen ez denean soilik amaituko da.

Fotosfera da atmosferaren lehen geruza. Lehen aipatu dugu, erradiazio mota bakoitza Eguzkiaren geruzekin lotzen dela, nukleotik abiatzen den energia tenperatura galtzen baitoa kanpoaldeko geruzetara doan heinean. Fotosferan 6.000°C ingurukoa da tenperatura, eta horregatik, geruza honetatik datorren erradiazioa da argi ikusgaia. Eguzkiari begiratzen diogunean (ikusmena iragazki egokiekin babestuta betiere), fotosfera da ikusten duguna. Eguzkiaren konbekzio eremuaren goiko aldea denez, alde honetan oso argi bereizten da pikordura gisa ezagutzen duguna. Puntu argiak, beroak, agertzen dira, eremu erradiatiboaren hondotik datozenak, eta beste alde batzuetan materia ilunagoa ageri da, hotza-

encuentra en la base de la zona se calienta y por lo tanto es menos densa que la materia que tiene por encima. Por leyes fundamentales de la física, esta materia tenderá a subir. Una vez en la parte superior de esta zona, la materia se enfría y por debajo viene materia más caliente a la que tiene que dejar sitio, con lo cual terminará otra vez en el fondo de la convección. Esto es cíclico y solo acabará cuando no llegue energía de la capa radiativa.

La primera capa de la atmósfera es la Fotosfera. Antes se ha comentado, que cada tipo de radiación se relaciona con una capa del Sol, pues la energía que parte del núcleo va perdiendo temperatura según va viajando hacia capas externas. En la Fotosfera, la temperatura es de alrededor de 6.000°C y esto hace que la radiación procedente de esta capa sea la luz visible. Cuando miramos al Sol (siempre protegiéndonos la vista con filtros adecuados), es la fotosfera lo que vemos. Por ser la parte superior de la parte convectiva del Sol, en esta zona se aprecia claramente lo que se conoce como la granulación. Aparecen puntos claros, calientes, que vienen del fondo de la zona radiativa y zonas en las que la materia se ve más oscura, más fría, en las zonas donde la materia ya enfriada se está hundiendo. El diámetro de cada gránulo puede ser de alrededor de 2.000 Km . y la velocidad de la materia expulsada de unos 200 metros por segundo (7.200 Kilómetros a la hora). Se ven también con gran facilidad fenómenos que ocurren en el Sol, tales como las manchas solares que estudiaremos con más profundidad cuando hablemos del magnetismo.

Por encima, encontramos la Cromosfera. Es una zona muy parecida a la fotosfera, un poco menos densa y con temperaturas ligeramente más bajas y donde los fenómenos más relevantes son las playas y las fáculas que en ocasiones, si las vemos en el limbo, son protuberancias que están relacionadas con las manchas de la fotosfera.

La parte más externa del Sol, aunque parezca todo lo contrario, es la zona que más secretos esconde para los científicos. Concretamente, la conocida como la zona de transición. Ésta es la que separa la Cromosfera de la Corona y en ella ocurre un fenómeno muy extraño en el que en muy pocos kilómetros, la temperatura pasa de ser de alrededor de 1.000 grados a 1 millón. Se cree que el campo magnético tiene una gran importancia en el mecanismo de calentamiento de la Corona, que aunque no lejos de ser resuelta, todavía es bastante confusa pues hay propuestas varias teorías.

La Corona o la capa más exterior del Sol, sólo visible cuando ocurren eclipses totales, aunque poco densa, se extiende varios millones de kilómetros. Es un plasma ionizado a causa de las altas temperaturas que soporta, compuesto principalmente por electrones, protones y núcleos de Helio además de pequeñas cantidades de iones más pesados. En esta zona ocurren fenómenos violentos como los flares, y

goa, jada hoztutako materia hondorantz doan eremuetan. Pikor bakoitzaren diametroa 2.000 Km ingurukoa izan daiteke eta egotzitako materiaren abiadura segundoko 200 metro ingurukoa da (7.200 kilometro orduko). Era berean, erraztasun handiz ikusten dira Eguzkian gertatzen diren fenomenoak, eguzki orbanak, esate baterako, baina magnetismoaz hitz egitean sakonago aztertuko ditugu horiek.

Fotosferaren gainean Kromosfera dugu. Fotosferaren antzeko eremua da oso, ez hain trinkoa, eta tenperaturak zertxobait baxuagoak ditu. Eremu honetan hondartzak eta fakulak dira fenomeno garrantzitsuenak, eta batzuetan, linboan ikusten baditugu, fotosferako orbanekin loturiko protuberantziak dira.

Eguzkiak kanpoaldean duen gunea da eta, alderantzizkoa badirudi ere, zientzialarientzat sekretu gehien ezkutatzen dituen aldea da. Zehatz adierazteko, trantsizio eremu gisa ezagutzen dugu hori. Eremu horrek bereizten ditu Kromosfera eta Koroa eta oso fenomeno bitxia gertatzen da bertan, oso kilometro gutxitan, 1000 gradu ingurukoa izatetik milioi 1 gradukoa izatera pasatzen baita tenperatura. Pentsatzen da eremu magnetikoak garrantzi handia duela Koroaren berotze mekanismoan, eta ezagutzetik urrun ez badago ere,

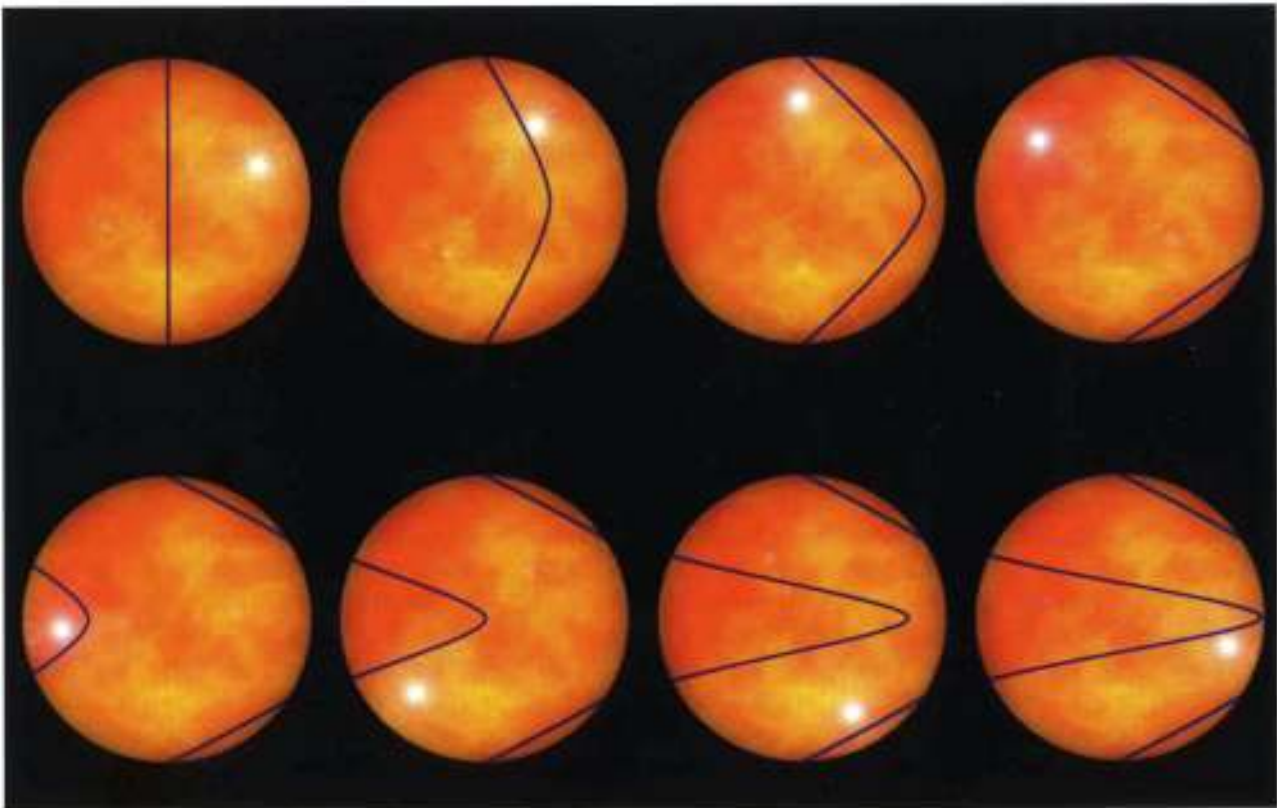
se pierden grandes cantidades de masa dando paso así a los agujeros coronales y alimentando el viento Solar.

El viento Solar, los agujeros coronales y las expulsiones de materia, así como las manchas y otros fenómenos relacionados con el magnetismo serán estudiados en siguientes capítulos.

La Rotación

Ya conocemos un poco el Sol y sabemos que no tiene nada que ver con otros cuerpos como la Luna. Este último, es un sólido rígido y cuando un punto de él se mueve, también lo hacen todos los demás, empujados por el primero. En la Tierra ocurre algo parecido en la superficie pero no en el núcleo que es de magma y no es un sólido rígido.

En el Sol ocurre algo parecido, ya hemos visto que está compuesto por un plasma que tampoco es un sólido rígido y cuando un punto de éste se mueve, los demás, no están obligados a moverse a la misma velocidad y esto da pie al fenómeno conocido como rotación diferencial. Esta rotación es muy importante pues es la principal causante del ciclo de actividad solar como veremos cuando estudiemos el magnetismo y todos los fenómenos asociados a él.



Eguzkiaren errotazio diferentziala. Azkarragoa da ekuatorretik eta nukleotik gertuago dagoenean. Egilea: Sane.

La rotación diferencial del Sol. La rotación es más rápida cuanto más cerca del ecuador y cuanto más cerca del centro. Autor: Sane.

prozesu hori aski nahasia da oraindik, hainbat teoria proposatzen baitira.

Koroa edo Eguzkiak kanpoaldean duen geruza eklipse osoak gertatzean soilik ikus daiteke eta, oso trinkoa ez den arren, hainbat milioi kilometro luzatzen da. Jasan behar dituen tenperatura handiengatik ionizaturiko plasma bat da, eta elektroik, protoi eta Heliozko nukleoz osatua dago batik bat, baina ioi kopuru txiki batzuk ere baditu, horiek astunagoak. Flareak bezalako fenomeno bortitzak gertatzen dira geruza honetan, masa kopuru handiak galtzen dira, eta ondorioz sortzen dira koroako zuloak eta elikatzen da Eguzki Haizea.

Hurrengo kapituluetan aztertuko ditugu Eguzki Haizea, koroako zuloak eta materia egozpenak, orbanak eta magnetismoarekin loturiko beste hainbat fenomeno.

Errotazioa

Jada ezagutzen dugu pixka bat Eguzkia, eta badakigu Ilargia bezalako beste gorputz batzuekin ez duela inolako zerikusirik. Ilargia solido zurruna da eta haren puntu bat mugitzen bada, beste guztiak ere mugitu egiten dira lehenengoak bultzatuta. Lurrean antzeko zerbait gertatzen da azaleran, ez ordea nukleoan, hura magmazkoa baita, ez solido zurruna.

Eguzkian ere antzeko zerbait gertatzen da, jada ikusi dugu plasma batek osatzen duela, solido zurruna ez dela, eta haren puntu bat mugitzen denean, gainerakoak ez dutela abiadura berdinean mugitzeko beharrik. Errotazio diferentziala deituriko fenomeno sortzen du horrek. Errotazio hori guztiz garrantzitsua da, bera baita eguzkiaren jardura-zikloaren eragile nagusia, magnetismoa eta hari loturiko fenomeno guztiak aztertzean ikusiko dugun bezala.

Errotazio diferentziala izateak esan nahi du Eguzkiaren puntu bakoitzean errotazioa desberdina dela, baina jada aztertutako patroi batzuk jarraitzen ditu beti. Ondoren aipatuko ditugu horiek. Sakonerari erreparatzen badiogu, esan behar da kanpoaldean dauden geruzetan baino azkarrago biratzen duela nukleoan. Adibide bat jartzeko, esan dezakegu errotazioa fotosferan baino azkarragoa dela eremu erradiatiboan. Baina sakonera ez da, ordea, guretzat hain bitxia den fenomeno honetan eragina duen faktore bakarra, latitudeak ere eragina baitu. Poloetan baino azkarrago biratzen du Ekuatorean.

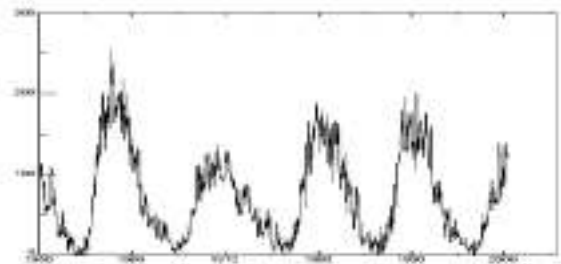
Hori guztia horrela izan arren, Eguzkiarentzako badago batez besteko errotazio aldi bat, eta horrek 27 egun inguru irauten du, Ekuatoretik hurbil dauden latitudeetarako balio duena Fotosferan.

El hecho de que la rotación sea diferencial, quiere decir que en cada punto del Sol la rotación es diferente pero sigue unos patrones ya estudiados que se mencionan a continuación. Si nos fijamos en la profundidad, hay que decir que en el núcleo rota más rápido que en capas más exteriores. Poniendo un ejemplo, podemos decir, que la rotación es más rápida en la zona radiactiva que en la fotosfera. Pero la profundidad no es el único factor que afecta a este fenómeno tan raro para nosotros, la latitud también afecta. Rota más rápido en el Ecuador que en los Polos.

A pesar de todo esto, existe un período medio de rotación para el Sol que es de alrededor de 27 días, válido para latitudes cercanas al Ecuador en la Fotosfera.

El Campo Magnético

El campo magnético del Sol, es producido igual que el de la Tierra por un fenómeno que es conocido como el efecto dínamo. Para entender este efecto es necesario recordar alguna ley de la física fundamental y recordar que una corriente eléctrica puede crear un campo magnético y viceversa. En el caso de la Tierra, el plasma es líquido entre el manto y el núcleo y además compuesto principalmente por metales; los cuales, tienen tendencia a dejar libres sus electrones. A raíz de la rotación, pues, tenemos electrones en movimiento o lo que es lo mismo: una corriente eléctrica que creará el campo magnético terrestre que por ser bastante estable podemos compararlo con un imán.



Eguzkiaren jardura-zikloa. Maximo bat espero da 2001 urtean.

Ciclo de actividad solar. Se prevé un máximo alrededor del 2001.

En el Sol el campo magnético surge por el mismo efecto, pero debemos recordar que la rotación del Sol nada tiene que ver con la de la Tierra. Por esta razón, el campo magnético del Sol es cambiante y no podemos compararlo con un imán como hemos hecho con el campo magnético de la Tierra. Éste es un aspecto muy importante dentro del tema que nos ocupa, es por esto que lo vamos a explicar más detenidamente.

Eremu Magnetikoa

Lurrarena bezalaxe, dinamo efektu gisa ezaguturiko fenomeno batek sortzen du Eguzkiaren eremu magnetikoa. Efektu hori ulertzeko, beharrezkoa da oinarritzko fisikaren legeetako bat gogora ekartzea eta korrante elektriko batek eremu magnetikoa sortu dezakeela eta alderantziz gogoan edukitzea. Lurraren kasuan, plasma likidoa da mantuaren eta nukleoaren artean, eta gainera, metalez osatua dago batik bat; eta beren elektroioak aske uzteko joera dute metal horiek. Errotazioa dela eta, horrenbestez, elektroioak ditugu mugimenduan edo gauza bera esanda: lurraren eremu magnetikoa sortuko duen korrante elektriko bat. Aski egonkorra denez, iman batekin aldera genezake korrante hori.

Eguzkian ere efektu berarengatik sortzen da eremu magnetikoa, baina gogoan eduki behar dugu Eguzkiaren errotazioak ez duela zerikusirik Lurraren errotazioarekin. Arrazoi horregatik, Eguzkiaren eremu magnetikoa aldatzeko da eta ezin dugu iman batekin alderatu, Lurraren eremu magnetikoarekin egin dugun bezala. Alderdi hori oso garrantzitsua da aztertzen ari garenean honen barruan, eta horrexegatik, astiroago azalduko dugu.

Ikusi dugun bezala, errotazio diferentziala da Eguzkiaren eremu magnetikoa aldatzeko izatearen eragilea, baina jakin behar dugu, Eguzkiaren leku geografikoaren baitan eremu magnetikoa desberdina bada ere, beti berdina dela puntu bakoitzean. Horrexegatik, eremu magnetikoa aldatzeko da, baina ziklikoa beti ere. Eguzki jardueraren zikloa 22 urtekoa da gutxi gorabehera, hauxe da, eremu magnetiko berdineraren itzultzen da denboraldi horretan. Hala eta guztiz ere, gogoan eduki behar dugu eremu magnetikoak bi polaritate dituela (positiboa eta negatiboa) eta ziklo oso bat igarotzeko 22 urte behar badira ere, 11 urte aski direla eremu magnetiko bera izan dadin baina aurkako polaritatearekin. 11 urteko ziklo hori Schwaberen ziklo gisa ezagutzen dugu, halaber. Zikloak irauten duen bitartean, batzuetan oso ahula da Eguzkiaren jarduera eta beste batzuetan, berriz, jarduera gorenera iristen dira eremu magnetikoei loturiko Eguzki fenomenoak.

Eremu magnetikoei hertsiki loturik azaltzen diren fenomenoak ditugu Eguzki orbanak, orbanak badaude eremu magnetikoa bada. Jarraitu eta aztertzeke aski errazak dira Eguzki orbanak, eta horrexegatik, haien bilakaera aztertuko dugu orain, beti haiei loturik doan eremu magnetikoaren bilakaera zein den jakin ahal izateko.

Ziklo bakoitzaren hasieran, eremu magnetikoa poloidala dela esaten da, Lurrarena bezala. Zikloaren fase horretan ez dago orban kopuru handirik eta poloetatik hurbilago daude, lerro magnetikoen pilaketa handiena hantxe gerta-

Como hemos visto, la rotación diferencial, es la causante de que el campo magnético del Sol sea cambiante, pero debemos saber que aunque diferente dependiendo del lugar geográfico del Sol, es siempre igual en cada punto. Esto da lugar a un campo magnético cambiante pero cíclico. El ciclo de actividad Solar es de 22 años aproximadamente, es decir en este período de tiempo se vuelve exactamente al mismo campo magnético. A pesar de ello debemos recordar que el campo magnético tiene dos polaridades (positiva y negativa) y que aunque sean necesarios 22 años para que pase un ciclo completo, con 11 años es suficiente para que el campo magnético sea el mismo pero con la polaridad opuesta. Este ciclo de 11 años es también conocido como el ciclo de Schwabe. Durante el ciclo hay momentos en los que la actividad Solar es muy débil y momentos que alcanza puntos en los que los fenómenos Solares asociados a los campos magnéticos alcanzan el máximo.

Las manchas Solares son fenómenos que aparecen estrechamente ligados a los campos magnéticos, si hay manchas hay campo magnético. Las manchas Solares son relativamente fáciles de seguir y estudiar, es por esto que vamos a centrarnos ahora en la evolución de éstas para saber cuál es la evolución del campo magnético que siempre va asociado a ellas.

Al principio de cada ciclo, se dice que el campo magnético es poloidal, igual que el de la Tierra. En esta fase del ciclo no hay una cantidad importante de manchas y hay más cerca de los polos, pues es aquí donde se produce la mayor concentración de líneas magnéticas y por consiguiente más actividad. Según va avanzando el ciclo, las líneas de campo magnético se van enroscando cerca del ecuador solar por la rotación diferencial que si recordamos es más rápida en el ecuador. Al final del ciclo las líneas están estiradas con lo cual hay mayor superficie de la estrella cerca de una de ellas y si recordamos la relación anteriormente citada, mayor campo magnético significa más manchas solares y esto implica más Viento Solar y mayor probabilidad de que ocurra una Aurora.

El Viento Solar

La primera evidencia de que existía el Viento Solar estuvo relacionada con la cola de los cometas y sobre todo la orientación de las mismas; en dirección radial al Sol pero siempre hacia fuera, como alejándose de él. Se postularon varios tipos de radiaciones que pudieran explicar la forma de la cola de los cometas. Finalmente se concluyó que el motivo era el Viento Solar.

En 1962, el Mariner 2, ya pudo demostrar que las predicciones que se hacían, de que el viento Solar era mate-

tzen baita, eta horrenbestez, jarduera handiagoa baitago. Zikloa aurrera doan heinean, eremu magnetikoaren lineak eguzkiaren ekuatorearen inguruan biltzen dira errotazio diferentzialaren eraginez; gogoratzen badugu errotazio hori azkarragoa da ekuatorean. Zikloaren amaieran lineak luzaturik daude, eta horrenbestez, haietako bakoitzaren ondoan izarraren azalera handiagoa dago, eta lehen aipaturiko erlazio hori gogora ekartzen badugu, eremu magnetiko handiagoak eguzki orban gehiago daudela esan nahi du, eta horrek Eguzki Haize handiagoa eta Aurora bat gertatzeko aukera handiagoak eragiten ditu.

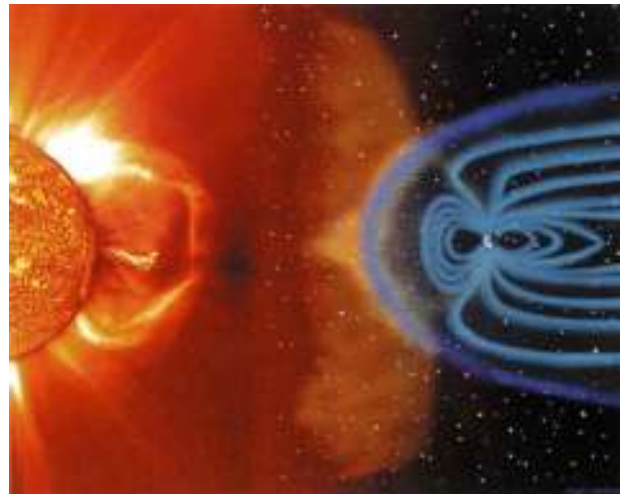
Eguzki Haizea

Eguzki Haizea izaten dela pentsatzeko lehen aztarna kometen isatsari, eta batik bat haien orientazioari loturik dago; Eguzkiarekiko erradio-norabidean, baina beti ere kanpoalderantz; hartatik urruntzen bezala. Hainbat erradiazio mota hartu ziren kontuan kometen isatsaren forma azaldu ahal izateko. Arrazoia Eguzki Haizea zelako ondorioa atera zen azkenik.

1962an, Mariner 2k jada egiaztatu ahal izan zuen Eguzki Haizea materia zela zioten iragarpenak egia zirela. Planetarteko espazioan abiadura supertsonikoan ibiltzen diren elektroik, protoi eta alpha partikulez (Helio nukleoak) osatua zegoela egiaztatu zen.

Eguzki Haizearen abiadura aldatu egiten da hura eragiten duen Eguzki fenomenoaren eta haren bortizkeriaren arabera. Normalean 700 Km/s eta 300 Km/s artean aldatzen da. Egun gutxi batzuetan soilik mantentzen daiteke abiadura handienak. cm^{-3} -ko protoien dentsitatea 3 eta 4 artekoa da, eta tenperatura, berriz, abiadurarekin zertxobait aldatzen dena, 10.000°K ingurukoa da. Haizearen dentsitatea nabarmen jaisten da Eguzkitik urruntzen goazenean, baina abiadura eta tenperaturarekin ez da horrelakorik gertatzen, horiek ia konstanteak mantentzen baitira 0,3 eta 1 unitate astronomikoaren artean (Lurraren eta Eguzkiaren arteko distantzia batez beste).

Normalean koroako zuloek eragiten dute, horiek baitira, neurri handi batean, Eguzki haizearen eragileak. Fenomeno hauek masa kopuru handiak igortzen dituzte planetarteko espaziora eta hainbat egun eman ditzakete materia egozten. Flareak bezalako fenomenoek energia ugari sortzen dute, baina Auroretan eragina izan dezakeen Eguzki Haizea sortzeko orduan ez dira oso eraginkorrak, ordubete inguru irauten duten fenomenoak baitira. Materia egozteko norabideak ere garrantzi handia du, Lurrerako norabidea izan behar baitu aurorak gertatu ahal izateko.



Eguzkiak igortzen duen haizea lurreraino iristen da eta lurreko eremu magnetikoa moldeatzen du.

El viento solar que sale del Sol llega hasta la tierra modelando el campo magnético del mismo.

ria, eran ciertas. Se demostró que estaba compuesto por electrones, protones y partículas alpha (núcleos de Helio) que viajan a velocidad súper sónica por el medio interplanetario.

La velocidad del Viento Solar varía dependiendo del fenómeno Solar que lo produzca y su violencia. Típicamente varía entre 700 Km/s y 300 Km/s. Los picos de máxima velocidad pueden mantenerse durante unos pocos días. La densidad de protones por cm^3 es de entre 3 a 4 y la temperatura que varía levemente con la velocidad, es del orden de 10 000°K. La densidad del viento disminuye claramente cuando nos vamos alejando del Sol pero no ocurre así con la velocidad y la temperatura que se mantienen prácticamente constantes entre 0,3 y 1 unidad astronómica (la distancia media entre la Tierra y el Sol).

Normalmente suele ser producido por los agujeros coronales que son los responsables del Viento Solar en gran medida. Estos fenómenos emiten enormes cantidades de masa al espacio interplanetario y pueden pasar varios días expulsando materia. Los fenómenos como los flares, que producen mucha energía, no son muy eficientes a la hora de generar Viento Solar que pueda afectar a las Auroras, pues son fenómenos que duran alrededor de una hora. La importancia de la dirección de expulsión de materia es importante pues tenemos que tener en cuenta que para que se produzcan las auroras debe ser en dirección a la Tierra.

Kristina Zuza

Kristina Zuza

PARTIKULEN OINARRIZKO MUGIMENDUAK

Funtsean Eguzki Haizearen partikulak dira auroren eragile; partikula horiek, Lurreko eremu magnetikoek gidatuta, Ionosferan sartzen dira. Horrexegatik, lehenik labur-labur deskribatuko ditugu zeintzuk diren partikulen oinarritzko mugimenduak eremu magnetiko baten eraginpean daudenean. Elektroia hartuko dugu mugimenduen eredu, protoiaren kasuan kontuan hartu behar baitira kargaren zeinuaren aldaketa eta masa aldea.

Mugimenduan den eta eremu magnetiko bat alderik alde igarotzen duen partikulak indar bat bizi du, eta Lorentzen legeak adierazten ditu indar horren norabidea eta neurria:

$$\vec{F} = q (\vec{V} \times \vec{B})$$

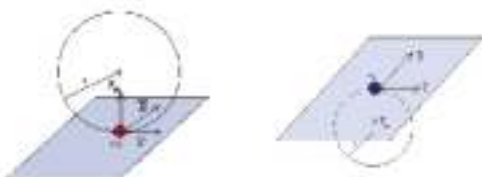
Indarraren neurria: $q \cdot V \cdot B \cdot \sin \theta$

Non: F partikulak jasaten duen indarra den.
 q partikularen karga den $1,6 \times 10^{-19} \text{C}$.
 V partikularen abiadura den.
 B eremu magnetikoa den.
 θ abiadura bektorearen eta eremu magnetikoa bektorearen artean osatutako angelua den.

Atal honetan hasierako abiadura duen partikula batek B eremu magnetikoan egiten duen mugimendua ulertzen saiatuko gara.

Eremu magnetikoaren lerroei paraleloan doazen partikuletan, ez da angelurik osatzen, hau da, 0° -ren sinua 0 da; beraz elektroiak edo protoiak ez du indarririk jasaten.

Nolanahi ere, B eremu magnetikoaren lerroei perpendikularrean doan elektroia bati dagokionez, goren da haren gaineko indarra (izan ere lekoa da 90° -ren sinua), eta indar horrek abiadurak eta eremu magnetikoak osatzen duten planoarekiko norabide perpendikularra du. Indar honen norabidea partikularen zeinuaren arabera izango da. Elektroia Lorentzen legea aplikatuta ikusiko dugu norabide zirkularri ekiten diola.



MOVIMIENTOS BÁSICOS DE LAS PARTÍCULAS

Fundamentalmente el causante de las auroras son las partículas de Viento Solar que guiado por los campos magnéticos de la Tierra se introducen en la Ionosfera. Por ello, primero, vamos a describir brevemente cuáles son los movimientos básicos de las partículas bajo la acción de un campo magnético. Consideraremos al electrón como ejemplo de los movimientos, para el caso del protón se debe tener en cuenta el cambio de signo de la carga y la diferencia de masa.

Toda partícula en movimiento que cruza un campo magnético experimenta una fuerza cuya dirección y magnitud es representada por la ley de Lorentz:

$$\vec{F} = q (\vec{V} \times \vec{B})$$

La magnitud de la fuerza: $q \cdot V \cdot B \cdot \sin \theta$

Donde: F es la fuerza que experimenta la partícula.
 q es la carga de la partícula $1,6 \times 10^{-19} \text{C}$.
 V es la velocidad de la partícula.
 B es el campo magnético.

θ es el ángulo formado entre el vector velocidad y el vector campo magnético.

En este apartado se intenta comprender el movimiento que, en un campo magnético B, realiza una partícula que tiene velocidad inicial.

En las partículas que lleven velocidad paralela a la línea del campo magnético, el ángulo formado es cero, es decir, seno de 0° es 0 y por lo tanto la fuerza que experimenta el electrón o protón es nula.

Sin embargo, para un electrón cuya velocidad sea perpendicular a la línea de campo magnético B, la fuerza que se ejerce sobre él es máxima (ya que seno 90° es 1) y ésta tiene una dirección perpendicular al plano que forman la velocidad y el campo magnético. El sentido de esta fuerza dependerá del signo de la partícula. Como se puede ver en las figuras 1 y 2, el electrón es desviado bajo la influencia del campo magnético. Basta seguir aplicando la ley de Lorentz al electrón y observaremos que la trayectoria que sigue es circular.

Se han comentado los dos casos extremos según el ángulo de incidencia respecto a la línea de campo magnético: si su velocidad es paralela al campo B sigue su trayectoria sin modificaciones y si la velocidad es

Muturreko kasu biak ikusi ditugu eremu magnetikoaren lerroarekiko eraso-angeluaren arabera: haren abiadura B eremuarekiko paraleloan garatzen baldin bada, bere bideari eusten dio inolako aldaketarik gabe, baina abiadura perpendikularrean garatzen baldin bada, ibilbide zirkular batean geratzen da gatibu. Gainerako eraso-angeluetan elektroia-aren abiadura arestian azaldu-tako kasu bietan bana daiteke, eta beraz, bien baturaren emaitza izango da haren bidea, hau da, elektroiak mugimendu kiribila izango du B eremu magnetikoaren lerroan inguruan.

Beste fenomeno garrantzitsu bat botila magnetiko esaten zaiona da, horrexek azaltzen baititu Van Hallen-en eraz-tunak. Arestian azaldu bezala, partikulak bide kiribila egingo du B eremuaren linearen luzeran. Eremu-lerroen formek muturretan bat egiten baldin badute, elektroiak bertan geratzen dira gatibu.



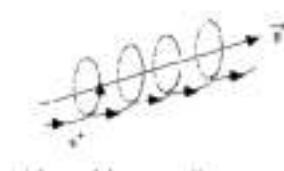
Bola magnetikoa.

Bola magnética.

Eremu magnetikoan mugimenduan ari den partikularen energia osoa, beti ere elektroia-aren masa eta abiaduraren arabera izango dena, konstantea izango da haren gainean jarduten ez den bitartean. Energia hau energia biren baturatzat har daiteke; bata biraketa-abiadurari dagokiona eta bestea B eremuan barna bizi duen translazioari dagokiona.

Botilaren muturrera hurbildu ahala, zirkuluak gero eta txikiagoak dira, eta beraz, gero eta handiagoa biraketa-abiadura. Energia osoa konstantea denez, translazioari dagokionak moteldu behar du, edo gauza bera dena, abiadura moteltzen du. Honenbestez, partikulak gero eta abiadura handiago batez emango ditu birak, baina motelago hurbilduko da botilaren leporantz. Bukatze-ko, puntu batean birak ematen geratu beharko luke. B eremu uniforme baten baitan ezin horrelakorik gerta daiteke, eta horrexegatik islatzen da partikula puntu honetan kontrako norabidean. Halatan moteldu egingo da biraketa-abiadura eta bizituko translazio-abiadura botilaren beste leporantz. Puntu horretara iritsita berri-ero ere islatuko da eta berri-ero ere ekingo dio. Elektroia-ren energia osoa konstante izateak eragiten du elektroia ispiluaren puntu bien artean betiereko mugimenduan gatibu geratzea.

Jon Andoni Boneta-Iñaki Lizaso



Karga positiboa duen partikula batek eremu magnetiko batean egiten duen bidea.

Trayectoria de una partícula con carga positiva en un campo magnético.

perpendicular la partícula queda atrapada en una trayectoria circular. En los demás ángulos de incidencia la velocidad del electrón se puede descomponer en los dos casos anteriormente citados y por lo tanto su trayectoria será la suma de ellos, es decir, que el electrón tiene un movimiento helicoidal alrededor de la línea de campo magnético B .

Otro de los fenómenos importantes es el llamado botella magnética que explica la existencia de los anillos de Van Hallen. Tal y como se ha visto anteriormente, la partícula seguirá una trayectoria helicoidal a lo largo de la línea de campo B . Si la forma de las líneas de campo convergen en los extremos, los electrones quedan atrapados en ellas.

La energía total de la partícula moviéndose en el campo magnético, que dependerá de la masa y de la velocidad del electrón, se mantiene constante siempre que no se actué sobre ella. Esta energía se puede considerar como la suma de dos energías; una la debida a la velocidad de rotación y otra a la de traslación a lo largo del campo B .

Según se acerca al extremo de la botella, los círculos cada vez son menores y por lo tanto la velocidad de rotación será mayor. Ya que la energía total se mantiene constante, la debida a la traslación tiene que disminuir o lo que es lo mismo disminuye su velocidad. Por lo tanto la partícula cada vez girará más rápido pero se moverá más lenta hacia el cuello de la botella. Finalmente, debería quedarse girando en un punto. En el seno de un campo B uniforme esto no puede ocurrir y por eso la partícula es reflejada en este punto en sentido contrario. De esta forma irá disminuyendo la velocidad de rotación y aumentado la de traslación hacia el otro cuello de la botella. Una vez en ese punto volverá a reflejarse y así sucesivamente. El hecho de que la energía total del electrón se mantenga constante supone que éste quede confinado en un movimiento perpetuo entre los dos puntos espejo.

Jon Andoni Boneta-Iñaki Lizaso

MAGNETOSFERA

Atal honetan xehe-xehe azaltzen da lurreko eremu magnetikoaren lerroek deskribatzen duten egitura. Horretarako NASAREN (National Aeronautics and Space Agency) web orri bat baliatuko dugu: <http://www-istp.gsfc.nasa.gov/>.

Gure eguneroko egitekoetan indar magnetikoek ez dute eraginik, eta horiek hautemateko tresna sentikor bat erabili behar da, magnetometro bat edo iparrorraz baten orratza. Eta hori horrela da gure eguneroko bizitzan topatzen ditugun materialak, arnasten ditugun Oxigenoa eta Nitrogenoa barne, elektrikoki neutroak direlako denak. Oxigenoaren atomoak, esate baterako, karga elektriko negatiboko elektroiak eta protoi positiboak biltzen ditu bere baitara, baina karga biak orekatu egiten dira beren artean, eta ezerezean geratzen dira indar elektriko eta magnetikoak. Indar magnetikoek ia ez dute inolako eraginik atomo neutroetan.

Hala eta guztiz ere, Lurrazaletik 100 Km-ra edo urrutira, oso bestelakoa da giro naturala. Garaiera hauetan atmosferaren geruzak izugarri berotzen dira X izpien eta Eguzkiaren argi ultramorearen ondorioz (baita beste arrazoi batzuegatik ere), eta atomoetako elektroiek negatiboak erauzi egiten dira gainerako atomoak positiboki kargatutako "ioi" gisa geratuz. Elektrikoki kargatutako zatiki hauek indar biziz erreazionatzen dute eremu magnetikoaren lerroetan, eta haiek gidatu eta gatibu harturik gera daitezke (Ikus aurreko atala: *PARTIKULEN MUGIMENDUA*).

Kontua da Lurretik gertu eremuaren lerroen egiturak baldintzatu egiten dituela bertan aske dauden elektroiek eta ioien mugimendua eta portaera. Espazioko indar magnetikoak aztertzen dituzten sateliteek agerian utzi zuten norabide gehienetan lerro horiek ez direla mugagabe urrutiratzen, barrunbe batera mugatzen direla baizik, lurreko magnetosferara. Harantzagoko espazioa Eguzkiaren eta Eguzkiak igorritako Eguzki Haize bizkorren eta elektroiek askeen mende dago.

Eguzki Haize horrek Magnetopausa izeneko bildukin baten baitara mugatzen ditu eremu magnetikoaren lerroak. Jarraian zehaztuko dugun magnetosferaren egituraren deskripzioa, Eguzki Haizearen erupzio baten presentzia aintzat hartuta egina dago.

Lurreko Magnetosfera

Lurreko eremu magnetikoen jatorria Lurraren barrunbean dago. Nukleo solidoaren eta lur-mantuaren artean egoera likidoan dago materia, eta bertan elektroiek aske ugari daude. Alde honetako baldintzak 2,5 milioi atmosferako presioa eta gutxi gora-behera 4.500 graduko tenperatura izatearen ondorioa da hori.

MAGNETOSFERA

En el presente apartado se explica detalladamente cuál es la estructura que describen las líneas del campo magnético terrestre. Para ello, se ha recurrido a una página web de la NASA (National Aeronautics and Space Agency) <http://www-istp.gsfc.nasa.gov/>.

En nuestro ambiente diario, las fuerzas magnéticas no tienen influencia y para detectarlas se necesita un instrumento sensible, un magnetómetro o la aguja de la brújula. Esto es así porque los materiales que encontramos en nuestra vida diaria, incluidos el Oxígeno y el Nitrógeno que respiramos, son todos neutros eléctricamente. Los átomos de Oxígeno, por ejemplo, contienen electrones con cargas eléctricas negativas y protones que son positivos, pero las dos cargas se equilibran entre sí, y se cancelan las fuerzas eléctricas y magnéticas. Las fuerzas magnéticas no tienen casi efecto sobre los átomos neutros.

Sin embargo, a 100 Km. o más sobre la superficie de la Tierra, el ambiente natural es muy diferente. Las capas de la atmósfera a esas alturas son calentadas fuertemente por los rayos X y la luz ultravioleta del Sol (y también por otras causas) arrancando los electrones negativos de los átomos y dejando a los átomos restantes como "iones" cargados positivamente. Estos fragmentos cargados eléctricamente reaccionan con fuerza a las líneas de campo magnético y pueden ser guiados y atrapados por ellas. (Ver apartado anterior: *MOVIMIENTO DE LAS PARTÍCULAS*).

Resulta que la estructura de las líneas de campo cerca de la Tierra determinan mucho del movimiento y del comportamiento de los electrones e iones libres encontrados allí. Los satélites que observan las fuerzas magnéticas en el espacio hallaron que en la mayoría de las direcciones, esas líneas no se alejan indefinidamente sino que están confinadas dentro de una cavidad, la magnetosfera terrestre. El espacio fuera de ella está dominado por el Sol y por el rápido Viento Solar de iones y electrones libres emitidos por el Sol.

Dicho Viento Solar confina las líneas de campo magnético dentro de una envoltura llamada Magnetopausa, dando lugar a una estructura que se observa en la figura inferior. Las descripciones de la estructura de la magnetosfera, a continuación detallada, se realiza tomando en cuenta la presencia de una erupción de Viento Solar.

La Magnetosfera terrestre

El origen de los campos magnéticos terrestres se encuentra en el interior de la Tierra. Entre el núcleo sólido y el

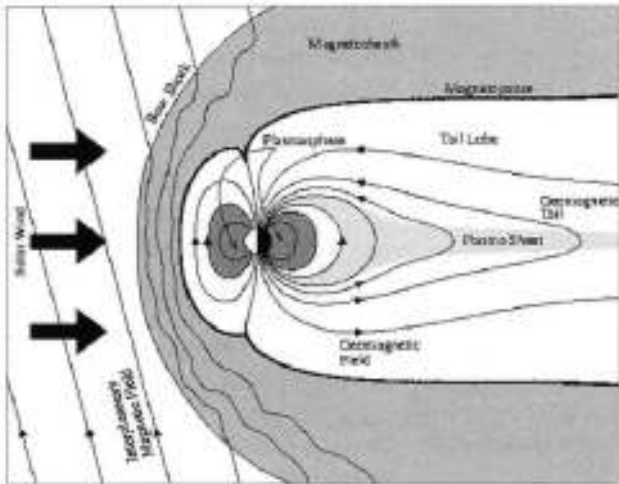
Lurraren biraketaren ondorioz, metalezko likidoari leku egiten dion geruza honetan korranteak sortzen dira, eta korrante horiek dira magnetosfera esaten zaien eremu magnetikoen sortzaileak. Funtsean iman baten antzekoa da sortutako eremu magnetikoa.



Lurraren eremu magnetikoa.
Campo magnetiko de la Tierra.

Eguzki Haizeak distortsionatu egiten du Magnetosfera; halatan, gutxi gora-behera lurraren diametroa halako zortzi hedatzen da Eguzkiaren aldera, eta ehunka batzuk diametro beste aldera. Magnetopausa esaten zaio Eguzki Haizearen eta Magnetosferaren arteko mugari.

Hainbat eremu handitan bana daiteke magnetopausaren barneko eremua:



1. Barneko magnetosfera

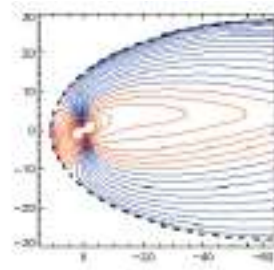
Barneko magnetosferak “muturretik” gutxi gora-behera 8 R_T -ko (Lurraren erradioa) tartea hartzen du eskuineko aldera, baina ez du poloen gaineko eremua hartzen.

Neurri batean eremu egonkorra da, barneko eta kanpoko erradiazio-gerrikoen okupatua. Ioi energetikoen ohiko dentsitatea lekoa da cm^3 -ko, eta ioiek eskuarki energia apalagoko elektroiekin egiten dute bikote. Gutxi gora-behera 50 keV-koa da ioiaren ohiko energia kanpoko erradiazio-gerrikoan, eta plasma honi atxikiriko energia elektriko da Lurra inguratzen duen eraztun-korrantea.

manto de la tierra, la materia se encuentra en un estado líquido en el que existen muchos electrones libres. Esto es debido a que las condiciones reinantes en esta zona son de unos 2,5 millones de atmósferas de presión y unos 4.500 grados de temperatura.

Debido a la rotación de la Tierra, se producen corrientes dentro de esta zona de liquido metálico y estas corrientes son las que producen los campos magnéticos a los que se les da el nombre de magnetosfera. En esencia el campo magnético producido se puede asemejar al de un imán.

La Magnetosfera es distorsionada por el Viento Solar, de esta forma se extiende sobre unos 8 diámetros terrestres hacia el lado del Sol y sobre unos cientos de diámetros en el lado contrario. Al límite entre el Viento Solar y la Magnetosfera se le denomina Magnetopausa.



Lurreko eremu magnetikoaren egitura eguzki haizearen eraginpean.
Estructura del campo magnético terrestre en presencia del viento solar.

La región interior a la magnetopausa se puede dividir en varias grandes regiones. (Ver gráfico a la izquierda).

1. Magnetosfera Interior

La magnetosfera interior se extiende desde el “morro” hasta una distancia de unos 8 R_T (radios terrestres) al lado derecho, pero no incluye la región sobre los polos.

Es una región relativamente estable, ocupada por los cinturones de radiación interior y exterior. La densidad típica de iones energéticos es de 1 por cm^3 y los iones están emparejados por electrones con generalmente menor energía. La energía típica del ion en el cinturón de radiación exterior es de unos 50 keV, y la energía eléctrica asociada con este plasma es la corriente de anillo, que rodea la Tierra.

Los iones atrapados se pierden gradualmente por las colisiones con el gas neutro local o siendo dispersados a órbitas que entran en la atmósfera. Esas pérdidas son, sin embargo, compensadas por la inyección ocasional de plasma fresco del lado nocturno, en tormentas o subtormentas magnéticas.

Gatibu geratutako ioiak arian-arian galtzen dira tokiko gas neutroekin talka egin eta gero, edo atmosferan sartzen diren orbitetan barreiatuta geratzen dira. Hala eta guztiz ere, galera hauek berdinu egiten dira alde ilunetik, ekaitzetan eta denborale magnetikoetan, tarteka egiten den plasma freskoaren ekarpenarekin.

Van Allenen Gerrikoak

Magnetosferaren baitan eta Lurra erabat inguratuz Van Allenen eratzunak daude. Ereku hauek oso bereziak dira partikulen biltoki direlako. Lehenago deskribatutako botila magnetiko deitu fenomenoaren ondorioz, partikula hauek Lurraren polo bien artean ibiltzen dira beti.

Erradiazioaren barneko gerrikoa

Gerriko honetan energia handiko partikulak daude gatibu. Partikula hauek nagusiki izpi kosmikoetatik etorriak dira. Energia handiko partikulak dira hauek, beste izar batzuetatik eta baita beste galaxia batzuetatik etorriak, Lurra norabide guztietan bonbardatzen dituztenak. Oso apala da izpi hauen dentsitatea. Denboraren joanaren ondorioz, izpi hauetako batzuk gatibu geratu dira Magnetosferako banda honetan.

Erradiazioaren kanpoko gerrikoa

Kanpoko gerrikoko ioiak eta elektroiak seguru asko magnetosferaren alde iluneko isats luzetik etorriak dira.

Noizean behin, ekaitz magnetiko izenaz ezagutzen den eztanda bortitzak, Lurrerantz igortzen du plasmaren isatsa. Ereku elektrikoak funtsezkoak dira prozesu honetan, izan ere, muturreko partikulei lagundu egiten diete gatibu zeuden orbitetatik ihes egiten eta energia garaiagoetara hurbiltzen. Eztanda amaitzen eta eremu elektrikoa murrizten denean, partikulak eratzuneko korrante orbitetan eta erradiazioaren kanpoko eratzunetan geratzen dira gatibu.

2. Magnetosferaren Isatsa

Magnetosferaren alde argiarekin, Eguzki Haizeak trinkotu eta mugatutako aldearekin kontrajarrita, alde iluna **“isats magnetiko”** luze baten moduan luzatzen da. Magnetosferaren alde hau dinamikoa da oso, aldaketa handiak gertatzen dira bertan, eta sarri askotan ioiak eta elektroiak energiakz beterik egoten dira.

Isats magnetikoa da, halaber, Poloetako Auroraren jatorri nagusia. Espazio aroko ikerlariak negu artikoan, zerua ia une

Cinturones de Van Allen

Dentro de la magnetosfera y rodeando por completo a la Tierra se encuentran los anillos de Van Allen. Estas regiones son muy especiales ya que son un almacén de partículas. Por el fenómeno llamado botella magnética descrito anteriormente estas partículas circulan entre los dos polos de la Tierra indefinidamente.



Van Allenen gerrikoaren irudia.

Representación del cinturón de Van Allen.

Cinturón interior de radiación

En este cinturón quedan atrapadas partículas muy energéticas. Estas partículas proceden principalmente de los rayos cósmicos. Estos son partículas de muy alta energía que proceden de otras estrellas o incluso de otras galaxias bombardeando a la Tierra en todas direcciones. La densidad de estos rayos es muy pequeña. El paso de los años ha hecho que algunos de estos rayos se hayan quedado atrapados en esta banda de la Magnetosfera.

Cinturón exterior de radiación

Los iones y los electrones del cinturón exterior provienen probablemente de la larga cola magnética de la zona nocturna de la magnetosfera.

De vez en cuando un estallido violento, conocido como tormenta magnética, dirige la cola de plasma hacia la Tierra. Los campos eléctricos son esenciales en este proceso, ayudando a las partículas de la cola a abandonar las órbitas en las cuales estaban atrapadas y son impulsadas a energías más altas. Cuando finaliza el estallido y el campo eléctrico disminuye, las partículas se encuentran atrapadas en las órbitas de la corriente de anillo y del anillo exterior de radiación.

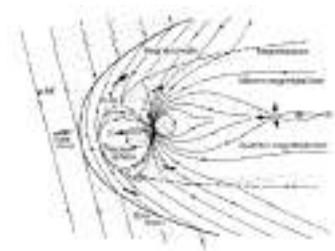
2. La Cola de la Magnetosfera

En contraste con el lado diurno de la Magnetosfera, comprimido y confinado por el Viento Solar, el lado nocturno está estirado en una larga **“cola magnética”**. Esta parte de la Magnetosfera es muy dinámica, en ella tienen lugar grandes cambios, y es donde a menudo los iones y electrones están energizados.

oro ilun dagoenean, gauerd inguruko orduetan aurora distiratsuak ikusten zirela ohartu baino lehen, auroren elektroiak Eguzkitik etorriak zirela uste zen, eta aurora itxura batean Eguzkiaren aldean ez baizik eta beste aldean kontzentratzeak denak uzten zituen zalantzas betetik. Azterketa hauek askoz ere zentzu handiagoa izan zuten sateliteek magnetosferaren isats luzea deskubritu eta kartografiatu zutenean.

Isatsaren Lobuluak

Ia eremu paraleloko bi lerro sorta handik osatzen dute isatsaren bolumenaren parterik handiena. Ekuatorearen Iparraldeko Sortak (irudian Northern magnetotail lobe) ekialderantz egiten du, eta eremu ia zirkularra hartzen du, Ipar Poloa barne. Hegoaldeko Sortak (irudian Southern magnetotail lobe), berriz, Lurretik kanporantz egiten du eta hego poloaren eremuari lotuta dago.



Lurreko magnetosfera.
Magnetosfera terrestre.

“Isatsaren lobuluak” izenez ezagutzen diren sorta bi hauek Lurretik urrutira hedatzen dira: orbitan dauden ISEE-3 eta Geotail sateliteek ondo zehaztuta aurkitu zuten baita Lurretik 200-220 R_T -ko tartera ere. Distantzia horietan lobuluetan Eguzki Haizearen plasma pixka bat hautematen zen, baina Lurretik hurbil ia aske daude erabat. Plasmaren ohiko dentsitateak aldera ditzakegu:

Eguzki haizea Lurretik hurbil	6 ioi/cm ³ -ko
Kanpo magnetosferako alde iluna	Ioi 1/cm ³ -ko
Isatsaren lobuluak bereizten dituen “plasma-xafla”	0.3 - 0.5 ioi/cm ³ -ko
Isatsaren lobuluak	0.01 ioi/cm ³ -ko

Dentsitate egiazki apal horrek iradokitzen digu lobulua-remuko lerroek azkenean Eguzki Haizearekin egiten dutela bat Lurretik urrutira dagoen lekuren batean. Halatan, ioiak eta elektroiak erraz ibil daitezke batetik bestera lobuluen eremuko lerroetan barna, Eguzki Haizeak berekin eramaten dituen arte; baina batzuek, gutxi batzuek, Haizearen fluxu orokorrari aurre egin diezaiokete eta Lurrerantz abiatu daitezke. Norabide bakarreko trafiko honenkin plasma gutxi geratzen da lobuluetan.

La cola magnética es también el origen principal de la Aurora Polar. Antes de que los observadores de la era espacial notaran que en el invierno ártico, cuando el cielo está oscuro casi todo tiempo, se veían las auroras brillantes en las horas próximas a la medianoche, se creía que los electrones de las auroras provenían del Sol y el hecho de que la aurora pareciera concentrarse en la parte que miraba al lado contrario al Sol desconcertaba a todo el mundo. Estas observaciones tuvieron mucho más sentido después de que los satélites descubrieran y cartografiaran la larga cola de la magnetosfera.

Los Lóbulos de la Cola

La mayor parte del volumen de la cola lo forman dos grandes haces de líneas de campo casi paralelas. El haz al Norte (Northern magnetotail lobe en la figura) del Ecuador apunta hacia el Este y cubre una región casi circular que incluye al Polo Norte, mientras que el haz Sur (Southern magnetotail lobe en la figura) apunta hacia fuera de la Tierra y está unido a la región polar sur.

Estos dos haces, conocidos como “lóbulos de la cola”, se extienden lejos de la Tierra: el ISEE-3 y el Geotail (dos satélites que se encuentran en órbita) lo encontraron bien definido incluso a 200-220 R_T de la Tierra. A esas distan-

cias, los lóbulos estaban ya penetrados por algo de plasma del Viento Solar, pero cerca de la Tierra están casi libres. Podemos comparar las densidades típicas de plasma:

Viento solar cerca de la Tierra	6 iones/cm ³
Lado diurno de la magnetosfera exterior	1 ion/cm ³
“Lámina de plasma” que separa los lóbulos de la cola	0.3 - 0.5 iones/cm ³
Lóbulos de la cola	0.01 ion/cm ³

Esta densidad tan baja nos sugiere que las líneas de campo del lóbulo se conectan finalmente al Viento Solar, en algún lugar lejos de la Tierra. Los iones y electrones pueden así fluir fácilmente a lo largo de las líneas de campo de los lóbulos, hasta que son barridos por el Viento Solar; pero algunos, muy pocos, iones se pueden oponer al flujo general del Viento y encaminarse hacia la Tierra. Con este tráfico en un solo sentido, poco plasma permanece en los lóbulos.

La Lámina de Plasma

Separando ambos lóbulos está la “lámina de plasma”, una capa de plasma denso y con un débil campo magnético, centrado sobre el Ecuador y con un grosor típico de 2-6 R_T .

Plasma-xafla

Lobulu biak bereiziz “plasma-xafla” dago, plasma trinko-ko geruza, eremu magnetiko apalarekin, Ekuatorearen gainean eta eskuarki 2-6 R_T bitarteko lodierarekin. Isatsaren lobuluen eremuko lerroek ez bezala, plasma-xaflakoek, oso barreiatuta egon arren, alderik alde igarotzen dute Ekuatorea. Eremu magnetiko apal batek esan nahi du plasma alde honetan ez dagoela Lurretik hurbil bezain kontrolatuta, eta ondorioz, inguruan isuri edo irabiatzen dela zenbaitetan.

Magnetosferan korrante elektriko sistema bi topatu ditugu, gatibu geratutako plasmak garraiatutako eraztun-korrontea eta Magnetosfera Eguzki Haizearen barrunbe baten baitara mugatzen duen magnetopausako korrontea, barrunbe horren gainazalean dabilena. Hirugarren sistema bat osatzen du isatsa alderik alde igarotzen duena, plasmaren bidez isurtzen dena egunsentitik ilunabar arte (ikus marrazkia).

Agerikoa da isatsak beste korronte batzuk behar dituela lobuluak luzatzeko; halatan eremu magnetiko bat eranstean dio magnetosferari. Espazioko eremu magnetiko orok berau sortzeko korronte elektriko bat behar du, eta baliteke isatsa alderik alde igarotzen duen korrontea izatea lobuluen eragile. Korronte elektriko egonkor guztiak bezala, zirkuitu itxi bat behar du, eta itxitura hori isatsaren inguruan Magnetopausari jarraitzen zaizkion adar bietan gertatzen da.

3. Beste Eremu eta Partikula batzuk

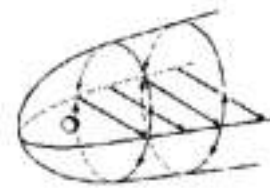
Magnetopausa lurreko eremu magnetikoaren (Magnetosfera) eta planeta arteko eremu magnetikoaren arteko mugaldea da. Alde honetan Eguzki Haizeak eta lurreko eremu magnetikoak elkarri eragiten diote.

Batzuetan Magnetopausaren gainean hautematen dira muturreko geruzak; lodiera, eskuarki, ez da R_T lera iristen. Eremuen arteko trantsizio-aldea eratzen dute, eta bertako plasmaren dentsitatea Magnetosferaren eta Eguzki Haizearen plasmaren dentsitateen batez bestekoa da (2-3 ioi/cm³-ko). Ioiak itxura batean iturri bietaraino iristen dira, eta haien eremuko lerroak, zenbaitetan IMF-ari (Planeten arteko eremu magnetikoa) lotuta daudela ematen du.

Azaldutako plasma partikula guztiak aski energetikoak dira. Bestetik, ionosferako energia apaleko plasma dago, Lurrarekin batera biratzen dena eta 4-6 R_T bitarteko tartera dagoena. Dentsitatea arian-arian apaldu egiten da 200 km-ko latitudean, cm³ bakoitzeko 1 000 000koa izatetik kanpoko aldean gutxi gora-behera 10ekoa izateraino.

Al contrario de las líneas de campo de los lóbulos de la cola, las de la lámina de plasma cruzan el Ecuador, aunque están muy dispersas. Un débil campo magnético significa que el plasma está menos controlado aquí que cerca de la Tierra y así, en ocasiones, se desparrama o agita a su alrededor.

En la magnetosfera nos hemos encontrado con dos sistemas de corrientes eléctricas, la corriente de anillo transportada por el plasma atrapado y la corriente de la magnetopausa que confina la Magnetosfera en el interior de una cavidad del Viento Solar, es una corriente que fluye sobre la superficie de esa cavidad. Un tercer sistema es la corriente que atraviesa la cola, que fluye a través del plasma desde el amanecer al anochecer (ver dibujo).



Es fácil ver que la cola debe contener corrientes adicionales para alargar sus lóbulos añadiendo un campo magnético a la magnetosfera. Cualquier campo magnético en el espacio necesita una corriente eléctrica que lo produzca y se puede considerar que la corriente que atraviesa la cola sea la causa de los lóbulos de ésta. Al igual que cada corriente eléctrica estable, también debe establecer un circuito cerrado y el cierre sucede en las dos ramas que siguen a la Magnetopausa alrededor de la cola.

3. Otras Regiones y Partículas

La Magnetopausa es la región límite entre el campo magnético terrestre (Magnetosfera) y el campo magnético interplanetario. Región donde el Viento Solar interactúa con el campo magnético terrestre.

A veces se observan las capas límites justo sobre la Magnetopausa; su grosor es generalmente menor de 1 R_T . Marcan una transición entre regiones, siendo la densidad de su plasma intermedia entre la de la Magnetosfera y la del Viento Solar (p.e. 2-3 iones/cm³). Sus iones parecen llegar de ambas fuentes y sus líneas de campo, a veces, parecen estar conectadas al IMF (Campo magnético interplanetario).

Todas las partículas de plasma citadas son bastante energéticas. Además existe el plasma de baja energía de la ionosfera, girando con la Tierra y que se extiende hasta los 4-6 R_T , con una densidad que disminuye de forma progresiva desde más de 1 000 000 por cm³ a una latitud de 200 km hasta unos 10 en el límite exterior.

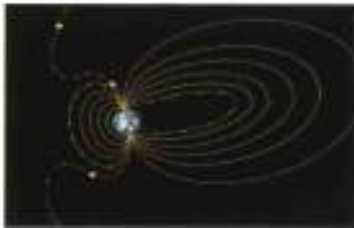
Bukatzeko, Hidrogeno neutroko hodei handi batek inguratzeko du Lurra, "geokoroa" izenekoak. Espazioan partikulek oso gutxitan egiten dutenez talka, multzo hauek batera bizi daitezke interferentzia gutxi batzuekin.

Eremu hauek guztiak bisitatu dituzte sateliteek, eta nahikoa ondo ezagutzen dira beren azaleko ezaugarriak. Baina egitura xehe eta denboraren joanean bizi dituzten aldaketan inguruan deus gutxi dakigu; izan ere, ezaugarriak (klima bezalaxe) aldatzen ari dira, eta aldaketan gaineko jarraipena egiteko satelite gutxi batzuk baizik ez daude han-hemen barreiatuta. Imajina dezagun klima behatoki isolatu gutxi batzuekin aztertu beharra. Iraganean irudimen handia baliatu da lurreko Magnetosferan arakatzeko, baina egun espazioko eremu zenbaitetan aldi bereko behatoki koordinatuak kokatzea da premia nagusia.

Jon Andoni Boneta-Iñaki Lizaso

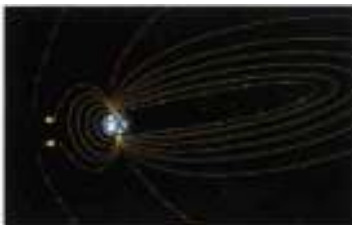
MEKANISMOA

1. Eguzki Haizearen eremu magnetikoaren lerroak Hegoalderantz bideratzen direnean, Lurraren eremu magnetikoaren lerroekin egiten dute bat berriro. (A irudia).



2. Konexio honek Lurraren alde argiko lerro magnetikoak (laranjaz) Lurraren alde ilunera (B irudia) bideratzen ditu, eta gas elektrifikatua (plasma) lurreko magnetosferan sartzeko bidea errazten du.

3. Eremu magnetikoaren lerroak lurraren alde ilunean metatzen diren heinean, ezegonkor bihurtzen da sistema (C Irudia).



Finalmente, la Tierra está rodeada por una gran nube de Hidrógeno neutro, la "geocorona". Como las partículas en el espacio colisionan muy raramente, pueden coexistir esas diferentes poblaciones con una interferencia relativamente pequeña.

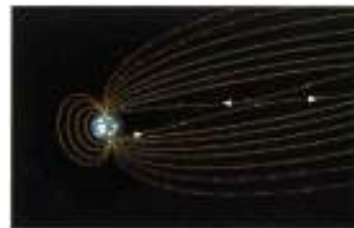
Todas estas regiones han sido visitadas por satélites y se conoce bastante sobre sus propiedades medias. Sin embargo, su estructura detallada y la forma en que varía con el tiempo se conocen muy poco; debido a que sus rasgos (como el clima) están cambiando y para seguir esos cambios sólo se dispone de unos pocos satélites aislados. Imagínese estudiar el clima solamente con unos pocos observatorios aislados. En el pasado se ha aplicado una gran dosis de ingeniosidad para explorar la Magnetosfera terrestre, pero la gran necesidad ahora es la de situar en varias regiones del espacio observatorios más simultáneos y coordinados.

Jon Andoni Boneta-Iñaki Lizaso

EL MECANISMO

1. Cuando las líneas de campo magnético del Viento Solar tienen una orientación Sur, se reconectan con las líneas de campo magnético de la Tierra (Fig. A).

2. Esta conexión orienta las líneas magnéticas (en naranja) del lado diurno de la Tierra al lado nocturno de la Tierra (Fig. B), permitiendo que el gas electrificado (plasma) se introduzca en la magnetosfera terrestre.



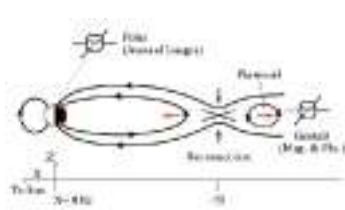
3. A medida que las líneas de campo magnético se amontonan en el lado nocturno de la tierra, el sistema se convierte en inestable (Fig. C).

4. La reconexión ocurre de nuevo, esta vez en el centro de la cola de la Magnetosfera. Las partículas son catapultadas hacia los polos de la Tierra atravesando la atmósfera a través de las líneas de campo magnético (ya que la reconexión convierte energía magnética en energía cinética),

4. Berrero ere konektatzen dira, oraingo honetan Magnetosferaren isatsaren erdialdean. Partikulak Lurreko polotarantz jaurtitzen dira, eta atmosfera alderik alde igarotzen dute eremu magnetikoaren lerroen bidez (izan ere, konexio berri honen ondorioz energia magnetikoa energia zinetiko bihurtzen da), aurorak sortuz. Isatseko plasma-xafla, berriz, zatiturik geratzen da eta lurreranzko korrontearekin egiten du bat (D Irudia).

Aurora Lausoa

Plasma-xaflaren eremua ahula izaki, xaflako ioiak eta elektroiak une oro daude irabiatuta, eta batzuek, bereziki elektroiek, etenik gabe egiten dute ihes beren eremu magnetikoaren lerroen muturretatik. Elektroio hauek Lurrera hurbiltzen direnean, gehienek errebotatzen dute eremuetako lerroek bat egiten dutelako, baina batzuk atmosferaraino iristen dira eta galdu egiten dira, prozesu horretan aurora lauso bat sortuz. Gure ikusmenak eskuarki ezin distira hau ikus dezake, baina sateliteetako kamerek oso ondo jasotzen dute, “suzko eraztun” bat erakusten digute denbora gehiena polo aldeak inguratuz, argazkian aurkezten den moduan.



Auroraren Plasmoida eta Denboralea aldi berean aztertzen Polar eta Geotail sateliteen bidez.

Estudio simultáneo mediante los satélites Polar y Geotail del Plasmoida y Subtormenta Auroral.

ISIS 2 espazio-ontzi kanadarrak 1972. urtean deskubritu zuen aurora lausoa, eta zabaldu eta estutu egiten da isatsetako lobuluak puztu eta uzkuertzen diren heinean, Eguzki Haizean eta eremu magnetikoan gertatzen diren aldaketen ondorioz. Xehe-xehe aztertu zuten, besteak beste, US Dynamics Explorer (1981-7) misioak eta denboran gertuago, Viking (1986) eta Freja (1992) satelite suediarrek. Egun “Polar” sateliteko ISTP behatokiak zaintzen du.

Jon Andoni Boneta-Iñaki Lizaso

AURORAREN KOLOREAK

Eguzkia, Eguzki Haizea eta auroren mekanismoa aztertu ondoren, Eguzkitik iristen den eta lurreko atmosferan sartzen lortu duen partikula batekin egiten dugu topo. Partikula honek abiaduraren eta duen masaren arabera energia izango du (beti ere elektroia ala protoia denaren

produciendo auroras, mientras que la lámina de plasma de la cola es entrecortada y fluye a favor de la corriente hacia la tierra (Fig. D).



La Aurora Difusa

Debido al débil campo de la lámina de plasma, los iones y los electrones de la lámina están constantemente agitados y algunos de ellos, especialmente los electrones, se fugan continuamente por los extremos de sus líneas de campo magnético. Cuando estos electrones se aproximan a la Tierra, la mayoría de ellos rebotan gracias a la acción de la convergencia de las líneas de campo, pero algunos alcanzan la atmósfera y se pierden, produciendo durante este proceso una aurora difusa. Generalmente la vista no puede ver extenderse este resplandor, pero las cámaras de los satélites lo hacen muy bien, mostrando un “anillo de fuego” rodeando la mayor parte del tiempo los casquetes polares, de forma parecida a la foto.

La aurora difusa fue descubierta en 1972 por el vehículo espacial canadiense ISIS 2, y se expande y contrae cuando los lóbulos de la cola se hinchan o se contraen debido a las variaciones en el Viento Solar y en su campo magnético. Fue ampliamente observado, entre otras, por la misión US Dynamics Explorer (1981-7) y más recientemente por los satélites suecos Viking (1986) y Freja (1992) y actualmente por el observatorio ISTP sobre el “Polar”.

Jon Andoni Boneta-Iñaki Lizaso

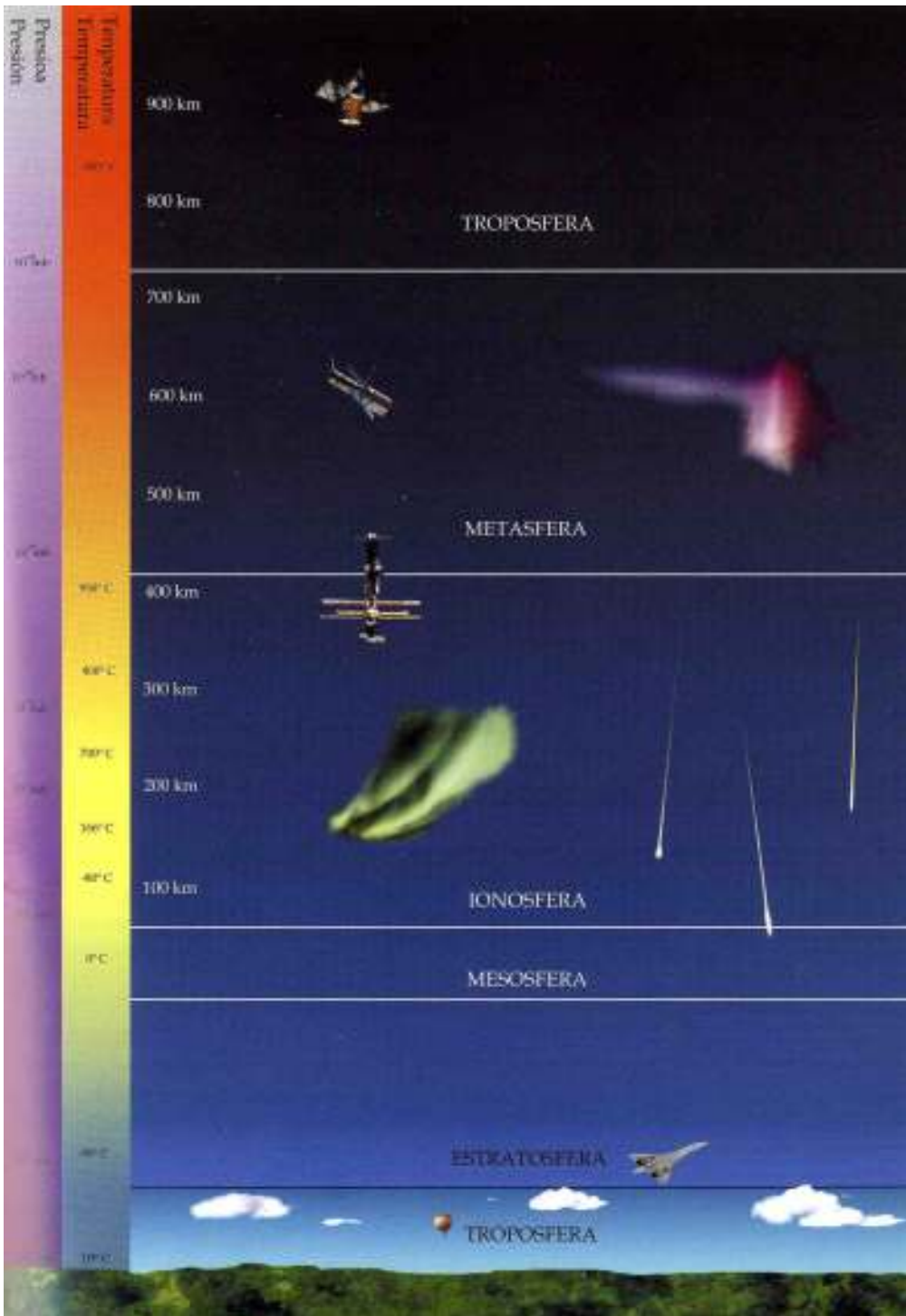
LOS COLORES DE LA AURORA

Una vez estudiado el Sol y el Viento Solar además del mecanismo de las auroras, nos encontramos con una partícula que viene del Sol y que ha conseguido entrar en la atmósfera terrestre y que tendrá mayor o menor energía dependiendo de la velocidad y la masa (dependiendo de si es un electrón o un protón) que tenga. ¿Qué ocurre una vez que la partícula está dentro de la atmósfera?

arabera). Zer gertatzen zaio partikula horri atmosferara sartzen denean?

Azeleraturik doan partikula atmosferan barneratuko da eta elkarri eragingo dioten gasarekin topatuko da. Halatan, aurora osatuko duten erradiazioak sortuko dira. Garaiera honetan egokitzen diren gasen ugariak eta dentsitateak eta

La partícula acelerada entrará en la atmósfera y se encontrará con el gas con el que interaccionará, dando lugar a las distintas radiaciones que compondrán la aurora. Las abundancias y densidades de los gases a esta altura son muy diferentes de los del nivel del mar. Esta interacción ocurre principalmente entre 60 y 1.000 kilómetros de altitud dentro de la Ionosfera, capa de la atmósfera a



Atmosferako geruzak eta altueraren arteko erlazioa. Egilea: Alberto Castrillo.

Relación de la altura y las capas de la atmósfera. Autor: Alberto Castrillo.

itsas mailan egokitzen direnen artean alde handia dago. Elkarrekintza hau nagusiki Ionosferan gertatzen da, 60 eta 1.000 kilometro bitarteko tartean, eta izen hori ematen zaio ioien kopuru handiak eratuta dagoelako. Garaiera bakoitzean egokitzen diren gasen ugaritasuna aztertuko dugu geroago garaierak eta koloreak harremanetan jarri ahal izateko, azken horiek aztergai ditugunean.

Lurraletik gertu eta 100 km-ko garaiera arte atmosfera aski homogenea dela esan dezakegu. Nitrogeno molekularrak (N_2) osatzen du %78an eta Oxígeno molekularrak (O_2) %21ean; gainerakoa Karbono Dioxidoak (CO_2), Helioak, Metanoak (CH_4) eta hainbat oxidok osatzen dute. 100 km-tik 200 km-ko tartean nagusi dira Nitrogeno molekularra (N_2) eta Oxígeno atomikoa (O). Garaiera horretatik gora eta 500 km bitartean, molekulak desagertu egiten dira Eguzkiaren erradiazio ultramorearen eraginez, eta Oxígeno atomikoa eta helioa dira errazen ikus ditzakegun gasak.

Erradiazio mota bakoitza jarraian azalduko ditugun mekanismo ezberdinen emaitza da. Auroraren egiturako elektroiek bat egiten dute Ionosferako gasekin, eta bizi dituzten talken ondorioz, elektroien abiadura moteldu egiten da eta aldaketak eragin ditzakete Ionosferako gasean (berehala aztertuko ditugu aldaketa horiek). Moteltze hori da X izpien uhin-luzereari dagokien igorpenaren errudun, bremsstrahlung erradiazioa izenez ezagutzen denaren erantzule.

Auroren aurretik iristen diren elektroien eta Ionosfera osatzen duten molekula, atomo eta ioien artean gertatzen diren talken ondorioz, elektroiak moteltzeaz gainera aldaketak gertatzen dira Ionosferako gasean.

Elektroi batek atomo batekin topo egiten duenean gauza bi gerta daitezke. Batetik, atomoa kitzikatua gerta daiteke. Azaleko geruzetan dauden elektroietako batek emendatu egingo du bere energia, edo bestela esanda, talka

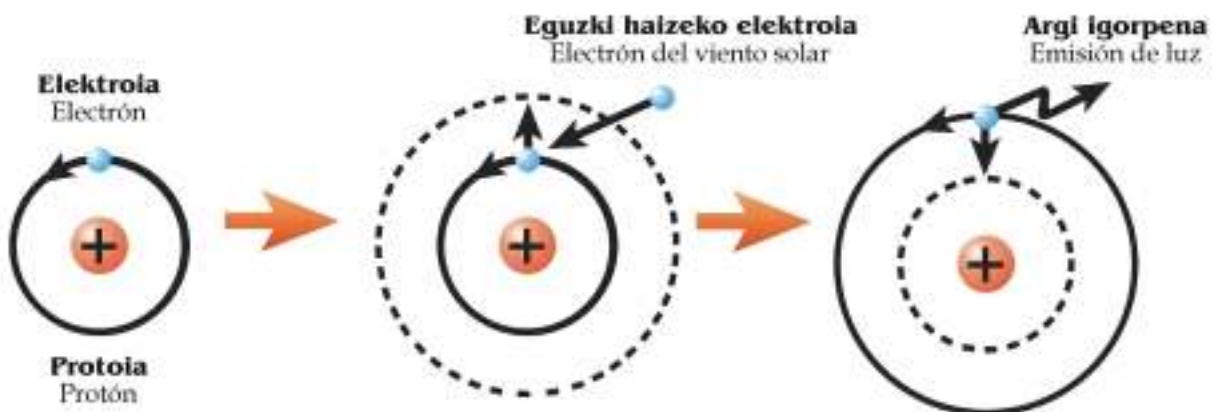
la que se llama así por la cantidad de iones que la componen. Estudiaremos las abundancias de distintos gases a cada altura para así poder relacionar alturas y colores cuando estudiemos estos últimos.

Cerca del suelo y hasta alrededor de los 100 km podemos decir que la atmósfera es más o menos homogénea. Está compuesta por Nitrógeno molecular (N_2) en un 78% y Oxígeno molecular (O_2) en un 21% y el resto se reparte entre gases como el Dióxido de Carbono (CO_2), Helio, Metano (CH_4) y óxidos varios. De 100 a 200 km de altura predominan el Nitrógeno molecular (N_2) y el Oxígeno atómico (O). A partir de esta altura y hasta los 500 km, desaparecen las moléculas por la radiación ultravioleta del Sol y el Oxígeno atómico y el Helio son los gases que con más probabilidad podemos ver.

Cada tipo de radiación surge por distintos mecanismos que iremos explicando a continuación. Los electrones de la estructura auroral se encuentran con el gas de la Ionosfera y como consecuencia de las colisiones que sufren, estos electrones, son decelerados independientemente de que causen alteraciones en el gas de la Ionosfera (alteraciones que estudiaremos en breve). Esta deceleración es la culpable de la emisión correspondiente a las longitudes de onda de los rayos X, también conocida como radiación bremsstrahlung.

En las colisiones que ocurren entre los electrones que vienen en el frente de las auroras y las moléculas, átomos o iones que componen la ionosfera, además de la deceleración de los electrones ocurren cambios en el gas de la ionosfera.

Cuando un electrón se tope con un átomo, pueden ocurrir dos cosas. Por un lado puede ocurrir que el átomo



Kitzikapena eta oinarritzko egoera itzultzea azaltzen duen mekanismoa fotoi ikusker bat igorritz, aurora osatzen dutenetako bat. Egilea: Sane.

Mecanismo de excitación y desexcitación en el cual se emite un fotón visible. Uno de los muchos que forman la aurora. Autor: Sane.

egin duen elektroiarri ebatsiko dio eta ez dagokion maila gorago batean gertatuko da. Elektroia ezin egongo da be-rea ez duen maila honetan, eta ez da betirako eroso senti-tzen; talka unean zegoen mailara itzuli beharko du. Hau gertatzen denean, atomoak itzuli egingo du lehendik irabazitako energia, eta argiaren moduan egingo du, ikuste-ko moduko aurora sortuz. Kontuan eduki behar dugu ato-mo batek kitzikatuta ematen duen denbora atomoaren eta kitzikapen mailaren arabera. Atomoaren eta kitzikapen mailaren arabera, atomoaren eta elektroia-ren arteko talkaren eta ikusteko moduko auroraren arteko denbora luzeagoa edo laburragoa izango da.

Azter dezagun Oxígenoaren kitzikapena eredu baten ara-bera.



Hauek dira igortzen diren koloreak kitzikatutako gasa oxigenoa denean. Egilea: Sane.

Los colores que se emiten en el caso en el que el gas excitado es el oxígeno. Autor: Sane.

Baliteke energia handiagoa duen elektroia batek berekin talka egin duen atomoari elektroia bat ebastea. Hau horrela baldin bada, ez gara kitzikapen batez hitz egiten ari, ionizazio batez baizik. Ionizazio egoera ere ez da eroso edo iraunkor atomo batentzat; birmoldatzen saiatuko da; hau da, ebatsi dioten elektroiak utzitako hutsunea betetzen saiatuko da topatzen duen beste batekin, eta horrela energia apalagoko egoera bat bilatuko du. Hau gertatzean, atomoak sobera duen energia igorriko du aurreko kasuan bezalaxe, eta auroraren atala osatuko duen beste igorpen bat geratzen da. Kasu honetan, ionizazioaren eta birmoldaketaren eta energia igorpenaren arteko denbora, atomoaren eta ebatsi dioten elektroia-ren arabera izateaz gainera, topo egiten duten Ionosfera aldeko elektroien dentsitatearen arabera ere izango da.

sea excitado. Alguno de los electrones que se encuentre en las capas exteriores aumentará su energía o dicho de otro modo, se la robará al electrón con el que ha colisionado y estará en un nivel superior que no le corresponde. El electrón no podrá estar en este nivel que no es el suyo y no se siente cómodo para siempre; deberá volver al nivel desde donde saltó en el momento de la colisión. Cuando esto ocurra, el átomo devolverá la energía que antes ganó y lo hará en forma de luz, produciendo la aurora visible. Debemos tener en cuenta que el tiempo que permanece excitado un átomo, dependerá del átomo y del nivel al que haya sido excitado. Dependiendo del átomo y del nivel de excitación, el tiempo entre la colisión del átomo con el electrón y la aurora visible variará.

Vamos a estudiar el Oxígeno como ejemplo de una excitación.

El electrón que tiene una energía mayor es posible que pueda arrancar un electrón al átomo con el que ha colisionado. Si esto es así, ya no estamos hablando de excitación, sino que sería una ionización. El estado de ionización tampoco es cómodo o permanente para un átomo; intentará recombinarse; esto es, encontrar una forma de llenar el hueco que le ha dejado el electrón que le han arrancado con otro que encuentre y buscar así una situación de menor energía. Cuando esto ocurra, el átomo emitirá la energía sobrante al igual que en el caso anterior, produciendo otra emisión que pasará a formar parte de la aurora. En este caso, el tiempo entre la ionización y la recombinación y emisión de energía, no sólo dependerá del átomo y el electrón que le hayan arrancado, también de la densidad de electrones de la zona de la Ionosfera en la que nos encontramos.

También es posible que un átomo ionizado, sea atacado por otro electrón antes de recombinarse y que éste quede excitado además de ionizado. En este caso, también emitirá radiación cuando se desexcite primero y cuando se recombine después o viceversa.

En los puntos más altos de la Ionosfera la abundancia del Oxígeno es importante; es por esto, que el color de las auroras que se produce por la excitación del Oxígeno genera una aurora roja. Ya que la densidad en estas alturas es mucho más pequeña; unos 10 millones de partículas por cm³ frente a las 2,6 x 10¹⁹ que hay en la superficie. Es posible que pase el tiempo de desexcitación antes de que el átomo de Oxígeno vuelva a encontrarse con otro electrón que haga que se excite otra vez hasta el segundo nivel. Estas auroras son más fáciles de ver en latitudes bajas, pues ocurren en la Alta Ionosfera y son visibles a mayor distancia. Esta es la razón por la cual son siempre rojas las auroras que, aunque rara vez, se pueden llegar a ver en nuestras latitudes.

Era berean, baliteke atomo ionizatu bat birmoldatu baino lehen beste elektroi batek oldartua izatea eta ionizatuta geratzeaz gainera kitzikatuta ere geratzea. Kasu honetan ere erradiazioa igorriko du lehenik oinarritzko egoerara itzuli eta gero elektroi bat bilatutakoan, edo alderantziz.

Ionosferako puntu gorenetan garrantzitsua da Oxigenoaren ugaritasuna; horrexegatik, hain zuzen ere, gorriak dira Oxigenoa kitzikatzean sortzen diren auroren koloreak. Izan ere, garaiera hauetan dagoen dentsitatea askoz ere apalagoa da; gutxi gora-behera 10 milioi partikula cm^3 -ko, gainazaleko $2,6 \times 10^{19}$ -koaren aldean. Baliteke oinarritzko egoerara itzultzeko denbora agortzea Oxigeno atomoak beste elektroi batekin topatu eta bigarren mailara eramango duen kitzikapena gertatu baino lehen. Aurora hauek errazago ikusten dira behe latitudeetan, Goi Ionosferan gertatzen direlako eta tarte handiago batera ikus daitezkeelako. Horrexegatik dira beti gorriak gure latitudeetan, oso gutxitan bada ere, ikus daitezkeen aurorak.

Oxigenoaren beste kitzikapen bat da Behe Ionosferan aurora berdea eragiten duena; hauxe da auroren obalotik gertu dauden latitudeetan ohikoena eta ikusten errazena; izan ere, berdeak gorago dauden geruzen gorria estal dezake, edo bitariko aurorak eragin ditzake.

Eguzkiak argi ikusgarria igortzen digunean espektroko kolore guztiak ikusten ditugu. Aitzitik, aurora baten kasuan kolore jakin batzuk baizik ezin ditugu ikusten. Kolore hauek atomoek oinarritzko egoerara itzultzean igortzen dituzten fotoien uhin-luzerei dagozkie.

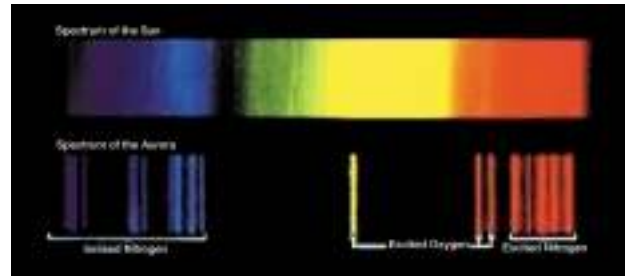
Kristina Zuza

AUOREN MUGIMENDUAK

Auroren forma eta kokalekua etenik gabe aldatzen da. Arrazoi askoren ondorioa da aldaketa hau. Horietako batzuk atal honetan azalduko ditugu.

Mugimendu motelenak itxurazkoak dira eta Lurraren biraketaren ondorio dira. Obaltoa, apur batean Ipar Polotik debideratua, Eguzkiaren norabideari eusten dio Lurra biratzen ari den artean. Honenbestez, ilunabarrean, Aurora Iparralderantz doala ematen du (gorago zeruertzean), eta egunsentian Hegoaldera egiten duela ematen du (beherago zeruertzean).

Era berean, aztertzen ari garen Aurorak nabari aldatzen ez dituen formak baldin baditu, Lurraren biraketa mugimendua hauteman ahal izango dugu; izan ere Mendebalderantz egiten ikusiko dugu, Eguzkiak eta beste izarrek



Eguzkiaren espektro jarraia eta aurora batean ikus daitezkeen koloreak.

El espectro continuo del Sol en comparación de los colores observables en las auroras.

Es otra excitación del Oxígeno la que produce la aurora verde en la Baja Ionosfera; la más común y fácil de ver en latitudes cercanas al óvalo de las auroras; pues el verde puede llegar a tapar el rojo de capas más altas o dar lugar a auroras mixtas.

Cuando el Sol nos manda la luz visible, vemos todos los colores todo el espectro. En cambio, en el caso de una aurora sólo podemos ver ciertos colores. Estos colores pertenecen a las longitudes de ondas de los fotones que emiten los átomos al desexcitarse.

Kristina Zuza

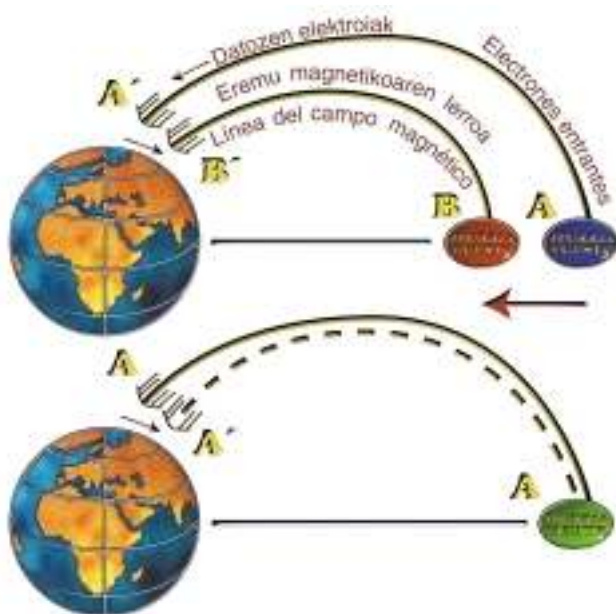
MOVIMIENTOS DE LAS AURORAS

La forma y posición de las auroras está en cambio continuo. Este cambio es debido a muy diversas causas. Algunas de ellas las explicaremos en este apartado.

Los movimientos más lentos son aparentes y debidos a la rotación de la Tierra. El óvalo, desplazado ligeramente del Polo Norte, se mantiene en dirección al Sol mientras la Tierra gira. Por lo tanto, al anochecer, la Aurora parece moverse hacia el Norte (más alto en el horizonte) y al amanecer parece moverse hacia el Sur (más bajo en el horizonte).

Así mismo, si la Aurora que observamos tiene formas que no cambian mucho, podremos apreciar el movimiento de rotación de la Tierra; ya que la veremos desplazarse hacia el Oeste, como lo hace el Sol y demás estrellas. Este movimiento es semejante al un avión comercial.

Tenemos otros dos tipos de movimientos debido a la disposición e intensidad del Viento Solar. La fricción del Viento Solar con la magnetosfera produce dos células de electrones en movimiento. Esto hace que al anochecer, el máximo de la Aurora se desplace lentamente



1*. Egilea: Sane. Autor: Sane.

egiten duten moduan. Mugimendu honek antz handia du merkataritza hegazkin batek egiten duenarekin.

Beste mugimendu mota bi ditugu Eguzki Haizearen egokieraren eta intentsitatearen ondorioz. Eguzki Haizearen eta magnetosferaren arteko marruskadurak mugimenduan diren elektroiz zelula bi sortzen ditu. Ondorioz, ilunabarrean Auroraren maximoak arian-arian Mendebalderantz egiten du, eta egunsentian Ekialderantz. Eta bigarren mugimendua Eguzki Haizearen intentsitatearen ondorioa da. Auroraren obaltoa Eguzkitik iristen diren partikulen intentsitatearekin emendatzen denez, zenbat eta biziagoa izan Eguzki Haizea orduan eta handiagoa gertatzen da obaltoa, eta beraz, puntu geografiko berean dagoen behatzaile batentzat Aurorak zeruertzerantz egingo du Eguzki Haizearen jarduna emendatzen baldin bada eta zeniterantz jarduna moteltzen baldin bada.

Bukatzeko, labur-labur deskribatuko ditugu magnetosferaren barruko eremu magnetikoetan gertatzen diren aldaketen ondorioz sortutako mugimenduak, partikulak desbideratu eta mugimendu bortitz eta ikusgarriak eragiten dituztenak. Arestian azaldu bezala, bestelakoak diren partikula fluxu bik sortzen dute Aurora. Horietako bat Eguzki Haizea osatzen duten partikulek eragiten dute, eta zuzenean poloetatik sartzen dira atmosferarekin talka eginez; eta bestea, lehenengo bezain garrantzitsua, magnetosferako ekuatore planotik hurbil bilduta dauden partikulena da; hauek eremu magnetikoen bidez bultzatzen dira poloetarantz.

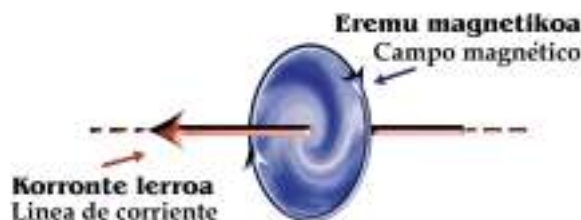
1* irudian ikus daitekeenez, ekuatore aldean eremu magnetikoen oinarria, esate baterako, Lurrerantz desplazatzen

hacia el Oeste y hacia el Este en el amanecer. Y el segundo movimiento se debe a la intensidad del Viento Solar. Ya que el óvalo de la Aurora aumenta con la intensidad de partículas que provienen del Sol, cuanto más intenso es el Viento Solar más grande es el óvalo y por lo tanto, para un observador que está en un mismo punto geográfico, la Aurora se desplazará hacia el horizonte si aumenta la actividad del Viento Solar y hacia el cenit si disminuye.

Finalmente, describiremos brevemente los movimientos debidos a los cambios de los campos magnéticos internos de la magnetosfera, que desvían las partículas creando bruscos y espectaculares movimientos. Tal y como hemos explicado anteriormente, la Aurora se produce por dos flujos de partículas diferentes, uno de ellos lo constituyen las partículas que forman el Viento Solar y entran directamente por los polos chocando contra la atmósfera; y el otro, tan importante como éste, es el de las partículas que están almacenadas cerca del plano ecuatorial de la magnetosfera y son impulsadas a través de los campos magnéticos hacia los polos.

Como se puede observar en 1*, si la base de los campos magnéticos en el ecuador es desplazada, por ejemplo, hacia la Tierra en los polos, el campo magnético es desplazado hacia el sur en el Polo Norte; y por lo tanto, el observador de la Tierra podrá ver cómo la Aurora se mueve hacia el Sur en ese punto.

Uno de los movimientos más espectaculares de las Auroras son los remolinos o espirales. Cuando los campos magnéticos están en reposo o no sufren perturbaciones de campos adyacentes, se produce una especie de plano en la figura 2*, compuesto por infinidad de líneas de campo paralelas de la magnetosfera que arrastran infinidad de partículas que al chocar con la Ionosfera crean una Aurora rectilínea. En definitiva tenemos un plano con infinidad de líneas de corriente que a su vez crean campos magné-



2*. Egilea: Sane. Autor: Sane.

uticos circulares en el plano perpendicular a las corrientes. Cuando una línea de campo de la magnetosfera es perturbada, las partículas que forman la corriente siguen la línea de campo y por lo tanto el campo magnético perpendicular que

baldin bada poloetan, eremu magnetikoa hegorantz desplazatzen da Ipar Poloan; eta beraz, Lurreko behatzaileak ederki asko ikusi ahal izango du nola Aurorak puntu horretan Hegoalderantz egiten duen.

Auroren mugimendu ikusgarrienetakoak zurrunbiloak edo kiribilak dira. Eremu magnetikoak lasai daudenean edo alboko eremuen eraginik jasaten ez dutenean, plano antzeko bat gertatzen da 2*-an, magnetosferako eremuetako ezin konta ahala lerro paralelok osatua, ezin konta ahala partikula arrastaka daramatzatenak eta Ionosferarekin talka egitean Aurora zuzena osatzen dutenak. Azken batean korronte linea ugariko plano bat dugu, aldi berean eremu magnetiko zirkularrak sortzen dituztenak korronteen plano perpendikularrean.

Magnetosferako eremu bateko lerro nahasi egiten denean, korrontea osatzen duten partikulak eremuaren lerroari jarraitzen zaizkio, eta sortzen duten eremu magnetiko perpendikularra ere mugitu egiten da inguruan dauzkan korrontek berekin eramanez. Honenbestez, kate-erreakzio bat gertatzen da, eta hasiera batean ikusten genuen plano a bihurtzen hasten da kiribilak sortu arte. 3*.

Partikulen korrontea emendatzen den heinean kiribilak kiribildu egiten dira, eta kiribildura lasaitu egiten da korrontea moteltzen den heinean. Zenbaitetan ez da kiribila osatzen. Bortize txiki bat sortzen da eta gero desagertu egiten da. 1.500 kilometroko diametroa zuten kiribilak neurtu dira; horrek esan nahi du partikulen korronte batek 750 km desplazatu behar izan duela.

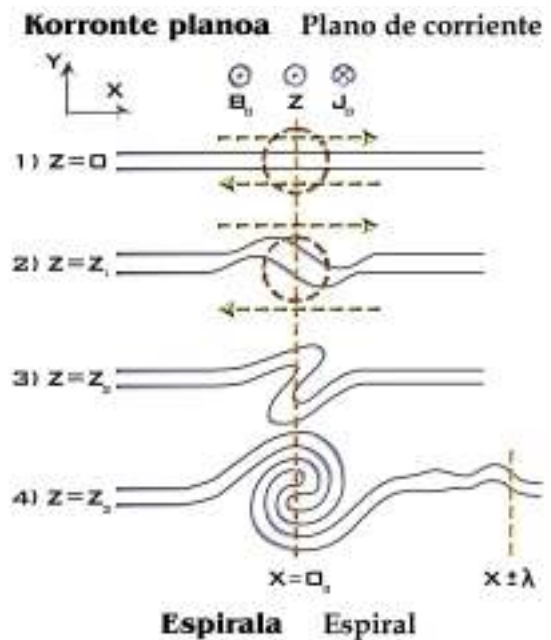
Jon Andoni Boneta

FORMAK, EGITURAK, PORTAERA DENBORAN ETA DISTIRA

Aurorak sailkatzeko hamaika ahalegin egin arren, esan beharra dugu ezin konta ahala aurora mota daudela, bakoitza aurrekoa eta ondorengoa ez bezalakoa baita. Ondoz ondoko gau bitako aurora bik ez dute zertan antzik izan beharrik ere.

Aurorak aztertu zituzten aurreneko zientzialariek aski sailkapen zentzuduna egiten saiatu ziren, maila eta azpi-mailetan bilduz, baina sarritan zerrendak ulertezinak gertatzen ziren, eta ez ziren batere praktikoak. 1963. urtean eman zuten argitara International Auroral Atlas lana. Hona hemen adibide bat, aurora gorri eta berde distiratsu bat, mugimendu horizontalaren erakusgarri den zerrenda marradun batekin eta sugarrekin; a3p2mR2B3e gisa sailkatu zuten.

Sailkapen hauek guztiak sekula ere ezin izan dira zientzia egiteko era emankor batean baliatu. Egun askoz ere sofis-



3*. Egilea: Sane. Autor: Sane.

producen también se mueve arrastrando a las corrientes que tiene a su alrededor. De esta forma, se produce una reacción en cadena y el plano que observábamos al principio empieza a retorcerse formando las espirales. 3*.

Las espirales se enrollan a medida que aumenta la corriente de partículas y se desenrollan según va decreciendo la corriente. A veces, no llega a producirse la espiral. Se forma un pequeño vórtice y posteriormente desaparece. Éste es un movimiento muy rápido y brusco. Se han llegado a medir espirales de hasta 1 500 km de diámetro; lo que supone que una corriente de partículas se ha tenido que desplazar hasta 750 km.

Jon Andoni Boneta

FORMAS, ESTRUCTURAS, COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y BRILLO

Por mucho que intentemos clasificar las auroras, debemos decir que hay infinitas y cada una es distinta de la anterior y la siguiente. Dos auroras de dos noches consecutivas no tienen que parecerse siquiera.

Los primeros científicos que estudiaron las auroras ya intentaron hacer clasificaciones más o menos acertadas en clases y subclases que a menudo dieron lugar a listas incompresibles y sobre todo muy poco prácticas. En 1963 se publicó el International Auroral Atlas. He aquí un ejemplo,

tikatuagoa da auroren ikerkuntza, eta argi ahuleko irudian oinarrituta dago, magnetometro, radar eta sateliteetako tresnekin lagundurik. Nolanahi ere, zaleen mailan, egokia da hiztegi xume baten jabe izatea elkar uler dezagun eta gure behaketak aldera ditzagun.

Formak

Aurorak funtsezko 5 formaren konbinazioak dira.

- Arkuak: Argi banda apur bat kurbatuak dira, hondo-ertz leunekin.
- Bandak: Beheko ertzak jarraituak dira baina irregularrak, kizkur eta tolesek.
- Orbanak: Zeruko edozein gunetako eremu txiki distiratsu eta isolatuak dira.
- Errezela: Zeruko atal handiak estaltzen dituen eremu handi eta distiratsuagoa da.
- Izpiak: Argi-ardatzak dira. Lurreko eremu magnetikoaren lerroei jarraitzen zaizkie, eta bertikalak izateko joera dute.

una aurora brillante roja y verde con una banda rayada que mostraba movimiento horizontal y llamaradas fue clasificada como a3p2mR2B3e.

Todas estas clasificaciones nunca se han podido utilizar productivamente para hacer ciencia. Hoy en día la investigación de las auroras es mucho más sofisticada y está basada en imagen de baja luminosidad junto con magnetómetros, radares e instrumentación varia en satélites. De todas maneras, a nivel de aficionado, es bueno tener un vocabulario simple para poder entendernos y comparar nuestras observaciones.

Formas

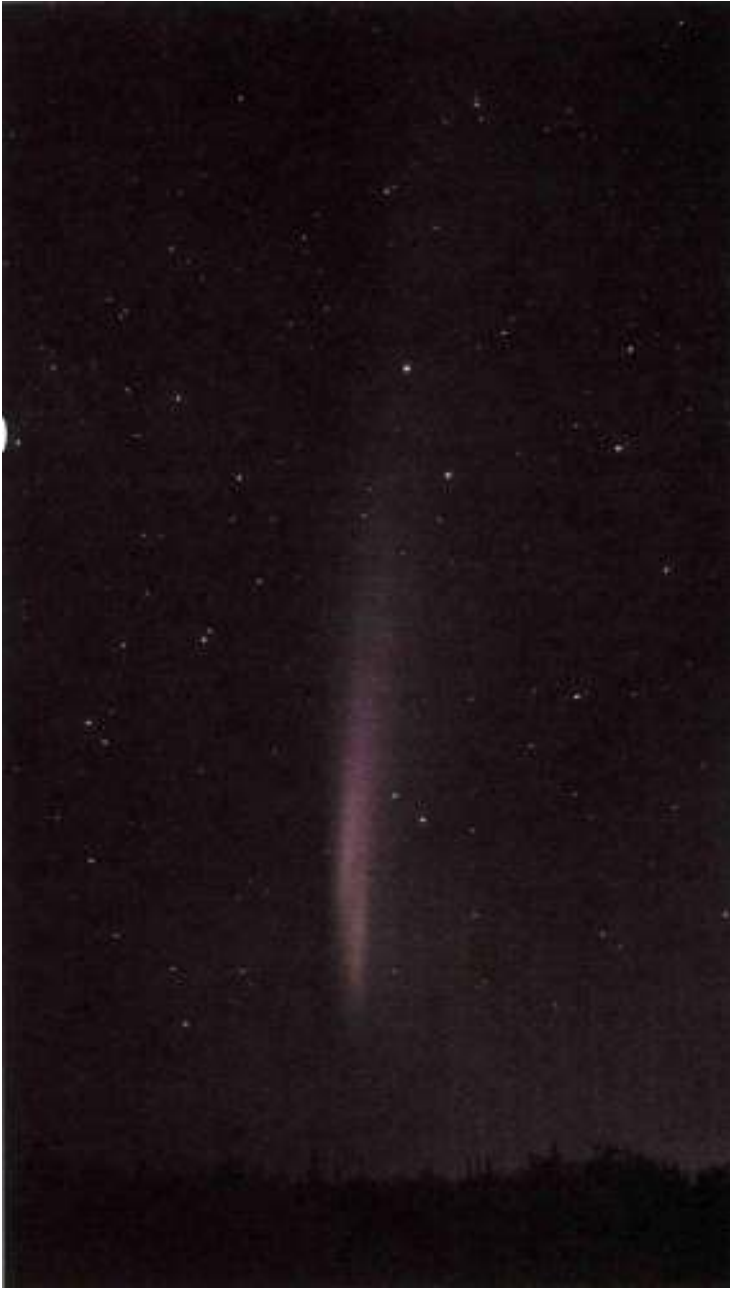
Las auroras son combinaciones de 5 formas elementales.

- Arcos: Son bandas de luz ligeramente curvadas, con suaves bordes de fondo.
- Bandas: Tienen los bordes inferiores continuos pero irregulares caracterizados por rizos y pliegues.



Zenitean bakarrik ikus daitekeen auroraren koroa. Egilea: Iñaki Lizaso.

Corona de la aurora, estructura visible solamente en el cénit. Autor: Iñaki Lizaso.



Begi hutsez apenas ikus daitekeen izpia. Egilea: Iñaki Lizaso.

Rayo apenas visible a simple vista. Autor: Iñaki Lizaso.

Egiturak

Arestian azaldutako bost formek hiru barne egitura haue-tako bat erakusten dute.

- Homogeneoa: Aurora hauek egitura laua erakusten dute.
- Ildaskatua: Kasu honetan lehengo homogeneotasuna galdu egiten da filamentu izenaz ere ezagutzen diren marra fin eta irregularren eskutik.
- Marraduna: Kasu honetan, marrak handiagoak dira eta filamentuak baino hobe zehaztuta daude.

- Manchas: Son pequeñas regiones brillantes y aisladas de cualquier punto del cielo.
- Velo: Son zonas más grandes y brillantes que cubren grandes fracciones del cielo.
- Rayos: Son ejes de luces. Siguen las líneas de campo magnético terrestre y tienden a ser verticales.

Estructuras

Las cinco formas anteriormente citadas muestran una de estas tres estructuras internas.

- Homogénea: Estas auroras muestran una estructura lisa.
- Estriada: En este caso la homogeneidad anterior desaparece de la mano de unas líneas finas e irregulares conocidas también como filamentos.
- Rayada: En este caso, las líneas son mayores y están mejor definidas que los filamentos.

Hay dos combinaciones de formas y estructuras que ocurren con frecuencia y que merecen especial mención.

- Cortina: Esta tiene una forma de banda con estructura rayada. Puede que sea la combinación más frecuente y fácil de ver.
- Corona: Es un grupo de rayos que convergen en un punto que está siempre cerca del cenit. Si ves esta estructura puedes decir que tienes la aurora encima de la cabeza.

Comportamiento temporal

Una aurora puede estar casi quieta durante mucho tiempo o puede estar en movimiento continuo y variar de forma, color o intensidad.

- Tranquila: Estas auroras duran mucho tiempo pero apenas tienen movimientos o cambios, pueden durar toda la noche sin cambiar apenas.
- Pulsante: Cuando una aurora aumenta o disminuye el brillo notablemente, más o menos de forma periódica.
- Rápida: Ocurren pulsaciones rápidas, de 5 a 10 veces por segundo, demasiado rápidas como para que las pueda resolver el ojo humano.
- Llamadas: Describen explosiones de luminosidad que aparecen en la base de la forma y suelen ser rápidamente ascendentes.

Brillo

Se clasifican de 0 a 4 en una escala conocida como IBC (International brightness coefficient) coeficiente internacional de brillo. Es una escala logarítmica, esto es, cada número se corresponde a una aurora 10 veces más brillante que la anterior.

Sarri askotan gertatzen diren forma eta egituren konbinazio bi daude, eta aipamen berezia merezi dute.

- Gortina: Egitura marradun batez hornituriko bandaren forma du. Baliteke hauxe izatea errazen eta maizenik ikus daitekeen konbinazioa.
- Koroa: Izpi multzo bat da betiere zenitetik gertu dagoen puntu batean biltzen dena. Egitura hau ikusten baldin baduzu, aurora buruaren gainean duzula esan dezakezu beldurrik gabe.

Portaera denboran

Aurora bat geldi egon daiteke denbora askoan, edo etenik gabeko mugimenduan egon daiteke, forman, kolorean eta bizitasunean aldatuz.

- Lasaia: Aurora hauek asko irauten dute, baina ia ez dira mugitzen eta ez dute ia aldaketarik izaten. Gau oso bat eman dezakete ia aldaketarik izan gabe.
- Keinukaria: Aurora bati distira nabari emendatzen edo apaltzen zaionean, periodikoki.
- Bizkorra: Pultsazio bizkorrak gertatzen direnean, segundoko 5-10 aldiz. Azkarregi giza begiak nabari dezan.

- Cero: Subvisual, sólo detectable con instrumentación adecuada.
- Uno: Comparable con el brillo de la Vía Láctea, no se distinguen los colores.
- Dos: Parecido a los cirros que brillan a la luz de la Luna. Se pueden empezar a apreciar los colores sobre todo el verde.
- Tres: Comparable a cirros brillantes a la luz de la Luna llena. Los colores son evidentes.
- Cuatro: El más brillante de todos, los distintos colores son claros y brillantes. Las auroras de este tipo pueden llegar a hacer sombras.

Kristina Zuza



Gortina gorri berdea lainoekin. Egilea: Iñigo Vidal.

Cortina roja y verde con nubes. Autor: Iñigo Vidal.

- Sugarrak: Argi-eztandak deskribatzen dituzte, formaren oinarrian ageri dira eta bizkor egiten dute gorantz.

Distira

Otik a 4ra sailkatzen dira IBC (International brightness coefficient) distiraren nazioarteko koefizientea izenez ezagutzen den eskalan. Eskala hau logaritmikoa da, hau da, zenbaki bakoitza aurrekoa baino 10 aldiz distiratsua goa den aurorari dagokio.

- Zero: Bereizi ezina gizakiarentzat, soilik tresna egokiak hautemateko modukoa.
- Bat: Esne-bidearen distiraren antzekoa, ez dira koloreak bereizten.
- Bi: Ilargiaren argitan distira darien zirruen antzekoa. Koloreak bereizten has daiteke, batez ere berdea.
- Hiru: Ilargi betearen argipeko zirru distiratsuen modukoa. Agerikoak dira koloreak.
- Lau: Guztietan distiratsua, koloreak argiak eta distiratsuak dira. Gisa honetako aurorek itzalak egin ditzakete.

Kristina Zuza

AUOREN SOINUA

Poloetako aurora (Ipar nahiz Hego aurora) zer den galdeztzen baduzu, baliteke pertsona askok gau garbietan, goi latitudeko zeruetan (Europaren Iparraldean, Kanadaren Iparraldean), ikusten diren argiak direla erantzutea; hala eta guztiz ere, gutxik erantzungo dute auroretako abesbatzak, ixiak ... aipatuz. Horrexegatik, dokumentatu dibulgatzeko helburuarekin bat eginez, "auroraren soinua" delakoa grabatzea izan zen gure egiteko bat.

Honenbestez, Kanadan egin nuen lan garrantzitsua zinta magnetiko batean oso frekuentzia apaleko (ELF/VLF, < 10 kHz) irrati-uhinak grabatzea izan zen. Uhin horiek bederatzi metro altuerako antena bertikal batekin jaso genituen. Soinu-uhinak ez bezala, hauek presio oszilazioak baitira, aireko molekulen bibrazioen bidez igortzen direnak eta gure belarriek entzuten dituztenak, irrati naturaleko uhinak eremu elektriko eta magnetikoaren oszilazioak dira, eta soinuaren frekuentzia berberetan gertatzen diren arren ezin irrati hargailurik gabe entzun daitezke. Hargailuak, soil-soila izan arren, zuzenean bihurtzen ditu soinu irrati naturaleko uhinak.

Ba al zen lehendik antzeko lanik?

Bai, 1996ko udan, aurreko eguzkiaren jardueraren minimoan, Estatu Batuetako talde bat Manitobara (Kanada) joan zen "soinu" hauek grabatzeko xedearrekin. Gu eguzki jardueraren maximoan joan izana da alde nagusia.

EL SONIDO DE LAS AURORAS

Puede que haya bastantes personas a las que si preguntas sobre qué es una aurora polar (boreal o austral) te respondan que son luces que se ven, durante las noches despejadas, en los cielos de altas latitudes (Norte de Europa, Norte de Canadá...); sin embargo, poca gente responderá haciendo referencia a los coros aurorales, siseos... Por ello, de acuerdo con el objetivo de documentar para divulgar, uno de los trabajos que realizamos fue el de grabar el llamado "sonido de la aurora".

Así, mi principal trabajo en Canadá fue registrar en cinta magnética ondas de radio de muy baja frecuencia (ELF/VLF, < 10 kHz), captadas mediante una antena vertical de nueve metros de altura. A diferencia de las ondas sonoras que son oscilaciones de presión que se transmiten por vibraciones de las moléculas de aire, ondas a las que nuestros oídos son sensibles, las ondas de radio natural son oscilaciones del campo eléctrico y magnético que - aunque ocurren en las mismas frecuencias que el sonido - no pueden ser oídas sin un receptor de radio el cual, aun siendo simple, convierte directamente en sonido las ondas de radio natural.

¿Existía algún trabajo similar anterior?

Sí, en el verano de 1996, durante el anterior mínimo solar, un equipo estadounidense se trasladó a Manitoba (Canadá) con el objetivo de grabar estos "sonidos". La diferencia radica en que nosotr@s fuimos en un periodo de máxima actividad solar.

Si en las auroras se emite radiación visible... ¿por qué no también ondas de radio?

Un poco de historia sobre las emisiones de "Radio Natural"

La posibilidad de pensar en el Sol u otros cuerpos y fenómenos cósmicos como emisores de ondas de radio surgió después de que Maxwell, en 1867, expusiera los fundamentos de la teoría electromagnética de la luz y que Hertz, en 1888, demostrara que no había diferencia entre las ondas de radio y las visibles. Se trataba sólo de que diferían en la frecuencia. Estas premisas fueron las que hicieron posible las primeras suposiciones: si el Sol emitía radiaciones visibles, ¿por qué no ondas de radio? Fueron muchos investigadores los que trataron de detectarlas, pero todos estos intentos resultaron infructuosos debido a que las técnicas de radio aún no estaban muy desarrolladas.

Antes de abordar la historia de estos sonidos, conviene aclarar que se utilizará la palabra silbidos ("whistlers") de

Auroretan ikusteko moduko erradiazioa igortzen baldin bada... zergatik ez irrati-uhinak?

Historia apur bat "Irrati Naturaleko" igorpenen inguruan

Maxwellek 1867. urtean argiaren teoria elektromagnetikoaren oinarriak jarri eta Hertzek 1888. urtean irrati-uhinen eta ikusteko moduko uhinen artean alderik ez zegoela erakutsi eta gero sortu zen Eguzkia edo beste gorputz eta fenomeno kosmikoak irrati-uhinen igorle izan zitezkeela pentsatzeko aukera. Soilik frekuentzian bereizten zirela bide zen kontua. Premisa hauek ahalbideratu zituzten aurreneko usteak: Eguzkiak ikusteko moduko erradiazioak igortzen baldin baditu, zergatik ez irrati-uhinak? Ikerlari asko saiatu ziren hautematen, baina saio guztiak ezerezean geratu ziren irrati teknikak artean behar bezala garatu gabe zeudelako.

Soinu hauen historiari ekin baino lehen, esan dezagun era orokor batez erabiliko dugula txistu ("whistlers") hitza. (Txistu hitzaz ezagutzen da irrati naturaleko igorpen bat, maizenik entzuna izanagatik, Lurrak sortzen dituen eta Lurrean modu batean edo bestean sortzen diren soinu ugarietako bat baizik ez da).

XIX. mende bukaeran tarte handiko telefonia eta telegrafia langileak izan ziren aurrenekoak txistuak entzuten. Telegrafoaren metalezko hari luzeek sarri askotan jasotzen zituzten tximistargi ekaitzetako kraska eta karraskak Morse Kodearen seinaleekin edo geltoki igorle bateko audio ahotsekin nahasturik. Zenbaitetan, telefonia langileek txistu soinu ezohikoak entzuten zituzten giblean. Kableetako arazoak eta telefonia sistemarekiko lotura arazoak zirelakoan, ez zituzten aintzat hartzen.

Australian dago erregistratuta fenomeno honi buruzko aurreneko txostena, 1886koa, anplifikadorerik gabe txistuak entzun zirenean hamalau miliako telefono kable batean. W. H. Preecek (1894) idatzitako artikulu batean, Nature agerkarian plazaratuan, Britainiar Gobernuaren Posta Bulegoko langileek, hari telegrafiko bati loturiko telefono aurikularretan, soinuak poloetako aurora bat gertatzen ari zenean, 1894ko martxoaren 30-31n, entzun zituztela deskribatzen du. Artikulugilearen deskripzioek, auroretako abesbatzek berezko dituzten txistuak, ixiak eta soinuak entzun zituztela iradokitzen dute.

Lehen Mundu Gerran, nola indar alemaniarrek hala indar aliatuek audio anplifikadore oso sentikorrek erabili zituzten etsaiaren telefonoen bidezko komunikazioak zelatzeko. Zoruan metalezko paldoak finkatzen zituzten hodi motako irabazi handiko anplifikadoreei lotuta zeuden telefono linea etsaietatik gertu; halatan,

manera genérica. (Se conoce con el nombre de silbidos una de las emisiones de radio natural que, si bien es una de las más frecuentemente oídas, tan sólo es uno de los muchos sonidos de radio natural que la Tierra y en la Tierra se producen de una u otra forma)

A finales del siglo XIX operadores de telefonía y telégrafos de larga distancia fueron las primeras personas en oír silbidos. Los largos hilos metálicos del telégrafo captaban a menudo el chasquido y el crujido de tormentas de relámpagos que estaban mezclados con las señales del Código Morse o con las voces de audio de alguna estación emisora. Algunas veces, los operadores telefónicos también oían de fondo extraños ruidos silbantes. Eran atribuidos a problemas en los cables y conexiones del sistema telefónico y no se tomaban en consideración.

El primer informe de este fenómeno está registrado en Austria en 1886 cuando sin amplificación se oyeron silbidos en un cable telefónico de catorce millas. Un artículo escrito por W. H. Preece (1894), que apareció en la revista Nature, describía que operadores de la Oficina Postal del Gobierno Británico, en los auriculares telefónicos conectados a un hilo telegráfico, los habían escuchado mientras ocurría una aurora boreal el 30/31 de marzo de 1894. Sus descripciones sugieren que oyeron silbidos, y siseos y sonidos característicos de los coros aurales.

Durante la 1ª Guerra Mundial, tanto las fuerzas alemanas como las aliadas emplearon amplificadores de audio muy sensibles para espiar las comunicaciones telefónicas del enemigo. Clavaban en el suelo postes de metal próximos a donde las líneas telefónicas enemigas estaban conectadas a amplificadores de alta ganancia de tipo tubo, con lo que las señales de audio en los hilos telefónicos podían ser espiadas. Esto pronto formó parte de la electrónica de espionaje que trabajaba muy razonablemente la mayor parte del tiempo, a pesar de los sonidos de fondo como susurros y crujidos producidos, aunque no siempre, por el relámpago. Algunos días conversaciones telefónicas que espiaban eran parcial o totalmente ahogadas por extraños sonidos silbantes. Cuando los tests de laboratorio hechos a los amplificadores de audio de alta ganancia fallaron al recrear los sonidos silbantes, el fenómeno fue considerado inexplicable (H. Barkhausen, 1919).

De hecho, se data el inicio de la radioastronomía en 1932 cuando Karl Jansky, ingeniero de los laboratorios Bell Telephone, que recibió el encargo de estudiar el origen de las interferencias en las líneas telefónicas, tras construir su propio aparato, descubrió que era radiación de origen cósmico. Jansky escribió, en los Proceedings del IRE (Institute of Radio Engineers), un artículo que

zelatan eduki zitezkeen audio seinaleak telefono harrietan. Eta hau eguneroko bihurtu zen espioitzaren elektronikan, zentzuz lan egiten zuena denboraren parterik handiengan, gibelean zenbaitetan tximistargiek eragiten ez zituzten xuxurlak eta karraskak entzun arren. Batzuetan, espiatzen ari ziren telefono bidezko elkarriketa batzuk erabat edo partzialki estaltzen zituzten soinu txistukari guztiz berezi batzuek. Irabazi handiko audio amplifikadoreekin egindako laborategi testek huts egin zutenean soinu txistukariak birsortzeko unean, ezin azalduzkotzat jo zen fenomeno (H. Barkhausen, 1919).

Izan ere, 1932. urtea hartzen da irrati-astronomiaren hasiera unea, Bell Telephone laborategietako ingeniari Karl Janskyk, telefono lineetako interferentzien jatorria aztertzeko agindua jaso zuenak, bere tresna eraiki ondoren, jatorri kosmikoko erradiazioa zela deskubritu zutenean. Janskyk irrati-astronomiarentzat behin-betiko bulzada izan zitezkeen artikulu bat idatzi zuen *Proceedings del IRE* (Institute of Radio Engineers) agerkarian, baina Bell laborategiek horrek telefoniarentzat garrantzirik ez zuela erabaki zuten eta beste postu batean jarri zuten Jansky.

Izenari dagokionez, esan dezagun "Irrati Natural" izena 80. hamarraldiaren bukaeran finkatu zutela Kaliforniako irrati amateur batek eta Michael Mideke ikerlariak, tximista eta tximistargi ekaitzetan, poloetako auroretan (Ipar eta Hegoko Argiak) eta Lurreko eremu magnetikotan (magnetosferan) gertatzen diren seinale (irrati) elektromagnetikoak deskribatzeko. Gaur egun, soinu hauek "Igorpen Ionosferikoak (VLF-IE)" eta "Magnetosferako Soinuak" izenez ere ezagutzen dira (Aurora zoragarriez gainera, magnetosferak ere irrati seinale ugari sortzen ditu. Seinale hauek magnetosferatik partikulak aterarazten edo magnetosferan ezegonkortasunen bat eragiten duen mekanismo baten erakusgarri dira).

VLF-IE Irrati Naturalaren igorpenen sailkapena

* *Tximistargiek sortutako seinaleak (seinaleak bizi duen barreiatzearen arabeko sailkapena):*

SFERICS-ak

Sferics-ek, eskuarki esferiko gisa itzuliak, atmospheric hitzaren laburdurari zor diote izena. Tximistargiengatik sortzen diren seinaleak dira, bulkada modukoak. Hauen frekuentziak hertz gutxi batzuetatik milioika hertzetara iristen dira. Irrati-uhinen moduan hauteman daitezkeen sferics-ek 15 kHz bitarteko frekuentzia dute. Horien espektrogramek linea bertikalak erakusten dituzte, fre-

pudo haber sido un empujón definitivo para la radioastronomía, pero los laboratorios Bell decidieron que esto no tenía importancia para la telefonía y cambiaron de puesto a Jansky.

En cuanto al nombre, hay que decir que el término "Radio Natural" lo acuñaron a finales de los años 80, un radioaficionado de California y el investigador Michael Mideke, para describir las señales (radio) electromagnéticas que se producen en las tormentas de rayos y relámpagos, en las auroras polares (Luces del Norte y del Sur) y en el campo magnético de la Tierra (en la magnetosfera). Hoy en día, estos sonidos también se conocen con los nombres de "Emisiones Ionosféricas (VLF-IE)" o "Sonidos de la Magnetosfera" (Aparte de las preciosas auroras, la magnetosfera también genera muchas señales de radio. Estas señales son la manifestación de algún mecanismo que transporta partículas extrayéndolas de la magnetosfera o haciendo que ésta sufra una inestabilidad)

Clasificación de las emisiones de Radio Natural VLF-IE

* *Señales producidas por relámpagos (clasificación según la dispersión que sufre la señal)*

SFERICS

Los sferics, generalmente traducidos por esféricos, deben su nombre a una abreviatura de atmospheric. Son señales en forma de impulsos que se producen por relámpagos. Sus frecuencias van desde pocos hercios hasta millones de hercios. Los sferics que se pueden detectar en forma de ondas de radio son los que tienen frecuencias de hasta 15 kHz. Sus espectrogramas muestran líneas verticales que indican la llegada simultánea de todas las frecuencias. El sonido correspondiente son chasquidos claramente definidos, parecidos a ramas que se parten, o ruidos crepitantes, como al freír patatas.

Se detectan en relámpagos que ocurren a distancias de hasta 1 000 km del receptor.

La señal llega al receptor reflejada por la superficie de la Tierra y las capas ionosféricas capaces de reflejar ondas de radio. Esta trayectoria se llama guía de onda ionosférico-terrestre.

TWEEKS

Son el resultado de sferics que llegan a distancias mucho mayores que unos pocos miles de kilómetros. Pueden lle-

kuentzia guztiak aldi berean iristen direla adierazten dutenak. Dagozkien soinuak oso zehatzak dira, hausten diren adarrek egiten dutenen antzekoa, edo txinpartek egiten dutenen antzekoa, patatak frijitzen ditugunean aditzen dugunaren modukoa.

Hargailutik 1.000 km bitarteko tartean gertatzen diren tximistargietan hautematen dira.

Seinlea hargailura iristen da Lurrazalak eta irrati-uhinak islatzeko gai diren geruza ionosferikoek islaturik Ibilbide honi lurreko-ionosferako uhin gida esaten zaio.

TWEEKS-ak

Milaka kilometro gutxi batzuk baino askoz ere urrutirago iristen diren sferics-en emaitza dira. Munduari bira erdia emateraino heda daitezke: 20.000 km. Hain distantzia handietara hedatzen direnean, irrati-uhinak barreiatu egiten dira, hau da, frekuentzia altuak frekuentzia baxuak baino apur bat bizkorrago bidaiatzen dira. Eta hau aski garrantzitsua da 2 eta 3 kHz bitarteko frekuentzientzat.

Soinua, sferics-en soinuaren aldean, oso bestelakoa da; ondo zehaztutako kraskak ez baizik eta musika tonu labur bat egiten dute, filmetan jaurtigaiei gainazal solido baten aurka talka egindakoan eta norabidez aldatzen direnean ematen dieten soinuaren antzekoa dena.

Espektrogramak linea bertikal bat aurkezten du frekuentzia altuenetan eta kako deituriko segmentu kurbatu bat gutxi gora-behera 2 kHz-ko frekuentzian.

TXISTUAK (“whistlers”)

Audio frekuentziako uhin elektromagnetikoak dira, tximistargiek sortuak, hemisferio batetik bestera bidaiatzen direnak eremu magnetikoaren lerro itxietan barna. Txistuen tonuaren iraupenak harreman estua du hedatzeko bidearen luzerarekin, errefrakzio-indizean gertatzen diren anisotropien ondorioz.

Espektrograma batean tonu ondo zehaztua da txistuen ezaugarri nagusia; haren frekuentzia bizkor moteltzen da segundo batzuen buruan. Tonu txistukariak ematen dio izena.

Hauen ibilbide luzean, tweeks-ek baino barreiadura handiagoa izaten dute. Tweeks-ak segundo-milaren batzuetan kHz gutxi batzuk barreiatzen diren artean, txistuak hainbat milako kHz barreiatzen dira segundo batean edo gehiagotan.

gar a propagarse hasta media vuelta al mundo: 20 000 km. Cuando son conducidas a tan largas distancias, las ondas de radio sufren dispersión, es decir, las frecuencias altas viajan ligeramente más veloces que las bajas frecuencias. Esto es especialmente significativo para frecuencias entre 3 y 2 kHz.

El sonido es muy distinto al de los sferics; en lugar de chasquidos bien definidos, los tweeks tienen como sonido un breve tono musical, que suena algo así como el sonido que en las películas ponen a las balas cuando cambian de dirección al chocar con una superficie sólida.

El espectrograma muestra una línea vertical en las frecuencias más altas y un segmento curvo llamado gancho a la frecuencia de unos 2 kHz.

SILBIDOS (“whistlers”)

Son ondas electromagnéticas en frecuencia de audio producidas por relámpagos y que viajan de un hemisferio a otro a lo largo de líneas cerradas de campo magnético. La duración del tono de los silbidos está relacionada con la longitud del camino de propagación debido a anisotropías en el índice de refracción.

En un espectrograma la característica principal de los silbidos es un tono claramente definido y cuya frecuencia desciende rápidamente a lo largo de varios segundos. Su nombre viene de este característico tono silbante.

En su largo recorrido, la dispersión es aún mayor que en los tweeks. Mientras que la dispersión en los tweeks es de unos pocos kHz en unas milésimas de segundo, los silbidos tienen una dispersión de varios miles de kHz en uno o más segundos.

Señales relacionadas con las auroras:

PLATILLOS (“saucers”)

Las emisiones de platillos se encuentran en los límites de baja latitud de la precipitación auroral. Los platillos son emisiones electromagnéticas de tipo silbido, caracterizadas en los espectrogramas de alta resolución por un perfil de uve o de platillo. En una grabación de audio los platillos muestran claramente un tono descendente y ascendente.

Los platillos son emisiones que se propagan hacia arriba y que duran sólo unos pocos segundos. La poca duración de los platillos es la principal diferencia entre estas emi-

Aurorekin zerikusia duten seinaleak:

PLATERTXOAK (“saucers”)

Platertxoek igorpenak auroren prezipitazioaren behe latitudeko mugetan gertatzen dira. Platertxoak txistu moldeko igorpen elektromagnetikoak dira. Bereizmen handiko espektrogrametan, platertxo edo uve baten profila aurkezten du. Audio grabazio batean platertxoek argi eta garbi erakusten dute beheranzko eta goranzko tonua.

Platertxoak gorantz hedatzen diren igorpenak dira, eta segundo gutxi batzuk baizik ez dute irauten. Platertxoek iraupen eskasa da eremu berdinetan gertatzen diren ixietatik (“hiss”) bereizten duena.

ABESBATZEN IGORPENAK (“chorus”) (egunsentiko abesbatzak eta auroretako abesbatzak)

Kanpo magnetosferako plasma-uhin bizienetakoen artean daude. Abesbatzen igorpenen espektrograma arrunt batek frekuentzia jakin bat erakusten du, latitudearen arabera, izango dena. Izena ematen dien espektroak txistuka ari den txorien abesbatzen modukoa aurkezten digu, ondoz ondo etorritako goranzko tonuak. Goranzko tonu hauek oso-oso laburrak dira, 0,1 eta segundo bat bitartekoa. Oso gutxi irauten dutenez, banda zabaleko eta bereizmen handiko espektrogrametan baizik ezin dira bereizi. Forma arruntenetako bat da goranzko tonu askoren multzo batena, kHz 1 eta 5 bitartekoa, zenbaitetan gibebeko ixien presentziarekin.

IXIAK (“hiss”)

Igorpen zabal eta biziak dira, frekuentzia maila zabal batean gertatzen direnak, ehunka Hz batzuetatik hamarnaka kHz bitartean. Frekuentzia baxuetan auroraren ixia soilik 5° eta 10° latitudeko zerrenda estuan gertatzen da, auroraren obaloan. Frekuentzia altuetan, berriz, igorpena eremu oso zabalean gertatzen da, batez ere polorantz eta, hein apalagoan, ekuatorerantz.

Ixia sorta batean igortzen da auroraren lerro magnetikoe-tako baten inguruan, 2 eta 4 R_T -ko (R_T = Lurraren erradioa) latitudean. Sortaren zabalera frekuentziarekin emendatzen da.

Honenbestez, espektrograma batean igorpen honen ohiko profilak onil baten antza du. Goi altitudeetan, ixiak sarri askotan du ondo zehaztutako frekuentzia muga garaiagoa.

siones y los siseos (“hiss”) que se encuentran en las mismas regiones.

EMISIONES CORALES (“chorus”) (coros del amanecer y coros aurales)

Se encuentran entre las más intensas ondas de plasma de la magnetosfera exterior. Un espectrograma típico de las emisiones corales muestra una frecuencia característica que varía en razón inversa a la latitud. La característica espectral que les da su nombre es la sucesión de tonos predominantemente ascendentes que suenan como coros de pájaros silbando. Estos tonos ascendentes son muy cortos de entre 0'1 y 1 segundo. Debido a su corta duración sólo se pueden distinguir en espectrogramas de banda ancha y alta resolución. Una de las formas más comunes es la de un conjunto de muchos tonos ascendentes de entre 1 y 5 kHz a veces en presencia de siseos de fondo.

SISEOS (“hiss”)

Son emisiones anchas e intensas que ocurren en un amplio rango de frecuencias que va desde pocos cientos de Hz hasta decenas de kHz. A bajas frecuencias el siseo auroral ocurre en una estrecha banda de latitudes de sólo unos 5° a 10° y centrada en el óvalo auroral. A altas frecuencias, la emisión se extiende en una región muy ancha sobre todo hacia el polo y en menor medida hacia el ecuador.

El siseo se emite en un haz en torno a una de las líneas magnéticas de la aurora a altitudes de 2 a 4 R_T (R_T = Radio de la Tierra). La anchura del haz aumenta con la frecuencia.

Así pues, en un espectrograma el perfil típico de esta emisión se asemeja a un embudo. A altas altitudes el silbido tiene a menudo un límite de frecuencias superior claramente definido.

El siseo se propaga tanto hacia arriba como hacia abajo a lo largo de las líneas de campo.

Típicamente por encima de 10 000 km las emisiones se encuentran propagando hacia arriba y por debajo de 1 000 km hacia abajo. La fuente de las emisiones se encuentra en la zona intermedia entre 2 y 4 R_T . Las emisiones que se propagan hacia abajo están correlacionadas con haces intensos de electrones de entre 100 eV y 1 keV. Las que se propagan hacia arriba se correlacionan con haces de electrones de 50 eV.

Los tonos de una grabación de audio son siseos fuertemente modulados. Los siseos se asocian con auroras de arco y cortina.

Ixia gorantz bezala beherantz hedatzen da eremu-lerroetan barna.

10.000 km-tik gora, igorpenak gorantz barreiatzen dira, eta 1.000 km-tik behera beherantz. Igorpenen iturria tartean kokatzen da, 2 eta 4 R_T -ko tartean. Beherantz hedatzen diren igorpenak estu lotuta daude 100 eV eta 1 keV bitarteko elektroiei sorta biziak. Gorantz hedatzen direnak 50 eV-ko elektroiei sortarekin daude lotuta.

Audio grabazio batean tonuak sendo modulatuak izaten dira. Ixiak arku eta gortina moldeko aurorekin jartzen dira harremanetan.

AUOREN ERRADIAZIO KILOMETRIKOA (“AKR”)

Irrati igorpen oso bizia da, auroren eremuetatik kanpora ihes egiten duena, elektroien plasmaren tokiko frekuentzia gainditzen duen frekuentziarekin. Eskuarki igorpen oso biziko zerrenda bat izaten da, 50 eta 500 kHz bitarteko frekuentzietan. Bizitasuna oro har oso aldakorra izan ohi da, eta 10 minutu eskasetan 60 eta 80 dB bitartean aldatzen da.

Bizitasun handikoaldiak ordu eskasaren eta hainbat egunen artean irauten duten ekaitzen moduan gertatzen dira. Aurora agerraldi orokorrekin lotuta egon ohi dira, arku apalekin zehatz adierazteko. AKR isurien eragina estu lotuta dago alderantziz ipinitako uve baten formako elektroien prezipitazioarekin. Isuri handienak alde iluneko lineen eremutik etortzen dira, 2 eta 4 R_T bitarteko garaieretatik. Era berean, iturriak hautematen dira alde argian, zenit aldearekin (auroraren koroa) lotuta. Alde argiko iturri hauek ez dira alde ilunekoak bezain biziak. AKR-ak hemisferio bietan ikus daitezke.

Banda zabaleko eta bereizmen handiko espektrogramak banda estuko hainbat igorpen aurkezten ditu, erdiko frekuentzia bizkor aldatzen dutenak; honenbestez, dagokion soinua goranzko eta beheranzko tonuen nahasketa bizkorra da.

Bukatu baino lehen...

Abesbatzak eta ixiak askotan denboraleak igaro eta gero ikus daitezkeela esan nahi dut, goiz eta eguerdia bitartean; abesbatzak ere maiz entzuten dira gauerdia eta egunsentia bitartean, denboraleak hasi behar duen unean, hain zuzen ere.

Eguzki haizeak magnetosferari eragiten dion presioan gertatzen diren gorabeherak tarteko abesbatzen igorpenak eten eta berriro ere hasten direla hauteman dugu, baita planeta arteko eremu magnetikoak hegoalderantz egiten duenean ere.

RADIACIÓN KILOMÉTRICA AURORAL (“AKR”)

Es una emisión de radio muy intensa que escapa hacia fuera desde las regiones de aurora con frecuencias por encima de la frecuencia local del plasma de electrones. Normalmente consiste en una banda de emisión muy intensa en frecuencias de entre 50 y 500 kHz. La intensidad es generalmente muy variable llegando a cambiar entre 60 y 80 dB en menos de 10 minutos.

Los períodos de alta intensidad ocurren en forma de tormentas que duran entre menos de una hora y días. Están correlacionados con manifestaciones aurorales globales, en concreto con arcos discretos. La incidencia de brotes de AKR está asociada con la precipitación de electrones en forma de uve invertida. Los brotes más intensos provienen de una región de las líneas de campo en el lado nocturno a alturas de 2 a 4 R_T . También se observan fuentes en el lado diurno asociadas con la región cenital (corona auroral). Estas fuentes del lado diurno son menos intensas que las del lado nocturno. Se observan los AKR en los dos hemisferios.

El espectrograma de banda ancha y alta resolución muestra varias emisiones de banda estrecha cuya frecuencia central cambia rápidamente; esto hace que el sonido correspondiente sea una rápida combinación de tonos ascendentes y descendentes.

Antes de terminar...

Quiero añadir que los coros y el siseo se observan frecuentemente después de actividad de subtormenta entre la mañana y el mediodía; los coros también se oyen frecuentemente entre la medianoche y el amanecer justo en el comienzo de una subtormenta.

Se ha observado que las emisiones de coros se interrumpen y reanudan por fluctuaciones repentinas en la presión del viento solar sobre la magnetosfera y cuando el campo magnético interplanetario gira hacia el sur.

Añadir también que el mecanismo por el cual se piensa que se generan los coros es la resonancia de ciclotrón con electrones de energías de entre 5 y 150 keV. Parece ser que se origina en zonas donde el campo magnético es menos fuerte cerca del ecuador debido a la compresión de la magnetosfera que produce la presión del viento solar en el lado diurno.

Los coros se propagan hacia los polos a lo largo de la guía de onda ionosférico-terrestre y llegan al suelo en zonas polares. Por consiguiente, los coros polares son más intensos en el mediodía local y en frecuencias entre 400 y 500 Hz.

Esan dezagun abesbatzak sortzeko mekanismoa ustez 5 eta 150 keV bitarteko energia duten elektroiez hornituriko ziklotronaren erresonantzia dela. Itxura batean eremu magnetikoa hain indartsua ez den lekuetan sortzen da, ekuatoretik hurbil, eguzki haizeak alde argian magnetosferari eragiten dion presioaren ondorio dena.

Abesbatzak poloetarantz hedatzen dira lurreko-ionsferako uhin gidaren luzeran zehar, eta polo aldeetan ukitzen dute lurra. Honenbestez, poloetako abesbatzak biziagoak dira tokiko hegoaldean eta 400 eta 500 Hz bitarteko frekuentzietan.

Ondorio horretara iritsi ziren Eguzki Haizeak magnetosferari eragiten dion presioaren neurketak abesbatzen etnaldiekin harremanetan jarrita. Magnetosfera lasaitu egiten da abesbatzak erregistratzen ez diren aldietan. Ikerketa honen emaitzak M.A. Salvati, U. S. Inan –Space, Telecommunications and Radioscience Laboratory Stanford University- eta A.T. Weatherwaxek, T.J. Rosenbergek –Institute for Physical Science and Technology University of Maryland- azaldu zuten *Solar Wind Control of Polar Chorus* izenburuko artikulu batean.

NASAREN POLAR satelitea 1996ko otsailaren 24an bidali zuten espaziora, hasieran bi urterako eta gero hirugarren urte batera luzatzeko. Epe horretan eta ikuspuntu geomagnetiko batez neurriak hartu zituen poloen inguruan. Bada, poloen gainera, Eguzki Haizearen partikulak eta energia magnetosferaraino sartzen dira, eta elektroiekin estu loturik aurora sortzen dute. Aurorak sortzen dituzten partikulak bizkortzen dituzten prozesuen eta ezaugarrien garrantzia ulertzea zuen helburu misioak; horretarako, horien plasma uhinen neurketen azterketa beste ikerketa batzuekin jarri zen harremanetan, aurora aldeei eta magnetosferari lotutako prozesuak zehaztu ahal izateko xedean.

POLAR satelitean instalatutako hamabi tresnetatik bat *Plasma Wave Instruments* izenekoak zen. Honek plasma elektromagnetiko eta elektrostatikoen uhinen neurri zehatzak hartzen zituen 0'1 Hz eta 800 Hz (VLF) bitarteko frekuentzia maila batean. Neurketa horien emaitzak aintzat harturik osatu zuten arestian aipatutako artikulua.

Lerro hauen bidez eskerrak eman nahi dizkiot Erik Stenglerri artikulu hau osatzeko emandako laguntzagatik. Era berean, eskerrak eman nahi dizkiot Jon Sistiaga (EA2ARD) eta Federico Olaizolari (EA2HB) VLF hargailu ekipoa prestatzeko lanetan eskainitako laguntzagatik.

Julia Gallego

Esto se ha determinado correlacionando las interrupciones en los coros con mediciones de la presión del Viento Solar sobre la magnetosfera. Ésta se relaja precisamente en los periodos en los que no se registran coros. Este estudio fue realizado por M.A. Salvati, U. S. Inan –Space, Telecommunications and Radioscience Laboratory Stanford University- y A.T. Weatherwax, T.J. Rosenberg –Institute for Physical Science and Technology University of Maryland- en un artículo titulado *Solar Wind Control of Polar Chorus*.

El satélite POLAR de la NASA fue lanzado el 24 de febrero de 1996, inicialmente para dos años y prorrogado un tercer año, tiempo durante el cual tomó medidas en torno a la región polar desde el punto de vista geomagnético. Pues por encima de los polos las partículas del Viento Solar y su energía penetran hasta la magnetosfera donde interactúan con electrones que al introducirse en la atmósfera crean la aurora. La misión pretendía comprender la importancia y las características de diversos procesos que aceleran las partículas que producen auroras, mediante la correlación del análisis de sus mediciones de las ondas de plasma con otras investigaciones para caracterizar los procesos asociados con la zona de la aurora y la magnetosfera.

Uno de los doce instrumentos instalados en el satélite POLAR es el Plasma Wave Instruments que tomaba medidas detalladas de las ondas de plasma electromagnéticas y electrostáticas en un rango de frecuencias de 0'1 Hz a 800 Hz (VLF). Con estas mediciones se realizó el artículo antes citado.

Quiero agradecer desde estas líneas a Erik Stengler su colaboración en la realización de este artículo y agradecer también a Jon Sistiaga (EA2ARD) y a Federico Olaizola (EA2HB) su colaboración en la preparación del equipo de recepción de VLF.

Julia Gallego

ARGAZKI BILDUMA

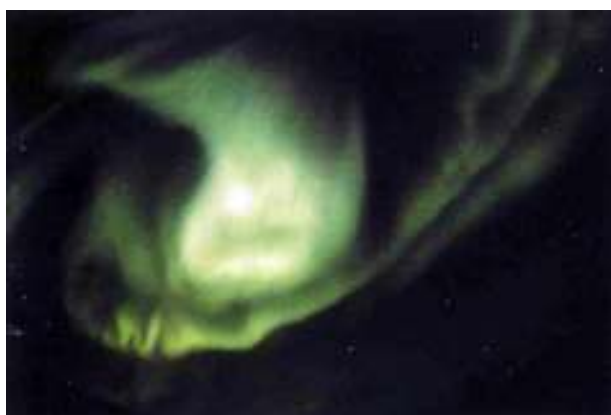


Egilea: Iñigo Vidal. Autor: Iñigo Vidal.

COLECCIÓN DE FOTOGRAFÍAS



Egilea: Iñigo Vidal. Autor: Iñigo Vidal.



Egilea: Iñigo Vidal. Autor: Iñigo Vidal.



Egilea: Iñigo Vidal. Autor: Iñigo Vidal.



Egilea: Iñaki Lizaso. Autor: Iñaki Lizaso.



Egilea: Iñaki Lizaso. Autor: Iñaki Lizaso.



Egilea: Iñaki Lizaso. Autor: Iñaki Lizaso.



Egilea: Iñaki Lizaso. Autor: Iñaki Lizaso.



Egilea: Iñaki Lizaso. Autor: Iñaki Lizaso.



Egilea: Iñaki Lizaso. Autor: Iñaki Lizaso.



Egilea: Kristina Zuza. Autora: Kristina Zuza.



Egilea: Kristina Zuza. Autora: Kristina Zuza.



Egilea: Kristina Zuza. Autora: Kristina Zuza.



Egilea: Kristina Zuza. Autora: Kristina Zuza.



Egilea: Kristina Zuza. Autora: Kristina Zuza.



Egilea: Kristina Zuza. Autora: Kristina Zuza.



Egilea: Kristina Zuza. Autora: Kristina Zuza.



Egilea: Kristina Zuza. Autora: Kristina Zuza.



Egilea: Kristina Zuza. Autora: Kristina Zuza.



Egilea: Kristina Zuza. Autora: Kristina Zuza.



Egilea: Iñigo Vidal. Autor: Iñigo Vidal.



Egilea: Iñigo Vidal. Autor: Iñigo Vidal.



Egilea: Iñigo Vidal. Autor: Iñigo Vidal.



Egilea: Iñigo Vidal. Autor: Iñigo Vidal.



Egilea: Iñigo Vidal. Autor: Iñigo Vidal.



Egilea: Iñigo Vidal. Autor: Iñigo Vidal.



Egilea: Iñigo Vidal. Autor: Iñigo Vidal.



Egilea: Iñigo Vidal. Autor: Iñigo Vidal.



Egilea: Iñigo Vidal. Autor: Iñigo Vidal.



Egilea: Iñigo Vidal. Autor: Iñigo Vidal.