

“LA TIERRA Y SUS SATÉLITES”

José Luíz Martínez Climent,

Subdirector General de Coordinación y de Planes,
Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial, (INTA).

Antes de comenzar, quiero dar las gracias a la Real Sociedad Económica de Amigos del País por brindarme la oportunidad de dirigirme a todos ustedes tratando temas espaciales; también a la Organización Local de uno de los eventos más importantes que ocurrirán en Valencia este año -y que conste que hay muchos- que es la quincuagésimo séptima edición del Congreso Internacional de Astronáutica. Este Congreso no se celebraba en nuestro país desde hacía cuarenta años. Quiero subrayar el extraordinario entusiasmo y espíritu de trabajo del Comité Organizador Local, bajo la dirección del Profesor D. Víctor Reglero y la Secretaria General Dña. Esther Enjuto, y de todos los demás miembros que lo componen, con un entusiasmo que personalmente he podido comprobar y que además ha sido reconocido por todos los miembros del Congreso Internacional, tanto en su edición de Canadá como en la del Japón. Finalmente, también quiero agradecerles a todos ustedes el tiempo que van a dedicarme.

Para poder contemplar la imagen de la Tierra desde el exterior, la humanidad ha tenido que evolucionar durante ciento sesenta mil años y admirar toda su belleza.

La Tierra es nuestro hogar, es el tercer planeta interior y el más bonito del Sistema Solar, el único que por ahora sepamos alberga vida, y su hermoso tono azul lo debe a la existencia de gran cantidad de agua en su superficie, requisito necesario para que se desarrolle la vida, y que absorbe las radiaciones rojas de la luz solar y refleja las azules.

El planeta Tierra es nuestro hogar, donde hemos nacido y al que estamos adaptados. Sin embargo es para nosotros un lugar casi desconocido: somos capaces de llegar a la heliopausa, extremo exterior del Sistema Solar y de otras proezas como las que actualmente se están consiguiendo y en cambio de la Tierra permanecen muchas incógnitas sin resolver. Es más, conforme avanzamos en el conocimiento de ella nos vemos desbordados por nuestra ignorancia.

El hombre vive aceptando con naturalidad el entorno en el que nos desenvolvemos, creyéndose el centro estático del universo. Gran error. Ya cuatrocientos años antes de Cristo los astrónomos dedujeron que no lo era, aunque después retornara otra vez la teoría anterior. Con el tiempo hemos podido comprender que no solamente no somos el centro, sino que somos insignificantes, en el extremo de uno de los cinco brazos de una galaxia minúscula, la Vía Láctea.

Estamos habituados a nuestro entorno en la Tierra y lo aceptamos con naturalidad como si no estuviéramos sometidos a los tremendos esfuerzos y energías que genera, “la energía telúrica” que comprende todas las energías gravitatorias, térmicas, radioactivas, eléctricas, magnéticas, químicas, etc..., que se producen en el interior de nuestro planeta y que nos afectan, y por los giros a los que está sometido, aunque nos hemos adaptado perfectamente a ello.

Ya desde antiguo eran conocidos los movimientos de la Tierra cuyo eje de rotación está ahora inclinado $23^{\circ} 30'$ y que completa una revolución en aproximadamente veinticuatro horas. Además de esta inclinación del eje de rotación, éste está sometido a otros movimientos. El principal se denomina de Precesión, conocido desde hace dos mil quinientos años, por el cual el eje de la Tierra describe un cono de revolución de veintitrés grados de ángulo, que completa un giro cada veintiséis mil años. Es como el movimiento de una peonza. Así, para nosotros por ejemplo, la Estrella Polar -que no es una estrella como creíamos, sino tres-, dentro de trece mil años no servirá como referencia para señalar el Polo Norte geográfico, porque el eje terrestre estará apuntando al otro lado del cono de revolución, es decir, en un punto distante en la esfera celeste veintitrés grados.

Otro movimiento del eje de giro de la Tierra es el de Nutación, o nutación de Bradley, por el cual el eje de la Tierra, además del movimiento de precesión, describe otro cono de revolución de nueve con dos segundos, $9,2''$, en un ciclo de dieciocho con seis años.

Aparte de estos movimientos del eje de rotación de la Tierra, los principales, existen otros de amplitud menor con períodos anuales, semianuales e incluso de menor duración.

Nuestro planeta se comporta como un cuerpo rígido, aunque no lo es completamente, y los movimientos descritos anteriormente experimentan perturbaciones que nos afectan. Su medición exacta permite a los científicos deducir indirectamente información sobre el interior del planeta.

Como es natural, la inclinación del eje de la Tierra es el que produce la sucesión de las estaciones anuales. Además, esos movimientos también están sometidos a la influencia de la situación del Sol y la Luna, los dos astros que más nos influyen, particularmente la Luna, que nos

proporciona estabilidad e introduce una serie de movimientos por la ley de la gravedad.

Estos movimientos pueden ser medidos con precisión gracias al sistema de localización global mediante satélites, unido al “sistema de interferometría de base grande” que mide a través de dos antenas situadas a grandes distancias las diferencias entre los tiempos de recepción de señales de radiofrecuencias, de una misma fuente situada en el exterior de nuestra galaxia, así como la telemetría láser-Luna, desde que las misiones Apollo instalaron reflectores láser en nuestro satélite, y nos permiten medir el tiempo invertido por impulso láser en ir y volver de la Luna.

Además el eje de rotación de la Tierra, como anteriormente se cita, tiene una inclinación de veintitrés grados y medio. Pero esa inclinación del eje de giro de nuestro planeta con respecto al plano que la Tierra describe en su giro alrededor del Sol, la Eclíptica, tampoco es fijo, va variando entre un máximo de veinticuatro y medio grados, $24^{\circ}5'$, y un mínimo de veintidós con uno grados, $22^{\circ}1'$ cada cuarenta mil años. Si observamos estos datos nos daremos cuenta de que estamos a mitad del recorrido del desplazamiento del eje de giro y eso tiene una influencia muy directa en la climatología.

Así mismo, la Eclíptica, una elipse que tiene actualmente una excentricidad de 0,017, tampoco permanece constante pudiendo llegara ser de 0,060 de excentricidad como máximo en un período de 93.000 años. Esto significa que la diferencia de la distancia de la Tierra al Sol, desde el afelio menos el perihelio (distancia máxima menos la mínima), varíe de los cinco millones de Km actuales a veinte millones de Km lo que significa la variación sustancial de la energía que llega a nuestro planeta. Es decir, que los inviernos en nuestro hemisferio serán más suaves y los veranos más fríos.

En el último millón de años se han producido ocho glaciaciones, la última ocurrió hace dieciocho mil años y terminó hace diez mil. La temperatura media de la Tierra era de ocho grados menos, el nivel del mar estaba por debajo del actual unos cien metros y todo el norte de Europa estaba cubierto por una espesa capa de hielo.

Los estudios geológicos de la litosfera de la Tierra, la cubierta sólida de nuestro planeta, su piel, son suficientes para darnos a conocer su composición de rocas cristalinas de baja densidad, cuarzo y feldespatos, siendo de distinto espesor el fondo de los océanos y la corteza continental así como su época de formación. Los fondos oceánicos varían de cinco a ocho kilómetros de espesor y unos doscientos millones de años de edad, frente a la corteza continental que va desde los diez a los setenta kilómetros de espesor. El 71% de la corteza terrestre está ocupa-

da por agua y su volumen no es más que el 0,5% de la masa total de la Tierra.

La corteza terrestre es plástica y permanece en continuo movimiento, lo que produce su agrietamiento, dividida en seis grandes placas tectónicas sometidas a tremendas tensiones y esfuerzos producidos por el manto terrestre. Este movimiento es medido por satélites y nos permiten predecir catástrofes como los volcanes y terremotos. La placa que afecta a España se mueve a una velocidad de tres centímetros anuales, desplazándose hacia el Este. Cuando una placa tectónica choca con otra se impone la más ligera sobre la más pesada, creando montañas, mientras que la que se sumerge se derrite en las profundidades. Cuando el rozamiento se produce por desplazamiento lateral se producen los rozamientos: crean grandes tensiones en su desplazamiento y finalmente causan los terremotos.

Por debajo de la litosfera se encuentra el “manto terrestre” que se extiende desde los cien Km de la superficie a unos 2.900 Km de profundidad. Representa el 67% de la masa total de la Tierra y su temperatura aumenta drásticamente desde los cuatrocientos grados centígrados hasta unos dos mil setecientos grados en lo más profundo. Debido a las altas temperaturas y a su composición, silicatos en su mayor parte, su estado es viscoso; sobre él flota la litosfera.

El núcleo se extiende desde los dos mil novecientos kilómetros hasta el centro de la Tierra, a seis mil trescientos setenta y un kilómetros. Su temperatura alcanza los 4.500° centígrados y soporta tres y medio millones de atmósferas de presión en el mismo centro. Su masa es el 32,5 de la masa total de la Tierra y está compuesto por hierro, níquel, silicio y algún otro elemento. El núcleo rueda más deprisa que la Tierra, como si fuera el origen de los movimientos del resto de las restantes capas, generando con ese movimiento energías electromagnéticas. El núcleo no ocupa exactamente el centro de nuestro planeta, porque sufre pequeños desplazamientos producidos por la acción gravitacional de la Luna y el Sol, y esto es lo que produce los extraños movimientos mencionados en los ejes de la Tierra.

La Tierra recibe del Sol mil trescientos sesenta vatios, de potencia por metro cuadrado cada día. Esta cantidad de energía es enorme, teniendo en cuenta que estamos a 150 millones de kilómetros. A la superficie de la Tierra sólo le llega el 50%, que por la noche se disipa en forma de calor a la atmósfera. Si esto no fuera así, la Tierra sería inhabitable.

La atmósfera tiene un espesor de 120 kilómetros y contiene el 99,9% de todos los gases incluido el anhídrido carbónico, que supone el 0,3% del total, vital para la vida. Si ese anhídrido carbónico aumenta, y las

actividades fabriles de la humanidad lo están haciendo, la climatología de la Tierra se verá afectada. Por ejemplo, si la cantidad de anhídrido carbónico que contiene la atmósfera aumentara al doble, la temperatura de la Tierra aumentaría en tres grados centígrados, suficientes para derretir la mayor parte de los hielos de nuestro planeta. La media de la temperatura terrestre sería de dieciséis grados centígrados, entraríamos en un período de sequía. Los océanos, los mares y toda las aguas superficiales de la Tierra son capaces de mantener la temperatura de la misma, ya que tienen una capacidad mil doscientas veces superior a la de la atmósfera para absorber este calentamiento diario.

Las aguas superficiales ocupan el 71% de toda la litosfera y equivalen a quinientos veinticuatro millones de kilómetros cúbicos, es decir, un 0,15% del volumen de la Tierra.

Como dato curioso, al año se evaporan 128 mil kilómetros cúbicos de agua que revierten otra vez a la Tierra. Trescientos veinte mil kilómetros de agua de esos quinientos veinticuatro millones cúbicos están bajo la superficie de los continentes y sólo cuarenta y ocho mil kilómetros cúbicos están sobre la superficie. Precisamente estos últimos son los que nos afectan.

Los mares no son sólo un emporio de vida sino, además, un almacén de todos los tipos de minerales que buscamos perforando la Tierra. Contiene cuatro mil millones de toneladas métricas de uranio, trescientos millones de toneladas métricas de plata, cuatro millones de toneladas métricas de oro, y así un largo etc. Estas cifras nos muestran lo de espaldas que vivimos al mar, lo que nos queda todavía por descubrir.

Valgan estos datos previos como introducción para conocer un poco la situación en la que nos hemos movido durante todo el tiempo de la historia hasta la llegada de los satélites, hasta hace cincuenta años, no pudimos medir con detalle, profundizar en la resolución de los problemas que envolvían a la Tierra y que aún no hemos dominado, sobre todo, en lo referente a la atmósfera. Lo mismo podemos decir de los movimientos tectónicos de las placas, cuya medición sólo ha sido posible gracias a los satélites.

Todo empezó el año cincuenta y siete. Gracias a la situación mundial de enfrentamiento entre los dos bloques, la carrera espacial propició el inicio de la carrera espacial. En el año 1957 se lanzaron el Sputnik I y II, este último con una pasajera, la perra Laika.

La perra Laika quedó flotando en el espacio durante varios días viva, hasta que con el tiempo y el rozamiento con la atmósfera cayó de nuevo a la superficie de la Tierra. Los restantes satélites Sputnik, el V, VII y IX, llevaban también animales que fueron recuperados, con el fin de ir experimentando la oportunidad de enviar hombres al espacio que

empezaron a moverse con cápsulas muy estrechas e incómodas de sólo dos metros y medio de diámetro.

El proyecto Géminis ya transportaba dos astronautas, y fue el ensayo previo para el proyecto Apolo. En particular el Géminis 7, (diciembre de 1965), logró permanecer en órbita hasta trece días, record que tardó cinco años en ser superado por la Unión Soviética con el Soyuz 9, (junio de 1970), que permaneció en el espacio durante dieciocho días. La experiencia de la convivencia en espacios tan reducidos llegó a ser un problema. El comandante del Apolo 7, Walter Schirra, que estuvo once días en órbita, comentó a este respecto “ Estábamos en el cuarto día cuando comprendí que once días son una eternidad... Estaba como si fuera un prisionero... Cuando llegamos al 15 de octubre, casi la mitad, sentí con verdadera angustia que todavía nos quedaban seis días”.

Era agobiante, según sus propias declaraciones. Contaban los astronautas que al cuarto día de una misión de once días de permanencia, el tiempo ya les parecía eterno.

No obstante, todo estaba previsto hasta alcanzar los doce/quince días de duración en órbita, que era el tiempo previsto para el viaje a nuestro satélite, el proyecto Apolo. Éste fue un proyecto surgido claramente como una demostración de la supremacía americana en el dominio del espacio y particularmente en la posesión de un cohete como el Saturno V, capaz de lanzar al exterior pesos tan elevados como fueron las sondas Apolo, tripuladas por dos y tres personas.

Pero el récord de permanencia la habían conseguido anteriormente los rusos, con dieciocho días, hasta que llegó el Skylab.

El Skylab supuso un hito por su capacidad. Su volumen de trescientos cincuenta y un metros cúbicos permitían moverse con cierta comodidad en su interior. Con el Skylab se realizaron misiones muy prolongadas, tuvo tres tripulaciones, lo visitaron varios transbordadores espaciales.

Posteriormente, los rusos construyeron la MIR, toda una epopeya teniendo en cuenta sus ciento veinticuatro toneladas de peso. Fue lanzada en el año ochenta y seis, tenía previsto una duración de cinco años pero resistió hasta el año 2001. Tuvo diversas averías, algunas de ellas graves, pero fue capaz de mantener 28 tripulaciones. Contabilizó ochenta y nueve mil vueltas, diez vuelos de transbordador y siete astronautas de Estados Unidos. Con la MIR empezaron a trabajar conjuntamente los Estados Unidos con la Unión Soviética.

Uno de los mayores logros en la carrera espacial fue el lanzamiento del telescopio Hubble a seiscientos kilómetros de órbita. Lanzado en 1990, ha sido objeto de polémica ya que las previsiones iniciales decían que ya debía haber sido destruido, bajado de su órbita y hundido en

el océano, pero el clamor científico a favor de su permanencia debido a los grandes descubrimientos realizados gracias a él y el progreso que ha supuesto para la astronomía, ha conseguido que sea reparado en diversas ocasiones, y con gran costo, para mantenerlo en órbita, a pesar de que ya están orbitando otros telescopios en otras gamas de frecuencias.

El mayor éxito se logró con el lanzamiento del primer módulo, el módulo de control Zarya, en noviembre de 1998, de la Estación Espacial Internacional, la ISS, que tiene seis laboratorios. Con una masa total de cuatrocientas toneladas constituye la estructura más grande y compleja que nunca se ha puesto en órbita, teniendo en cuenta el coste que tiene el enviar al espacio cualquier carga, ya que un solo kilo supone un gasto de 18.000 \$. La ISS está situada en una órbita baja, entre 350 y 450 km de altura, con una inclinación de $51^{\circ}6'$ con respecto al Ecuador.

La ISS ha sido construida por los EEUU, Rusia, Japón, Canadá, Brasil y once naciones europeas agrupadas en la Agencia Europea del Espacio.

La vida de los astronautas en el espacio no es fácil. Aparecen reacciones y comportamientos en los astronautas que no se manifiestan en la convivencia en la Tierra. Con el tiempo se ha aprendido a prescindir de personas con afán de notoriedad, personas que les gusta y quieren ser admiradas, seleccionándose en cambio gente eficiente, callada y templada. A pesar de todo, no han podido evitarse situaciones tensas. Las alteraciones de carácter al cabo de un cierto tiempo en el espacio se han comprobado repetidamente, creando situaciones incómodas.

La humanidad aún no es consciente de las consecuencias indirectas de la carrera espacial: "la basura espacial". La existencia de los restos de todos los satélites, lanzadores y demás objetos que con más de diez centímetros flotan en las órbitas bajas, medias y altas, durante tiempos imprecedentes, miles y aún millones de años. Hasta los dos mil kilómetros de altura, los objetos contabilizados, seguidos y controlados, superan los nueve mil. De menor tamaño, superan el medio millón teniendo en cuenta que una colisión de satélites ya abandonados, ocurridos ya en varias ocasiones, generan cerca de cuatrocientos mil residuos, de los cuales algunos de ellos caen por el rozamiento con la atmósfera, pero otros se distribuyen flotando en la misma o distinta órbita.

Hasta el presente no se ha encontrado ninguna solución para los objetos que orbitan alrededor de la Tierra, siendo necesario tomar precauciones para evitarlos, tanto en los lanzamientos como en los descensos.

Actualmente y para evitar la generación de más residuos orbitales que constituyen un grave problema, sobre el que se han publicado

diversos trabajos y se han celebrado varios congresos internacionales, se han adoptado acuerdos que desgraciadamente no son vinculantes y sólo son recomendaciones que aunque necesarias, al encarecer el coste de los lanzamientos, no son siempre cumplidos, incluso por los países firmantes.

Teniendo en cuenta que estos objetos, sean del tamaño que sean, se desplazan a velocidades superiores a 28.000km/h, un posible impacto con ellos equivale a una explosión de doce veces su peso en dinamita.

Ante este hecho, es necesario tomar precauciones no sólo para los lanzamientos y la determinación de órbitas de los nuevos satélites, sino también para los paseos espaciales de los astronautas, que de alguna forma deben protegerse de la posibilidad remota de un impacto.

Desde el 14 de diciembre de 1972, el hombre no ha regresado a la Luna. Los astronautas E. A. Cernan y H.H. Schmitt fueron los últimos hombres en pisar nuestro satélite.

Las misiones Apollo fueron diseñadas para colocar al hombre en la Luna. Y así tras el fervor y expectación que levantó el Apollo 11, que fue el primer viaje tripulado, el interés público, tan necesario para los políticos que aprueban los presupuestos, fue decayendo drásticamente, lo que influyó decididamente en el fin de estas expediciones

La Luna es nuestro único satélite natural. Su influencia en los seres vivos de la Tierra es grande por su tamaño y por la proximidad con que gira a nuestro alrededor. Con el fin de recordar algunos datos:

Diámetro.....	3.476 Km.
Distancia a la Tierra.....	384.400 Km.
Volumen	% de la Tierra.
Duración del mes sidéreo	27 días, 7 h. y 11''.
Duración del mes sinódico	29 días 12 h. y 44''.
Duración del día lunar	Igual al mes lunar.
Rango de temperaturas.....	+92° C./-169° C.
Gravedad de la Luna	1'62m/seg. = 16'5% de la Tierra.
Velocidad de escape	8.543 Km./h.

Se sabe claramente cuáles son sus características. La Luna sufre tres mil lunamotos al año, algunos del grado cinco, aunque nunca llegan a ser catastróficos, porque es un astro muerto, casi sin actividad geológica excepto el impacto de meteoros que al no tener atmósfera que la proteja, son espectaculares.

Así mismo, su magnetosfera es muy pequeña, una milésima comparada con la que tiene la Tierra, con lo cual tampoco tiene escudo que la proteja de las radiaciones solares.

La Luna está cubierta de polvo que permanece en el suelo al no tener atmósfera. No obstante, cualquier actividad que se realice en su superficie arrastra este polvo hasta hacerlo muy incomodo porque penetra en todos los rincones.

Existen en su superficie relieves de mucha altura comparadas con su tamaño. Por ejemplo, el monte HADLEY tiene 4.500 mts. de altura.

La influencia de la Luna en la Tierra es conocida por su efecto en las mareas, que además lentifican la rotación de la Tierra en microsegundos cada día; en largos periodos de tiempo, millones de años, nuestro planeta tendrá los días más largos.

He aquí alguna de las frases que dijeron los astronautas al contemplar la Tierra desde el espacio exterior:

Astronauta Stuart A. Roosa, Apolo 14 desde la Luna en 1971: "LO QUE IMPRESIONA ES LA MISERABLE PEQUEÑEZ DE LA TIERRA"

Astronauta Alan B. Shepard, Apolo 14 desde la Luna en 1971: "Si antes del vuelo, alguien me hubiese preguntado: ¿Vas a emocionarte al mirar la Tierra desde la Luna?, hubiese respondido: no, imposible. pero cuando miré por primera vez la tierra desde la superficie de la luna, me eche a llorar."

Quedo a su entera disposición para responder a las preguntas que deseen formular. Muchas gracias a todos por su atención.

