



CINDI

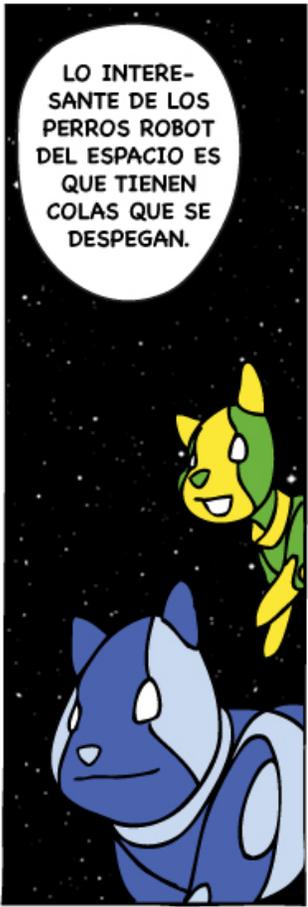
EN LA ATMÓSFERA ELÉCTRICA



¡HOLA!
¡BIENVENIDOS DE
NUEVO! ME LLAMO
CINDI Y ÉSTOS
SON MIS PERROS
ESPACIALES.

SI VISTE MI
ÚLTIMO LIBRO,
YA SABES QUE
YO SOY UNA CHICA
ANDROIDE ESPACIAL
Y ÉSTOS SON MIS
PERROS ROBOT,
TEKS Y TAKS.

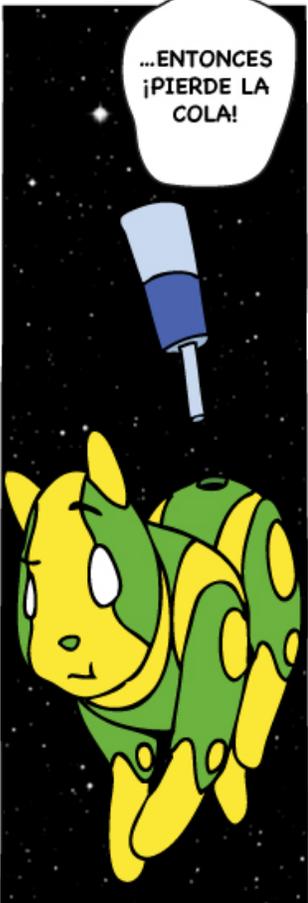
HAY UN
MONTÓN DE
PERROS
ROBOT AQUÍ
EN EL
ESPACIO.



LO INTERE-
SANTE DE LOS
PERROS ROBOT
DEL ESPACIO ES
QUE TIENEN
COLAS QUE SE
DESPEGAN.



SI UNO DE
ELLOS LLEGA
A COMER
CIERTO TIPO
DE GALLETAS
DE ENERGÍA...



...ENTONCES
¡PIERDE LA
COLA!

*PUEDES LEER EL PRIMER LIBRO DE CINDI, CINDI EN EL ESPACIO, EN
[HTTP://CINDISPACE.UTDALLAS.EDU/EDUCATION/CINDI_COMIC.HTML](http://cindispace.utdallas.edu/education/cindi_comic.html)

POR SUPUESTO, NO SE QUEDAN ASÍ POR MUCHO TIEMPO. HAY BASTANTES COLAS SUELTAS FLOTANDO ALREDEDOR QUE ELLOS PUEDEN RECUPERAR OTRA MUY RÁPIDAMENTE.



LA ÚLTIMA VEZ EXPLICAMOS TODO ACERCA DE LAS COLAS, PERO NUNCA HEMOS EXPLICADO DE DÓNDE VIENEN LAS GALLETAS DE ENERGÍA QUE A LOS PERROS LES GUSTA COMER.



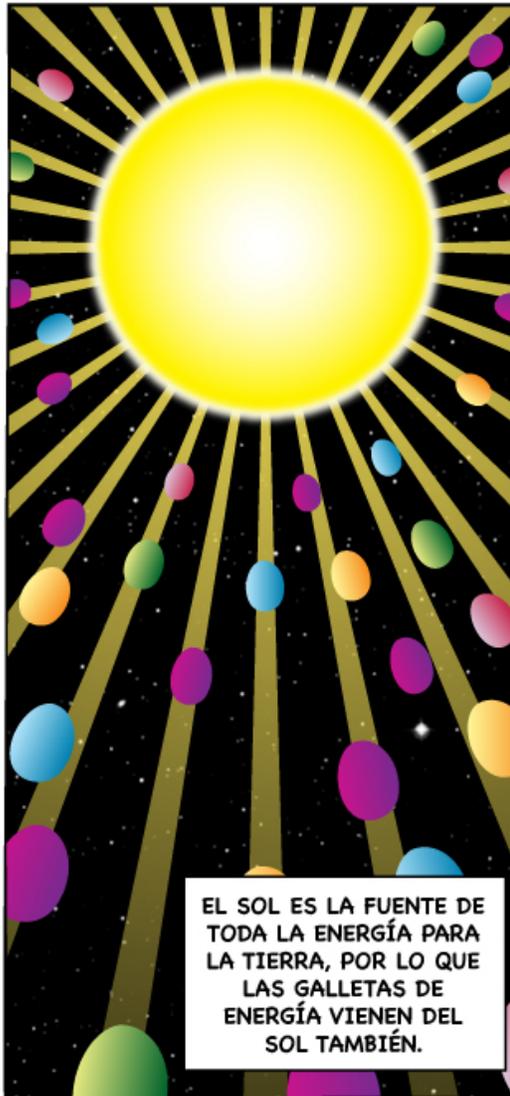
BUENO... ¿DE DÓNDE PROVIENEN ESTAS GALLETAS DE ENERGÍA?



¡VIENEN DEL SOL!



EL SOL ES LA FUENTE DE TODA LA ENERGÍA PARA LA TIERRA, POR LO QUE LAS GALLETAS DE ENERGÍA VIENEN DEL SOL TAMBIÉN.



LOS PERROS ESPACIALES COMEN SÓLO CIERTOS TIPOS DE LAS SABROSAS GALLETAS DE ENERGÍA, LAS QUE AQUÍ SE VEN MUY MORADAS. PERO ESAS MORADAS SON DEL TIPO QUE CASI NUNCA VEMOS ABAJO EN LA SUPERFICIE DE LA TIERRA. ¿Y POR QUÉ?



LA RAZÓN ES QUE LOS PERROS ESPACIALES AQUÍ ARRIBA COMEN CASI POR COMPLETO AQUELLOS TIPOS DE GALLETAS ANTES DE QUE PUEDAN LLEGAR A LA SUPERFICIE.



A PARTIR DE AHORA SÓLO VAMOS A ENFOCARNOS EN UN TIPO DE GALLETA DE ENERGÍA, LAS MORADAS, QUE A LOS PERROS LES GUSTA COMER. (PARA QUE NUESTRO ARTISTA NO TENGA QUE PREOCUPARSE EN LLENAR TODO EL FONDO CON TODAS LAS OTRAS FORMAS DE GALLETAS DE ENERGÍA.)



¡SÍGUEME!
Y YO TE
MOSTRARE
COMO SUCEDE
ESTO.



¡MENOS
MAL!







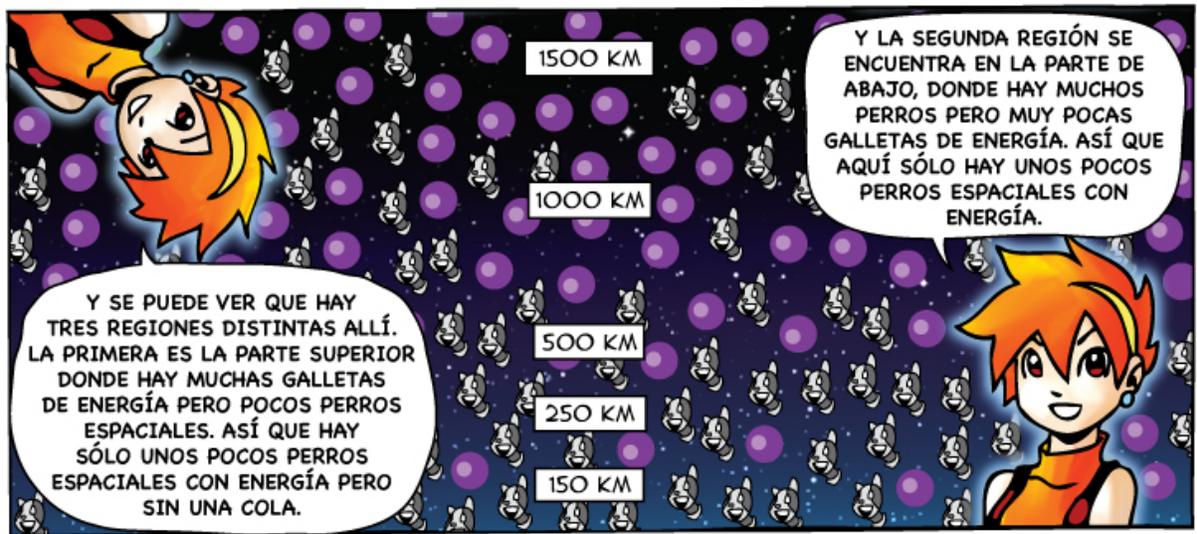
¡VÁMONOS DE AQUÍ!



¡MENOS MAL! YO PREFIERO ESTAR AQUÍ ARRIBA DONDE NO ESTAMOS TAN AMONTONADOS.



ASÍ QUE YA VES QUE LOS PERROS DEL ESPACIO JUEGAN UN PAPEL IMPORTANTE PROTEGIÉNDOLOS DE ESTAS GALLETAS MORADAS DE ENERGÍA A TODOS USTEDES QUE SE ENCUENTRAN EN LA SUPERFICIE.



Y SE PUEDE VER QUE HAY TRES REGIONES DISTINTAS ALLÍ. LA PRIMERA ES LA PARTE SUPERIOR DONDE HAY MUCHAS GALLETAS DE ENERGÍA PERO POCOS PERROS ESPACIALES. ASÍ QUE HAY SÓLO UNOS POCOS PERROS ESPACIALES CON ENERGÍA PERO SIN UNA COLA.

Y LA SEGUNDA REGIÓN SE ENCUENTRA EN LA PARTE DE ABAJO, DONDE HAY MUCHOS PERROS PERO MUY POCAS GALLETAS DE ENERGÍA. ASÍ QUE AQUÍ SÓLO HAY UNOS POCOS PERROS ESPACIALES CON ENERGÍA.



PERO ¿ADÓNDE TENDRÍA QUE IR PARA ENCONTRAR BASTANTES PERROS ESPACIALES CON ENERGÍA?



YO IRÍA A LA TERCERA REGIÓN, EN EL MEDIO DE LAS OTRAS DOS. AHÍ ES DÓNDE ESTARÍAN LA MAYORÍA DE LOS PERROS ESPACIALES CON ENERGÍA.

¿POR QUÉ ALLÍ? PORQUE ALLÍ TENEMOS EL EQUILIBRIO CORRECTO ENTRE EL NÚMERO DE GALLETAS Y EL NÚMERO DE PERROS ESPACIALES. TENEMOS SUFICIENTES PERROS PARA COMER CASI TODAS LAS GALLETAS ALLÍ.



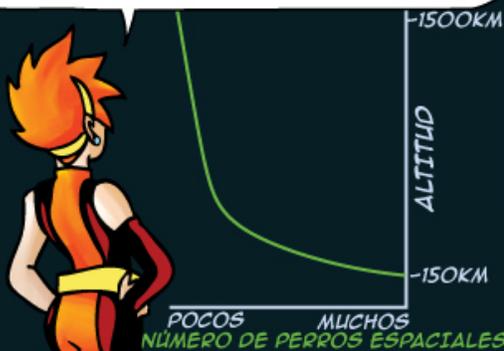
YES, EN LA ZONA DE ARRIBA NO HAY SUFICIENTES PERROS ESPACIALES, Y EN LA ZONA DE ABAJO NO HAY SUFICIENTES GALLETAS DE ENERGÍA. PERO EN EL MEDIO SI HAY UNA ZONA DONDE SE ENCUENTRAN SUFICIENTES GALLETAS DE ENERGÍA Y SUFICIENTES PERROS ESPACIALES, DE TAL MANERA QUE YA TENEMOS MUCHOS PERROS ESPACIALES CON ENERGÍA.



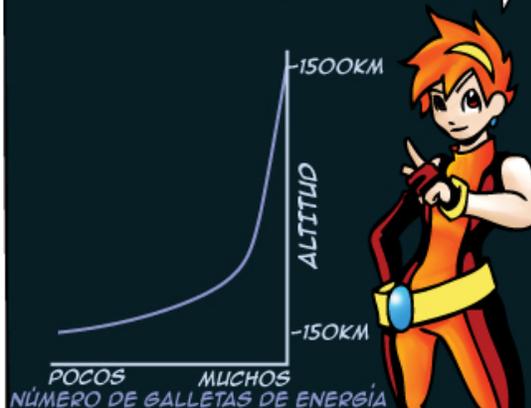
¿Y CÓMO PUEDO SABER EN QUÉ PARTE DE LA ZONA MEDIA DEBO BUSCAR? BUENO, PODRÍA CONSTRUIR UNA GRÁFICA.



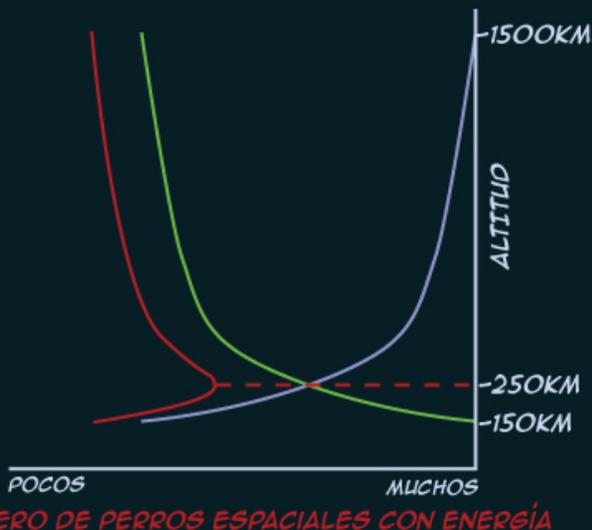
SI TRAZO EL NÚMERO DE PERROS A LAS DIFERENTES ALTURAS, ¡SE VE ASÍ! SUBIENDO DESDE LA TIERRA, AL PRINCIPIO EL NÚMERO DE PERROS DISMINUYE RÁPIDAMENTE, LUEGO MÁS LENTAMENTE MIENTRAS SUBIMOS A ALTURAS MÁS ALTAS FUERA DE LA TIERRA. ESE TIPO DE LÍNEA CURVA SE CONOCE COMO UNA "CURVA EXPONENCIAL" Y PODEMOS DECIR QUE EL NÚMERO DE PERROS ESPACIALES DISMINUYE EXPONENCIALMENTE A MEDIDA SUBIMOS EN ALTITUD.



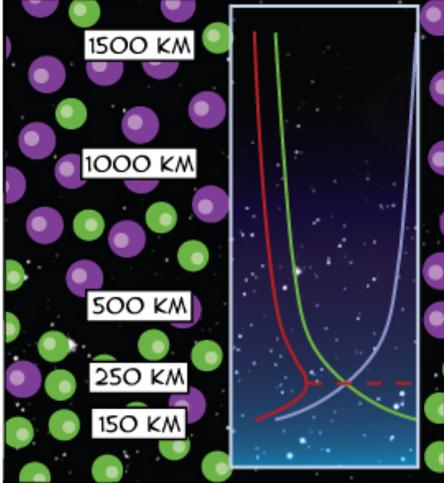
PERO SI TRAZO EL NÚMERO DE GALLETAS MORADAS DE ENERGÍA A ALTURAS DIFERENTES, ¡PARECE ASÍ! ESTE ES OTRO TIPO DE CURVA EXPONENCIAL EN QUE EL NÚMERO DE GALLETAS NO CAMBIA MUCHO EN LAS ALTURAS ALTAS, PERO LUEGO DISMINUYE RÁPIDAMENTE CUANDO BAJAMOS EN ALTURA ACERCÁNDONOS A LA TIERRA.



BUENO, SI COMBINO LAS DOS GRÁFICAS, ME SALE LA LÍNEA ROJA AQUÍ. LA GRÁFICA REPRESENTARÍA EL NÚMERO DE PERROS ESPACIALES CON ENERGÍA COMO FUNCIÓN DE ALTITUD.



¿YA VES? DEPENDIENDO DEL NÚMERO DE PERROS ESPACIALES Y DEL NÚMERO DE GALLETAS DE ENERGÍA, SIEMPRE HABRÁ CIERTA ALTITUD DONDE OBTENEMOS EL NÚMERO MAYOR DE PERROS ESPACIALES CON ENERGÍA EN UN LUGAR.



SE PODRÍA PENSAR QUE FORMAN UNA GRÁFICA "CURVA DE CAMPANA", DONDE LOS DOS EXTREMOS PARECEN IGUALES, ¿VERDAD?

NOTAS ESCOLARES PARA PERROS ESPACIALES.



PERO LAS DOS CURVAS COMBINADAS PRODUCEN UNA CURVA EN QUE LOS DOS EXTREMOS PARECEN DIFERENTES. LA PARTE DE ABAJO MÁS CERCANA A LA TIERRA (LA PARTE INFERIOR) DISMINUYE HASTA CERO MUY RÁPIDAMENTE, MIENTRAS LA PARTE DE ARRIBA LLEGANDO AL ESPACIO (LA PARTE SUPERIOR) DISMINUYE AL CERO MUY LENTAMENTE. ES DECIR, EL NÚMERO DE PERROS ESPACIALES CON ENERGÍA CAE MUY ABRUPTAMENTE A MEDIDA QUE TE ACERCAS A LA TIERRA, PERO CAMBIA MUCHO MÁS LENTAMENTE A MEDIDA QUE TE ACERCAS A MAYOR ALTITUD.

POR AHORA TE ESTARÁS PREGUNTANDO, ¿QUÉ TIENE QUE VER TODO ESTO CON LA "ATMÓSFERA ELÉCTRICA"? QUIERO DECIR, ES EL TÍTULO DE ESTE LIBRITO CÓMICO, DESPUÉS DE TODO...



¿TE ACUERDAS QUE EN EL ÚLTIMO LIBRITO* TE CONTÉ TODO ACERCA DE EL CINDI DE VERDAD, LOS INSTRUMENTOS VOLANDO EN EL SATÉLITE DE INVESTIGACIÓN C/NOFS?



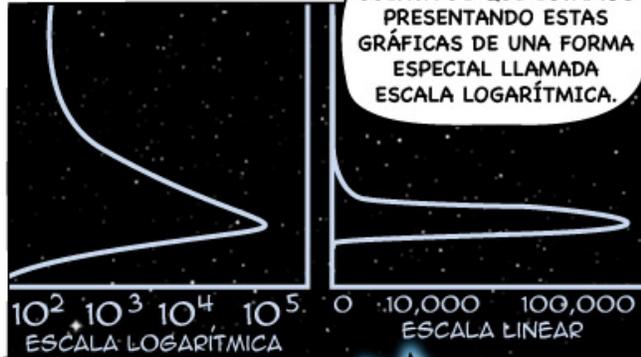
NOTA* EL LIBRITO CÓMICO DEL QUE TE HABLÉ EN LA PÁGINA 2. REALMENTE, DEBERÍAN LEERLO. ¡ES MUY BUENO!

CINDI ES EL CONJUNTO DE INSTRUMENTOS QUE MIDEN LAS PARTÍCULAS NEUTRAS Y CARGADAS EN LA REGIÓN DE LA ATMÓSFERA TERRESTRE AQUÍ EN EL ESPACIO LLAMADA LA IONÓSFERA.

RECUERDAS QUE LA ATMÓSFERA NUNCA REALMENTE SE "TERMINA", SÓLO SE VUELVE MENOS DENSA CUANDO SUBES DE ALTITUD. TODAVÍA HAY MOLÉCULAS DE AIRE Y ÁTOMOS HASTA DONDE LOS SATÉLITES ESTÁN EN ÓRBITA, PERO SÓLO HAY UNA TRILLIONÉSIMA DE ELLOS AQUÍ QUE ABAJO DONDE ESTÁS.



TE HABRÁS DADO CUENTA DE QUE ESTAMOS PRESENTANDO ESTAS GRÁFICAS DE UNA FORMA ESPECIAL LLAMADA ESCALA LOGARÍTMICA.



ESTO NOS PERMITE TRAZAR VALORES DE VARIOS ÓRDENES DE MAGNITUD O POTENCIAS DE DIEZ.



LA MAYORÍA DE LAS GRÁFICAS QUE VES NORMALMENTE PRESENTAN LOS VALORES DE FORMA LINEAL, PERO SI LOS TRAZAMOS DE FORMA LINEAL (IGUAL A LA GRÁFICA A LA DERECHA), SOLO OBSERVARÍAMOS LOS VALORES MÁS ALTOS Y NADA MÁS.



AQUÍ ARRIBA EN EL ESPACIO RECIBIMOS GRAN CANTIDAD DE LUZ ULTRAVIOLETA DEL SOL QUE NUNCA SE VE EN EL SUELO TERRESTRE. ¿POR QUÉ?

DEBIDO A QUE LA LUZ ULTRAVIOLETA QUE LLAMAMOS "LA LUZ ULTRAVIOLETA LEJANA" ES TAN PODEROSA QUE CUANDO UN SÓLO FOTÓN DE LA MISMA GOLPEA UN ÁTOMO (O MOLÉCULA) DE GAS AQUÍ ARRIBA...



...EL FOTÓN ES ABSORBIDO POR UNO DE LOS ELECTRONES DEL ÁTOMO (O MOLÉCULA) HACIENDO QUE EL ELECTRÓN SEA EXPULSADO. EL ELECTRÓN LIBRE TIENE UNA CARGA NEGATIVA Y EL ÁTOMO O MOLÉCULA DE SOBRA AHORA TIENE UNA CARGA NETA POSITIVA, Y SE LLAMA "IÓN".



ASÍ QUE AQUÍ EN EL ESPACIO Y EN LA ATMÓSFERA SUPERIOR, TENEMOS ESTA REGIÓN INVISIBLE DONDE HAY UN MONTÓN DE ELECTRONES LIBRES E IONES FLOTANDO ALREDEDOR. ESTOY EN MEDIO DE UN GAS ELECTRIFICADO, EN OTRAS PALABRAS, ¡UNA ATMÓSFERA ELÉCTRICA! Y ESTA PARTE DEL ESPACIO SE LLAMA IONÓSFERA.



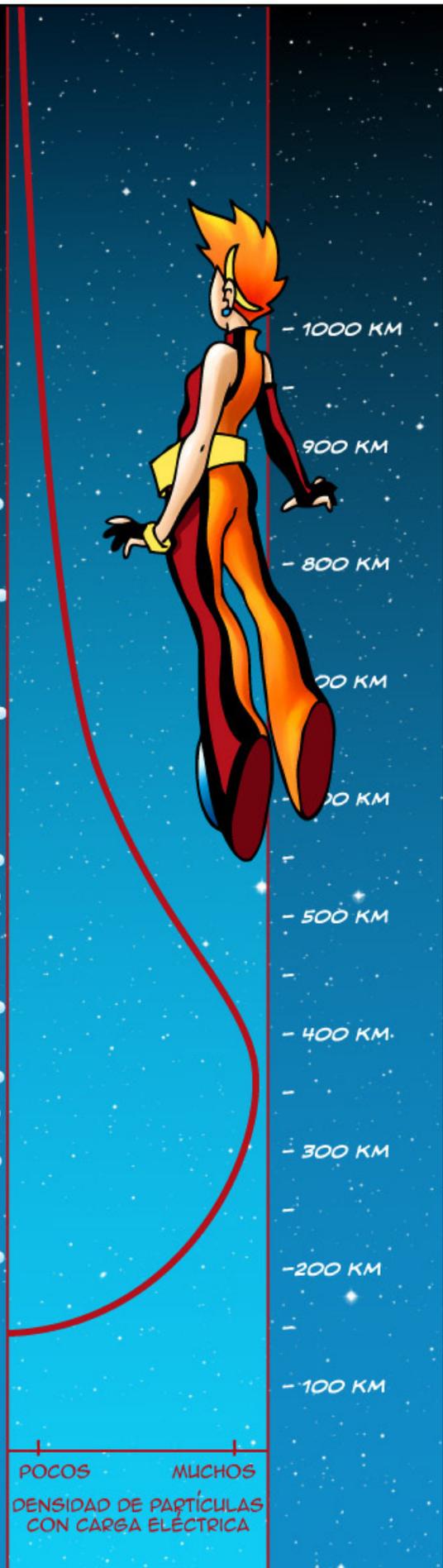
SÍ, ES EXACTAMENTE IGUAL QUE LOS PERROS ESPACIALES COMIENDO LAS GALLETAS MORADAS DE ENERGÍA QUE HACE QUE SUS COLAS SALGAN VOLANDO.

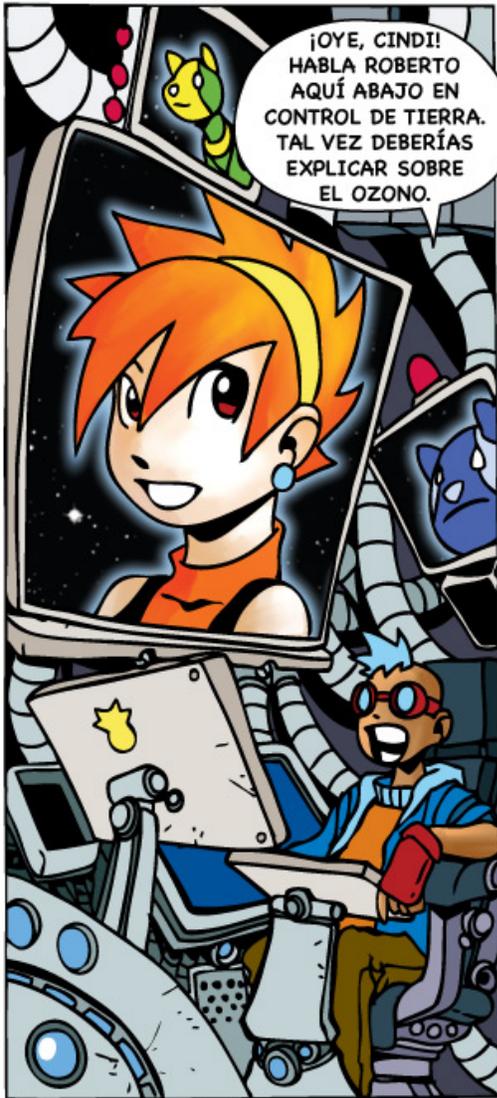


AL ACERCARNOS A LA TIERRA, LA DENSIDAD DE ÁTOMOS Y MOLÉCULAS AUMENTA MIENTRAS EL NÚMERO DE FOTONES DE LA ULTRAVIOLETA LEJANA DISMINUYE, CREANDO UNA DENSIDAD MÁXIMA DE PARTÍCULAS CARGADAS A UNA ALTURA DETERMINADA, AL IGUAL A LA DENSIDAD MÁXIMA DE PERROS ESPACIALES SIN COLA, COMO TE DIJE ANTES.

PARA LAS PARTÍCULAS CARGADAS, ESTE MÁXIMO VALOR SE PRODUCE ENTRE UNOS 250 Y 400 KILÓMETROS DE ALTITUD, Y SE LLAMA LA "CAPA-F".

ASÍ QUE LA IONÓSFERA ES LA PARTE DE LA ATMÓSFERA DESDE 80 KILÓMETROS A MÁS DE 1000 KILÓMETROS SOBRE LA TIERRA APROXIMADAMENTE.





¡OYE, CINDI!
HABLA ROBERTO
AQUÍ ABAJO EN
CONTROL DE TIERRA.
TAL VEZ DEBERÍAS
EXPLICAR SOBRE
EL OZONO.



¡GRACIAS,
ROBERTO! ME PASO
TANTO TIEMPO EN
EL ESPACIO QUE
SIGO OLVIDANDO
LAS COSAS MÁS
CERCANAS A LA
TIERRA.



AHORA ALGUNOS DE
USTEDES PUEDEN ESTAR
PENSANDO, "¡ESPERA! ¡PENSÉ
QUE EL OZONO EN LA ATMÓS-
FERA ES LO QUE NOS PROTEGE
DE LA LUZ ULTRAVIOLETA DEL
SOL!" BUENO, EN REALIDAD
AMBOS LO HACEN.

YA VES, LA ATMÓSFERA SUPERIOR DETIENE LA LUZ ULTRAVIOLETA LEJANA, PERO PERMITE EL PASO DE LA LUZ QUE LLAMAMOS "ULTRAVIOLETA CERCANA". LOS FOTONES DE LA "ULTRAVIOLETA CERCANA" TIENEN UNA LONGITUD DE ONDA MÁS LARGA, Y SON MENOS ENERGÉTICOS QUE LOS FOTONES DE LA "ULTRAVIOLETA LEJANA". NO TIENEN LA ENERGÍA SUFICIENTE PARA IONIZAR LOS ÁTOMOS Y LAS MOLÉCULAS EN LA IONÓSFERA. ASÍ QUE ÉSTOS SÓLO PASAN.



IONÓSFERA

PERO LA MAYOR PARTE DE LA CAPA DE OZONO SE ENCUENTRA EN LA ESTRATÓSFERA ENTRE LOS 15 Y 40 KILÓMETROS DE ALTURA, Y ÉSTA ABSORBE LA MAYOR PARTE DE LA LUZ ULTRAVIOLETA CERCANA ANTES DE QUE ALCANCE LA SUPERFICIE DE LA TIERRA. ASÍ, ENTRE LA IONÓSFERA Y LA CAPA DE OZONO, CASI TODA LA LUZ ULTRAVIOLETA ES DETENIDA ANTES DE QUE TE LLEGUE.



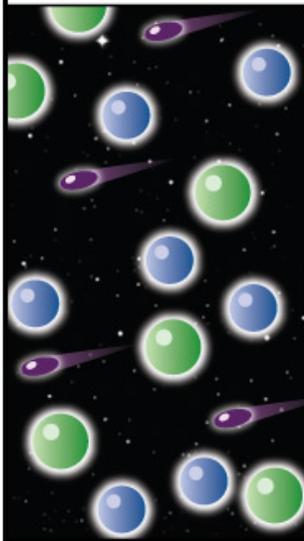
IONÓSFERA

CAPA DE OZONO

AHORA, LO QUE SOBRA ES MÁS QUE SUFICIENTE PARA DARTTE UNA QUEMADURA DE SOL SI ESTÁS AL AIRE LIBRE SIN PROTECCIÓN DURANTE DEMASIADO TIEMPO. ¡SÓLO PIENSA EN LA RAPIDEZ CON QUE SE PRODUCIRÍA UNA MUY MALA QUEMADURA DE SOL (¡Y PEOR!) SI NO TUVIÉRAMOS UNA IONÓSFERA Y UNA CAPA DE OZONO!



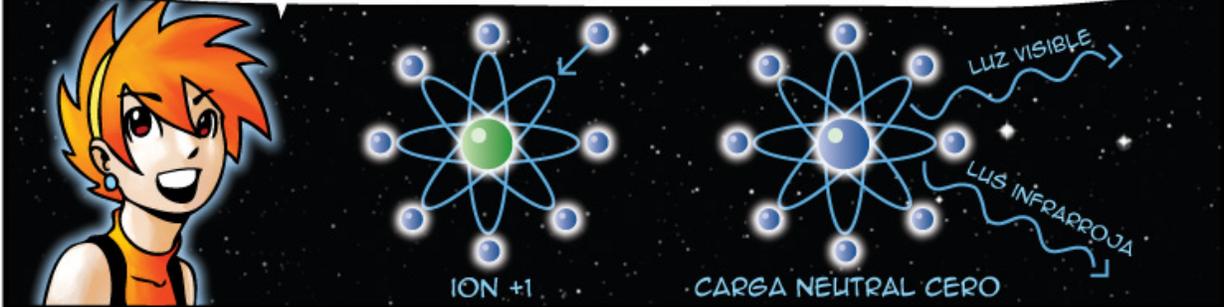
TE ESTARÁS PREGUNTANDO SI LOS FOTONES UV PUEDEN IONIZAR TODOS LOS ÁTOMOS Y PARTÍCULAS NEUTRAS EN LA IONÓSFERA. ¿ESTÁ TODA LA ATMÓSFERA ELECTRIFICADA AQUÍ?



NO, POR CADA IÓN EN LA IONÓSFERA, HAY 100 A 100,000 ÁTOMOS NEUTROS Y MOLÉCULAS QUE LO RODEAN. Y MIENTRAS LA LUZ DEL SOL ESTÁ FORMANDO MÁS IONES, ALGUNOS IONES SE ESTÁN VOLVIENDO PARTÍCULAS NEUTRAS.



CUANDO UN IÓN CHOCA CON UN ELECTRON LIBRE, A VECES LOS DOS SE RECOMBINAN Y EL IÓN SE VUELVE A CONVERTIR EN UNA PARTÍCULA NEUTRA. CUANDO ÉSTO OCURRE, EL ÁTOMO O MOLÉCULA LIBERA LA ENERGÍA QUE OBTUVO CUANDO FUE IONIZADO. PERO EN VEZ DE LIBERAR UN FOTÓN ULTRAVIOLETA, POR LO GENERAL LIBERA DOS O TRES FOTONES DE LUZ VISIBLE O DE LUZ INFRARROJA.



ENTONCES, EN EL LADO QUE ESTA DE DÍA, LA IONÓSFERA SE ACUMULA DE TAL MANERA QUE LAS DENSIDADES DE IONES SE ENCUENTRAN EN UN ESTADO MÁS O MENOS ESTABLE. PERO UNA VEZ QUE EL SOL SE PONE, YA NO SE CREAN MÁS IONES NUEVOS Y LOS EXISTENTES SE CONVIERTEN POCO A POCO EN PARTÍCULAS NEUTRAS. POR ESO, DURANTE LA NOCHE, LA DENSIDAD DE IONES EN LA IONÓSFERA PUEDE DISMINUIR POR UN FACTOR DE 10 A 100. LUEGO SALE EL SOL Y EL CICLO COMIENZA DE NUEVO.



ES POR ESO QUE PUSIMOS EN MARCHA LOS INSTRUMENTOS CINDI EN EL SATÉLITE C/NOFS*. ESTOS INSTRUMENTOS NOS DICEN LO QUE LA IONÓSFERA ESTÁ HACIENDO AL MEDIR LOS IONES Y LAS PARTÍCULAS NEUTRAS MIENTRAS EL SATÉLITE VUELA A TRAVÉS DE ELLOS EN SU ÓRBITA, ENTRE 400 Y 840 KILÓMETROS DE ALTITUD.





ENTONCES, ¿POR QUÉ NOS IMPORTA LO QUE LA IONÓSFERA ESTÁ HACIENDO? ¿POR QUE PONEMOS AQUÍ SATÉLITES PARA ESTUDIAR LOS IONES Y PARTÍCULAS NEUTRAS?



PORTE DE LA RAZÓN ES PURA CURIOSIDAD. QUEREMOS ENTENDER CÓMO FUNCIONA EL MUNDO QUE NOS RODEA. PERO PARTE DE ESTO ES QUE LA IONÓSFERA AFECTA A LA LUZ.



PERMÍTANME EXPLICARLES. CUANDO DICES "LUZ", LA MAYORÍA DE LA GENTE SOLO PIENSAN EN LA LUZ QUE VEMOS CON NUESTROS OJOS. A ESO LE LLAMAMOS "LUZ VISIBLE", PERO ESO ES SÓLO UNA PARTE DE LA LUZ, O LO QUE LOS CIENTÍFICOS LLAMAN EL "ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO". AQUÍ PUEDES VER LA GAMA COMPLETA DE TODA LA LUZ, ORDENADOS POR LONGITUDES DE ONDA.



AQUÍ EN EL CENTRO PUEDES VER LA LUZ VISIBLE, EL ESPECTRO O ARCO IRIS, TODO COMPRIMIDO, PASANDO DE LAS LONGITUDES DE ONDA MÁS CORTAS DEL VIOLETA A LAS LONGITUDES DE ONDA MÁS LARGA DEL COLOR ROJO.



POR AQUÍ TENEMOS LUZ CON LONGITUDES DE ONDA AÚN MÁS CORTA QUE EL VIOLETA. NO PODEMOS VER ESTA LUZ CON NUESTROS OJOS, PERO ESO ES LO QUE LLAMAMOS "LUZ ULTRAVIOLETA". LA LUZ ULTRAVIOLETA CERCANA TIENE LONGITUDES DE ONDA MÁS CORTA QUE LA LUZ VISIBLE DE COLOR VIOLETA, Y LA LUZ ULTRAVIOLETA LEJANA TIENE LONGITUDES DE ONDA ¡AÚN MÁS CORTA!



Y MIENTRAS MÁS CORTA ES LA LONGITUD DE ONDA DE LA LUZ, MÁS ENERGÍA TIENE. ES POR ESO QUE LA LUZ ULTRAVIOLETA LEJANA TIENE ENERGÍA SUFICIENTE PARA IONIZAR LOS ÁTOMOS DE LA ATMÓSFERA SUPERIOR, PERO LA LUZ ULTRAVIOLETA CERCANA NO LA TIENE.

SI NOS FIJAMOS EN LONGITUDES DE ONDA AÚN MÁS CORTA, NOS ENCONTRAMOS CON LOS RAYOS X Y CON LOS RAYOS GAMMA, QUE TIENEN AUN MÁS ENERGÍA. EL SOL EMITE UN POCO DE ESTA LUZ TAMBIÉN, PERO ESTOS RAYOS SE DETIENEN EN LA ATMÓSFERA SUPERIOR AL SER ABSORBIDOS POR LOS ÁTOMOS QUE SE IONIZAN.



RAYOS X RAYOS GAMMA

EN EL OTRO LADO DEL ESPECTRO DE LUZ VISIBLE, ENCONTRAMOS LA LUZ CON LONGITUDES DE ONDA MÁS LARGA QUE EL ROJO (Y MENOS ENERGÉTICO), LO QUE LLAMAMOS "LA LUZ INFRARROJA". Y MÁS ALLÁ DE ÉSTA, EXISTE LA LUZ DE LONGITUD DE ONDA QUE NOSOTROS LLAMAMOS "MICROONDAS" Y "ONDAS DE RADIO". LA LUZ VISIBLE TIENE UNA LONGITUD DE ONDA DE MÁS O MENOS UNA DIEZ MILÉSIMA DE CENTÍMETRO, MIENTRAS LAS ONDAS DE RADIO TIENEN LONGITUDES DE ONDA QUE MIDEN DE DECENAS DE CENTÍMETROS HASTA VARIOS KILÓMETROS.



ONDAS DE RADIO MICROONDAS LUZ INFRARROJA

PUES BIEN, LA IONÓSFERA AFECTA A LA LUZ, PERO SÓLO PARTE DE LA LUZ. LA LUZ VISIBLE VIAJA A TRAVÉS DE LA IONÓSFERA (POR ESO SE PUEDE VER EL SOL, LA LUNA, Y LAS ESTRELLAS). Y YA SABEMOS QUE TODOS LOS RAYOS X Y LA MAYOR PARTE DE LA LUZ ULTRAVIOLETA SON ABSORBIDOS. PERO LA LUZ DE ONDAS DE RADIO SE DOBLA E INCLUSO A VECES ES REFLEJADA POR LA IONÓSFERA.



SI EMITO UN RAYO LASER DESDE LA TIERRA AL ESPACIO, EL RAYO DE LUZ VISIBLE VA EN LINEA RECTA A TRAVÉS DE LA IONÓSFERA. PERO SI TRANSMITO UNA SEÑAL DE RADIO CON CIERTA LONGITUD DE ONDA HACIA EL ESPACIO, LA IONÓSFERA LO REFLEJA, IGUAL COMO UN ESPEJO REFLEJA LA LUZ VISIBLE.



ASÍ ES COMO LOS RADIOAFICIONADOS Y LOS OPERADORES DE RADIO DE ONDA CORTA PUEDEN ENVIAR SEÑALES DE RADIO DESDE UN LADO DEL MUNDO AL OTRO. SUS SEÑALES DE RADIO VAN EN ZIG-ZAG DE IDA Y VUELTA ENTRE LA IONÓSFERA Y LA SUPERFICIE TERRESTRE MIENTRAS DAN LA VUELTA AL MUNDO.



"ESTE ES EL BBC WORLD SERVICE EN LONDRES, UNA RADIODIFUSIÓN EN TODO EL MUNDO POR CORTESÍA DE LA IONÓSFERA DE LA TIERRA Y LAS LEYES DE LA FÍSICA..."





Y SI USO UNA LONGITUD DE ONDA DIFERENTE PARA LA ONDA DE RADIO, LA TRAYECTORIA DE LA ONDA SE DOBLA O SE "REFRACTA" A TRAVÉS DE LA IONÓSFERA, PERO LOGRA PASAR. ALGUNAS LONGITUDES DE ONDA DE RADIO NO SE VEN AFECTADAS EN ABSOLUTO POR LA IONÓSFERA, Y ESAS SON LAS LONGITUDES DE ONDA QUE USAMOS PARA LA COMUNICACIÓN CON LOS SATÉLITES Y LAS PERSONAS EN EL ESPACIO.

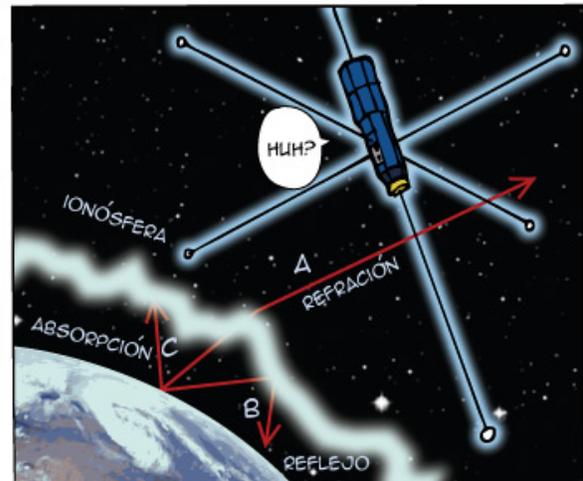


BUENO, ¿CÓMO PUEDO SABER CUALES LONGITUDES DE ONDA DE RADIO (O FRECUENCIAS*) DEBO UTILIZAR PARA ASEGURARME DE QUE LA SEÑAL DE RADIO PASE A TRAVÉS DE LA IONÓSFERA? PUES DEPENDE DE LA DENSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE LAS PARTÍCULAS CARGADAS EN LA IONÓSFERA POR DONDE PASA LA SEÑAL DE RADIO.

"FRECUENCIA SÓLO QUIERE DECIR EL NÚMERO DE LONGITUDES DE ONDA DE LUZ QUE PASAN EN UN SEGUNDO. FRECUENCIA MULTIPLICADA POR LA LONGITUD DE ONDA ES IGUAL A LA VELOCIDAD DE LA LUZ, POR ESO LA FRECUENCIA DE UNA ONDA DE LUZ ES INVERSAMENTE PROPORCIONAL A SU LONGITUD DE ONDA. O SEA QUE LA LUZ DE LONGITUD DE ONDA LARGA TIENE FRECUENCIAS BAJAS Y LA LUZ DE ONDA CORTA TIENE FRECUENCIAS ALTAS."



SI LA IONÓSFERA ESTÁ TRANQUILA Y LA DISTRIBUCIÓN DE LAS PARTÍCULAS CARGADAS ES UNIFORME (COMO LO ES LA MAYORÍA DEL TIEMPO), ENTONCES PODEMOS USAR LAS FRECUENCIAS NORMALES PARA HACER LO QUE QUEREMOS HACER.



PERO A VECES LA IONÓSFERA SE PERTUBA Y SI LLEGA A UNA CONDICIÓN LO SUFICIENTEMENTE MALA PUEDE INTERFERIR CON NUESTRAS COMUNICACIONES DE RADIO.

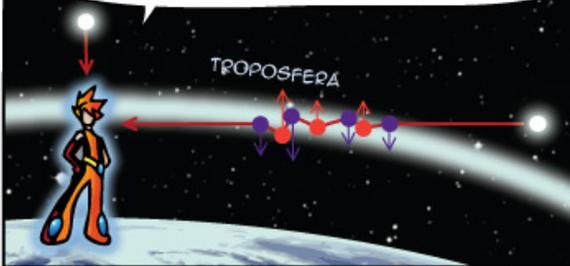


EL MAYOR PROBLEMA CON LA COMUNICACIÓN VÍA SATÉLITE ES CUANDO LA SEÑAL ES REFRACTADA O ABSORBIDA POR LA IONOSFERA DE FORMA INESPERADA, ARRUINANDO LA SEÑAL. ESTO SE LLAMA "CENTELLEO". EN REALIDAD TÚ HAS VISTO ANTES EL CENTELLEO DE LA LUZ VISIBLE. SE LLAMA "TITILEO".

SI SALES EN UNA NOCHE CLARA PARA MIRAR LAS ESTRELLAS, TE DARÁS CUENTA DE QUE ALGUNAS PARECEN ESTAR TITILANDO Y OTRAS NO. LAS ESTRELLAS EN LO ALTO BRILLAN EN FORMA MÁS CONSTANTE, PERO LAS MÁS CERCANAS AL HORIZONTE TIENDEN A CENTELLEAR. EN OTRAS PALABRAS, ESTAS ESTRELLAS CAMBIAN DE BRILLO Y PARECEN TEMBLAR EN EL CIELO EN VEZ DE PERMANECER EN UN SOLO LUGAR.



LA EXPLICACIÓN PARA EL CENTELLO DE LAS ESTRELLAS ES LA REFRACCIÓN DE LA LUZ DE LAS ESTRELLAS DEBIDO AL AIRE EN LA TROPÓSFERA*. MASAS DE AIRE CALIENTE SE ELEVAN DEL SUELO Y MASAS DE AIRE FRÍO SE HUNDEN DESDE LAS ALTAS ALTITUDES. AL PASAR A TRAVÉS DE ESTAS MASAS DE AIRE CALIENTE O FRÍO, LA LUZ VISIBLE SE REFRACTA. POR ESO, CUANDO MIRAS HACIA EL HORIZONTE, ESTÁS MIRANDO A TRAVÉS DE MUCHAS DE ESTAS MASAS, ES LO QUE HACE QUE LA LUZ DE LAS ESTRELLAS ESTÉ CENTELLEANDO O TITILANDO.



*LA TROPÓSFERA ES LA CAPA INFERIOR DE LA ATMÓSFERA DESDE EL SUELO TERRESTRE HASTA UNA ALTURA ENTRE 15 Y 20 KILÓMETROS, Y ES DONDE SE PRODUCE TODO EL CLIMA.

ENTONCES, ¿CÓMO SE APLICA ESTO A LA IONÓSFERA? RECUERDEN CÓMO LA PARTE INFERIOR DE LA IONÓSFERA TIENE UN FUERTE AUMENTO EN LA DENSIDAD DE PARTÍCULAS CARGADAS?



DENSIDAD DE IONES



A VECES, DURANTE LA NOCHE, BURBUJAS DE GAS CON UNA DENSIDAD BAJA DE PARTÍCULAS CARGADAS FORMAN EN EL BORDE INFERIOR DE LA IONÓSFERA, Y FLOTAN HACIA ARRIBA, MUY PARECIDO A LAS BURBUJAS EN UN REFRESCO DE SODA.



SI UN HAZ DE ONDAS DE RADIO PASA A TRAVÉS DE ESTAS BURBUJAS, LA DENSIDAD BAJA DE LAS PARTÍCULAS CARGADAS EN LAS BURBUJAS REFRACTARÁ LAS ONDAS DE RADIO, Y HACE CENTELLEAR LA SEÑAL DE RADIO. Y DEBIDO A QUE LA FORMACIÓN Y TAMAÑO DE ESTAS BURBUJAS TODAVÍA NO SE PUEDEN PREDECIR, ESTAS VARIACIONES EN LA SEÑAL DE RADIO SON IGUALMENTE IMPREDECIBLES.



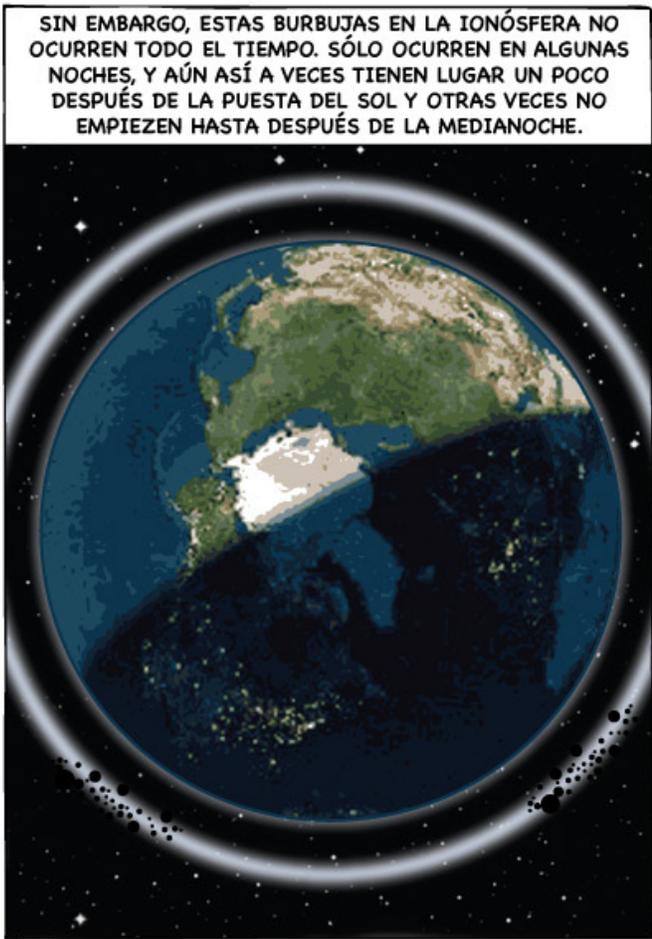
CONTINÚE POR 100 METROS EN EL CAMINO...

SI ESTÁS USANDO UN RECEPTOR GPS, ESTOS CENTELLEOS PUEDEN INTERFERIR CON LA SEÑAL DE SATELITE Y TE DARÁ ERRORES EN TU UBICACIÓN.



Y SI INTENTAS ENVIAR VIDEO O AUDIO CON UNA SEÑAL DE RADIO ENTRE UN SATÉLITE Y LA SUPERFICIE TERRESTRE, ESTOS CENTELLEOS CAUSAN "RUIDO" EN LA SEÑAL Y EMPEORA LA CALIDAD.

く^
\$&C\$
#&@&G
^&^&C
@#&\$



SIN EMBARGO, ESTAS BURBUJAS EN LA IONÓSFERA NO OCURREN TODO EL TIEMPO. SÓLO OCURREN EN ALGUNAS NOCHES, Y AÚN ASÍ A VECES TIENEN LUGAR UN POCO DESPUÉS DE LA PUESTA DEL SOL Y OTRAS VECES NO EMPIEZAN HASTA DESPUÉS DE LA MEDIANOCHE.



ES COMO EL TIEMPO, O EL CLIMA. DE HECHO, ES EL CLIMA. ES LO QUE LLAMAMOS "CLIMA ESPACIAL", PARA DESCRIBIR COMO LAS CONDICIONES DEL MEDIO AMBIENTE DEL PLASMA EN EL ESPACIO SIEMPRE ESTAN CAMBIANDO.

REVISTA Clima Espacial
VOLUMEN DE DISTURBIOS IONOSFÉRICOS

"VE A SPACEWEATHER.COM OR WWW.SWPC.NOAA.GOV PARA LA INFORMACION MÁS RECIENTE SOBRE EL CLIMA ESPACIAL."



POR ESTA RAZÓN LOS INSTRUMENTOS CINDI SE ENCUENTRAN EN EL SATÉLITE C/NOFS. QUEREMOS SABER QUÉ CAUSA ESTAS BURBUJAS. ¿SE PUEDE SABER QUÉ CONDICIONES ORIGINAN QUE SE FORMEN O NO? SI SE PUEDE, ENTONCES PODEMOS DAR A LOS OPERADORES DE SATÉLITE UN PRONÓSTICO O ADVERTENCIA QUE INDIQUE CUANDO DEBEN CAMBIAR SUS FRECUENCIAS DE COMUNICACIÓN, O SI NO PUEDEN HACER ESO, PUEDAN AL MENOS ADVERTIR A SUS USUARIOS TENER CUIDADO CON LOS ERRORES.



MUCHO MÁS ESTÁ OCURRIENDO EN LA IONÓSFERA QUE SÓLO ESTAS BURBUJAS. LA ESTAMOS ESTUDIANDO CONTINUAMENTE CON SATÉLITES, COHETES, RADARES, RAYOS LÁSER, Y CÁMARAS ESPECIALES EN LA SUPERFICIE TERRESTRE.

AL IGUAL QUE EL TIEMPO ALLÁ DÓNDE ESTÁS, EL CLIMA ESPACIAL EN LA IONÓSFERA ES MUY COMPLEJO, Y ¡SIEMPRE ESTAMOS APRENDIENDO COSAS NUEVAS TODO EL TIEMPO!



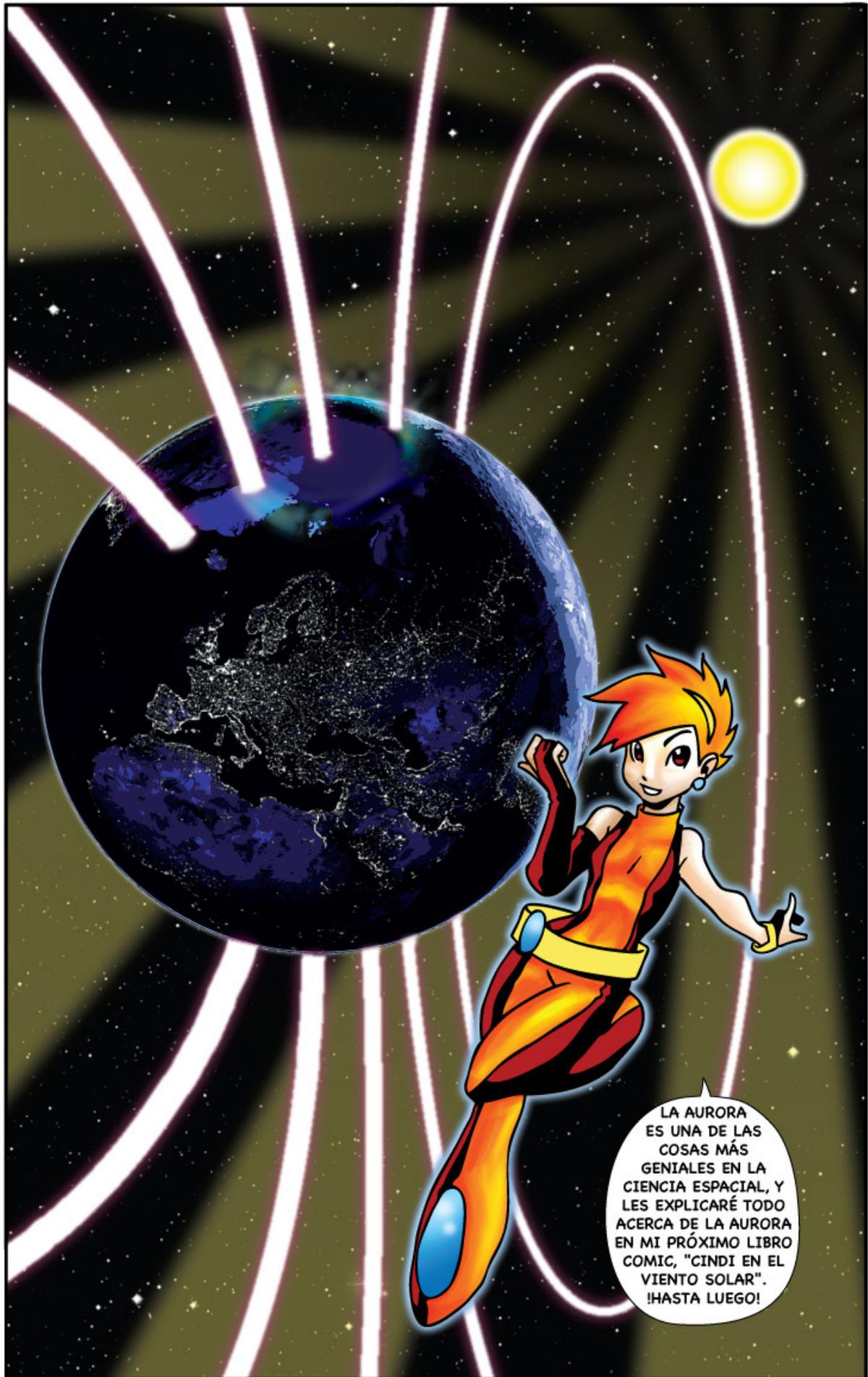
PERO QUIERO CORREGIR ALGO QUE DIJE ANTES. HE DICHO QUE LA IONÓSFERA ES INVISIBLE A SIMPLE VISTA. ESO ES CIERTO EN LA MAYOR PARTE DE LA TIERRA.

PERO EN LAS REGIONES POLARES, CERCA DE LOS POLOS MAGNÉTICOS NORTE Y SUR DE LA TIERRA, HAY LUGARES DONDE LAS PARTÍCULAS DEL ESPACIO FLUYEN HACIA ABAJO Y CHOCAN CON LOS IONES Y PARTÍCULAS NEUTRAS EN LA IONÓSFERA. Y CUANDO ESTO SUCEDE, LOS IONES Y PARTÍCULAS NEUTRAS EMPIEZAN A BRILLAR, AL IGUAL QUE EL GAS EN UN LETRERO DE NEÓN.



¡Y ESTE
RESPLANDOR EN
LA IONÓSFERA
ES LO QUE
LLAMAMOS LA
"AURORA", LAS
LUCES BOREALES
Y AUSTRALES!





LA AURORA
ES UNA DE LAS
COSAS MÁS
GENIALES EN LA
CIENCIA ESPACIAL, Y
LES EXPLICARÉ TODO
ACERCA DE LA AURORA
EN MI PRÓXIMO LIBRO
COMIC, "CINDI EN EL
VIENTO SOLAR".
¡HASTA LUEGO!

¿QUIERES APRENDER MÁS ACERCA DE LA IONÓSFERA DE LA TIERRA, LA MISIÓN CINDI, EL SATÉLITE C/NOFS, Y HASTA SACAR UNA COPIA DE ÉSTE LIBRITO Y DE MI PRIMER LIBRITO "CINDI EN EL ESPACIO"? BUENO, PÁSATE A NUESTRO "WEBSITE" FANTÁSTICO:

[HTTP://CINDISPACE.UTDALLAS.EDU/EDUCATION/](http://CINDISPACE.UTDALLAS.EDU/EDUCATION/)

TENEMOS MÁS INFORMACIÓN ALLÍ SOBRE LA MISIÓN CINDI, PROYECTOS ESCOLARES, VIDEOS DE CIENCIA ESPACIAL Y LA MISIÓN CINDI, Y ¡HASTA DATA ACTUAL DE CINDI! ¡VENGAN A VER LAS ÚLTIMAS NOTICIAS DE CINDI!

A CONTINUACIÓN HAY UNA LISTA DE TODOS QUE COLABORARON EN PRODUCIR ESTE FOLLETO:

PERSONAJE DE CINDI CREADO Y DESARROLLADO POR:

DR. MARY URQUHART
AND DR. MARC HAIRSTON

GUIÓN Y PLAN: DR. MARC HAIRSTON
SUPERVISIÓN DE CONTENIDO

EDUCATIVO: DR. MARY URQUHART
ARTE ESTUPENDO, MAQUETACIÓN
FANTÁSTICA, DISEÑO ASOMBROSO,
Y CALIGRAFÍA IMPECABLE: ERIK LEVOLD

DIRECTOR ULTRAGRANDEÍSIMO Y
ANIMADOR PRINCIPAL: DR. MARC HAIRSTON

AGRADECIMIENTO ESPECIAL A
DR. GREG EARLE DE LA UNIVERSITY
OF TEXAS AT DALLAS Y A

DR. FRENCHY LUNNING DE
MINNEAPOLIS COLLEGE OF ART AND DESIGN.

TRADUCIDO POR REBECCA HAIRSTON

Y REVISADO POR

FRANK MORALES,

DR. EDGARDO PACHECO,

R. MENDOZA, F. ABREGO,

C. CHARA

Y G. VILLAMIL.

NINGÚN PROTÓN,
ELECTRÓN, NI ONDA
ELECTROMAGNÉTICA
FUE MALTRATADO EN
LA CREACIÓN DE ESTE
PANFLETO.

ESTE LIBRO FUE PRODUCIDO CON FONDOS
DE NASA Y EL PROGRAMA DE EDUCACIÓN Y
CONTACTO PÚBLICO DE LA CINDI SMALL
EXPLORER MISSION (CONTRATO NASA
NA55-01068).

ESTÁ PERMITIDO SACAR Y REDISTRIBUIR
COPIAS DE ESTE LIBRO LIBREMENTE
SOLAMENTE SI TODOS LOS MÉRITOS
QUEDAN ADJUNTOS. PARA SOLICITAR MÁS
INFORMACIÓN, FAVOR DE PONERSE EN
CONTACTO POR CORREO ELECTRÓNICO EN:
HAIRSTON@UTDALLAS.EDU Y
URQUHART@UTDALLAS.EDU.

©2010 THE UNIVERSITY OF TEXAS AT DALLAS



LEVOLD 19