

el CORREO de la UNESCO



ENTREVISTA A
HUBERT REEVES

ENERO 1993

EXPLORANDO EL ESPACIO

**De la
Tierra
al
infinito**



13 JAN 1993

22 FRANCS FRANÇAISES - ESPAÑA: 500 PTS. IVA INCL. - MÉXICO: US\$ 5,30

M 1205 - 9301 - 22.00 F



Amigos lectores, para esta sección **CONFLUENCIAS**, enviennos una fotografía o una reproducción de una pintura, una escultura o un conjunto arquitectónico que representen a sus ojos un cruzamiento o mestizaje creador entre varias culturas, o bien dos obras de distinto origen cultural en las que perciban un parecido o una relación sorprendente. Remítannoslas junto con un comentario de dos o tres líneas firmado. Cada mes publicaremos en una página entera una de esas contribuciones enviadas por los lectores.

LA SEGUNDA INVASIÓN DE LOS MARCIANOS

1989, de Anatoli Smolich

Una invasión puede ser, como en este caso, benéfica... Pese a su innegable aspecto de objeto volador no identificado, esta extraña criatura que desciende del planeta rojo parece mirar la atormentada Tierra con asombro, casi con tristeza. Un homenaje a H. G. Wells. y, so pretexto de un encuentro de tercer tipo, un pintor ruso aboga con cierto humorismo por un mundo de paz.



responde a las preguntas de Bahgat Elnadi y Adel Rifaat



9 EXPLORANDO EL ESPACIO De la Tierra al infinito

- 10 La era de los satélites**
por Nigel Henbest
- 15 UNA EXPERIENCIA INDIA**
La teledetección para el desarrollo
por Kiran Karnik
- 18 Marte: fantasía y realidad**
por Francis Leary
- 22 De cara al infinito**
por Nicolai Rukavishnikov
- 34 El océano desde el cielo**
por Ian S. Robinson
- 37 Bilko, profesor de los mares**
- 38 ¿Dónde diablos están ahora?**
por Norman Longdon
- 41 El basurero celeste**
por Howard Brabyn

Nuestra portada:
El satélite *Ulyses*, poco después de abandonar el transbordador *Discovery*, emprende un viaje de observación de los polos solares, que fue el primero de ese tipo (1990).

Portada posterior:
la esfera de Matrimandir, el alma de la ciudad de Auroville (India), cuyo exterior está cubierto de discos dorados. Su construcción, iniciada hace veinte años, está a punto de concluir.

44 LA UNESCO EN ACCIÓN
Noticias breves...
¿Lo sabía usted?

46 Auroville, laboratorio de una nueva humanidad
por Lotfallah Soliman

50 LOS LECTORES NOS ESCRIBEN

Consultores especiales:
Georges Dupont
y Robert Missotten

25

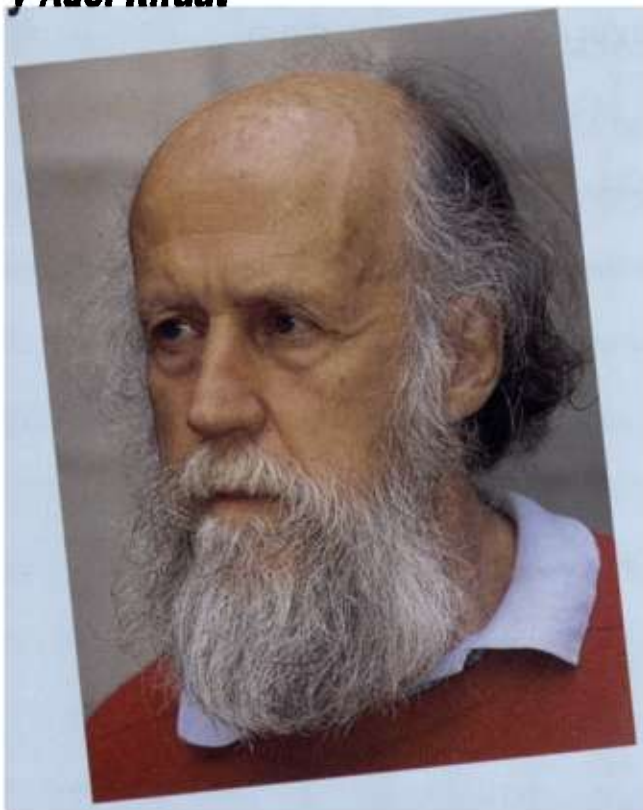
Area verde

45

La crónica de Federico Mayor

HUBERT REEVES

responde a las preguntas
de Bahgat Elnadi y Adel Rifaat



Hubert Reeves es actualmente director de investigaciones del Centro Nacional de Investigaciones Científicas de Francia (CNRS). Este astrofísico nacido en Montreal ha sabido poner la ciencia de las estrellas al alcance de todos en algunos libros que han encontrado un vasto público.* En esta entrevista exclusiva recapitula los conocimientos actuales sobre el Universo, sin olvidar algunos de los problemas urgentes que agitan nuestro planeta.

* Mencionemos entre sus obras traducidas al español *Paciencia en el azul del cielo* (Barcelona, Gránica, 1982), *El sentido del Universo* (Buenos Aires, Emecé, 1989), y *Mallicorne* (Barcelona, Emecé, 1992).

■ *No es frecuente que un científico sea también un vulgarizador, y en su caso, además, un poeta...*

— Muy pronto advertí que había algo en la astronomía que interesaba a mucha gente. Todo comenzó con mis hijos, en los lugares de veraneo donde nos reuníamos a menudo en grupo y donde cada cual tendía naturalmente a hablar del tema que conocía. Por las noches, bajo un hermoso cielo despejado, me ponía a hablar de las estrellas. Y pasando de las estrellas a los planetas, del nacimiento del universo a la vida en la Tierra, ¿cómo no procurar compartir con mis oyentes el deslumbramiento permanente que la odisea cósmica me inspira?

Para mi sorpresa, mi manera de narrar, que mezclaba la reflexión científica con la inspiración poética, encontraba un auditorio cada vez más numeroso y atento. Así nació la idea de escribir un primer libro, *Paciencia en el azul*

del cielo, que estuvo a punto de ser el último, pues los editores a los que envié el manuscrito no reaccionaron como mi público de veraneantes. Una treintena de editoriales me respondieron, en sustancia, que los problemas de astronomía no interesaban a nadie.

Finalmente, la editorial francesa Seuil aceptó correr el riesgo de publicar una tirada de tres mil ejemplares, dándome a entender que de ninguna manera esperaban que se agotara. *Paciencia en el azul del cielo* acaba de superar el medio millón de ejemplares. Para mí, como para el editor, fue una verdadera revelación: había pues un público y un público vastísimo interesado en esas cuestiones y deseoso de que se le hablara de ellas con una información rigurosa pero sin perder el candor de la mirada poética.

■ *¿No hay en ese entusiasmo algo que, más allá de lo poético, roza el misterio de la creación, y en definitiva lo religioso?*

— Sin duda hay algo de eso. Hoy en día surgen interrogantes y expectativas que rebasan ampliamente la cuestión del “¿cómo funciona?” El mero saber ya no basta. Cada vez es mayor el número de personas que se preguntan por el sentido último del universo, esperando pese a todo conciliar nuestros conocimientos actuales con la paz de nuestras conciencias.

En el siglo pasado y hasta mediados del presente prevaleció la tendencia a confiar en la ciencia para resolverlo todo. Con la última guerra, y en particular con la amenaza del holocausto nuclear, se comenzó a dudar, a vivir en un clima de inseguridad, a temer el futuro. La ciencia había logrado resolver graves problemas, pero creado otros, y cierta manera de utilizar los progresos científicos había engendrado terribles amenazas. Ello significaba que la ciencia no era, por sí misma, exclusivamente benéfica, que era necesario vigilar su evolución y sus aplicaciones y recurrir a otras luces para orientarse en la existencia, sin perder de vista por ello los grandes puntos de referencia del conocimiento científico. De ahí, a mi juicio, ese enorme interés por la astronomía, que parece acercarse cada vez más a las fuentes del gran misterio de la existencia, a esas zonas donde se diría que la metafísica aflora detrás de la física.

■ *Es tan cierto lo que usted dice que un día, hace ya unos años, nos encontramos con un amigo que estaba muy triste porque acababa de leer que se ponía en duda la teoría del big bang. Sin la certeza científica del big bang se sentía desamparado, despojado de una idea muy tranquilizadora que reconciliaba la ciencia con el Génesis.*

— Sí, en efecto, eso es lo que a veces está en juego. Pero yo no llego hasta ...

■ *Usted se pregunta más bien qué parte corresponde a la necesidad y qué parte al azar en la evolución del universo...*

— Así es. Hasta el siglo XIX, en líneas generales, la física tuvo un punto de vista muy determinista: todo se encadenaba, las mismas causas producían siempre los mismos efectos, y una ley de hierro regía la evolución. Más tarde, a partir de Darwin, el azar irrumpió de manera estruendosa en el pensamiento científico: las nociones de adaptación, mutación, supervivencia del más apto, introdujeron la dimensión de lo aleatorio y abrieron la puerta a formidables debates.

Hoy se tiende a pensar que la necesidad y el azar son indisolubles, que actúan una a través del otro y viceversa. No es posible transgredir las leyes físicas, por ejemplo, pero éstas actúan en un cierto campo de determinación; más allá de ese campo, dejan de actuar. Paralelamente en el universo se producen acontecimientos, es decir hechos nuevos, imprevisibles, que se explican por una conjunción inédita de factores. Prefiero en este caso hablar de juego, y no de azar: la compleja trabazón de las leyes deja necesariamente margen al juego. Dicho de otro modo, y sin pretender ser ingenioso, en la naturaleza lo aleatorio es necesario. Ello ha quedado demostrado desde hace tiempo en la física cuántica con las relaciones de indeterminación de Heisenberg y acaba de probarse recientemente, a escala más general, con las teorías del caos determinista.

Tomemos un ejemplo sencillo: hoy día viven en la Tierra cinco mil millones de seres humanos, todos sometidos a las mismas leyes físicas —y, sin embargo, todos diferentes. El hecho de que cada cual tenga su personalidad, su historia y su propio destino demuestra a las

claras que las leyes de la naturaleza por apremiantes que sean dejan un amplio margen al juego, a lo imprevisible, es decir, en definitiva, a la libertad.

Otro ejemplo es el de los cristales de hielo. Obsérvelos con el microscopio: todos tienen infaltablemente seis puntas. Es la ley: si no tienen seis puntas, no son cristales de hielo. Pero siga observándolos: allí comienza lo fascinante, con sus seis puntas todos son diferentes. Se han hecho libros muy hermosos sólo con imágenes de cristales de hielo. Su belleza reside precisamente en que presentan una estructura idéntica, modulada hasta el infinito. La naturaleza manifiesta por los hombres, como por los cristales de hielo o las mariposas, una doble preocupación: por un lado, organiza, impone leyes, instauro un orden; por otro, rompe la mortal monotonía del orden introduciendo fallas, dejando espacio a la incertidumbre, a la indeterminación, en resumen, a la diversidad.

■ *¿Quiere decir que la evolución actual podría haber sido diferente de lo que es en realidad?*

— Sin duda alguna. Podría haberlo sido, pero sólo hasta cierto punto. Es en el margen de lo aleatorio donde se sitúa esa posibilidad. Pero la necesidad determina algunas grandes líneas de esa evolución. Por ejemplo, dada la existencia de una galaxia, hay una línea de evolución que conduce a la creación de estrellas. Esta es la parte que corresponde al determinismo. Pero no es posible prever el nacimiento de esa estrella determinada, única, que es el Sol. El Sol podría no haber existido. Eso es lo aleatorio.

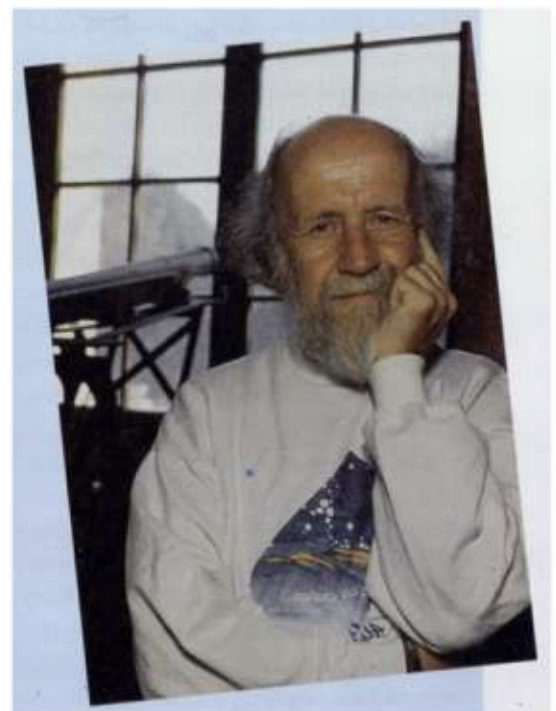
Del mismo modo la Tierra, con sus características particulares, podría no haber existido. Pero dada su existencia, y las condiciones de su nacimiento, habría sido posible predecir la aparición de la vida en ella, pero de ninguna manera qué formas de vida en particular, o si los elefantes más bien que los canguros. Asimismo una vez que aparece la especie humana hubiera sido posible prever —o al menos esperar— que los seres humanos continuarían existiendo hasta el día de hoy. Pero, ¿quién hubiera sido capaz de prever el nacimiento de nosotros tres aquí presentes, nuestro encuentro, en este lugar y este día? Nadie, evidentemente.

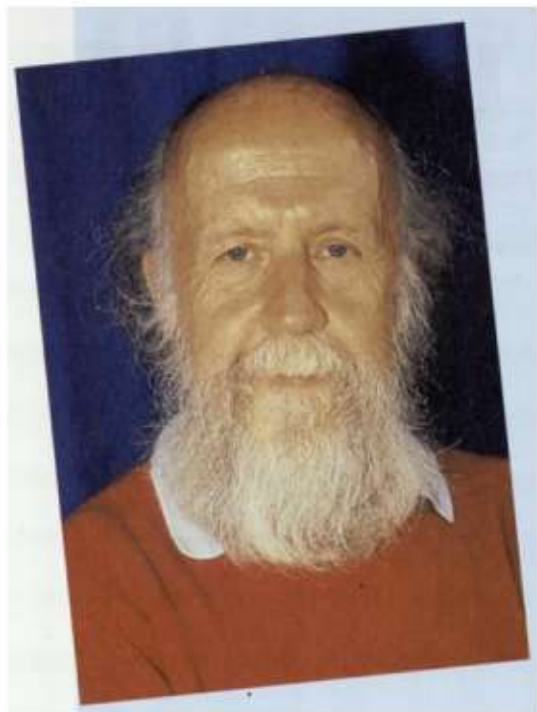
■ *No cabe duda de que nadie podía preverlo, ¿pero ello se debe a la insuficiencia de nuestro sistema de conocimientos y de nuestro material técnico, a nuestra incapacidad de dominar el conjunto de datos que entran en juego? ¿O se trata de una imposibilidad objetiva, de una resistencia intrínseca de lo real, porque lo real incluye lo imprevisible?*

— Lo real incluye lo imprevisible, lo aleatorio. Es el fundamento mismo de las teorías del caos.

■ *¿Se trata de una extensión del principio de indeterminación?*

— El principio de indeterminación atañe a lo infinitamente pequeño. Y, precisamente, cuando se estableció ese principio y fue definitivamente admitido por la comunidad científica se afirmó durante mucho tiempo que operaba sólo a escala atómica. A gran escala, podíamos estar tranquilos, contábamos con leyes de una solidez a toda prueba. Pero, ¡cataplum!, se advirtió que incluso la órbita de los planetas, en ciertas condiciones, podía ser caótica. Por ejemplo, uno de los satélites de Júpiter describe una órbita tan extraña que nada permite prever tres días antes qué rumbo va a seguir. Es algo pasmoso, pero es así. Aunque uno disponga de todos los datos posibles e imaginables sobre su





trayectoria anterior y recurra a una batería de computadoras, no podrá prever, hoy, la orientación que ese satélite tomará dentro de tres días, y no por falta de instrumentos adecuados, sino sencillamente porque, por decirlo así, él mismo no lo sabe.

La teoría del caos pone entonces punto final a un determinismo simplista que ha dominado durante siglos no sólo el pensamiento científico sino también el filosófico. En ese sentido esta teoría da el espaldarazo a la idea de libertad. Hasta hace poco se nos decía: “¡Ah, hijos míos, tenéis la impresión de elegir, pero no es más que una ilusión óptica, todo está decidido por adelantado!” Ahora no, incluso la física demuestra lo contrario. Es posible clamar con total lucidez: ¡viva la libertad!

■ *Ahora que nos ha tranquilizado con respecto a la libertad de que disponemos, hablemos de esa figura, que entre necesidad y caos, define la lógica misma de la evolución, esa figura que usted llama pirámide de la complejidad.*

— Empleo la imagen de la pirámide por analogía con el lenguaje escrito. El lenguaje escrito procede según una lógica piramidal: utiliza varias letras para formar una palabra, varias palabras para formar una frase, y varias frases para formar un párrafo, y así hasta llegar al libro. Va de lo sencillo a lo complejo, de lo numeroso a lo singular.

La evolución funciona de la misma manera. Crea la partícula, después a partir de varias partículas, forma un núcleo atómico, y así sucesivamente; un átomo, una molécula, una estrella, un planeta, una célula, un organismo. El big bang sería la explosión primera que ha engendrado las letras del alfabeto cósmico. A partir de ahí, es posible datar cada piso de la pirámide de la complejidad desde hace 15.000 millones de años.

■ *Como se ha hablado mucho recientemente de los 15.000 millones de años pasados, sería tal vez más interesante preguntarle por los futuros 15.000 millones... O, más seriamente, ¿qué previsiones es posible hacer hoy por hoy?*

— Dos grandes tesis se enfrentan al respecto. Se sabe que desde su nacimiento el universo tiende a enfriarse y por consiguiente a diluirse, a expandirse. Las galaxias se van alejando unas de otras. Este proceso va a continuar todavía por largo tiempo, digamos unos 40.000 millones de años. Todo el mundo está de acuerdo en ese punto. Las divergencias aparecen frente a lo que puede pasar después. ¿El universo seguirá enfriándose y expandiéndose, o va a iniciar una especie de cuenta hacia atrás, y empezar a calentarse, y las galaxias a acercarse unas de otras? Para zanjar este formidable dilema tendríamos que contar con numerosos datos que, hoy por hoy, no se conocen bien. Disponemos sin embargo de un conjunto de pruebas que hacen pensar que la temperatura del universo continuará disminuyendo. Pero se trata de un conjunto de pruebas frágil, es decir no concluyente. Cabe defender la tesis contraria...

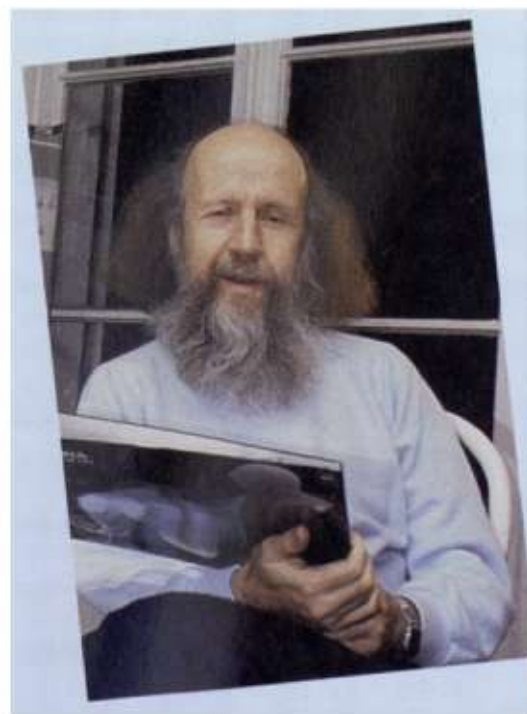
■ *¿Y la tesis del equilibrio térmico?*

— Es una tesis que influyó poderosamente en el pensamiento científico durante la primera mitad de nuestro siglo y que hoy en día, felizmente, ha sido superada. La tesis se basa en los descubrimientos de la termodinámica. Podría resumirse en la siguiente imagen: cuando usted coloca un cubito de hielo en su vaso de whisky, ¿qué pasa? Espera un poco, el hielo se funde y el whisky se enfría. Al comienzo de la operación había temperaturas muy distintas, al final sólo hay una: las dos temperaturas se han equi-

librado. Se estimó que ese fenómeno era una ley de la naturaleza y se la aplicó a la evolución cósmica. Lo que se pensó, dicho en pocas palabras, es que al principio hay cuerpos cálidos — las estrellas— y cuerpos fríos — los planetas. Conclusión: con el tiempo las diferencias de temperatura van a disminuir y ulteriormente a anularse. Ahora bien, cuando todo está a la misma temperatura, nada puede producirse. Es lo que se ha llamado la muerte térmica. A fines del siglo pasado se pronosticaba que el universo se dirigía ineluctablemente hacia el equilibrio térmico — es decir hacia la muerte.

Cabe imaginar las reacciones que un convencimiento semejante pudo desencadenar, incluso fuera de los círculos científicos. William James sostuvo esencialmente que no había ninguna razón para pensar en el futuro y esforzarse por mejorar las cosas, ya que necesariamente se desembocaría en la nada. Levi-Strauss expresó la misma idea, insistiendo en el hecho de que cuanto más se agitaba uno mayor era la fatiga, más grave era el desorden y, en definitiva, la entropía. En resumen, nuestros propios esfuerzos sólo podían acelerar la muerte térmica.

■ *Pero tranquilícenos más. ¿Se ha encontrado una forma de evitar esa muerte térmica?*



— Sí. A escala de las galaxias y de las estrellas no se produce esa tendencia al equilibrio térmico. Lo que se observa en realidad es lo contrario: en el curso de los últimos 15.000 millones de años, la evolución ha ido acompañada de un aumento de las diferencias de temperatura. Al comienzo, en los primeros instantes del big bang el universo era isotermo. Luego, paulatinamente, fueron surgiendo diferencias de temperatura. Si es que cabe hablar de muerte térmica, es algo que sólo pudo producirse en el pasado, pero que no ocurrirá jamás en el futuro.

■ *¿Y cómo entender que haya podido ocurrirse en un error semejante?*

— Se ignoraba la importancia de la gravedad. Uno de los efectos de la fuerza de gravedad es aumentar las diferencias de temperatura, pero de ningún modo puede disminuirlas. En el vaso de whisky la fuerza de gravedad es ínfima, por lo que es posible ignorarla. Pero a escala de las galaxias la situación es distinta. Como es lógico, eso cambia todo. Y en el plano filosófico, por ejemplo, permite nuevamente una visión de esperanza, una visión de futuro en la que el esfuerzo tiene sentido, y que justifica plenamente la lucha por un mundo mejor.

■ *En esta visión de futuro, ¿qué papel desempeña la evolución natural? ¿Va a detenerse de repente la pirámide de la complejidad? ¿Y, si no, la especie humana, en dos o tres millones de años, va a dejar paso a su vez a algo mucho más complejo, más perfeccionado?*

— He ahí una hipótesis que no es posible descartar a priori. El ritmo de los cambios está en constante aceleración. Las primeras células aparecieron hace unos 4.000 millones de años; los primeros organismos hace 500 millones de años. El cerebro humano, por su parte, tiene menos de dos millones de años. Ha aumentado, en ese lapso de dos millones de años, de 500 gramos a 1.400 gramos. Partiendo de ahí, ¿hacia dónde vamos? La situación puede seguir evolucionando, ¿pero hacia qué? No se sabe nada; nos encontramos en la oscuridad total.

■ *¿Puede descartarse la idea de que, en otros dos millones de años, como su cerebro va a*

seguir desarrollándose, los seres humanos se transformen en cerebros ambulantes?

— Salvo que el cerebro necesita un cuerpo que cumpla toda una serie de funciones vitales. Pero en fin, éste es un terreno propicio para dar rienda suelta a la imaginación.

■ *Dejemos entonces el futuro lejano en manos de nuestros descendientes y formulemos la pregunta: en cien o doscientos años, es decir mañana, ¿el planeta será aun habitable para los seres humanos?*

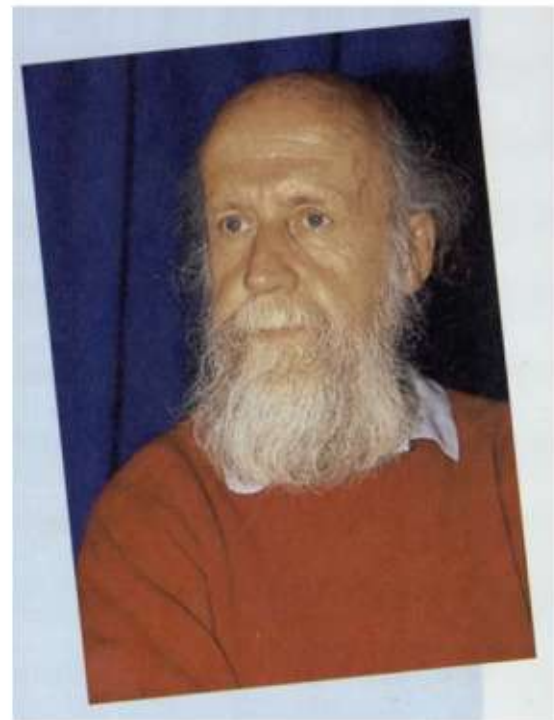
— Hay algunas amenazas inminentes de las que el mundo empieza a tomar conciencia. *El Correo de la Unesco* les ha dedicado, el año pasado, numerosos artículos. Los llamados problemas del medio ambiente, la presión demográfica...

■ *¿Comparte usted la opinión de algunos científicos, para quienes el crecimiento continuo de la población mundial constituye hoy día la primera de las amenazas?*

— Esa situación entraña un gran peligro. Pero a mi juicio no es el gran peligro. Me explico. ¿De dónde proviene la amenaza más grave? Del gas carbónico que se devuelve a la atmósfera. ¿Quién es el principal responsable de esta calamidad? De ninguna manera la población del Tercer Mundo, pese a que cuantitativamente es más numerosa, sino la población de algunos de los países más ricos y más industrializados del mundo. Más del 80 % del gas carbónico de la atmósfera procede del 10 % de la humanidad. En ese sentido, menos que el factor numérico, el principal elemento de riesgo es una triste realidad sociopolítica: la extraordinaria desigualdad en la repartición de las riquezas en el mundo.

■ *¿En qué medida una mejor repartición contrarrestaría el peligro que supone el gas carbónico?*

— Hoy en día somos 5.000 millones; en 2050 seremos 12.000 o tal vez 15.000 millones. Hay que saber si será posible garantizar a esos 15.000 millones un nivel de vida adecuado, compatible además con los grandes equilibrios ecológicos y, por así decirlo, con la salud del planeta. Este nivel de vida adecuado será evidentemente muy superior al que existe hoy en



el Tercer Mundo pero también será, necesariamente, inferior al que disfrutaban los países más ricos en la actualidad. Nosotros, los habitantes del Norte, tendremos que dejar de despilfarrar tanta energía, deberemos habituarnos a una vida más frugal.

Supongamos que, de ese modo, la repartición de las riquezas se reequilibre. Los seres humanos habrán sentado las bases de una solidaridad y de una justicia que los reconcilien entre sí. Pero, ¿habrán sentado también las bases de un acuerdo que reconcilie a la humanidad con la biosfera? Es evidente que eso no puede darse por descontado. Una repartición más justa de las riquezas constituye un paso previo, un requisito indispensable, pero no una condición suficiente. Para lograr ese acuerdo se necesitará una formidable movilización de competencias, de talentos, de energías a escala mundial. Habrá que dedicarle gran parte de los recursos de la ciencia y de la tecnología. En comparación con esta movilización, la que hubo que crear en los años cuarenta para producir la bomba atómica, o en los años sesenta para ir a la Luna, parecen un juego de niños. Será, en el siglo venidero, el principal problema de la humanidad. Y esa es la razón por la cual ésta debe resolver urgentemente los conflictos políticos, económicos, étnicos que aun la dividen, para dejar de dilapidar las fuerzas y de consumir las energías que tanto precisa en el frente de la lucha por la supervivencia general.

■ *¿A su juicio, se trata entonces realmente de un problema de supervivencia?*

— ¿Si seguimos produciendo calor, como hacemos hoy día en los países industrializados, para nuestras industrias, nuestros coches, nuestro confort doméstico, etc... qué pasará? Lanzaremos a la atmósfera cada vez más gas carbónico. Y ese gas, a su vez, seguirá elevando la temperatura terrestre. Hasta que esa temperatura termine por llegar al umbral fatal —el que no permite la reproducción de la vida. Sí, se trata sin duda de una lucha por nuestra supervivencia.

■ *¿Piensa usted que con ese fin será necesario fortalecer las instancias internacionales?*

— Es evidente que se necesitarán instancias internacionales con más poderes que las existentes en la actualidad. Será indispensable que, de uno u otro modo, los intereses generales de la humanidad tengan donde expresarse, que se les tome en consideración y que en definitiva se impongan por encima de los egoísmos individuales. Si ello no se logra será imposible resolver los problemas de que estamos hablando. Por suerte, está empezando a surgir una cierta conciencia de esta necesidad. Pero hay que evitar también los peligros de una especie de gobierno mundial, de un poder sin contrapeso que pronto se tornaría temible. Hay que encontrar un equilibrio. Por desgracia, todavía no se me ha ocurrido cómo lograrlo.

■ *¿Qué le vamos a hacer! Una última pregunta, entonces, que nos lleva muy lejos, pero muy lejos, de nuestros insignificantes problemas terrestres. Volvamos a la pirámide de la complejidad. Hemos visto ya que, a partir de las primeras partículas, se ha llegado finalmente al cerebro humano. Eso ha ocurrido en la Tierra, planeta que reúne ciertas características, situado a una determinada distancia del Sol, etc. Esta configuración particular, que permitió la aparición de la vida y después de la conciencia, ¿no es posible encontrarla también en otras galaxias? ¿No es lógico, no es acaso probable que en los miles de millones de*

galaxias existentes haya —o haya habido— otras civilizaciones?

— Lo primero que cabe responder es que no lo sabemos. No hemos recibido ningún mensaje, no tenemos ni la menor prueba. Pero ello no impide la especulación. Y lo cierto es hay diversas razones para considerar verosímil la existencia de numerosas civilizaciones extraterrestres.

¿Por qué? Porque, en términos de probabilidad, es muy posible que las condiciones que permitieron la aparición de la vida y de la especie humana en la Tierra se reproduzcan —o se hayan reproducido hace tiempo— en otros lugares. ¿Cuáles son esas condiciones? La existencia de un planeta, de una esfera, cuya temperatura no sea ni demasiado alta ni demasiado baja —para permitir la existencia de agua líquida. Se estima que el agua líquida es esencial. Ahora bien, si hace demasiado calor el agua se evapora —como en Venus o Mercurio— y si hace demasiado frío se congela —como en Marte. Sólo la Tierra está situada a la distancia adecuada del Sol: su temperatura se encuentra pues en un nivel que permite a la vez la existencia de agua líquida y de gas. He ahí lo que se necesita, al parecer, para que se desarrolle la vida. Pues bien, ello no tiene nada de excepcional.

Entre los 100.000 millones de estrellas de nuestra galaxia solamente —sin hablar de las demás— debe de haber 2.000 millones semejantes al Sol. Y si, como es de suponer, están rodeadas de planetas, seguramente hay millones y hasta cientos de millones donde las condiciones son semejantes a las de la Tierra. Conclusión: es posible que sean numerosos, incluso muy numerosos, los planetas habitados donde la vida se encuentre, en el momento actual, en etapas muy diferentes. Tratándose de los planetas más recientes, tal vez en ellos haya algo similar a las algas azules que poblaban nuestro océano primitivo, o a los dinosaurios que vivieron entre nosotros hace unos 200 millones de años. En cuanto a los planetas más viejos que el nuestro, es posible que hayan alcanzado niveles de evolución superiores a los de la Tierra. Ello nos permite también dar rienda suelta a la imaginación. Y por qué no a la poesía. ■

el espacio: de la Tierra al infinito

¿Y si el hombre hubiera aprendido a mantenerse erguido mirando las estrellas? Por irreal que parezca esta hipótesis, tal vez no sea totalmente disparatada si se piensa en la fascinación que la bóveda celeste ha ejercido desde siempre sobre la humanidad.

Desde tiempos inmemoriales, para explicar la naturaleza y el origen del universo, los hombres han observado las estrellas. La mayoría de los fenómenos naturales que les afectaban parecían provenir del cielo. El viento, la lluvia y la nieve, el trueno, el relámpago y la tempestad que amenazaban sus vidas, el sol que maduraba los frutos de la tierra o que, por el contrario, secaba los suelos y devastaba las cosechas, eran, a sus ojos, manifestaciones de fuerzas superiores, inexplicables, unas veces benéficas, otras nefastas. Estas fuerzas han hecho que el hombre, para compensar su relativa carencia instintiva, desarrollara lo que parece ser su principal característica: la curiosidad.

Gracias a esa búsqueda incansable del conocimiento a lo largo de los siglos, estamos hoy en mejores condiciones de comprender el Universo. El 23 de abril de 1991 el satélite *COBE* (*Cosmic Background Explorer*) de la NASA, la agencia espacial norteamericana, confirmó la teoría del big bang al descubrir las ondulaciones de la radiación producida por esa explosión inicial.

Para elaborar la teoría del big bang los astrónomos tuvieron que recurrir a los físicos de las partículas. Ahora bien, los primeros tratan de comprender la estructura del Universo y piensan en años luz;¹ los segundos estudian los componentes elementales de la materia y trabajan con distancias infinitesimales.² Las primeras fracciones de segundo del nacimiento del Universo se han convertido así en el punto de confluencia de lo infinitamente grande y de lo infinitamente pequeño. Ejemplo excepcional del funcionamiento del espíritu humano que en todos los ámbitos tiende a vincular lo particular y lo universal.

Otra manifestación de ese principio se encuentra en la aventura espacial. Los satélites que, por centenares, giran hoy alrededor de nuestro planeta nos brindan un cúmulo de informaciones sobre innumerables fenómenos, de las corrientes oceánicas a los movimientos de la superficie marina, de la prospección agrícola a la deforestación, de los recursos hídricos a los yacimientos mineros. Disponemos, por primera vez, de una visión sinóptica del mundo en que vivimos.

Pero el saber permite tanto construir como destruir, ayudar a los hombres o alienarlos, proteger la naturaleza o devastarla. Durante mucho tiempo se pensó que el espacio estaba a salvo de tal dialéctica, pues era demasiado vasto para que la actividad humana pudiera afectarlo en cualquier aspecto. Hoy empezamos a advertir nuestro error.

Desde el lanzamiento del primer *Sputnik* en 1957, se ha puesto en órbita, como término medio, un nuevo satélite cada dos o tres días —en su mayoría satélites de comunicación. Hemos entrado así casi sin advertirlo en la "era de la comunicación". Y desde entonces han comenzado a aparecer las primeras amenazas.

La presencia en el espacio de una masa flotante de desechos de antiguos satélites, últimas fases de lanzaderas de cohetes y diversos tipos de residuos, constituye el peligro más notorio. Varias decenas de miles de objetos de este tipo, capaces pese a su reducido tamaño de deteriorar gravemente una nave espacial, se encuentran en órbita alrededor de la Tierra.

Otros problemas ambientales que afectan tanto a la astronomía óptica como a la radioastronomía son la creciente luminosidad que emiten las grandes ciudades con un alumbrado excesivo y las interferencias de radio producidas por los satélites de comunicación. Los astrónomos reclaman, cada vez con mayor urgencia, la creación de "reservas" en el radioespectro y de zonas con un alumbrado más débil para preservar la observación del firmamento.

Después de haber observado durante tanto tiempo el cielo, el hombre se lanza hoy a su conquista. ¿Sabrá sacar provecho de los errores cometidos en el mundo finito para explorar con mayor serenidad el infinito? ■

Saturno y dos de sus lunas fotografiadas por la sonda *Voyager 1* el 3 de noviembre de 1980 a 13 millones de kilómetros de la Tierra.

¹ Un año luz es una unidad de distancia que equivale al camino recorrido por la luz, en el vacío, en un año a una velocidad aproximada de 300.000 km por segundo.

² Del orden de 0,000000000001 cm o menos.

La era de los satélites

por Nigel Henbest

Desde el lanzamiento del Sputnik 1 en 1957 se han puesto en órbita más de cuatro mil satélites...

La era espacial se inició el 4 de octubre de 1957 cuando la Unión Soviética lanzó su *Sputnik 1*, el primer objeto artificial puesto en órbita en torno a la Tierra. Este pionero de los satélites apenas hizo más que emitir un modesto “bip,bip”, pero gracias a él quedó abierto el camino hacia la órbita terrestre. Desde entonces se han lanzado al espacio unos cuatro mil satélites que llevan a cabo una enorme variedad de tareas, desde observar la Tierra con miras a la prospección, la previsión meteorológica o la vigilancia militar hasta escrutar el espacio con telescopios especializados. Otros aun transmiten señales telefónicas o de televisión por todo el mundo, mientras un número menor envían señales precisas para la navegación. Entre los de mayor tamaño figuran los tripulados: las estaciones espaciales y las naves que trasladan a los astronautas al espacio y los devuelven a la Tierra.

Todos esos satélites recorren órbitas muy variadas, de acuerdo con sus cometidos. La órbita más fácil de alcanzar es la más cercana a la Tierra, según un trazado que sigue más o menos la línea del ecuador en dirección oeste a este. Cuanto más baja es la órbita, menos energía se necesita para llegar hasta ella. Y lanzar un satélite en dirección este presenta la ventaja de que el vuelo se emprende con una velocidad adicional gracias a la rotación de la Tierra de oeste a este.

SATÉLITES TERRESTRES EN ÓRBITA BAJA

Dado su gran tamaño, a las naves espaciales, tripuladas o no, se las sitúa casi siempre en una “órbita terrestre baja”. Es el caso del transbordador espacial norteamericano que se encuentra a una altitud de unos 250 km y de la estación espacial soviética *Mir*, que evoluciona a unos 100 km más arriba.

El *Telescopio Espacial Hubble*, gran vehículo espacial no tripulado, tiene una órbita similar. Su misión es estudiar la luz procedente de los objetos más remotos del Universo sin que la atmósfera terrestre vele la observación. Aunque por desgracia su espejo principal ha resultado defectuoso, está enviando a la Tierra imágenes mucho más nítidas que las que pueden obtenerse con un telescopio terrestre.

Aunque resulta fácil alcanzar una órbita terrestre baja, se plantea, sin embargo, un problema delicado. La atmósfera terrestre no termina bruscamente a una altitud de 200 km, distancia a la que vagamente situamos el

“comienzo del espacio”. Los gases tenues continúan hasta altitudes mucho mayores, enrareciéndose cada vez más con la distancia. En consecuencia, el transbordador norteamericano y el *Mir* surcan ambos los restos más lejanos de la atmósfera terrestre. Ello hace que pierdan energía orbital y descendan poco a poco en espiral hacia la Tierra.

En el caso de el transbordador espacial, esto no tiene realmente importancia ya que el vehículo sólo permanece en el espacio unos pocos días. En cambio, los cosmonautas de la estación *Mir* tienen que encender de cuando en cuando los propulsores para contrarrestar la pérdida de energía orbital. Un caso espectacular de desintegración en la atmósfera fue el de la estación espacial norteamericana *Skylab* colocada en órbita a 435 km de altitud en 1973. Pese a que su “órbita terrestre baja” era relativamente alta, sólo seis años después de su lanzamiento el *Skylab* — entonces no tripulado — había descendido en espiral tan cerca de la Tierra que se consumió en la parte baja de la atmósfera, dispersándose sus candentes restos por el oeste de Australia.

Ciertos satélites suelen rozar la desintegración por volar en órbitas muy bajas. Se trata de los satélites en “misión de reconocimiento militar”, es decir satélites espías. Se caracterizan por volar en órbitas elípticas con un perigeo situado a 200 km o menos de la superficie terrestre y su duración es de sólo unos cuantos meses. Desde su altitud relativamente baja las cámaras de cine o de televisión que llevan a bordo pueden registrar objetos de unos pocos metros. Los satélites espías se colocan en órbitas que van de norte a sur, pasando casi por encima de los polos, lo que les permite observar el planeta entero.

Las órbitas polares son también útiles para otros satélites dedicados a estudiar la Tierra, en particular los recursos terrestres. En este campo el satélite pionero fue el *Landsat 1* norteamericano, puesto en órbita en 1972, cuyas cámaras y detectores de infrarrojos mostraron inmediatamente su eficacia en la observación de las cosechas, los bosques, los desastres naturales (por ejemplo, las plagas de langostas) y las zonas de contaminación. Gracias a este valioso auxiliar los geólogos pueden dedicarse a la prospección de regiones remotas descubriendo estructuras geológicas que puedan contener recursos útiles como petróleo, minerales o, en una zona desértica, ese precioso elemento que es el agua.

A la serie de los *Landsat* se sumaron los





satélites *SPOT* franceses, capaces de detectar detalles aun más pequeños. Para evitar la resistencia atmosférica, giran respectivamente a 700 y 800 km de altitud. Las cámaras perfeccionadas del *SPOT* detectan, en la franja de superficie de 117 km de ancho que barren, hasta una simple casa, y en veintiséis días terminan por abarcar la Tierra entera.

En los satélites de observación terrestre pueden utilizarse dos tipos de detectores. Los más sencillos son los pasivos, que se limitan a captar las radiaciones procedentes de la Tierra. Una de esas radiaciones es la luz, siendo la más útil la infrarroja. En efecto, los distintos tipos de vegetación y de rocas reflejan en diverso grado los rayos infrarrojos. Gracias a ello el *Landsat* ha resultado sobremanera eficaz para la agricultura y la minería.

En algunos satélites se instalan detectores

Arriba, lanzamiento de *Eureca 1*, la primera plataforma recuperable europea, a partir del transbordador *Atlantis*, el 2 de agosto de 1992.

Arriba a la derecha, el *Sputnik 1*, el primer satélite artificial de la Tierra. Lanzado por la Unión Soviética el 4 de octubre de 1957, su peso era de 84,6 kg y describía una órbita alrededor de la Tierra en poco menos de 97 minutos.

activos que emiten ondas de radio, generalmente cortas, y estudian su reflexión. Un sencillo radar puede revelar la forma del suelo terrestre e incluso estructuras ocultas bajo la arena de los desiertos. El satélite norteamericano *Seasat*, lanzado en 1978, utilizaba para estudiar la superficie del océano detectores activos.

En órbitas polares giran también los satélites destinados a observar la bóveda celeste. Estos satélites tratan de captar la radiación cósmica que, al no poder penetrar en la atmósfera, no llega hasta los telescopios situados a nivel del mar. Dos de los más eficaces han sido el *Infrared Astronomical Satellite* (Satélite Astronómico de Infrarrojos) que en 1983 descubrió medio millón de nuevas estrellas y galaxias, y el *Cosmic Background Explorer* (Explorador del Fondo Cósmico), que en 1992 confirmó la teoría del big bang originario.

UN MÁSTIL AÉREO DE 36.000 KM DE ALTURA

Si el satélite se desplaza a una altitud de 35.800 km, su periodo orbital es de 24 horas. Y si recorre una órbita circular por encima del ecuador, se moverá exactamente a la misma velocidad a que gira el planeta que sobrevuela. El resultado es que el satélite parece mantenerse inmóvil.

Ya en 1945 el escritor de ciencia ficción Arthur G. Clarke señalaba que un satélite situado en esta "órbita geoestacionaria" se hallaría en condiciones ideales para transmitir señales de radio por todo el mundo; en efecto, es como si estuviera situado en lo alto de un mástil de 36.000 km de altura, lo que le permite ser visible desde casi la mitad de la superficie terrestre. Clarke comprendió perfectamente que tres satélites situados a intervalos regulares a lo largo de esa órbita podrían enviar señales desde cualquier punto de la Tierra a cualquier otro.

Hoy ya es pura rutina la transmisión de llamadas telefónicas y emisiones de televisión intercontinentales. En realidad, la demanda de este tipo de servicios es tal que en la órbita geoestacionaria se instalan no tres sino una docena de satélites de telecomunicación, los cuales captan las señales emitidas por un transmisor situado en un continente, las amplifican y luego las transmiten a su vez a una gran antena receptora en otro punto del planeta.

En los últimos años ha aparecido un nuevo tipo de transmisión por satélites en órbita geoestacionaria; lo que familiarmente llamamos



LOS SATÉLITES DE "ALTO VUELO"

Los satélites de navegación han de poder ser vistos desde vastas zonas del planeta, lo que obliga a colocarlos en órbitas bastante altas. Los 24 satélites *Navstar* que forman el *Global Positioning System* (Sistema de Posicionado Planetario) giran en órbitas circulares a una altitud de 20.200 km, con una inclinación de 55° respecto del ecuador terrestre. En cualquier lugar de la superficie del planeta hay siempre tres o más satélites de este tipo por encima de la línea del horizonte. Estos satélites envían señales gracias a las cuales un receptor en la superficie puede determinar automáticamente su posición con un error de 30 m o menos. Este sistema desempeña cometidos tanto civiles como militares: ha sido una valiosísima ayuda para los navegantes solitarios y para las tropas que tuvieron que atravesar los desiertos durante la Guerra del Golfo en 1991.

En los años sesenta la Unión Soviética emprendió un programa de satélites de comunicación que se desplazaban también en grandes órbitas inclinadas. Pero, en lugar de seguir derroteros circulares, los satélites *Molniya* recorren largas y estrechas órbitas ovals. En su punto más bajo (perigeo) pasan sólo a 500 km de la superficie terrestre, para ascender luego a su punto más alto (apogeo), situado a unos 40.000 km por encima de la ex Unión Soviética. A esta altitud el satélite se desplaza tan lentamente que las estaciones terrestres pueden observarlo durante varias horas.

El tiempo que un satélite tarde en recorrer una órbita depende sólo de un factor: su distancia media respecto de la Tierra. Cuanto más lejos esté situado el satélite, más largo será su periodo orbital. El transbordador espacial y el *Mir* —como todos los demás artefactos en órbita terrestre baja— tienen un periodo orbital de 90 minutos. Los satélites *Navstar* y *Molniya* giran unos y otros a una distancia de 20.200 km de la Tierra, con un periodo orbital de doce horas.

La nave espacial soviética *Soyuz* se acopla a su cohete de lanzamiento en el cosmódromo de Baikonur.

Vista de la ciudad de México tomada en diciembre de 1989 por el satélite francés SPOT.





Estación de control espacial de Tidbinilla, en Nueva Gales del Sur, Australia.

“televisión por satélite”: un satélite de transmisión directa recibe también una señal del suelo que a su vez transmite a la Tierra, pero a una potencia tal que puede ser captada por una pequeña antena parabólica conectada a un receptor de televisión. Los transmisores del satélite han sido diseñados de modo que abarquen sólo una reducida parte de la superficie terrestre: únicamente los receptores situados en esa estrecha banda pueden captar los programas televisados.

Amarrados también en este imaginario círculo a gran altura por encima del ecuador se hallan los satélites que deben observar la Tierra en su conjunto. Tales son los satélites militares que escuchan las comunicaciones electrónicas de otros países y tratan de detectar los puntos de radiación infrarroja (caliente) que producen los lanzamientos de misiles. Media docena de satélites en órbita geoestacionaria, como el *Meteosat* europeo, efectúan observaciones sobre las condiciones meteorológicas en toda la Tierra y complementan así las imágenes más cercanas tomadas por otros satélites meteorológicos situados en órbitas polares bajas, como los de la serie norteamericana *Tiros*.

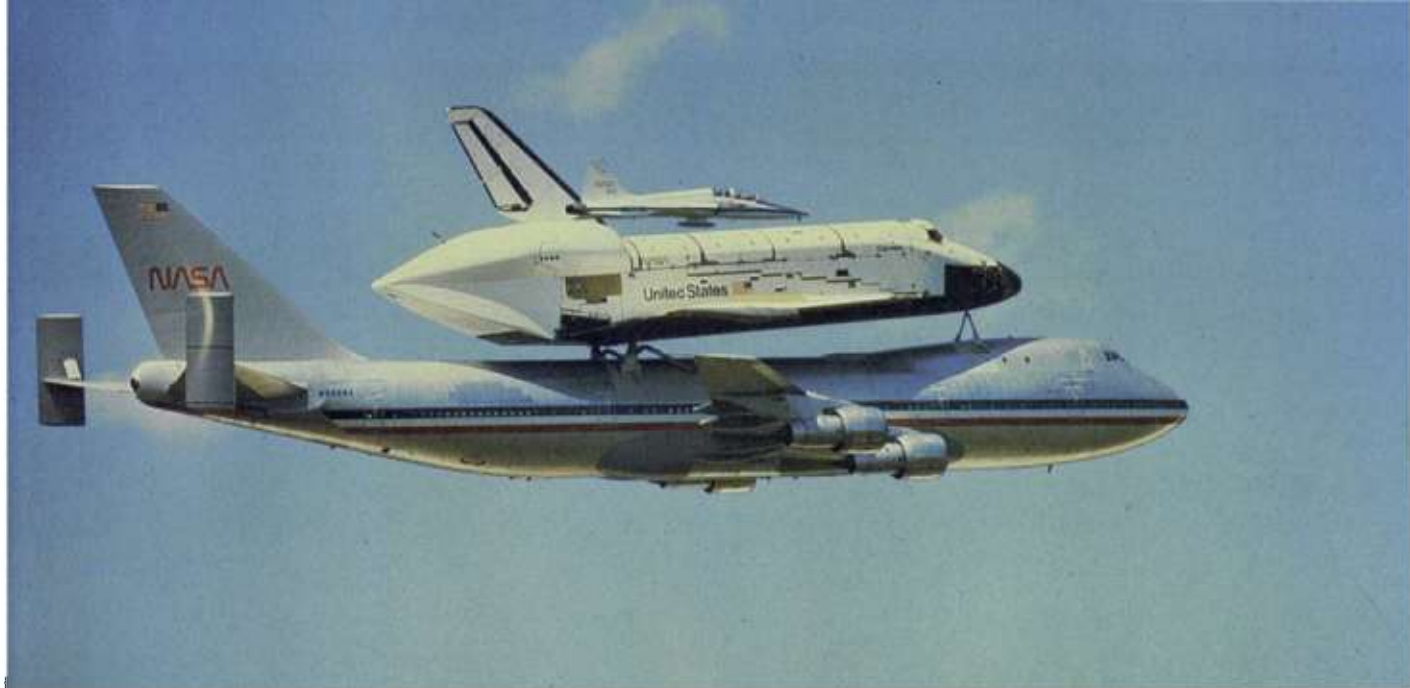
SONDEANDO EL “ESPACIO PROFUNDO”

Los vehículos espaciales automáticos han viajado mucho más allá de la Luna con el fin de

explorar lo que la NASA llama el “espacio profundo”. Una vez que se libera de la gravedad terrestre, una nave espacial deja de ser un satélite de nuestro planeta; en tal caso, suele recibir el nombre de sonda espacial.

Al alejarse la sonda de la Tierra, la fuerza dominante que sobre ella actúa es la gravedad solar. Y, en efecto, las sondas espaciales son planetas en miniatura que giran en órbita alrededor del Sol igual que la Tierra o Júpiter. La diferencia principal es que aquéllas siguen trayectorias muy alargadas que les permiten viajar de la Tierra a otro planeta o, como en el caso de la sonda *Giotto* en 1986, interceptar la trayectoria de un cometa. Vehículos espaciales han alcanzado ya todos los planetas, excepto Plutón, y han aterrizado en Venus y Marte. Hay cuatro sondas que siguen alejándose de nuestro sistema a tal velocidad que a la larga escapan a la gravitación solar y terminarán vagando en el espacio intersideral: se trata de *Pioneer 10* y *11* y de *Voyager 1* y *2*.

Todos los vehículos espaciales, sean satélites o sondas espaciales, necesitan disponer de algunos sistemas básicos. El primero es el de estabilización. Dejada a sí misma, la nave espacial se desplazaría por el espacio cósmico de manera errática. La manera más sencilla de estabilizarla es construirla en forma cilíndrica y hacer que gire en torno al eje del cilindro (estabilización por rotación). Igual que un



El transbordador espacial norteamericano Enterprise transportado sobre un avión especialmente preparado a este efecto, para realizar una prueba de lanzamiento. El tercer aparato es un avión de observación que vuela en las cercanías.

giróscopo, ese eje apuntará siempre en la misma dirección.

La mayoría de esos satélites de rotación llevan una cámara o antena de comunicación que debe estar siempre orientada en la misma dirección, generalmente la de la Tierra o incluso la de una determinada estación terrestre. Para evitar que esos instrumentos cambien de dirección una y otra vez con la nave espacial, se los instala en una plataforma que un motor hace girar a la velocidad exactamente opuesta a la del conjunto de la nave; de este modo la plataforma "antirrotación" mantiene una posición constante en el espacio.

Los vehículos espaciales más complejos no suelen girar, sino que mantienen la orientación correcta mediante un sistema de "estabilización de tres componentes" que corrige de varias maneras los movimientos anómalos del satélite.

La mayoría de los satélites emplean una combinación de pequeños cohetes impulsores, volantes rotatorios de reacción dentro de la nave y potentes electroimanes que se oponen al campo magnético terrestre. Con esos dispositivos se puede hacer también girar el vehículo espacial para orientarlo en una dirección distinta cuando ello sea preciso —por ejemplo, en el caso del *Telescopio Espacial Hubble* que tiene que modificar su orientación para observar diferentes objetos celestes.

De importancia capital es también el problema de la energía. Casi todos los vehículos espaciales obtienen la energía que necesitan de la luz solar, convertida en electricidad mediante una batería de pilas solares. En el caso de los satélites de estabilización por rotación las pilas solares cubren la superficie del cilindro. En cambio, los que disponen de un sistema de estabilización de tres componentes suelen llevar las pilas solares colocadas en grandes paneles planos que prolongan su cuerpo principal; esos paneles, plegados y enrollados al ser lanzado el satélite, se abren y despliegan cuando alcanza su órbita.

Los vehículos espaciales tripulados nece-

sitan evidentemente mayor cantidad de energía, por lo que suelen estar provistos de pilas de combustible. En este caso, el oxígeno y el hidrógeno se combinan de tal forma que liberen la energía de la reacción como electricidad, aparte de que el agua resultante también es útil. En los satélites espías provistos de sistemas de radar que consumen grandes cantidades de energía se emplean pequeños reactores nucleares. El método resulta peligroso si se piensa que más de un satélite de este tipo ha caído hacia la Tierra dispersándose por ella sus restos radiactivos. También las sondas espaciales que viajan hasta Júpiter y más allá van provistas de pequeños reactores nucleares debido a que en esas regiones del espacio la luz del sol es demasiado débil para alimentar las pilas solares.

Los diseñadores de satélites saben que enviar al espacio un peso suplementario cuesta caro: unos 20.000 dólares por cada kilogramo lanzado a una órbita geoestacionaria. Tienen pues que reducir lo más posible la masa del satélite utilizando materiales fuertes pero ligeros, como la fibra de carbono y el titanio. Además tienen que velar por que los equipos del satélite se mantengan a la temperatura conveniente.

La aventura espacial proseguirá probablemente de la misma manera durante el decenio próximo. El número y la capacidad de los satélites de comunicación y de los satélites de transmisión directa seguirán incrementándose, mientras que el programa de observación de la Tierra experimentará durante los años noventa una rápida expansión. Los satélites de Estados Unidos, Europa, Rusia y Japón estudiarán detalladamente el globo terráqueo y su atmósfera gracias a un ambicioso programa internacional llamado Misión al Planeta Tierra, con objeto de observar el estado natural del planeta y, al mismo tiempo, determinar cómo las actividades humanas producen el llamado "efecto de invernadero", los agujeros en la capa de ozono y otros tipos de contaminación ambiental. ■

NIGEL HENBEST,

especialista británico en temas científicos, colabora en la revista *New Scientist*, de la que también es consejero en materia de astronomía. Ex radioastrónomo en el laboratorio Cavendish de la Universidad de Cambridge, anima una emisión mensual dedicada a la astronomía en el World Service de la BBC. Entre sus publicaciones recientes, cabe citar *The Universe* (1992) y *The Planets* (1992).

La teledetección para el desarrollo

por Kiran Karnik

Meteorología, agricultura, pesca o educación, el satélite es un valioso auxiliar de los países en desarrollo.

UNA EXPERIENCIA INDIA

MUCHOS piensan que la tecnología es un lujo reservado a los países industrializados, pero se equivocan de medio a medio. La tecnología espacial, por ejemplo, puede aportar una inmensa contribución al desarrollo, como demuestra la experiencia india.

En los países desarrollados son muchas las cosas que escasean: los capitales, los víveres, la mano de obra calificada. Para que estos países puedan sacar el mejor provecho posible de los recursos que poseen y descubrir otros nuevos, pocas tecnologías son más rápidas y eficaces que los satélites de teledetección.

Desde el espacio a menudo es posible detectar características topográficas que pasan inadvertidas a nivel del suelo. La utilización de la teledetección en la India para la prospección hidrogeológica constituye un excelente ejemplo. Tras dos años de intensa sequía, los estados de Gujarat y de Rajastán en el oeste del país se

enfrentaban con un serio problema de escasez de agua potable, en particular en las zonas rurales. Como parte de la Misión Nacional para el Agua Potable, las imágenes tomadas por el satélite norteamericano *Landsat* y los satélites indios *IRS-1A* se combinaron con otros datos a fin de identificar reservas de aguas subterráneas en las cercanías de las aldeas afectadas por la sequía.

Los resultados fueron espectaculares: gracias al empleo de técnicas científicas de prospección (incluida la teledetección) se obtuvo un 90% de sondeos productivos, contra un 45% solamente utilizando técnicas tradicionales. La teledetección se emplea desde entonces para localizar capas freáticas en un radio de 1,6 kilómetros en torno a las aldeas amenazadas por la sequía. Constituye también una gran ayuda en las principales zonas de "recolección" de aguas al determinar con exactitud la ubicación más

El Centro S.H.A.R. (Sriharikota High Altitude Range) es el principal punto de lanzamiento de satélites de la India.





El satélite, un auxiliar didáctico. La teledifusión directa por satélite se utiliza en la India desde hace dos decenios.

apropiada de diques y depósitos de filtrado, lo que permitirá realimentar las capas freáticas y disminuir las pérdidas de agua y la erosión de los suelos.

El problema de la deforestación tiende a agravarse en numerosos países en desarrollo donde la relación entre la superficie del territorio y el número de habitantes, ya desfavorable, continúa empeorando. Con los satélites de teledetección es posible determinar de manera objetiva la extensión de la cubierta forestal y controlar su evolución. En la India, por ejemplo, se advirtió que la cubierta forestal era inferior a las estimaciones hechas hasta entonces y que la reforestación era una necesidad urgente. A raíz de ello y de un estudio basado en datos obtenidos por satélite que indicaba que casi un 30% de la superficie del país era improductiva, la India emprendió en 1985 un programa de aprovechamiento adecuado de las tierras.

LA TEMPESTAD DESDE EL ESPACIO

También para los pescadores indios la tecnología espacial ha resultado beneficiosa. Gracias a los datos proporcionados por satélites acerca de la temperatura de las aguas marinas y de otros parámetros oceánicos, es posible localizar las mejores zonas de pesca. A lo largo de las costas indias los pescadores esperan, pues, ansiosamente las previsiones que los guiarán hacia los bancos de peces.

Con igual interés, pero mayor inquietud, esos mismos pescadores aguardan las informaciones sobre las perturbaciones atmosféricas. Son los primeros beneficiarios de un sistema experimental de prevención de catástrofes que se ha establecido en la costa este, particularmente afectada por los ciclones. Se han creado así un centenar de estaciones de prevención, vinculadas con una central en Delhi, que les

envía directamente por satélite las informaciones sobre las tempestades o ciclones inminentes. En las aldeas amenazadas se pone automáticamente en funcionamiento una sirena de alarma, seguida de la difusión por altavoces de advertencias e instrucciones sobre las medidas de emergencia que hay que tomar. Este sistema ha demostrado ser más eficaz que los medios convencionales de comunicación.

Los pescadores en alta mar tienen a su disposición una baliza de localización de urgencia, de la que se ha diseñado una versión local. En caso de naufragio la baliza emite una señal que se detecta y transmite por satélite a una estación de recepción en tierra, que es capaz de calcular con precisión el lugar donde se ha emitido la señal y de guiar a los equipos de salvamento. Gracias a la tecnología espacial ya no se publicarán grandes titulares anunciando la desaparición en alta mar de barcos de pesca.

METEOROLOGÍA AGRÍCOLA

En la India, como en la mayoría de los países en desarrollo, la agricultura depende en gran medida de las precipitaciones; en economías esencialmente agrícolas contar con pronósticos meteorológicos precisos es, pues, de fundamental importancia. La teledetección, al contribuir a un mejor conocimiento del clima mundial, ha revolucionado las previsiones meteorológicas. Los satélites desempeñan, en efecto, un papel esencial en la observación de los fenómenos atmosféricos.

El satélite indio *Insat-1* transmite los datos de un centenar de estaciones automáticas de observación a un centro de tratamiento de datos y cada treinta minutos toma fotos de la capa de nubes y las envía a la estación central. Sumados a informaciones procedentes de otros satélites u obtenidas con métodos más clásicos, esos datos permiten prever los ciclones y

KIRAN KARNIK,

indio, es director, en la Organización India de Investigaciones Espaciales (ISRO), de la Unidad de Comunicación para el Desarrollo de la Educación. Participó en la concepción y la instalación de la red nacional de satélites de su país (INSAT), y desempeñó un papel decisivo en la Experiencia de Televisión Educativa por Satélite (SITE), llevada a cabo conjuntamente por la India y Estados Unidos. También fue responsable del Proyecto Kheda relativo a la comunicación. Esta experiencia original de emisiones locales de televisión dedicadas al desarrollo recibió el primer Premio UNESCO/PIDC (Programa Internacional para el Desarrollo de la Comunicación) de Comunicación Rural.

tempestades, y anunciar así su paso. Para hacer el pronóstico del tiempo los campesinos siguen escrutando el cielo en busca de nubarrones, pero observan también en la pantalla pequeña las fotos tomadas por satélite a 35.000 kilómetros de la Tierra que se difunden diariamente por la televisión india.

Pero, ¿cómo transmitir la imagen televisiva —trátese de las previsiones meteorológicas, de una nueva técnica agrícola o de un programa de música y danza— a aldeas remotas e inaccesibles? En los países en desarrollo con una infraestructura de comunicaciones poco desarrollada la tecnología espacial parece ser también en este caso la mejor y a menudo la única solución. La televisión transmitida por satélite (sea redifundida por un transmisor o una red de cable o recibida directamente gracias a pequeñas antenas parabólicas) es hoy bastante corriente. Ahora bien, para la aldea aislada la pequeña antena que recibe la señal de un satélite lejano es una invención prodigiosa que cumple simultáneamente una función pedagógica, informativa y de pasatiempo. Es el lazo invisible que la une al resto de la humanidad. Además de ser rentable, rápida y fiable, la retransmisión por satélite de emisiones de radio y televisión permite cubrir una vasta superficie del país.

El sistema INSAT, que vincula todos los transmisores de radio y televisión del país y posee también poderosos canales de emisión casi directa, aporta también una contribución esencial a la salud y la educación (tanto a la enseñanza primaria, secundaria y universitaria, como a la educación de adultos y la formación permanente).

Los satélites de comunicación aumentan considerablemente las posibilidades de las redes telefónicas. La comunicación por satélite hará

posible que una persona de una aldea lejana del nordeste de la India o de una isla de la bahía de Bengala pueda llamar a un pariente o amigo que vive en otra ciudad o en el extranjero, anulando así el concepto de distancia. Una tecnología que ofrece un medio tan rápido, fácil y poco oneroso de comunicarse con una comunidad vecina o con una metrópoli distante en ninguna parte es tan necesaria como en las regiones pobres y aisladas de los países en desarrollo.

La teledetección también se ha empleado en la India para otras finalidades: vigilancia de la contaminación hídrica y atmosférica; cálculo de las superficies cultivadas y de su rendimiento; estudio del deshielo a fin de prever la afluencia de agua a los embalses del norte del país, y de regular el riego y la producción de energía eléctrica; prospección minera; planificación urbana; trazado de canales y carreteras; estudio de los hábitats de fauna salvaje; identificación de recursos pesqueros en aguas dulces y salobres.

La información es un recurso sumamente valioso que tradicionalmente ha escaseado en los países en desarrollo. Ahora, gracias a la teledetección, estos países pueden reunir de manera periódica y económica la información relativa a sus principales recursos naturales. Así, combinando las numerosas informaciones procedentes de la teledetección con las de otras fuentes convencionales, se ha creado en la India un ambicioso sistema de gestión de los recursos naturales.

A menudo, los progresos tecnológicos suelen ahondar la brecha existente entre los países desarrollados y los países en desarrollo. La tecnología espacial constituye una excepción ya que puede ayudar a estos últimos a superar métodos anticuados permitiéndoles utilizar directamente sistemas más eficaces y rentables, sin tener que pasar por las etapas intermedias. ■

Extracción de aguas de riego en Rajastán (India). La red de satélites indios IRS contribuye a localizar reservas de aguas subterráneas en las cercanías de las aldeas afectadas por la sequía.





Marte: fantasía y realidad

Con o sin marcianos el planeta Marte sigue fascinando a los terrícolas.

por Francis Leary

"DESDE otro punto del espacio, intelectos fríos y calculadores, y mentes que son en relación con las nuestras lo que las nuestras son para las de las bestias, observaban la tierra con ojos envidiosos mientras formaban con lentitud sus planes contra nuestra raza."

Esa fue la visión apocalíptica que H.G. Wells daba en su famosa novela, *La guerra de los mundos*, publicada en 1898. Los intelectos fríos y hostiles son los de los marcianos, que se aprontaban a invadir y a sojuzgar el planeta Tierra. Pues Marte, el planeta rojo y dios de la guerra, mucho más antiguo que el nuestro, estaba moribundo. Como Marte se encontraba a 235 millones de km del Sol, distancia muy inferior a los 150 millones de km entre este último y la Tierra, había recibido menos calor y se había enfriado con mayor rapidez. A juicio de Wells, la vida en Marte se había desarrollado antes que en la Tierra, y sus habitantes disponían de medios tecnológicos muy superiores a los nuestros.

Muchos astrónomos de su tiempo pensaban como Wells. Al observar en 1876 la superficie de Marte con su telescopio, Giovanni Schiaparelli había descubierto una red de depresiones sinuosas que había llamado "canales", y que sólo podían deberse al paso de las aguas.

Percival Lowell, que observó la atmósfera clara y seca del desierto de Flagstaff, en Arizona,

fue aun más categórico. Para él los "canales" habían sido excavados por los marcianos para trasladar el agua de los polos de Marte hacia el ecuador, donde el clima era más cálido y apto para la vida. La precisión del mapa de los canales elaborado por Lowell, convenció a muchos de que efectivamente Marte estaba habitado por seres suficientemente evolucionados como para realizar semejantes proezas de ingeniería.

Siempre ha habido espíritus aventureros, ansiosos de ampliar los horizontes de los descubrimientos y del saber. Creían en Marte como Colón había creído en las riquezas fabulosas de las Indias. Y así como Colón había desafiado la inmensidad insondable del océano, esas almas intrépidas no se desanimaban ante los 50 millones de kilómetros que separaban a la Tierra de Marte. Anhelaban confirmar que el hombre no estaba solo en el universo y que en nuestro propio sistema planetario era posible encontrar otros seres inteligentes con los que los seres humanos podrían comunicarse.

Ahora bien, H. G. Wells, que tenía una formación científica, se había esforzado por reunir algunos datos esenciales para respaldar sus tesis. Pero otros escritores posteriores a él dieron más bien rienda suelta a la imaginación. Edgar Rice Burroughs, inmortal creador de *Tarzán*, inventó un reino marciano llamado Barsoom, en el que convivían cinco razas de color dife-



En esta ilustración de un informe de la NASA sobre "La exploración humana del sistema solar en el siglo XXI", dos astronautas exploran los cañones de Marte.

rente: la roja, la más semejante a la humana, la verde, la blanca, la amarilla y la negra. En ese mundo fantasmagórico desembarcó un caballero virginiano, John Carter, lanzado al espacio gracias a los poderes mágicos de una bruja de Arizona. Las fantasías de Burroughs alcanzaron enorme popularidad. Publicado en 1917, *Una princesa de Marte* fue el primero de una larga serie de relatos situados en ese planeta que iban a apasionar a millones de lectores.

VISITANTES DE MARTE

Veintiún años más tarde, otro Welles llamado Orson, demostraría hasta qué punto Marte estaba presente en la imaginación de los seres humanos. A los veintitrés años, Welles producía para CBS un programa semanal de radioteatro. Para el día de Hallowe'en de 1938 se resolvió presentar una adaptación de *La guerra de los mundos*.

Welles quería darle la forma de una emisión sumamente realista, transmitiendo reportajes desde el escenario mismo donde se suponía ocurrían los hechos. Nadie estaba seguro de los resultados y, minutos antes de que saliera al aire el programa, se estaban dando aun los últimos toques al libreto.

Lo cierto es que en definitiva resultó demasiado convincente. Después de los anuncios habituales, se propuso a los auditores un programa de músicaailable retransmitido desde el "Park Plaza Hotel" de Nueva York (que nunca había existido) por una orquesta igualmente imaginaria. De repente, se interrumpieron los acordes de un tango para transmitir un *flash* especial de noticias.

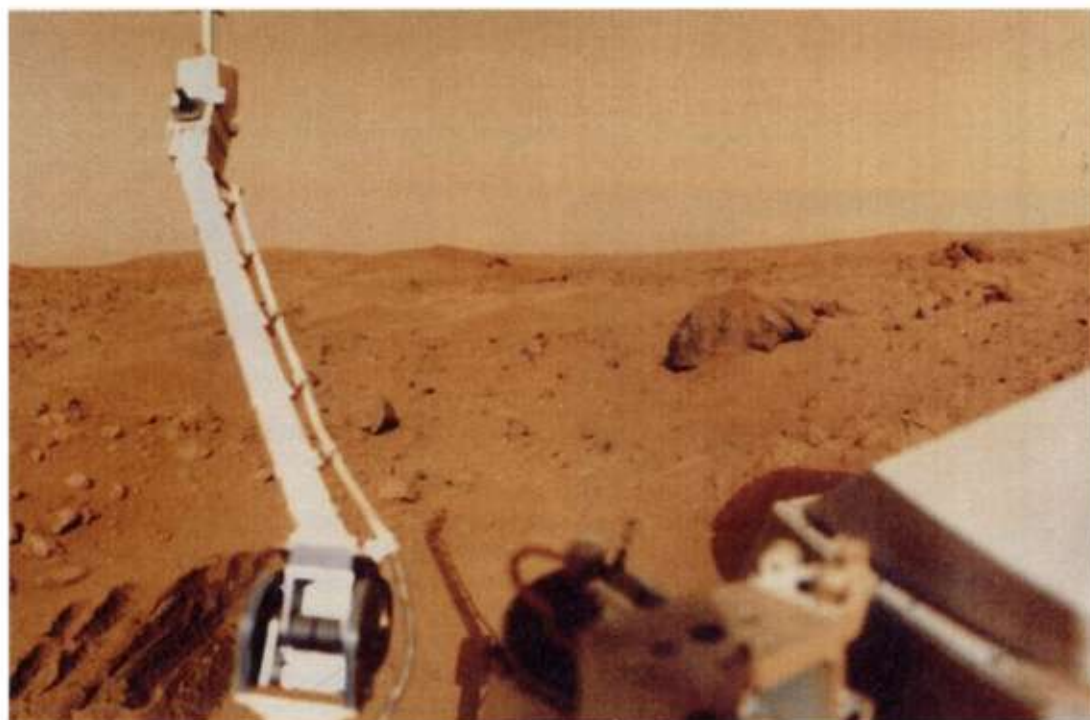
Y entonces quedó de manifiesto el genio de Welles en todo su esplendor. El primer *flash* anunció simplemente que un monumental objeto de forma cilíndrica acababa de estrellarse en New Jersey, cerca de Princeton, abriendo un enorme cráter en el suelo. "Y ahora volvemos a

ofrecer a ustedes la música de Rafe Racquelson desde el Park Plaza Hotel."

Después un reportero entró precipitadamente en el estudio y empezó a transmitir comunicados alarmantes: del interior del cilindro había emergido "un ser deforme, del tamaño de un oso, cuya masa grisácea y viscosa relucía como cuero mojado". El monstruo no tenía mentón pero sí "una boca en forma de V que temblaba constantemente y de la que chorreaba saliva" y "numerosos tentáculos como una especie de pulpo".

Y la voz cavernosa del profesor Pierson de la Universidad de Princeton (en realidad el propio Orson Welles) informaba a los radioescuchas de que la horrible criatura podía muy bien ser un visitante gigante del planeta Marte. Fue entonces cuando apareció el primer robot, blandiendo un arma cuyo rayo mortífero reducía a cenizas todo cuanto se cruzaba en su camino. Sin cesar se recibían llamadas anunciando la aparición de otros artefactos y de nuevos robots que avanzaban a pasos agigantados hacia Nueva York sembrando desolación y muerte. Mientras tanto, Welles describía el pánico que se apoderaba de las calles; en efecto, se había producido un auténtico tumulto de miles de neoyorquinos aterrorizados que intentaban frenéticamente huir de los marcianos. Las sirenas de la policía aullaban entre la multitud, pero Welles proseguía impertérrito su "reportaje". Finalmente los estudios de CBS fueron invadidos, no por un robot pavoroso de Marte, sino por los policías de Nueva York que ordenaron furiosos a Welles poner punto final a su transmisión.

Lo más curioso es que nadie tuvo la presencia de ánimo necesaria para sintonizar otra radioemisora y verificar la exactitud de la información. Era la época de Munich y todo el mundo esperaba con el alma en un hilo que de un momento a otro estallara la guerra; entonces, nazis o marcianos...



Una sonda Viking observa el suelo de Marte en 1976.

Ya en 1908, Alfred Russel Wallace, que compartió con Darwin la paternidad de la teoría de la evolución, había demostrado la inexactitud de las teorías de Lowell acerca de los canales de los marcianos. Después de probar que las temperaturas medias de Marte eran muy inferiores a cero grado, Wallace llegaba a la conclusión de que los canales eran tal vez fallas geológicas en la superficie del planeta rojo. Pero a este sabio sólo lo leía un puñado de personas, en tanto que eran millones los que devoraban las crónicas sobre Marte de H. G. Wells, Edgar Rice Burroughs y Ray Bradbury o habían escuchado la voz escalofriante de Orson Welles esa tarde memorable del otoño de 1938.

¿UN PLANETA HABITABLE?

Pero también es cierto que, contrariamente a Wallace, que negaba categóricamente toda posibilidad de vida en Marte, un científico tan eminente como Carl Sagan estimaba muy posible que los canales de Marte fuesen antiguas cuencas trazadas por el curso de las aguas. ¿Pero de qué aguas? Las que actualmente se encuentran aprisionadas en los casquetes polares, respondía Sagan. Según él, Marte no es el planeta de los hielos eternos, sino que su clima se caracteriza por periodos cíclicos de frío y de recalentamiento, debido este último a que las nubes de polvo procedentes del ecuador oscurecen los polos, favoreciendo la absorción de los rayos solares. Al recalentarse la atmósfera, los hielos se funden, y la ausencia de nubes sobre los polos invierte el proceso, que se prolonga entonces durante largos períodos.

Hasta 1971 ningún vehículo espacial había podido acercarse a menos de 9.600 km de Marte. Pero ese año fue posible colocar en órbita la sonda *Mariner 9* a 1.300 km del planeta rojo: en los miles de fotografías tomadas se distinguían detalles de hasta un kilómetro de magnitud. Aparecían extensiones rocosas y desérticas y cadenas de volcanes de una altura tres veces superior a la del Everest.

Las fotos de *Mariner 9* confirmaron la presencia de los famosos canales y de un gigantesco cañón, Valles Marineris, de 3.200 km de largo y 8 km de profundidad. Aunque su diámetro equivale a la mitad del de la Tierra (6.780 km),

Marte cuenta con una superficie similar de tierras emergidas. Como el planeta rojo está más alejado, tarda 687 días en lugar de 365 en girar alrededor del sol, pero los días tienen prácticamente la misma duración. La gravedad corresponde a muy poco más de un tercio de la de la Tierra, por lo que un hombre de 72 kg no pesaría más que 27. La atmósfera, cuya densidad es cien veces menor que la de la Tierra, se compone esencialmente de gas carbónico con un 3% de nitrógeno. Las temperaturas oscilan entre -105° C en los polos y 20° C a mediodía en el ecuador.

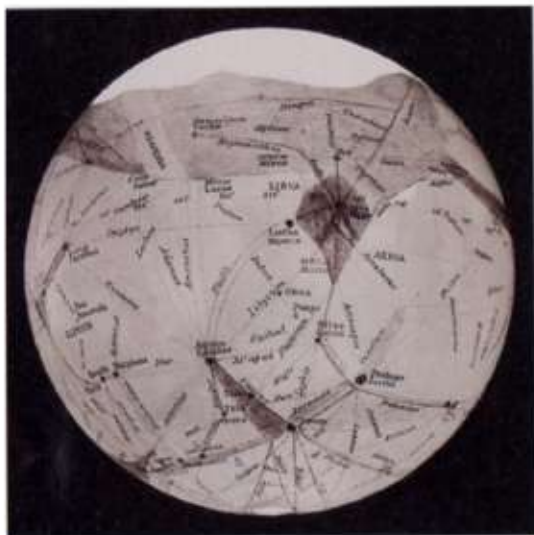
No parece posible que en Marte se den las formas superiores de vida que se conocen en la Tierra. Sin embargo, el éxito de *Mariner 9* movió a la NASA, la agencia espacial norteamericana, a enviar dos sondas para que observaran el suelo de Marte y detectaran la presencia de microorganismos. El 20 de julio de 1976 *Viking 1* se posó en Marte, exactamente siete años después de que el primer hombre marchara sobre la Luna, seguido cuarenta y cinco días más tarde de *Viking 2*. Para facilitar la operación, como pista de aterrizaje se eligió un terreno blando. *Viking 1* se encontraba en el extremo de un cañón en la región de Chryse Planitia, y *Viking 2* a 3.000 km al noreste, en la de Cydonia.

Las sondas *Viking* tomaron 50.000 fotos de Marte y, gracias a un brazo mecánico, sacaron muestras del suelo que después se sometieron a pruebas químicas y biológicas. No se encontraron rastros de ningún microorganismo o elemento a base de carbono, lo que causó profunda decepción, pues en la Tierra todos los organismos vivos contienen carbono.

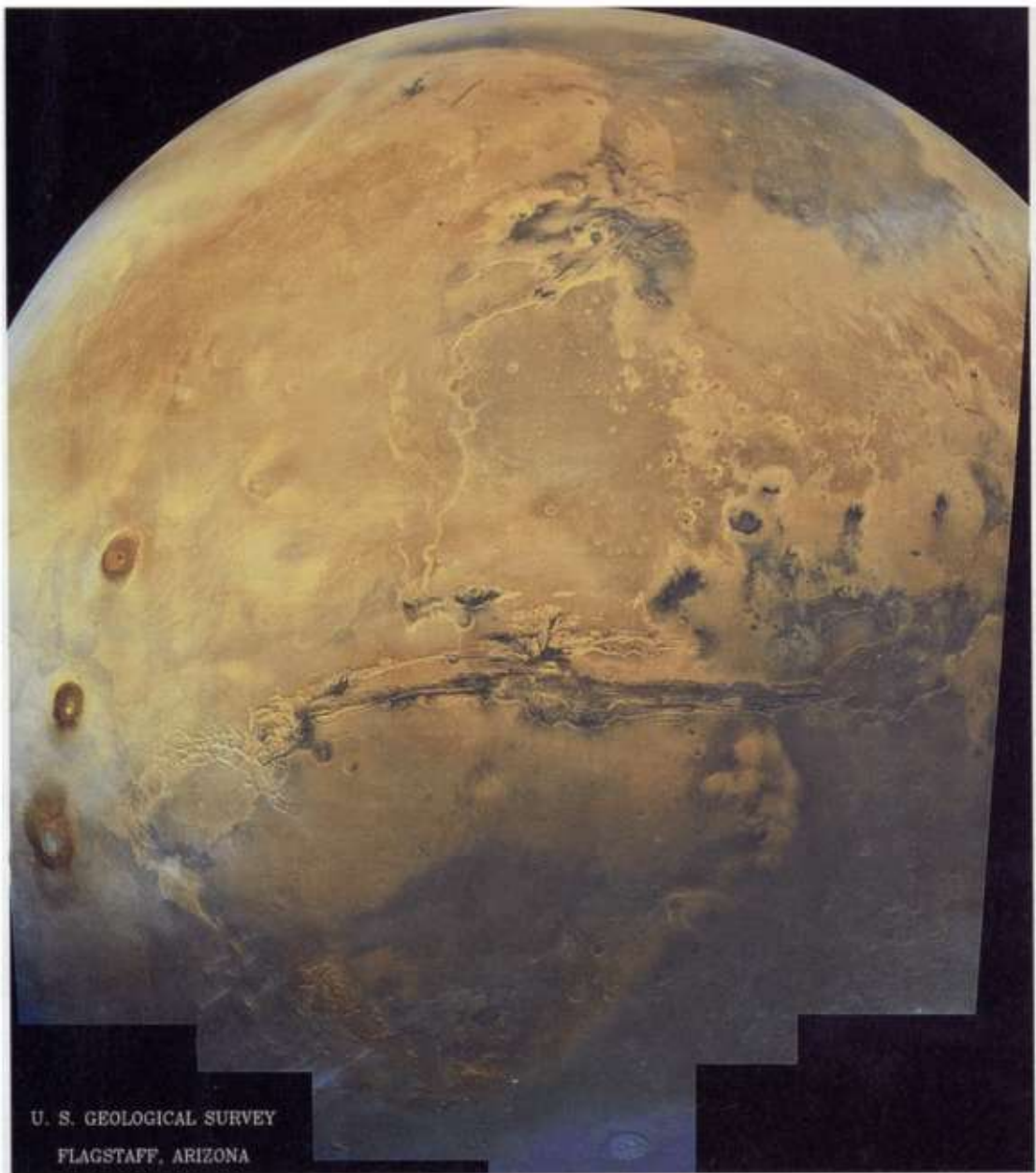
Los ingenieros de la NASA se consolaron estudiando las magníficas fotografías en color recibidas del planeta rojo, que mostraban paisajes cuyos cielos rosados evocaban los del lejano desierto de Arizona, y que, con agua y aire, habrían sido perfectamente habitables. Por lo demás, Michael Collins, que piloteaba *Apolo 11*, mientras su colega Armstrong hollaba por primera vez el suelo lunar, destaca con razón que los vehículos *Viking* sólo han explorado una ínfima parte del territorio de Marte. Y ciertamente se sabría mucho más si se hubiera contado con un aparato móvil, como ocurrió en la Luna.

La ex Unión Soviética también había tratado de sentar sus reales en Marte, pero sin mayor éxito. De las dos sondas lanzadas en 1988 desde Kazajstán para explorar y fotografiar Fobos, el satélite más grande de Marte, la primera, *Fobos 1*, fue víctima de un error de trayectoria debido a una mala maniobra, y la segunda, *Fobos 2*, enmudeció cuando ya se aproximaba a la meta.

En cuanto a la NASA, su programa espacial ha sufrido serios contratiempos por razones presupuestarias (rebasamiento de créditos) y después de la catástrofe de febrero de 1986, en la que los siete ocupantes del transbordador *Challenger* perecieron carbonizados en el vehículo, todos los vuelos, tripulados o no, se interrumpieron durante veintiún meses. Sin embargo, el 25 de septiembre de 1992 una sonda automática, *Mars Observer*, fue lanzada por un cohete *Titán* desde Cabo Cañaveral para que realizara un viaje de once meses desde la Tierra



El astrónomo norteamericano Percival Lowell (1855-1916) trazó este mapa detallado de Marte, en el que pueden verse los canales que según él habían sido excavados por seres inteligentes.



Un hemisferio de Marte aparece casi íntegramente en este mosaico de imágenes tomadas por la sonda *Viking Orbiter 1* en 1980.

hasta Marte. Puesta en órbita a 390 km sobre Marte, la sonda fotografiará unas doce veces toda la superficie del planeta, con imágenes de baja resolución que permitirán estudiar los casquetes polares y las dunas, y una cámara equipada con un teleobjetivo que permitirá distinguir detalles del orden de 1,4 m. Gracias a esas fotos tal vez será posible descubrir rastros de vida, existentes o fosilizados, y explicar a dónde fue a parar la masa de agua que parece haber regado Marte hace algunos millones de años.

Siguiendo en cierto modo las huellas de *Mars Observer*, los rusos han previsto lanzar en 1994 y 1996 dos cohetes *Proton* hacia Marte, en el marco de una expedición ruso-británica. Una vez colocado en órbita, el primer cohete liberará dos sondas de unos cuarenta kilos cada una concebidas en la universidad de Kent y construidas por la Agencia Espacial Europea, que deberían penetrar algunos metros en el suelo para buscar huellas de hielos subterráneos. El segundo cohete lanzará en paracaídas un balón inflado con helio, fabricado en Francia, que efectuará observaciones fotográ-

ficas y meteorológicas a mil metros de altitud. Embarcará también un pequeño robot, que explorará la superficie. Todos los datos así obtenidos se retransmitirán gracias a un sistema francés de relés transportado por *Observer*.

También en 1996 una nave espacial japonesa estudiará las capas superiores de la atmósfera de Marte. Por primera vez cinco naciones cooperarán de ese modo en el ámbito espacial, como una anticipación de la expedición tripulada que se enviará a Marte en el próximo siglo, empresa que sólo será posible con la cooperación técnica de numerosos países.

¿Terminaremos por colonizar el formidable planeta rojo y por crear un nuevo mundo bajo su cielo arrebolado? Primero será necesario "terraformar" a Marte, como propone Arthur C. Clarke en su obra de ciencia ficción *Las arenas de Marte*, es decir calentar la atmósfera y crear las condiciones necesarias para la vida vegetal. ¿Es posible lograrlo? Nadie lo sabe, lo mismo que no se podía prever en 1492 lo que iban a descubrir, más allá del horizonte, las tres carabelas de un tal Cristóbal Colón. ■

FRANCIS LEARY, escritor y periodista estadounidense, ha publicado entre otras obras *The Golden Longing* (La nostalgia dorada), un estudio sobre la vida en Europa en el siglo XV, y tres novelas, *This Dark Monarchy* (Esta monarquía oscura), *The Swan and the Rose* (El cisne y la rosa) y *Fire and Morning* (El fuego y la mañana).

De cara al infinito

por Nicolai Rukavishnikov

Un cosmonauta ruso se interroga acerca del futuro de los vuelos tripulados.

EL 12 de abril de 1961 Yuri Gagarin, hijo de un carpintero de la ciudad de Gjatsk, cerca de Moscú, se convertía en el primer hombre que traspasó los confines de la Tierra. Desde esa fecha unos doscientos cincuenta habitantes de nuestro planeta han viajado por el espacio y algunos han logrado incluso pasearse por la Luna.

Para algunos de esos viajeros el espacio ha sido poco menos que la prolongación de un laboratorio terrestre, con la única diferencia de que en aquél no existe la gravedad. En cambio, otros pudieron comprobar que su percepción de las coordenadas espacio-temporales cambiaba radicalmente y tuvieron que pasar por un serio proceso de readaptación psicológica al regresar.

El día en que me encontré en el espacio me sentí hondamente impresionado por el inesperado contraste entre nuestro brillante y pequeño planeta y la sombría infinitud del espacio cósmico. Me conturbaba la idea de que allí abajo se había desarrollado toda la historia de la especie humana; ése era el lugar de los estados, las fronteras, las guerras, la amistad, el amor, es decir, de todo lo que hace al contenido de la vida. ¡Y qué infinitesimal me parecía todo ello en comparación con la pavorosa majestad del espacio!



EL ESLABÓN MAS DÉBIL

Esa experiencia me ha convencido de que, comparado con los sistemas tecnológicos de las naves espaciales, es el hombre el elemento más delicado y débil de los vuelos cósmicos. Al finalizar el Año Internacional del Espacio (1992) parece conveniente meditar acerca del papel que incumbe al hombre en la exploración permanente del espacio. La pregunta a la que debemos contestar es: ¿son los vuelos espaciales tripulados algo positivo o negativo? ¿Sirve para algo útil la tripulación de una nave del espacio?

La historia zanjará la disputa que ha dividido a los cosmonautas, los científicos y los expertos en dos bandos: el de los "cosmófilos" y el de los "terrófilos". Los primeros tienen la convicción de que el futuro está en las "ciudades satélites" donde ha mediados del siglo próximo vivirá, según ellos, la mitad de la población mundial. A su vez, no es menor el convencimiento de los "terrófilos" cuando, por una serie de razones, afirman que la humanidad

NICOLAI RUKAVISHNIKOV, cosmonauta del programa espacial de la ex Unión Soviética, pilotaba la astronave Soyuz 33 cuando su motor principal sufrió una avería (ver artículo). Se interesa especialmente por las técnicas de pilotaje manual y automático en las naves espaciales.



permanecerá en el planeta Tierra por los siglos de los siglos y que los vuelos tripulados por el espacio cesarán.

La argumentación se desarrolla en dos planos: el tecnológico y el que podríamos llamar psicológico y filosófico.

¿Cuáles son las razones de orden tecnológico que limitan las posibilidades de la vida humana en el espacio? Como ya hemos dicho, la primera es la fragilidad psicológica y física del hombre en comparación con el poder y la fuerza de la tecnología.

Por ejemplo, los sistemas técnicos de las naves espaciales pueden soportar fuertes variaciones de temperatura a las que es sobremanera vulnerable el ser humano. Para sobrevivir éste necesita una temperatura de unos 20° C. En consecuencia, el vehículo espacial debe disponer de un complicado dispositivo capaz de mantener a bordo una temperatura constante.

Los sistemas técnicos pueden asimismo funcionar en una atmósfera consistente en gases inertes, a presiones muy variadas e incluso en el

Arriba, Nicolai Rukavishnikov (en primer plano a la izquierda) a bordo del Soyuz 10 con dos compañeros de vuelo.

vacío, mientras que el ser humano necesita una atmósfera de tipo terrestre con un determinado contenido de oxígeno y la adecuada proporción de anhídrido carbónico y de vapor de agua a una presión atmosférica prácticamente idéntica a la de la Tierra. En términos generales, para funcionar, los sistemas técnicos requieren únicamente el suministro de electricidad, mientras que al hombre hay que abastecerle de una gran variedad de productos alimenticios. Por otra parte, mientras funcionan los sistemas técnicos sólo expiden calor; en cambio, el hombre ha menester de un dispositivo de evacuación de desperdicios.

Por último, los sistemas técnicos pueden funcionar bajo un amplio abanico de aceleraciones, desde la gravedad cero o ingravidez hasta varias veces la aceleración de la gravedad de un cuerpo en caída libre cerca de la Tierra. En cambio, los seres humanos precisan de medidas de protección especiales para que su organismo no sufra daños graves que pueden incluso ocasionar la muerte.

EL CÓDIGO DEL COSMONAUTA

Pese a los esfuerzos de los constructores de los vehículos espaciales para garantizar su fiabilidad y a las múltiples pruebas a que se le somete, está claro que todo viaje por el espacio está expuesto a un riesgo considerable. Sabemos que no todas las tripulaciones logran regresar.

Todo el mundo tiene presente el factor riesgo, tanto los responsables en tierra como los que participan en el vuelo espacial. Antes de despegar, la conciencia del peligro engendra en el cosmonauta una inquietud y una tensión psicológica intensas, como bien sabía Serguei Korolev, el hombre que construyó los primeros misiles y vehículos espaciales soviéticos. Recuerdo precisamente el consejo que daba a quienes aspiraban a ser cosmonautas. Insistía en que participar en un vuelo espacial era una decisión puramente voluntaria y en que si alguno de nosotros llegaba a la conclusión de que no podría dominar el miedo y dudaba de su éxito, lo mejor que podía hacer era reconocerlo francamente, hasta en el último instante antes del despegue. En ese caso se le sustituiría

A la derecha, la primera salida de una mujer al espacio: el 25 de julio de 1984 Svetlana Savitskaia trabajó fuera de la estación espacial Saliut 7, a más de 300 km de la Tierra.





y se aplazaría el vuelo, sin que se le recriminara por ello su conducta.

A decir verdad, Korolev estaba poniendo así los cimientos de un “código del cosmonauta”. El pensaba que lo primero era el ser humano y que el aplazamiento de un viaje espacial era un precio pequeño que pagar comparado con el peligro que podía representar un cosmonauta paralizado por el miedo e incapacitado para actuar de manera adecuada. Por fortuna, la historia de los viajes espaciales no registra ningún caso de negativa semejante.

De todos modos justo antes del despegue se observa en todos los cosmonautas una aceleración del pulso, síntoma indefectible de tensión psicológica. Si el vuelo se desarrolla normalmente y todos los aparatos funcionan como se debe, esa tensión disminuye gradualmente. Pero ¿qué ocurre cuando surge algo inesperado que pone en peligro la vida de los tripulantes?

Todos recordarán el vuelo del *Apolo 13* norteamericano durante el cual se produjo una explosión en la nave espacial cuando se dirigía hacia la Luna, con la consiguiente tensión dramática que ello originó a bordo. Se recordará el coraje de la tripulación y el heroico trabajo realizado por el centro de control gracias al cual pudo evitarse el desastre. Los cosmonautas sobrevivieron al gravísimo accidente y volvieron a tierra, pero grande fue el precio que psicológicamente tuvieron que pagar ellos mismos, sus familias, el centro de control y los millones de telespectadores que siguieron los acontecimientos en un estado de ansiedad casi insostenible.

AQUEL DÍA EN QUE ROCÉ LA MUERTE

Yo mismo hube de pasar por una experiencia semejante en 1979, al mando de una tripulación espacial soviético-búlgara. Gueorgui Ivanov y yo despegamos a bordo de *Soyuz 33*, una nave espacial de transporte, con la misión de acoplarnos a la estación orbital *Salut 6* y de llevar a cabo una serie de tareas de investigación durante varios días.

El vuelo transcurrió sin el menor signo de anomalía, pero cuando nos hallábamos a unos dos kilómetros de la estación espacial, en el momento de poner en marcha el motor principal para maniobrar, oímos una fuerte detonación en la parte trasera de la nave, la cual se

estremeció violentamente, perdió estabilidad y empezó a dar tumbos sin control.

No voy a entrar en los detalles técnicos del percance; baste decir que se había producido un grave fallo del motor principal, lo que no sólo hacía imposible nuestro acoplamiento con la estación espacial sino que reducía a casi nada las probabilidades de volver a la Tierra.

Gueorgui y yo pensábamos que sólo un milagro podría salvarnos... y el milagro ocurrió. Quizá se debió a la destreza del personal del centro de control y a la excelente factura del motor de reserva; pero ni él ni yo pudimos desear la idea de que ciertas fuerzas sobrenaturales habían acudido en nuestra ayuda. De algún modo, durante las diecisiete horas que permanecemos en órbita esperando, tuvimos la certidumbre que no habría milagro para nosotros. Les aseguro que no fueron, ni de lejos, las diecisiete horas más agradables de mi vida.

Hay quienes sostienen que en el futuro podrá reducirse el factor riesgo y deploran el carácter frío e inhumano de los vuelos espaciales no tripulados. Pero el hecho es que hay cosmonautas que siguen perdiendo la vida y que el dolor de las familias es algo intolerable; de ahí que en las circunstancias presentes parezcan infinitamente preferibles los vuelos no tripulados. Los riesgos nunca desaparecerán totalmente. Resulta sobremanera difícil preservarse contra el peligro de las radiaciones y los meteoritos y aun más contra la amenaza de la poderosa atracción gravitatoria de los posibles “agujeros negros”.

A TRAVÉS DEL ESPEJO DE LA FÍSICA

Vivir en estado de ingravidez equivale a vivir en los límites de la resistencia humana. Se tiene la sensación de haber penetrado en un antimundo, de haber pasado a través del espejo de las leyes de la física. Uno siente como si caminara cabeza abajo y como si la sangre se hubiera estancado en las venas. Son muchos los cosmonautas que han experimentado la pérdida del sentido de orientación: la impresión de que se tiene la espalda pegada al techo o la cabeza hacia abajo. La primera experiencia de la ingravidez es siempre desagradable, pero al cabo de unos días resulta menos penosa. De todos modos, ese proceso de adaptación continúa: cuanto más tiempo se permanece en estado de ingravidez,

Cosmonautas en plena actividad: a la izquierda en la estación orbital *Mir*, a la derecha en la nave espacial *Soyuz T-6*.

AREA VERDE

EL CORREO DE LA UNESCO - ENERO 1993



EDITORIAL

Defender el papel por France Bequette

En los países industrializados hay 3,3% de analfabetos; en los países en desarrollo, 35% y en los 47 países menos adelantados, 60%. Unos 130 millones de niños de 6 a 11 años de edad no están escolarizados en los países en desarrollo, cifra que aumenta a 277 millones en el grupo de edad de 12 a 17 años. Existen en el mundo 44 millones de maestros que se dedican a la educación formal, a los que se suman los millones de personas que, por diversos conceptos, comunican su saber de manera informal. Todos tienen necesidad de textos escritos para impartir conocimientos; la educación y la cultura precisan libros, revistas, periódicos.

Ahora bien, el papel solamente representa entre el 30 y el 50% del costo de edición, porcentaje que llega a un 60% en los países en que la industria papelera es aun incipiente. Para los países no industrializados es muy difícil abastecerse de papel, sobre todo porque la terminología empleada por los especialistas es demasiado compleja.

Numerosos usuarios del Sur solicitan que se les ayude a formular los pedidos (por lo general al extranjero) y a procurarse papel "cultural" reservado para las finalidades más nobles: libros y periódicos. En Jamaica y en la República Dominicana se ha fundado el Club de Usuarios de Papel. Comprar al por mayor y en rollos, y no en hojas, permite disminuir el precio de costo. En la República Unida de Tanzania los pequeños y medianos impresores y editores se han unido para colaborar entre sí y aumentar su autonomía. Se ha publicado un *Manual de usuarios de papel* y está prevista la realización de cursos de formación en el terreno para los editores.

Para fomentar la alfabetización y el derecho a la cultura y para defender un cierta idea de la comunicación, es indispensable defender el papel. ■

25 Editorial

26 De todas las latitudes

Tema

28 ► El papel, un tesoro que hay que preservar
por France Bequette

30 ► La silvicultura, un motivo de esperanza para los agricultores kenianos
por Jane Stevens

32 A lo largo de los siglos
Origen del Sol



LO QUE EL VIENTO SE LLEVÓ

En Estados Unidos, el país más adelantado en este campo, la energía eólica tuvo en los años ochenta un desarrollo anárquico. Tras haber perdido prestigio como fuente de energía, el viento vuelve ahora con renovados bríos. Las máquinas actuales, considerablemente perfeccionadas y equipadas con turbinas eficientes, son relativamente sencillas y poco onerosas; el costo de producción por kilovatio/hora dis-

minuye constantemente. En ese país, la electricidad de origen eólico suministra ya 1.600 megavatios (el equivalente al consumo doméstico de una ciudad como San Francisco). Pero es en Europa, sobre todo en Alemania, Dinamarca y los Países Bajos, donde el programa de desarrollo de esta energía limpia y renovable está progresando con más rapidez. ■

¡VIVA LA PRESA DE ASUÁN!

Mientras los ecologistas protestan de manera cada vez más violenta contra las presas, y cuando se ha hablado pestes de la de Asuán, Asit K. Biswas, ex presidente de la Asociación Internacional de Recursos de Agua, se refiere a ella positivamente: "El

enorme costo que supuso su construcción se amortizó en menos de dos años gracias al aumento de la producción agrícola e hidroeléctrica. Su valor económico para el país quedó demostrado a raíz de varios años de sequía persistente y de inundaciones potencialmente catastróficas. Aunque su construcción provocó algunos problemas ambientales, como la erosión del lecho del río y el impacto negativo en la pesca, éstos en definitiva han sido menos graves de lo previsto. Algunas consecuencias, como el aumento de las enfermedades transmitidas por el agua, se deben más bien a una falta de higiene." La presa, a su juicio, ha contribuido en gran medida al desarrollo socioeconómico de Egipto. ■



LOS NORTEAMERICANOS EN LAS COSTAS

Entre 1940 y 1990 la población de Estados Unidos ha aumentado más a lo largo de las costas, sobre todo a orillas del Atlántico y del Pacífico, que en el interior del país. En 1990 cerca de la mitad de los norteamericanos vivían a menos de 80 kilómetros de los océanos. Este crecimiento demográfico acarrea necesariamente un desarrollo de esas regiones y constituye una amenaza contra la vida salvaje y los ecosistemas particularmente frágiles. Ahora bien, el fenómeno se generaliza: un 60% de los habitantes del planeta viven ya en una franja litoral de 60 kilómetros de ancho. De acuerdo con las previsiones de las Naciones Unidas, en el año 2000 las tres cuartas partes de la población mundial estarán concentradas en las costas. ■

LA EXPLOTACIÓN DE LAS MINAS ENSUCIA EL PLANETA

En su tratado sobre los minerales, *De re metallica*, publicado en 1556, el geólogo alemán Georgius Agricola escribe: "La explotación minera devasta los campos (...) Se talan los bosques, pues se necesita una cantidad infinita de leña para las vigas, las máquinas y las fundiciones de metales. Y cuando se derriban los bosques, se exterminan los pájaros (...) Además, después del lavado del mineral el agua utilizada contamina ríos y arroyos y envenena o hace huir a los peces." Actualmente hay proyectos mineros que amenazan casi la mitad de los parques nacionales en los trópicos. La fundición de metales libera anualmente en la atmósfera millones de toneladas de dióxido de azufre y de otros contaminantes. Es responsable de la esterilización de más de 10.000 hectáreas y de gran parte de las lluvias ácidas del globo. Curiosamente se guarda un riguroso silencio acerca de los efectos de esta actividad humana. No será fácil frenar la bulimia de metales del mundo de la industria, pero seguramente habrá que vigilarla. ■



¿ES POSIBLE VIVIR EN LOS BARRIOS DE VENEZUELA?

Venezuela es el país de Sudamérica con el ritmo más elevado de urbanización. En los años setenta y ochenta, los venezolanos, atraídos por los beneficios del petróleo, emigraron masivamente a las ciudades. Y empezaron a hacinarse en los barrios pobres que se desarrollan en la periferia de las ciudades. Constituidos por viviendas precarias, construcciones anárquicas que se da en llamar hábitat espontáneo, el número de barrios se ha duplicado de 1978 a esta parte. Los habitantes pertenecen a los grupos más desfavorecidos y no se les reconoce ningún derecho sobre los terrenos que ocupan. El préstamo de 40 millones de dólares otorgado por el Banco Mundial al FUNDACOMUN, el organismo descentralizado encargado de la rehabilitación de esos barrios, servirá para mejorar la calidad de vida de sus pobladores. Para obtener la participación de éstos, se ha previsto donarles las tierras que ocupan. ■

¿UNA POLÍTICA DEL MEDIO AMBIENTE EN EL CAMERÚN?

AMIGOS DEL PLANETA, AMIGOS DE LOS ÁRBOLES

En Lomé, Togo, ha nacido un grupo de *Amigos de la Tierra*. Con ayuda de la organización no gubernamental *Solidarité Forêt*, los togoleses han plantado árboles. Pequeños perímetros de eucaliptus para suministrar leña a los habitantes de la región de Klotó, viveros de teca para luchar contra la desertificación. Lo original es que un vivero produce 15.000 plantas de especies variadas, destinadas a dar sombra en calles, plazas y jardines. ■

Suele decirse que el Camerún es una réplica en miniatura de África. Todos los climas y todos los suelos están representados en ese país. Ahora bien, el país se enfrenta con múltiples problemas: desertificación del norte, contaminación marina en el sur, explotación anárquica de los bosques, desechos industriales y domésticos que se amontonan. En abril de 1992, con motivo de la Cumbre de la Tierra en Río, el gobierno camerunés se dota de un ministerio del medio ambiente y de los bosques. Se encarga entonces a un grupo de reflexión internacional que proponga una política global al nuevo ministro. Una misión multidisciplinaria visita el país en septiembre de 1992. Su finalidad es no confor-

marse con buenos deseos sino proponer acciones concretas y entablar los contactos necesarios para asegurar su financiación. Una experiencia de gran envergadura que resultará apasionante observar. ■



EL PAPEL, UN TESORO QUE HAY QUE PRESERVAR

por France Bequette

EL papel, con el que estamos perfectamente familiarizados, y tal como lo conocemos hoy en día, es un invento reciente. Durante cuatro mil años el papiro es empleado por las civilizaciones de las costas del Mediterráneo. En su *Historia Natural*, Plinio el Viejo, el escritor latino, hace la siguiente descripción: “Se prepara el papel dividiendo con una aguja el papiro en tiras muy delgadas, pero lo más anchas posible. Estas se extienden sobre una mesa inclinada, humedecida con agua del Nilo, y luego

se posan otras encima, transversalmente, formando una trama, se presan y así surge una hoja que se seca al sol.” El papiro aparece oficialmente por última vez en 1057. El pergamino, una piel de animal, lo reemplaza, pero es caro.

Las primeras hojas de papel, es decir una materia más suave, que se fabrica entrelazando pequeñas fibras de celulosa, nacen en China, en Cantón, 123 años antes de la era cristiana. Tsai Lun, en ese entonces ministro de agricultura, recomienda la utilización de corteza de morera y bambú para obtener una hoja flexible y lisa. En 751 los prisioneros chinos, capturados en Samarcanda por los árabes, inician a estos últimos en dicha técnica. En 794 se fundan fábricas en Bagdad y luego en Damasco. Se le encuentra más tarde en Alejandría, Trípoli, Túnez, Fez, Valencia, Palermo, Génova, Siena y Fabriano. El papel árabe se confecciona con trapos (sobre todo de lino), triturados entre dos muelas.

Durante mucho tiempo, en Europa, “el trapo —escribe el historiador Georges Detersannes— constituirá la materia prima indispensable para la fabricación del papel. Su relativa abundancia, junto con la de agua, será la razón decisiva de la implantación del arte de la papelería en determinadas regiones.” Hasta el siglo XVIII, hay mercaderes que recogen los trapos y los clasifican: el precio de los blancos es el doble del de los negros. Y hasta esa época se blanquean las hojas extendiéndolas sobre un prado. A partir de la segunda mitad del siglo XVIII se emplea cloro, que posteriormente se mezcla con lechada de cal. La utilización de este cloruro de cal se ha generalizado y es ahora universal. En la misma

época los trapos fueron reemplazados por madera.

Al servicio de los bosques

“La industria papelera favorece el desarrollo y la buena gestión de los bosques”, afirma Francis Cailliez, especialista en investigaciones forestales. Esta postura va a sorprender tal vez a quienes consideran que producir papel significa destruir los árboles. “Un hermoso bosque es un bosque administrado y mantenido.” Cortar un árbol es una necesidad, cuando éste ha alcanzado la madurez, para permitir que prosperen los árboles más jóvenes. La tala “de despeje” proporciona madera para la construcción y obras de carpintería. Las copas de los árboles y las ramas pasan a ser leña o pasta de papel. Los bosques enfermos, pequeños o irregulares pueden también ser muy útiles a tal efecto. “Las dos principales amenazas que se ciernen sobre los bosques son las catástrofes naturales y los grandes incendios. Vienen después la agricultura itinerante y el pastoreo. Mucho más lejos se sitúa la explotación maderera”, prosigue Francis Cailliez, que ha consagrado veinte años al estudio de los bosques tropicales. Lo que los amenaza no es el papel sino más bien la explotación anárquica.

Existen en el mundo tres grandes regiones forestales: la Amazonia, el Sudeste Asiático y el África central. En las dos primeras se observan ejemplos de deforestación mal controlada. La depresión de África central, que representa 500 millones de hectáreas, comprende el Camerún, el Gabón, el Zaire, la República Centroafricana y el Congo. ¿Su suerte? Estar poco

De la madera al papel. Troncos apilados para el transporte, en medio de un vivero, de plantas jóvenes y de árboles adultos de un bosque de Noruega. Abajo, una montaña de viruta en una fábrica de papel en Francia.





Un técnico supervisando la preparación de la pasta de papel.

poblada. En efecto, un fuerte crecimiento demográfico es enemigo de los bosques, no sólo a causa de la extracción de madera para leña y del desarrollo de la agricultura, sino también del pastoreo de los animales que cría para sobrevivir. No es de extrañar, entonces, que en una región abandonada por sus habitantes se regeneren los bosques. Así ha ocurrido, por ejemplo, en las sabanas costeras del Gabón, superpobladas en un momento dado y donde casi no existe actividad humana en la actualidad.

El Canadá y los países escandinavos, que se especializan en la producción de pasta de papel, poseen bosques muy bien administrados. El bosque artificial más grande de Europa, el de pinos marítimos que ocupa más de un millón de hectáreas en las Landas, en el sudoeste de Francia, abastece tres papeleras instaladas en la región. A fin de aumentar la rentabilidad de la madera, los científicos trabajan para obtener el mejor de los pinos, es decir un pino que crezca rápido, derecho, sin demasiadas ramas y sea resistente a la sequía, las heladas, las enfermedades, los insectos y los hongos. Los esfuerzos realizados han dado frutos. Hacían falta sesenta y cinco años para obtener un árbol

hermoso. Pronto van a bastar cuarenta. El bosque landés ha logrado duplicar su producción entre 1962 y 1987, pasando de 4,7 m³ a 9 m³ por hectárea y por año.

Eucaliptos y papeles viejos

Sin embargo, como escribe Francis Cailliez, "en materia de plantación de bosques, el conflicto que existe a veces entre los poseedores de especies locales y los poseedores de especies introducidas parece calmarse. La idea que predomina es que se precisa un esfuerzo de plantación sin precedentes a fin de atenuar la presión sobre las formaciones naturales, almacenar carbono, satisfacer las necesidades de madera y de otros productos forestales de la población y producir bienes exportables (...) Trátese de leña, de madera para obras o de la destinada a la fabricación de papel, lo cierto es que la importancia de las especies exóticas (en particular el eucalipto, a menudo desacreditado) parece ahora haberse reconocido. El eucalipto, que se ha adaptado muy bien a la sabana costera del Congo, cerca de Pointe Noire, llega a la madurez al cabo de siete años. La calidad de su fibra es muy adecuada para la fabricación de papel. Por eso hay plantaciones intensivas de euca-

lipto no sólo en el Congo, sino también en el Brasil y en el Sudeste asiático. Por otra parte, prosiguen las investigaciones para fabricar papel a partir de la paja.

¿Pero no es más sencillo hacer papel con... papel? Europa, que produjo cerca de 32 millones de toneladas de pasta de papel virgen en 1991, consumió más de 25 millones de toneladas de papeles usados. Casi el 50% del papel consumido es papel reciclado, proporción que se mantiene en el papel empleado para fabricar periódicos. Una hoja de papel tolera siete reciclados. Pero una buena recuperación depende ante todo de la calidad de la selección. Son los ciudadanos los que tienen que habituarse a arrojar los papeles viejos en los contenedores previstos a tal efecto, que han empezado a proliferar en ciudades y pueblos. Un pequeño gesto muy simple que evitará desperdiciar este soporte irremplazable de lo escrito. ■

FRANCE BEQUETTE,
periodista francoamericana
especialista en problemas
ambientales, contribuye desde 1985
al programa WANAD-Unesco de
formación de periodistas africanos
de agencias de prensa.

LA SILVICULTURA, UN MOTIVO DE ESPERANZA PARA LOS AGRICULTORES KENIANOS

por Jane Stevens

WELLINGTON Ojuok, de 67 años, pequeño agricultor de Maseno, en las tierras altas de Kenya, menea la cabeza contemplando esos inhabituales cultivos en los que largas hileras de plantas jóvenes de maíz alternan con hileras de arbolitos tupidos.

“El maíz crece mejor en compañía de los árboles, pero la poda de éstos últimos representa un enorme trabajo. Espero los próximos resultados antes de seguir plantándolos en todas mis parcelas”, dice señalando hacia las seis hectáreas de maíz que se extienden más abajo.

Frente al Lago Victoria, a escasos metros del ecuador, Ojuok y otros 51 agricultores de la región están aplicando desde hace dieciocho meses un método de cultivos asociados destinado a mejorar los suelos. En sus plantaciones de maíz han intercalado hileras de legumi-

nosas, que presentan la ventaja de fijar el nitrógeno del aire en la tierra, lo que favorece a las plantas vecinas.

Dos o tres veces al año, los agricultores cortan las ramas más frondosas de los árboles y esparcen las hojas por el suelo, alimentando con este abono vegetal sus plantaciones de maíz. Las hojas, al descomponerse, desprenden nitrógeno y otros elementos fertilizantes que las raíces de los árboles extraen de las profundidades de la tierra. Ricas en proteínas, constituyen además un buen forraje y proporcionan combustible para la cocina.

Esta experiencia, que se lleva a cabo en docenas de localidades africanas, forma parte de un esfuerzo internacional para desarrollar y difundir técnicas agroforestales —asociando la silvicultura con la agricultura y la cría de ganado— capaces de detener la degradación de las tierras agrícolas y del medio ambiente.

Los agricultores kenianos, como muchos de sus colegas africanos, tienen que luchar contra el empobrecimiento de los suelos y la disminución de sus rendimientos. Anualmente desaparecen 25 millones de toneladas de tierra vegetal. Tiempo atrás, Ojuok y los demás agricultores de la región no tenían que preocuparse de la fertilidad de los suelos pues disponían de tierras suficientes para dejarlas en barbecho, así como para la cría de ganado vacuno que producía el abono animal necesario para sus cultivos. Pero con el aumento de la población el tamaño de las explotaciones se ha ido reduciendo.

“No hay bastante tierra para la práctica del barbecho, ni para la cría de animales productores de abono”, declara Eva Ohlsson, agrónoma de la estación experimental de Maseno, donde investigadores del Consejo Internacional para la Investigación en Agrosilvicultura (CIRAF) colaboran con sus homólogos de institutos agroforestales kenianos.

La agrosilvicultura pasó a ser una rama de la agricultura en los años setenta, cuando se advirtió que la mayoría de los pequeños agricultores más pobres quedarían al margen de la Revolución Verde. Sin recursos suficientes para comprar plaguicidas o regar sus campos, estaban condenados a procurarse un magro sustento de tierras cada vez más infecundas. Los métodos de agrosilvicultura representaban para ellos la posibilidad de una producción duradera de cultivos comestibles, de forraje, de materiales de construcción y de combustible.

Desde su creación en Nairobi, en 1973, los agrónomos del CIRAF han recorrido el Africa, la India, el Sudeste Asiático y América Latina para conocer de primera mano los problemas de los agricultores y

Tras una deforestación masiva sólo algunos árboles, con los días contados, perduran en este paisaje devastado de los alrededores del lago Nakuru, en Kenya.





Campos de labranza en las tierras altas del Kisi, en el noroeste de Kenia.

buscar soluciones que pudiesen aplicarse en otras regiones. En la estación experimental de Maseno se plantaron árboles del mundo entero para determinar qué especies se adaptarían mejor a las condiciones locales. Una variedad originaria de México y mejorada en China demostró ser particularmente apropiada. Su acción fertilizante sobre el suelo aumentaba el rendimiento del maíz de manera tan espectacular que en 1990 se decidió tentar la experiencia durante cuatro años en las plantaciones de la región, con

un financiamiento de la Fundación Rockefeller.

Pero ciertas experiencias concluyentes en laboratorio pueden serlo menos en la realidad. Los investigadores del CIRAF advirtieron que los campesinos, que no podían darse el lujo de disminuir su producción, reservaban a los árboles las parcelas menos fértiles y que algunos de éstos quedaban sin podar más tiempo del conveniente, pues las mujeres, que en Africa realizan la mayor parte de las labores agrícolas, estaban recargadas de tareas domésticas.

El combate de Ojuok

En las tierras de Ojuok las vacas desdeñan las hojas de las leguminosas. En otras partes sucede lo contrario: el ganado y los animales salvajes son tan aficionados a ellas que devastan las plantaciones. Pese a las dificultades que le causan sus animales, Ojuok reconoce que los árboles frenan la erosión de los suelos.

Pero aunque la agrosilvicultura consiga devolver a las tierras su fertilidad y permita su cultivo ininterrumpido sin agotarlas, no resuelve todos los problemas. Las tierras de Serfina Ouko, por ejemplo, están muy deterioradas por la erosión y los hábitos inadecuados de cultivo: "No estoy seguro de que nuestros métodos basten para mejorarlas", afirma Rob Swinkels, un agroeconomista del CIRAF, ante el espectáculo desolador de las plantas de maíz raquíticas y los árboles cloróticos.

En Kenia, 60% a 70% de la producción alimentaria del país está en manos de 16 millones de pequeños agricultores. Ojuok, que los representa bien, prefiere esperar una estación o dos para pronunciarse acerca de las ventajas y los inconvenientes de la agrosilvicultura. Las ganancias que obtendrá de la cosecha de maíz y los beneficios adicionales deberán compensar la ocupación del terreno por los árboles y el esfuerzo suplementario que exige su poda. Pero a la larga, lo que está en juego es la supervivencia de las pequeñas explotaciones agrícolas y el abastecimiento de poblaciones enteras. ■

JANE STEVENS

es una escritora y periodista especializada en temas científicos y tecnológicos.

El tiempo de los sueños (1985), pintura del artista aborigen australiano Gideon Tjupurra.



ORIGEN DEL SOL

Un cuento de los aborígenes de Australia

DURANTE mucho tiempo no hubo sol, solamente la luna y las estrellas. Fue antes de la aparición del hombre en la Tierra. No vivían en ella más que cuadrúpedos y pájaros, varias veces más grandes que los de hoy día.

Un día Dinewan [el emú] y Brälgah [la grulla de Australia] estaban en una gran llanura cerca del río Murrumbidgee. Reñían violentamente. Furibundo, Brälgah corrió al nido de Dinewan, se apoderó de uno de los huevos que se hallaban en él y lo arrojó con todas sus fuerzas hacia el cielo. El huevo estalló contra un montón de leña, que prendió fuego al entrar en contacto con la yema; y esa llama iluminó el mundo inferior, para gran sorpresa de todos los seres vivientes, que, habituados hasta entonces a una semioscuridad, quedaron enceguecidos por el resplandor.

Un Espíritu bondadoso que vivía en el cielo vio a la luz de esa llama cuán brillante y hermosa era la Tierra. Pensó que sería bueno encender un fuego como ése todos los días. Y fue lo que hizo desde entonces. Durante la noche él y sus ayudantes recogen leña, y cuando el montón es bastante grande envían al Lucero del Alba para anunciar a los de la Tierra que el fuego va a encenderse muy pronto.

(...)

Cuando los espíritus encienden el fuego, éste no desprende mucho calor. Pero hacia el mediodía, cuando toda la hoguera está en llamas, calienta terriblemente. Después se apaga poco a poco hasta la noche y no quedan más que algunas brasas, que se van consumiendo, salvo algunas que los Espíritus cubren de nubes para volver a encender una nueva hoguera al día siguiente. ■

■ Esta página está tomada de un antología titulada *Compagnons du soleil*, coeditada por la UNESCO, las ediciones de *La Découverte* (París) y la Fundación para el Progreso del Hombre. La dirección de esta obra estuvo a cargo del historiador africano Joseph Ki-Zerbo, con la colaboración de Marie-Josèphe Beaud.

más profundo es el proceso, hasta "asimilar" esa ausencia de gravedad y sentirse perfectamente cómodo. Pero esa adaptación está lejos de ser buena para el ser humano. Si un individuo vuelve a la Tierra en ese estado, el resultado puede ser la muerte.

Los biólogos tienen plena conciencia del problema. Saben, en efecto, que no debe permitirse que el organismo humano se acostumbre a la situación de ingravidez. Para conseguirlo el cosmonauta tiene que realizar un programa de ejercicios físicos durante toda su estancia en el espacio. De ahí que en las estaciones orbitales haya que instalar salas especiales con ese fin.

HIJOS DE LA TIERRA

Después de más de treinta años de experiencia, estamos en condiciones de evaluar las repercusiones psicológicas que acarrea el hecho de ser arrancado de la Tierra y del resto de la humanidad para encontrarse solo, cara a cara con el infinito. El único punto de apoyo que prácticamente queda en tal situación es la nostalgia de la Tierra. Una larga estancia, de varios meses, en el hermético mundo de una estación espacial entraña para el hombre que ha de soportarla una pesada carga psicológica, cuyos efectos a largo plazo es imposible calibrar por ahora.

Los "terrófilos" sostienen que los seres humanos son hijos de la Tierra y que, por consiguiente, no pueden vivir más allá de sus confines. Incluso quienes son favorables a los vuelos tripulados se muestran ahora más circunspectos en sus opiniones y no afirman ya que la presencia del ser humano en el espacio sea enteramente positiva. No obstante, siguen defendiendo la idea de que no queda más alternativa. A diferencia del robot, afirman, el hombre puede pensar y reaccionar ante fenómenos o circunstancias imprevistos. El ser humano es hoy el más perfecto de los robots y sus manos son capaces de realizar complicadas tareas a las que ningún "hombre mecánico" puede hacer frente. Son innumerables los ejemplos de delicados trabajos de reparación efectuados durante los vuelos espaciales por los cosmonautas, que tendrán un papel que desempeñar en el espacio mientras sigan siendo hasta cierto punto insustituibles.

¿No convendría entonces limitar el tiempo que el ser humano puede permanecer en el espacio? Tal vez debamos optar por las estaciones orbitales que las tripulaciones espaciales visitarían de cuando en cuando sólo por breves periodos durante los cuales llevarían a cabo las reparaciones necesarias, volviendo después a la Tierra con los resultados de las investigaciones y los objetos fabricados en el espacio.

UN ESPACIO SIN HOMBRES

Mi opinión es que, por el momento, podríamos prescindir de los viajes espaciales tripulados. Por lo que atañe al futuro, pienso que se alcanzará un compromiso entre quienes propugnan la solución de "un espacio sin hombres" y quienes alegan que "las colonias espaciales son

la única respuesta a los problemas que se plantean a la Tierra".

¿Y qué ocurriría si, cosa que no es inverosímil, uno de nuestros vehículos espaciales diera con una u otra manifestación de inteligencia extraterrestre en un vuelo espacial a partir de la Tierra? Sólo los seres humanos serían capaces de experimentar y apreciar esa presencia. Así pues, si hubiera que dar prioridad a los vuelos con tripulación, sería con la mira puesta en detectar y escuchar las "voces inteligentes" que existan en el universo.

En todo caso, no cabe duda de que la era de los vuelos espaciales tripulados iniciada hace unos tres decenios no ha concluido. Centenares de hombres y mujeres aceptarán correr los riesgos y llevar a cabo las arduas tareas inherentes a la gran aventura. La curiosidad que anida en la naturaleza humana continuará siempre llevándonos más lejos, hacia lo desconocido. ■

Yuri Gagarin (1934-1968), el primer hombre que realizó un vuelo espacial, durante una visita a la sede de la Unesco en 1963.



El océano desde el cielo

por Ian S. Robinson

La oceanografía por satélite ha revolucionado nuestro conocimiento del medio ambiente y del clima.

PESE a que ocupa más del 70% de la superficie de nuestro planeta, el océano es la parte menos conocida de éste. El lanzamiento en órbita de satélites de observación de la superficie del mar ha facilitado a los oceanógrafos un medio extraordinario para conseguir una nueva visión del océano.

La oceanografía por satélite se inició verdaderamente en 1978 con el lanzamiento de tres satélites, *Tiros*, *Nimbus-7* y *Seasat*, todos ellos equipados con instrumentos de observación del océano. Los dos primeros eran fundamentalmente satélites meteorológicos, pero la finalidad de *Seasat* era la teledetección marina y llevaba a bordo sensores de microondas en todas las condiciones atmosféricas.

Los oceanógrafos, que sólo contaban antes con las observaciones que se podían hacer desde boyas y buques, tienen ahora además la posibilidad de estudiar la superficie del mar desde arriba; gracias a ello se han descubierto algunas nuevas y fascinantes peculiaridades del medio marino. Más importante aun es el hecho de que los científicos pueden efectuar en la actualidad mediciones que permiten comprender la influencia de los océanos en el medio ambiente y el clima mundiales.

LAS VENTAJAS DE LOS SATÉLITES

Los satélites proporcionan tres tipos de información que no podían obtenerse con los métodos de observación convencionales:

* A partir de un solo detector, facilitan información global (series de datos) a lo largo de varios años. Para estudiar los cambios de los océanos mundiales de otro modo se precisaría un gigantesco arsenal de instrumentos *in situ*.

* Gracias a ellos se obtiene una visión sinóptica instantánea de una vasta zona de la superficie del mar. Como en éste se registran cambios incesantes, los métodos corrientes de estudio desde buques no permiten descubrir la distribución real en cada instante de las variables marinas (la temperatura, por ejemplo).

* Algunos tipos de mediciones, como los patrones de la agitación de la superficie del mar, sólo pueden efectuarse hoy por hoy recurriendo a la teledetección.

Pueden así medirse cuatro propiedades básicas del mar: la agitación de la superficie, la inclinación (habitualmente unos cuantos centímetros por cada cien kilómetros), la temperatura y el color. Las tres primeras están asociadas con la superficie misma, en tanto que el color es el de los últimos metros de la capa superior.

Las técnicas de la oceanografía por satélite han venido perfeccionándose constantemente desde 1978 y cumplen en la actualidad una función muy importante en los programas oceanográficos. Los oceanógrafos han ideado técnicas gracias a las cuales a partir de las cuatro mediciones básicas es posible obtener variables oceanográficas de mayor interés.


Una ventaja fundamental de la teledetección es que permite deducir las condiciones subacuáticas a partir del efecto que ejercen en la radiación electromagnética que emite o refleja la superficie del mar. Es necesario para ello conocer los procesos físicos que se producen en las capas superiores del océano.

Por ejemplo, la medición del color del mar desde los satélites no es en sí de gran utilidad, pero tienen importancia algunos de los factores que influyen en el color. La asociación de la clorofila con el fitoplancton que hay en el agua marina modifica la proporción de azul y verde. Así, gracias a la combinación de análisis teóricos con experimentos de calibración muy bien preparados se han conseguido procedimientos para interpretar el color del océano en función de la clorofila presente en los últimos metros más próximos a la superficie. Igualmente, aunque con menos seguridad, se puede relacionar el color con los sedimentos suspendidos en el agua, y en aguas poco profundas, con la profundidad del mar.

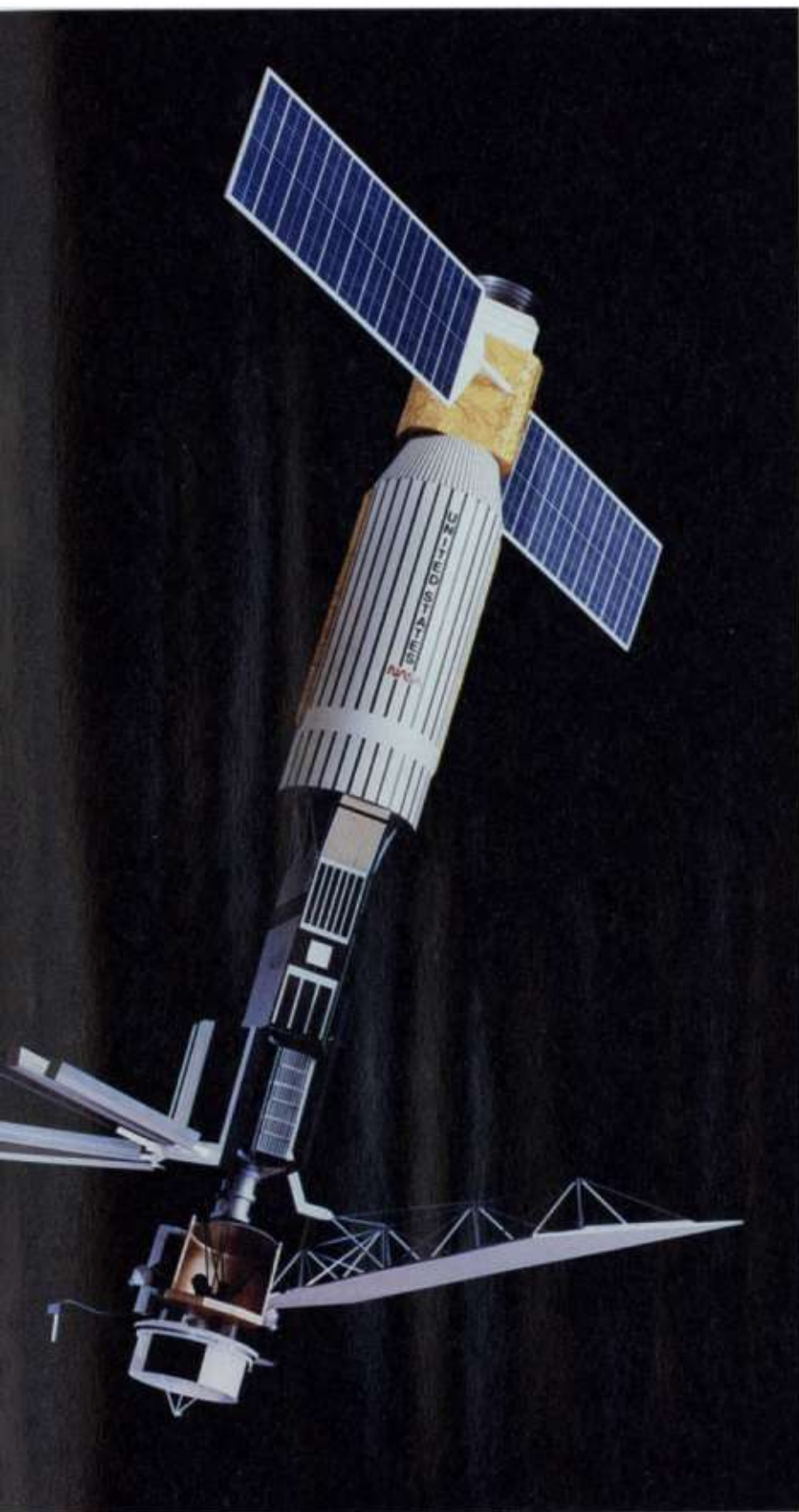
PRINCIPALES DETECTORES

Se usan varios tipos de detectores para observar el océano desde el espacio; esos detectores utilizan la radiación electromagnética en la región del espectro visible, térmico, de infrarrojos y de microondas para transmitir información al satélite.

Algunos de los detectores con que están equipados los satélites oceanográficos son



El satélite oceanográfico *Seasat-A* proporciona datos meteorológicos, cartografía los campos de hielo, mide las corrientes y las mareas, así como los movimientos de la superficie oceánica.



pasivos, esto es, son radiómetros que detectan la radiación natural del mar o la luz solar reflejada por éste. Otros instrumentos son activos: los radares que emiten su propia radiación de microondas.

Un radar de apertura sintética (SAR), por ejemplo, genera una imagen cuya luminosidad corresponde a la cantidad de energía de

microondas reflejada por la superficie del mar, que depende totalmente de las condiciones de ésta: su agitación, orientación, propiedades eléctricas y movimiento. Las microondas sólo logran penetrar unos cuantos milímetros por debajo de la superficie, pese a lo cual las imágenes del radar pueden revelar con gran precisión características tales como la ondulación interna o incluso la topografía del fondo del mar a muchos metros de profundidad.

El altímetro es otro interesante instrumento que funciona como un radar y puede medir el nivel del mar, y por consiguiente su inclinación, con una precisión de escasos centímetros. Así, gracias a la altimetría, es posible determinar la variabilidad de las corrientes oceánicas en todo el mundo y medir la magnitud de los remolinos marinos en vastas zonas de mares tan inhóspitos como los mares del sur.

El nivel se mide cronometrando el tiempo en que un impulso va desde el satélite hasta el mar y viceversa. El examen de la configuración del impulso devuelto permite deducir la agitación del mar. Por tanto, el altímetro registra en todas las condiciones atmosféricas la altura de las olas, parámetro que reviste gran importancia para la navegación.

El dispersómetro es un radar que permite observar mayores extensiones. La intensidad media de las microondas difundidas desde la superficie y recogidas por un radar de observación oblicua sirve para medir la agitación del mar provocada por el viento. De este modo el detector permite medir los vientos de superficie en vastas regiones del mar a las que no llegan los buques meteorológicos. Los pronósticos meteorológicos pueden afinarse incorporando esos datos en los modelos correspondientes. Este y otros tipos de radares pueden servir también para reconocer los límites del casquete polar y sus variaciones estacionales.

Pese a los problemas que plantea la cobertura nubosa, los detectores que miden las radiaciones infrarrojas emitidas por el mar pueden proporcionar imágenes de la temperatura de la superficie. A los oceanógrafos les sirven estos datos para múltiples usos, por ejemplo para vigilar las turbulencias oceánicas o los frentes entre masas de agua a distintas temperaturas. En mares poco profundos, la temperatura puede revelar las columnas de agua de la desembocadura de los ríos o la existencia de masas de agua costeras que no parecen dispersarse mar adentro y pueden indicar la presencia de bancos de peces.

LA PREDICCIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Así pues, los satélites son capaces de determinar los vientos de superficie, el oleaje, la temperatura de la superficie, la producción primaria del océano (el fitoplancton, por ejemplo) y la

extensión de las capas de los hielos polares, no sólo una vez, ni de manera episódica, sino regularmente a lo largo de varios años y, potencialmente al menos, de varios decenios. Este tipo de información es primordial para adquirir los conocimientos que exige el estudio y la predicción del cambio climático mundial.

El océano es uno de los elementos integrantes del mecanismo térmico que rige el tiempo atmosférico. Los satélites, sumados a las mediciones efectuadas por buques y boyas, permiten calcular con mayor precisión los intercambios térmicos y dinámicos entre el océano y la atmósfera. Posibilitan la realización de programas mundiales para evaluar la contribución de los océanos al sistema climático mundial, entre ellos el Experimento Mundial de Circulación de los Océanos.

LOS SATÉLITES ABREN GRANDES PERSPECTIVAS

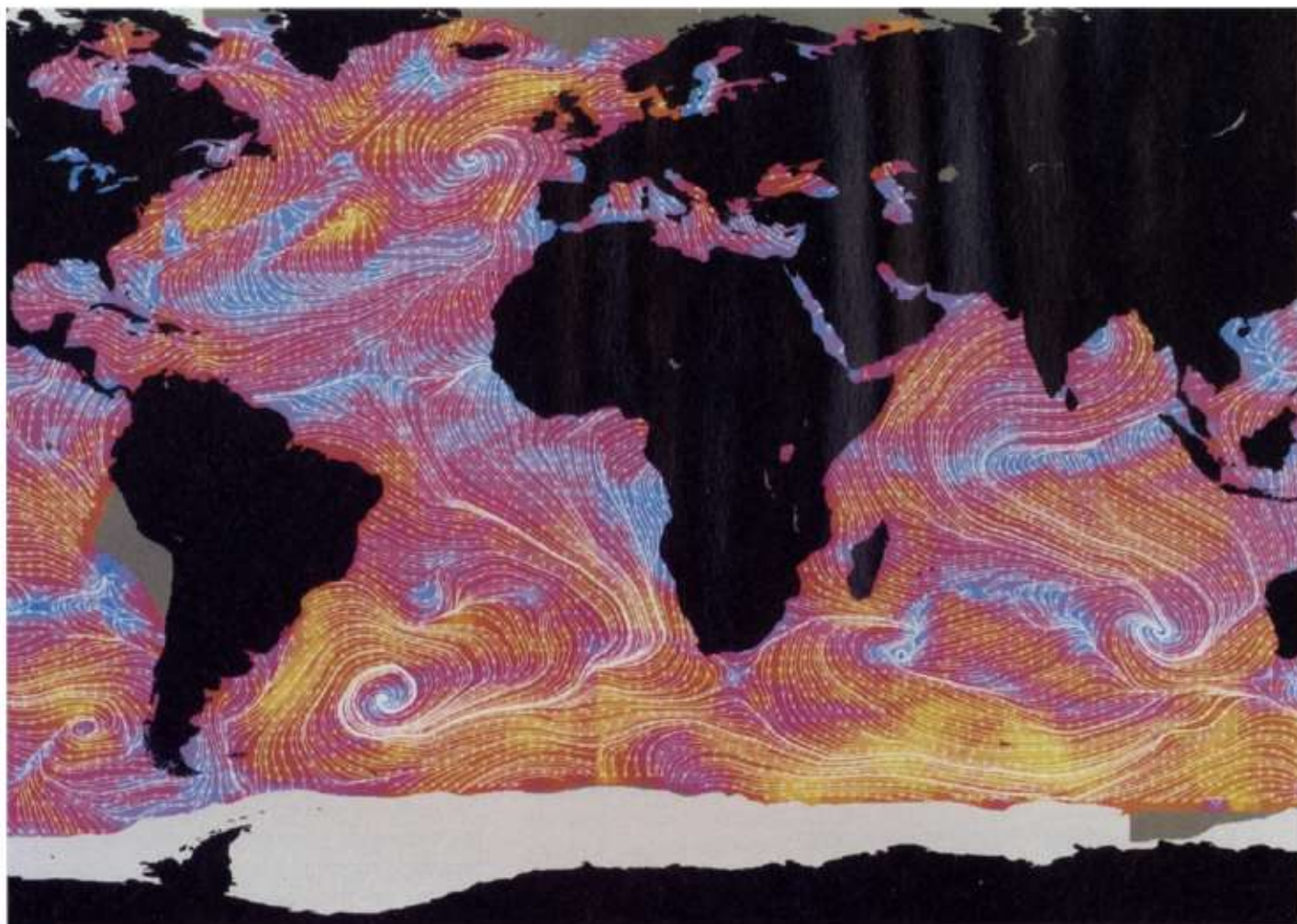
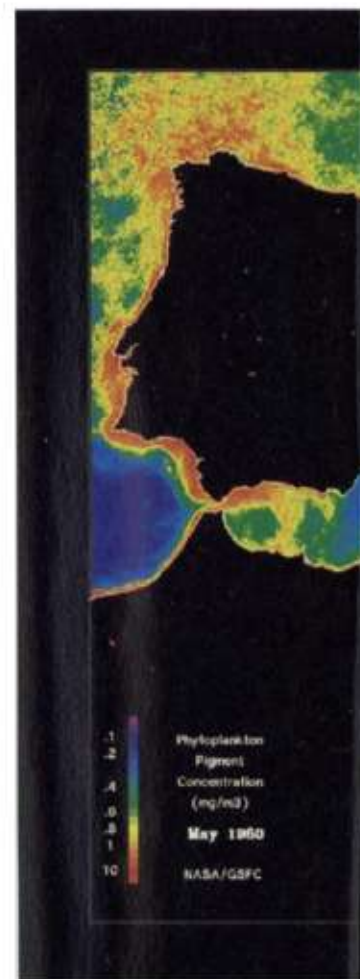
Si se difunden los datos obtenidos de todos esos programas, resultarán sumamente útiles a los científicos marinos del mundo entero. A escala regional y local, la teledetección marina es un medio extraordinario de control del medio ambiente con miras a la gestión de los recursos biológicos, la pesca, la navegación y la erosión del litoral. Resultará cada vez menos oneroso crear programas locales y regionales

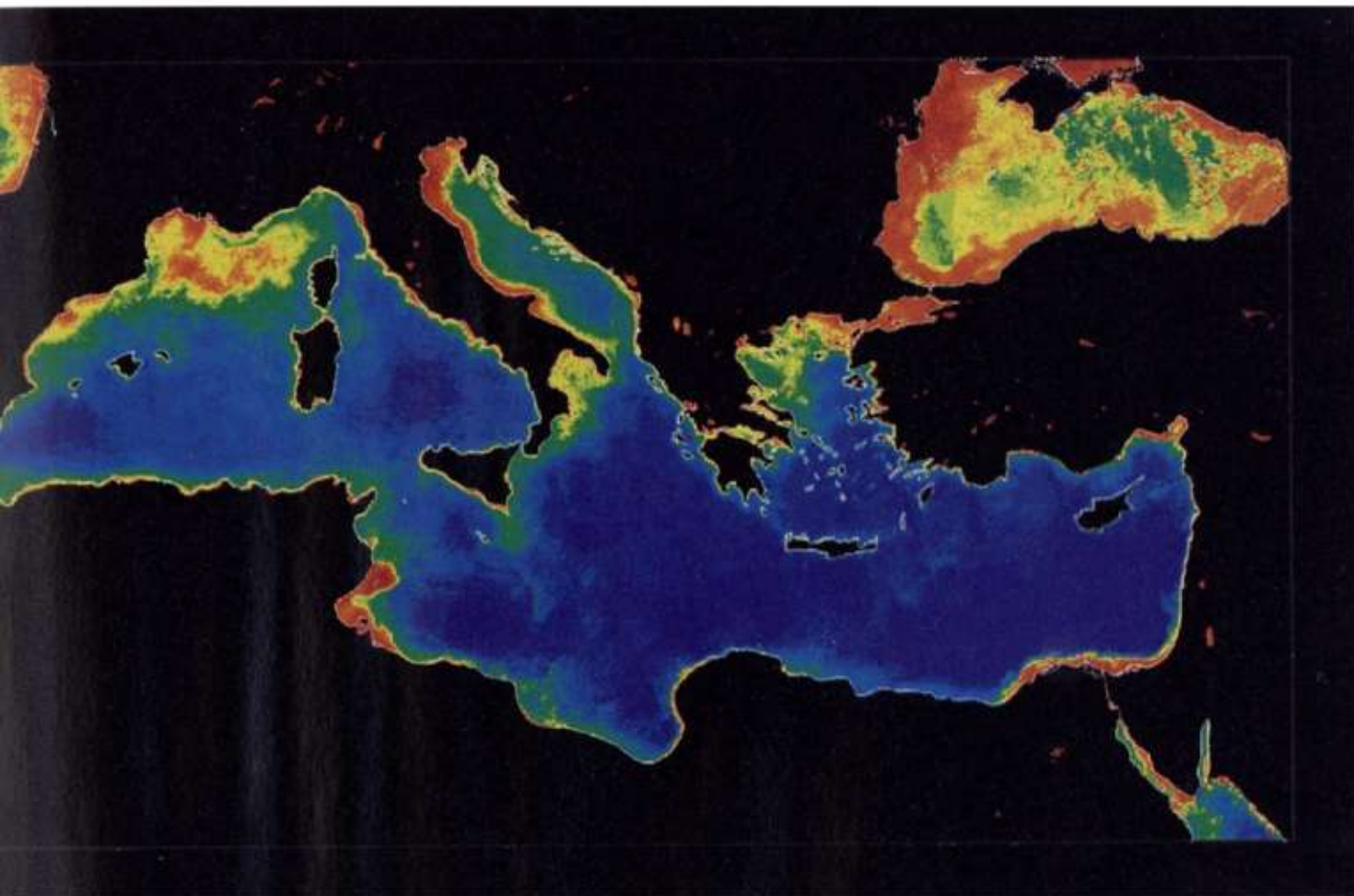
para predecir el estado del mar, controlar la contaminación o realizar estudios batimétricos.

Todas las naciones marítimas han de tener acceso a esa valiosa información necesaria para la gestión de la porción del océano comprendida dentro de su zona económica exclusiva, gracias a lo cual dejarán de sufrir las limitaciones que les impone el elevadísimo precio de los buques y los instrumentos de investigación. Estos seguirán siendo necesarios, pero cobrarán mucha más eficiencia al contar con la información facilitada por los satélites

Además, los científicos marinos que operan en zonas hasta ahora aisladas podrán hacer su propia contribución a los programas científicos sobre el cambio climático, ya que la teledetección brinda una perspectiva en gran escala que permite integrar los estudios sobre los procesos locales en una estructura mundial.

Pero la teledetección sólo podrá favorecer la colaboración internacional en las ciencias del mar si los oceanógrafos tienen la formación necesaria para tratar, analizar, integrar y aplicar la gigantesca producción de datos marinos que están empezando a generar los satélites. Pensando en ello, la UNESCO ha preparado un conjunto de material didáctico informatizado para el análisis de los datos de imágenes marinas destinado a los estudiantes de ciencias del mar y ordenación del medio marino. ■





Arriba, estas imágenes obtenidas por satélite muestran la repartición del fitoplancton en el Mediterráneo: en rojo las zonas de mayor densidad, y en azul las de menor densidad.

A la izquierda, este mapa de la circulación de los vientos en el Océano Atlántico el 14 de septiembre de 1978 fue establecido gracias a los datos transmitidos por el satélite oceanográfico Seasat.

BILKO, PROFESOR DE LOS MARES

A fin de que los formadores del mundo entero estén al corriente de los progresos de la oceanografía espacial la UNESCO ha elaborado, en el marco de su Programa de Capacitación y Enseñanza sobre Ciencias del Mar (TREDMAR), un sistema de aprendizaje con la ayuda de computadoras.

La base de este sistema es un juego de imágenes en un soporte lógico llamado "Bilko", concebido para las computadoras personales equipadas con MS-DOS. A la inversa de la mayoría de los sistemas de tratamiento de imágenes existentes en el comercio, que requieren un material ultraspecializado, Bilko es muy fácil de utilizar y puede introducirse en las máquinas más sencillas.

Los módulos contienen lecciones que orientan paso a paso a los alumnos en la interpretación de datos de imágenes. Esas imágenes, así como el soporte lógico para su tratamiento, se graban en disquetes magnéticos, que van acompañados de manuales didácticos en cuya introducción figuran las instrucciones para el uso del soporte.

Gracias a Bilko los estudiantes sin conocimientos de informática pueden también interpretar imágenes del océano obtenidas por satélite. Cada imagen de Bilko, que ocupa toda la pantalla, representa 131.032 mediciones científicas individuales del océano. Si aparece, por ejemplo, una imagen de la temperatura superficial del mar, captada por una sonda de rayos infrarrojos, el cursor de la pantalla se transforma en un navío de investigación que explora la repartición espacial de la temperatura.

El primer módulo, aparecido en julio de 1989, fue acogido con entusiasmo por los responsables de la enseñanza de las ciencias en el mundo

entero. Tras este éxito, se inició la elaboración de nuevos módulos relativos a otras regiones marinas.

El segundo módulo, publicado en febrero de 1991, está dedicado a los fenómenos característicos del océano Índico y a los mares de Sudamérica y de Australia, y fue redactado por científicos oriundos de esas mismas regiones. Contiene también una "Lección para los creadores de lecciones", que explica como elaborar datos con imágenes legibles por Bilko a fin de crear nuevos cursos. Gracias al material enviado por lectores del mundo entero, el tercer módulo pudo aparecer en febrero de 1992 y aportar una contribución al Año Internacional del Espacio.

Bilko es obra de un equipo internacional de especialistas en ciencias del mar. El material pedagógico que propone se ha incorporado en diversos programas de enseñanza. Así, en algunas regiones de Estados Unidos los módulos se utilizan para la enseñanza científica en los liceos. En los Países Bajos el Centro Nacional de Enseñanza por Correspondencia ha integrado cinco lecciones en su curso sobre teledetección. Varios cursillos y seminarios internacionales sobre teledetección los utilizan para sus trabajos prácticos. Algunos de esos cursos han dado lugar a la redacción de nuevas lecciones, entre las que cabe mencionar la preparada en África que formará parte del cuarto módulo, que aparecerá en 1993. Por último, a raíz de un curso dictado en Lepe, España, los tres primeros módulos fueron traducidos al español y varias lecciones tomadas de esos cursos se publicarán en ese idioma antes de ser traducidas al inglés. ■

IAN S. ROBINSON, británico, es profesor de oceanografía física y responsable del Departamento de Oceanografía de la Universidad de Southampton (Reino Unido). Dirige un grupo de investigación sobre oceanografía con satélites y aprendizaje de técnicas de teledetección oceanográfica.

I. S. ROBINSON, D. A. BLACKBURN, R. D. COLLISON, D.G. TROOST



¿Dónde diablos están ahora?

por Norman Longdon

Los vehículos espaciales viajan durante años.

Para quienes los guían desde la Tierra terminan por ser "viejos amigos"...

EN la vida de un vehículo espacial el momento más peligroso y fascinante es el del despegue. El mundo entero contiene entonces la respiración, pero olvida un instante después que el satélite existe... hasta que comienza a enviar fotografías asombrosas de un planeta lejano o de fenómenos inesperados como una erupción volcánica en una luna que se creía muerta.

No sucede lo mismo con los equipos de hombres y mujeres que controlan la trayectoria

de los satélites y la corriente de información entre los vehículos espaciales y la Tierra. Los supervisan con el mismo orgullo y la misma dedicación con que un padre cuida de sus hijos, y cuando llega el momento, sobre todo por motivos económicos pero también de desgaste, de practicar la "eutanasia" (cortando el contacto con el aparato), derraman incluso alguna lágrima.

La historia de esas naves espaciales olvidadas en el espacio es fascinante. Tomemos el

caso de *Giotto*, el satélite europeo que exploró por primera vez el núcleo de un cometa, el cometa Halley, en 1986. Abriéndose paso a través de las nubes de polvo y gas que rodeaban el cometa confirmó la teoría según la cual los cometas son sencillamente bolas de nieve sucia. *Giotto* quedó ciego, pues su cámara de a bordo sufrió una avería, pero no por ello perdió toda su energía: se le dejó, entonces, hibernando en órbita alrededor del Sol.

GIOTTO O EL SATÉLITE DURMIENTE DEL ESPACIO

Cuatro años después, en 1990, tras haber dado seis veces la vuelta alrededor del Sol, *Giotto* se encontraba relativamente cerca de la Tierra, a unos 22.000 kilómetros. Se decidió entonces despertar al satélite dormido. ¿No es casi inconcebible que después de semejante trayectoria en el espacio y el tiempo haya sido posible volver a tomar contacto con un aparato de 600 kilos y de 3 m por 8 m perdido en la inmensidad del espacio y hacerlo revivir? Utilizando la fuerza de atracción terrestre, se logró modificar su órbita y enviarlo hacia el cometa Grigg Skjellerup.

Se volvió entonces a adormecerlo parcialmente para un nuevo viaje de cerca de 2 mil millones de kilómetros y se le despertó en el momento de encontrarse con el segundo cometa. Como un fiel servidor, *Giotto* suministró nuevas informaciones acerca de los cometas, esos viejos vagabundos que recorren el espacio desde los orígenes del sistema solar. Como no daba muestra alguna de fatiga y parecía en perfecto estado de funcionamiento, se decidió dormirlo nuevamente hasta que se presentara la oportunidad de encontrar otros cometas. Ha emprendido así un largo viaje que lo traerá en julio de 1999 a 220.000 kilómetros de la Tierra, y algunos científicos sumamente optimistas han tomado cita con este incansable trabajador del espacio para el año 2006.

UN VIAJE DE DOS MILLONES DE AÑOS HASTA LA ESTRELLA ROJA

Si el trayecto de *Giotto* parece largo, ¿qué decir del de *Pioneer 10*? Veamos su caso. Hace veinte años *Pioneer 10* nos envió fotos de Júpiter, especialmente de su mancha roja y de las numerosas lunas que giran en torno al planeta gigante. En 1976 cruzó la órbita de Saturno y en 1979 la de Urano. Hacia 1983 salió del sistema solar y emprendió viaje hacia lo desconocido a unos 48.000 km por hora, en dirección a Aldebarán, la estrella roja. Incluso a esa velocidad tardará dos millones de años en llegar a la posición de la estrella, que por entonces probablemente habrá cambiado de lugar. En efecto, poco sabemos todavía acerca del movimiento de las estrellas para calcular dónde concluirá la loca carrera de *Pioneer*. Por si acaso lleva consigo una placa que podrá revelar a los eventuales "extraterrestres" que lo encuentren su origen y la existencia de la especie humana.

Mientras *Pioneer* se dirige hacia el infinito, los científicos continúan interrogándose acerca

de la naturaleza del Sol. La mayor parte de nuestros conocimientos al respecto han sido suministrados por satélites que gravitan dentro o cerca del plano elíptico en el que giran los planetas. Pero nada sabemos de lo que sucede en los polos solares. Llenar esta laguna es el objetivo de la larga odisea del satélite europeo *Ulyses*. Como las actuales técnicas de lanzamiento no pueden enviar satélites directamente por encima del Sol, los ingenieros espaciales han tenido que imaginar un efecto de honda utilizando el poderoso campo magnético de Júpiter para poner a *Ulyses* en órbita polar alrededor del Sol.

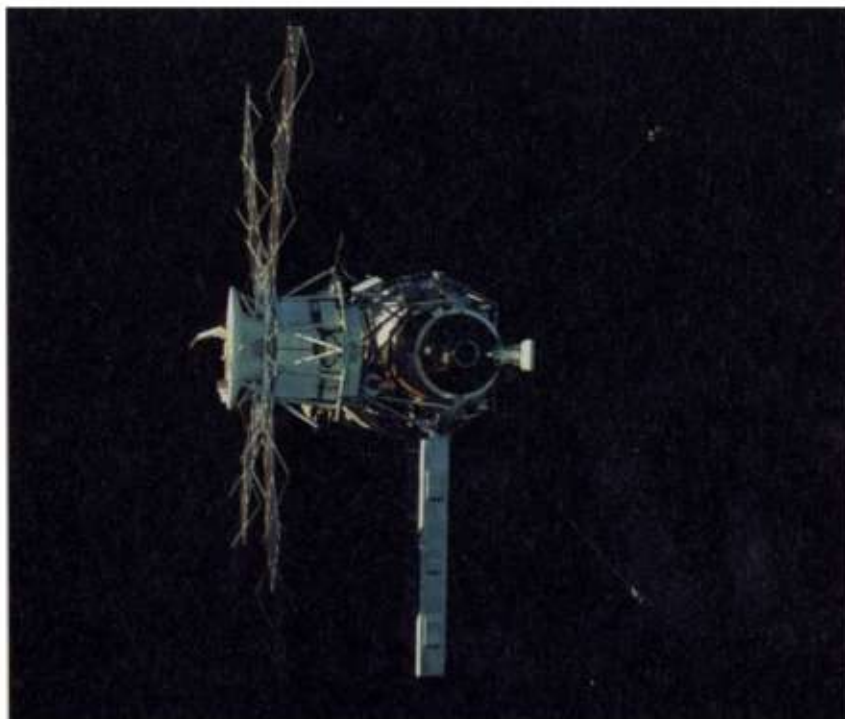
Lanzado en octubre de 1990, *Ulyses* "rebotó" en Júpiter en febrero de 1992, con dos segundos de diferencia con respecto al horario previsto. Desde entonces prosigue su larga trayectoria solitaria que lo ha llevado en agosto de 1992 a casi mil millones de kilómetros de la Tierra. Su velocidad relativa es de 115.521 km por hora con respecto a la Tierra, y de 31.018 km por hora, con respecto al Sol.

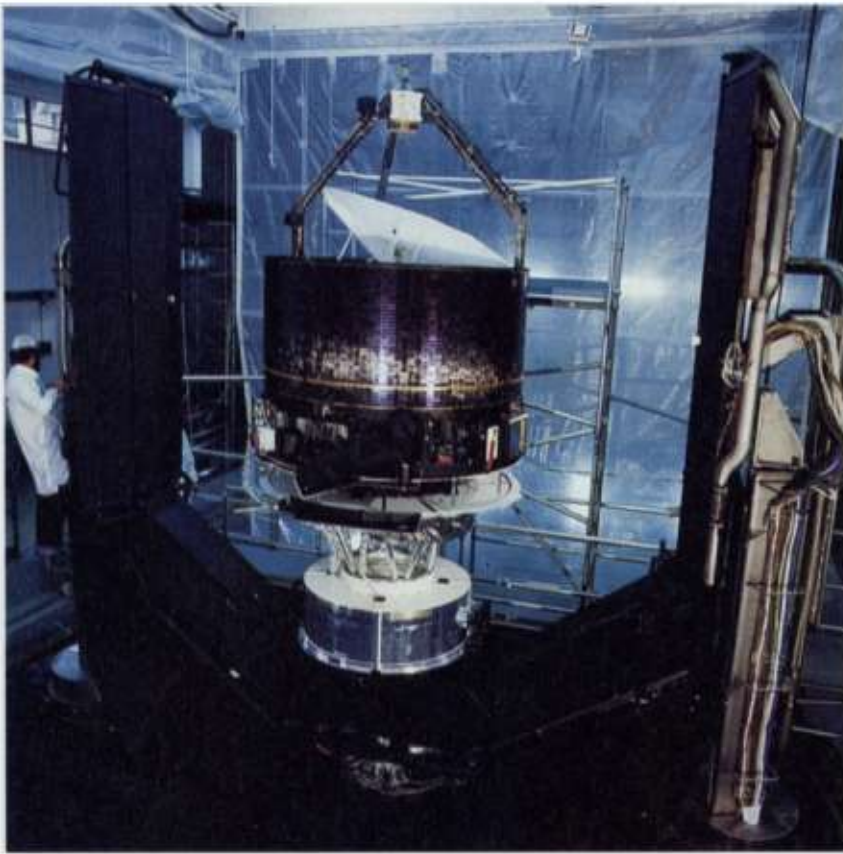
Según lo previsto, el satélite deberá sobrevolar el polo sur solar del 26 de junio al 6 de noviembre de 1994 y el polo norte del 20 de junio al 30 de septiembre de 1995. Mientras esperan este acontecimiento los científicos no están ociosos pues deben analizar las informaciones que *Ulyses* les envía diariamente. Por otra parte, dado el excelente estado de la nave espacial, no se excluye la posibilidad de que realice un segundo paso por encima de los polos solares.

VOYAGER-2 O EL PATITO FE0 DEL ESPACIO

Desde su lanzamiento en 1977 *Voyager-2* ha atravesado muchas dificultades y, como sucede con los niños enfermizos, se temió que no sobreviviera. Tras haber evitado por poco una

Página de la izquierda, una imagen del cometa Halley tomada en 1986 por *Giotto*, el satélite de la Agencia Espacial Europea, a una distancia de unos 13.000 kilómetros de la Tierra. Abajo, el laboratorio espacial norteamericano *Skylab* en órbita alrededor de la Tierra. Entre mayo y noviembre de 1973, tres tripulaciones de tres hombres cada una se sucedieron a bordo. En julio de 1979 la estación entró en la atmósfera donde se desintegró.





La sonda Giotto en 1984 durante una prueba de lanzamiento.

colisión con los restos del módulo de propulsión, su sistema de comunicación permaneció averiado durante seis meses. Pero después, en 1979, superados todos los inconvenientes, el satélite envió 15.000 fotos espléndidas de Júpiter y de sus cinco satélites más grandes, con algunas vistas espectaculares de siete volcanes en erupción. Dos años después, *Voyager-2* repetía la proeza enviando 18.000 fotos de Saturno y de sus famosos anillos.

Mientras el satélite prestaba tales servicios, en la Tierra, la NASA se preguntaba si no tendría que renunciar al programa de *Voyager* por falta de créditos para cubrir los desembolsos cada vez mayores que exigía la comunicación con la nave espacial. Todo volvió a la normalidad en el momento en que *Voyager-2*, a unos 3.000 millones de kilómetros de la Tierra, se acercaba a Urano. Ocho años después de su lanzamiento *Voyager-2* sólo tenía setenta segundos de diferencia con respecto al horario previsto, lo que constituye una lección para muchas compañías ferroviarias.

Casi todo lo que sabemos acerca de Urano y sus satélites lo debemos a *Voyager-2*. Los científicos se veían en dificultades para asimilar la avalancha de informaciones que el satélite enviaba, por ejemplo acerca de las numerosas lunas del planeta, desconocidas hasta entonces. Una foto del polo sur de Urano muestra una enorme mancha negra que podría ser la huella de un choque con un meteorito del tamaño de la Tierra. Para hacerse una idea de la distancia a la que se halla Urano hay que saber que tarda ochenta y cuatro años terrestres en dar la vuelta alrededor del Sol.

Pero la tarea de *Voyager* no concluyó allí,

pues tuvo que dirigirse luego a Neptuno, en la periferia del sistema solar. Este planeta tarda 165 años en efectuar una revolución alrededor del Sol. Como fue descubierto recién en 1846 no se ha cumplido todavía un año "neptuniano" desde que conocemos su existencia. Una vez más *Voyager* iba a asombrar a los científicos al hallar seis nuevas lunas de Neptuno y descubrir que pese al frío intenso en la superficie de ese planeta (-215° C) soplan vientos a una velocidad de 2.400 km por hora. Por último, *Voyager* pudo observar la existencia de volcanes en actividad en Tritón, el principal satélite de Neptuno.

Desde entonces se ha sumado al cortejo de vehículos espaciales que han salido del sistema solar. Incluso si sus señales son cada vez más débiles, continuará emitiendo hasta 2013. Para ese entonces habrá recorrido 105 veces la distancia de la Tierra al Sol, y con un poco de suerte se acercará a Sirio dentro de 358.000 años.

Muchas otras naves espaciales han tenido un destino menos glorioso y han caído en el campo magnético de la Tierra o de otro planeta desintegrándose como estrellas fugaces. Fue lo que sucedió a *Pioneer-Venus*, que quedó sin combustible tras haber pasado catorce años (trece más de lo previsto) en órbita alrededor de Venus enviando una cantidad incalculable de información. El director del programa anunció a los periodistas sin ironía alguna "la dolorosa pérdida de un viejo amigo", pues para los trabajadores del espacio los satélites están "vivos" y son parte de la familia.

PERSPECTIVAS FUTURAS

En una época de dificultades económicas y políticas, la aventura espacial no está forzosamente en el candelerero, o en todo caso no es el tema predilecto de los programas electorales, por lo que los políticos se interrogan acerca de los costos literalmente astronómicos de las actividades espaciales. Ningún país ha dejado de plantearse esa cuestión, y parece imponerse la tendencia a una mayor cooperación internacional. Así, por ejemplo, Rusia espera encontrar en Occidente el apoyo necesario para promover un programa espacial que le resulta ahora demasiado oneroso.

El argumento militar en favor de la investigación espacial, válido durante la guerra fría, ha perdido actualidad. Se estudia, pues, la posibilidad de proseguir con fines pacíficos ciertos proyectos que tenían en un principio un carácter más bélico. De todas maneras será necesario examinar las consecuencias políticas y económicas de esta nueva situación y decidir, en particular, quién va a financiar y construir los satélites, los transbordadores y las instalaciones en tierra. La voluntad de cooperación internacional existe sin duda alguna entre los dirigentes políticos, pero quedan por resolver los problemas financieros y de rentabilidad, así como los que plantea la competencia entre las diversas empresas industriales interesadas. ■

NORMAN LONGDON, británico, es jefe de la división de publicaciones de la Agencia Espacial Europea.



La contaminación del espacio es una realidad insoslayable. Los astrónomos reclaman medidas urgentes de protección.

El basurero celeste

por Howard Brabyn

CUANDO en los años setenta los científicos empezaron a denunciar los posibles riesgos de los desechos espaciales, la reacción general fue hacer caso omiso de sus advertencias calificándolas de alarmismo exagerado. Se pretendía que el espacio exterior era de tales dimensiones que una colisión o una aproximación de dos objetos en él resultaba tan improbable que podía considerarse imposible.

Esta creencia en la infinitud del espacio estaba tan arraigada que no se prestaba atención a la expansión constante de las actividades espaciales, y se llegaron a proponer algunos "usos" sumamente grotescos del espacio, entre ellos la eliminación de desechos nucleares mediante su envío a una órbita alejada y la instalación en el espacio de enormes reflectores para emitir luz solar a la Tierra con objeto de caldear las regiones polares, mantener despejadas las vías

de navegación, impedir las heladas nocturnas e iluminar las grandes ciudades.

Por fortuna, ninguno de estos proyectos llegó a realizarse, pero ha proseguido el lanzamiento de satélites meteorológicos, cartográficos, militares, de comunicación, de navegación y de exploración espacial.

El Dr. Walter Flury, secretario del Grupo de Trabajo sobre Desechos Espaciales, estima que hay en la actualidad en órbita alrededor de la Tierra unos siete mil objetos rastreables. Según el, "de todos ellos, menos de 400 son satélites en funcionamiento. El resto son satélites abandonados (21%), últimas fases (16%), fragmentos de satélites y últimas fases (45%) y residuos de misiones, por ejemplo, protectores de lentes, pernos distanciadores y bandas de separación (12%)."

Ya en varias ocasiones las naves han tenido

que hacer maniobras de emergencia para evitar choques. En septiembre de 1991, el transbordador espacial *Discovery* tuvo que maniobrar para soslayar el cuerpo del cohete del *Cosmos 955*, y en noviembre de 1991, el transbordador *Atlantis* se vio forzado a esquivar desechos espaciales que pesaban más de una tonelada.

Los expertos sostienen que un fragmento del tamaño de un guisante que se desplace a velocidad orbital (unos 5 kilómetros por segundo) podría hacer añicos un satélite de 100 millones de dólares.

Otro posible peligro son los satélites en órbita baja cuyos sistemas de teledetección por radar funcionan gracias a reactores nucleares, por ejemplo la serie soviética RORSAT (satélites de reconocimiento del océano por radar). Como se desplazan en una órbita muy baja, la resistencia de las capas superiores de la atmósfera terrestre y la atracción de la gravedad de la Tierra pueden hacerlos caer sobre ésta.

En teoría cuando un satélite llega al término de su vida útil, el reactor se separa del cuerpo principal y es expedido a una órbita superior en la que debe permanecer, pero algunas veces el sistema de propulsión falla. Así, en 1978 el reactor del *Cosmos 974* volvió a entrar en la atmósfera junto con el satélite: al no haberse evaporado el combustible nuclear contenido en el reactor, una gran cantidad de residuos radiactivos se esparcieron por la región del Gran Lago de los Esclavos en Canadá.

Pero existen otras amenazas. Según los cálculos de los expertos, hay una posibilidad entre cien de que un choque con un residuo de gran tamaño averíe seriamente el telescopio espacial *Hubble* durante los diecisiete años que está previsto que funcione, riesgo difícilmente aceptable si se tiene en cuenta que es el instrumento científico más caro que se haya fabricado nunca (unos 1.500 millones de dólares).

LA DESAPARICIÓN DEL CIELO NOCTURNO

El transbordador *Discovery* puso en órbita el telescopio espacial *Hubble* el 24 de abril de 1990. Este aparato se construyó para observar el cosmos con una capacidad de análisis diez veces superior a la que es posible conseguir con cualquier telescopio terrestre. En efecto, la atmósfera de la Tierra dificulta la visión del universo a través de los telescopios ópticos situados en nuestro planeta y bloquea algunas radiaciones ultravioletas y otras radiaciones electromagnéticas.

La contaminación urbana ha agravado el problema. Fue ése el motivo por el que el Real Observatorio de Inglaterra se instaló en 1675 en Greenwich, que por aquel entonces quedaba totalmente fuera de la ciudad de Londres. Pero, la aparición de la luz eléctrica a principios de este siglo impidió definitivamente contemplar el cielo nocturno desde las ciudades, y mucho más aun estudiarlo, y el resplandor del alumbrado de las calles, inútilmente dirigido hacia arriba, se convirtió en una forma más de contaminación urbana.

Esta combinación de la contaminación del



El observatorio Arecibo, en Puerto Rico, posee uno de los mayores radiotelescopios con atena fija del mundo. Como otras estaciones de radioastronomía, está cada vez más amenazado por interferencias electrónicas de todo tipo.

aire y la luminosidad del cielo de las ciudades, básicamente imputable al mal emplazamiento y la torpe concepción del alumbrado, ha provocado el cierre de muchos de los observatorios más famosos del mundo o les ha obligado a instalar sus telescopios ópticos en lugares remotos.

Europeos y americanos han instalado sus telescopios del hemisferio austral en los Andes y en el norte de Chile, donde el clima es muy seco, la atmósfera clara y estable y la población escasa. Para estudiar los cielos del hemisferio boreal, los astrónomos de Estados Unidos y de otros varios países ocupan actualmente la cumbre del Mauna Kea, un volcán del archipiélago hawaiano que es según ellos el punto más alto, oscuro e idóneo del mundo.

Para David Malin, "es posible que esto sea cierto, pero ni los confines del desierto de Atacama ni la cima de un volcán hawaiano son sitios cómodos para vivir ni trabajar. Además de la dificultad de acceso, ese alejamiento, que se ha buscado deliberadamente, hace que la construcción y el funcionamiento resulten caros."

¡SILENCIO, POR FAVOR!, ESTAMOS ESCUCHANDO LAS ESTRELLAS

Si los astrónomos ópticos son los ojos del mundo, los radioastrónomos son sus oídos. Para poder trabajar bien, necesitan cielos silenciosos, ya que tratan de captar murmullos cósmicos. Pero hoy en día tienen que llevar a cabo su labor en medio de una creciente cacofonía de interferencias.

Las radiaciones que estudian los radioastrónomos son extraordinariamente tenues. Paul Vanden Bout, del Observatorio Radioastronómico Nacional de Charlottesville, en Virginia, afirma: "Toda la radioenergía acumulada desde siempre por todos los radiotelescopios fabricados no podría mantener encendida ni un milésimo de segundo una bombilla de un vatio. Un teléfono celular a la distancia de la luna eclipsaría hasta las radiogalaxias más brillantes. (...)

HOWARD BRABYN, escritor y periodista británico establecido en París, se dedica en especial a la vulgarización científica. Ha sido responsable de la edición inglesa de *El Correo de la UNESCO*.

“El problema de las interferencias ha cobrado gravedad debido a que el desarrollo ininterrumpido de la tecnología ha permitido a los radioastrónomos conseguir una sensibilidad cada vez mayor a señales muy débiles y ha generado al mismo tiempo una avalancha de aplicaciones gubernamentales, comerciales y de consumo.”

A la radioastronomía debemos buena parte de nuestro conocimiento del universo más allá de la superficie de la Tierra. Desde el Sol y la Luna hasta los planetas, cometas y asteroides, los maseres y pulsares astrales, las galaxias, los cuásares y la radiación restante de la Gran Explosión, la radioastronomía facilita una información primordial para el conocimiento del cosmos.

Además de su importancia como ventana del universo, esta rama de la ciencia proporciona ventajas prácticas a la sociedad, entre ellas su tradicional cometido astronómico en la cronometración y en la navegación, en el desarrollo de la tecnología y la educación científica. Pero sus posibilidades de avance dependen en gran medida de la ausencia de interferencias producidas por fuentes artificiales de radioemisión.

El sistema internacional de reglamentación que controla la utilización del espectro reconoció en 1959 que la radioastronomía era un “servicio” oficial, reconocimiento que le valió a la vez cierta protección: la utilización primaria de unas cuantas bandas y el derecho a compartir otras. Podríamos decir que esas bandas son “reservas vírgenes del radioespectro”.

Por último, convendría prestar consideración y atención máximas a las normas vigentes

relativas a la cara oculta de la Luna como reserva radiosilenciosa. Una reserva de este tipo existe ya en la Tierra, la Zona Nacional Radiosilenciosa (NRQZ), en el este de los Estados Unidos. Gracias a ella se ha mantenido para la radioastronomía la calidad excepcional del Observatorio Radioastronómico Nacional de Green Bank, en Virginia occidental.

Paul Vanden Bout pronostica que los radioastrónomos se verán obligados a la larga a recurrir a emplazamientos extraterrestres para instalar sus telescopios. La utilización de la Luna como observatorio acarrearía gastos de construcción y mantenimiento muy superiores a los desembolsos nacionales actuales de astronomía, pero las generaciones futuras estarán sin duda agradecidas de contar con lo que bien podría llegar a ser el único punto relativamente próximo a la Tierra desde donde estudiar el universo a longitudes de onda de radio.

Paul Vanden Bout afirma: “La radioastronomía es un nexo frágil y en peligro entre los seres humanos y el conjunto del universo. Reconocer su importancia e inscribirla en el programa ecológico constituye un primer paso hacia su preservación. No hacerlo nos llevará lenta pero inexorablemente a perder la capacidad de escuchar los murmullos del cosmos y a quedarnos prestando oídos a nuestra propia cháchara electrónica.” ■

Numerosos astrónomos se reunieron en la sede de la UNESCO en París del 30 de junio al 2 de julio de este año para analizar los efectos de diversos problemas ambientales sobre la astronomía. La reunión estuvo organizada conjuntamente por la Unión Astronómica Internacional, el Consejo Internacional de Uniones Científicas y la UNESCO.

Los astrónomos están obligados a instalar sus estaciones de observación en sitios remotos para evitar la contaminación de la atmósfera y la luminosidad de los cielos urbanos. Abajo, el observatorio situado en la cumbre del Mauna Kea, la “montaña blanca” de Hawai.





¿Lo sabía usted



TELEDETECCIÓN Y RIESGOS NATURALES

Cada año innumerables fenómenos naturales traen consigo muertes, heridos y daños materiales en todas las latitudes. Deseosa de movilizar los conocimientos científicos y técnicos actuales para atenuar los efectos de esos cataclismos, la Asamblea General de las Naciones Unidas proclamó los años noventa como Decenio Internacional para la Prevención de los Desastres Naturales. La Unesco, por su parte, ha lanzado una serie de estudios con miras a utilizar las fotografías aéreas y los datos de los satélites para la evaluación de los riesgos de origen geológico. Hay tres proyectos en curso en regiones particularmente expuestas al deslizamiento de terrenos: la ciudad de La Paz en Bolivia, el valle de Chicamocha en Colombia y el sitio de Linkou en Taiwan. De este modo ha sido posible elaborar mapas en los que aparecen las zonas vulnerables. Ampliamente difundidos, esos estudios han dado origen a programas internacionales de intercambio de datos y de transmisión de tecnologías.

MISIÓN EN PRAGA

Una misión de la Unesco se dirigió a la Biblioteca Nacional de Praga para estudiar la posibilidad de trasladar a discos ópticos, u otros soportes modernos, millares de manuscritos, incunables, libros

antiguos y otras obras de gran valor artístico. Su papel era ayudar a determinar, según la naturaleza y la antigüedad del documento, la forma de almacenar los originales, así como la manera de reproducirlos a fin de facilitar su consulta. Esta misión forma parte del proyecto "Memoria del Mundo", cuya meta es salvaguardar los tesoros de las bibliotecas y archivos gracias a las nuevas técnicas informáticas.

LIBERAR EL GENOMA HUMANO

El doctor Charles Auffray, uno de los investigadores del Proyecto Genoma Humano, presentó el 28 de octubre de 1992 las conclusiones de sus trabajos al Director General de la Unesco, poniendo así a disposición del conjunto de la comunidad científica las dos mil secuencias descifradas por su equipo a partir de genes musculares y linfocitarios. Gracias al Proyecto Genoma Humano, lanzado a mediados de los años ochenta, se podrá establecer la secuencia de los tres mil millones de bases nucleicas que forman el ADN. El conocimiento del genoma humano, que ha de permitir comprender, tratar y prevenir las enfermedades genéticas, es una fuente potencial de beneficios: ya se han presentado solicitudes de patentes respecto de algunas partes de genes incluso antes de que se conozca su función. La Unesco, que estima que el patrimonio genético común pertenece a toda la humanidad, se esfuerza por ampliar el acceso a los resultados de la investigación, especialmente en los países en desarrollo.

ANGKOR EN COMPUTADORA

El conjunto de la documentación relativa a las obras de restauración de Angkor, iniciadas desde 1909 por la Escuela Francesa de Extremo Oriente, se ha informatizado recientemente. Informes, fotografías, mapas, dibujos de detalles arquitectónicos, así como las reseñas consignadas durante años por restauradores

y arqueólogos, se han reproducido en disquetes de computadora y microfichas. En una ceremonia solemne realizada en la Unesco, en octubre de 1992, se hizo entrega de este material al embajador de Camboya en Francia.

EL PROYECTO "PATRIMONIO 2001"

En marzo de 1992 la Unesco inició la creación de una base de datos fotográficos y numéricos de las obras maestras de la cultura y de las maravillas naturales que constituyen el patrimonio común de la Humanidad. El proyecto se realizará a lo largo de cinco años con la Fundación Caixa de Barcelona y la Agencia Gamma, y en colaboración con Kodak y France Telecom. Titulado Patrimonio 2001, recurrirá a las técnicas más avanzadas de adquisición, archivo y transmisión de datos, a fin de constituir una colección de imágenes sin precedentes que se pondrá a disposición de las redes de comunicación y de documentación del mundo entero. Los fotógrafos de los grandes sitios mundiales deberán cumplir dos condiciones: la exactitud científica y la calidad artística.

EL SALÓN DEL MUNDO DE LA ENSEÑANZA

El Correo de la Unesco estará presente en la Grande Halle de la Villette, en París, del 20 al 23 de enero de 1993, en el primer Salón del Mundo de la Enseñanza. Profesores, documentalistas y especialistas en educación, muchos de los cuales son lectores de *El Correo de la Unesco* y lo utilizan en su trabajo, encontrarán allí una vasta exposición organizada en torno a cuatro polos: prensa y edición, material educativo, instituciones y sindicatos, servicios paraescolares. Podrán participar en treinta mesas redondas sobre temas de actualidad. Entrada gratuita previa invitación. Para más informaciones se ruega dirigirse a **Crayon Rouge**, 99, rue du Faubourg du Temple, 75010 París (tel: 42 02 04 05; fax: 42 02 01 14).



La crónica de Federico Mayor

El Director general de la Unesco expone cada mes a los lectores de El Correo los grandes ejes de su pensamiento y de su acción.

La cultura y las nuevas libertades

¿QUÉ es la cultura? Para Matthew Arnold, poeta y crítico inglés del siglo XIX, es “familiarizarse con lo mejor que se ha escrito y dicho en el mundo, y así, con la historia del espíritu humano.” Esta visión tradicional tiende a identificar la cultura con las bellas artes y la literatura y a asociarla ante todo con éstas; el hombre culto es aquel cuyo espíritu ha sido embellecido, y de preferencia enriquecido, por las “humanidades”. En el siglo XX, otro sentido más amplio y basado en un enfoque antropológico viene a añadirse a esta acepción inicial. En la Conferencia Mundial sobre las Políticas Culturales celebrada en México hace ya diez años, la comunidad internacional tomaba nota de esta ampliación y afirmaba que la cultura puede considerarse como “el conjunto de rasgos distintivos, espirituales y materiales, intelectuales y afectivos que caracterizan una sociedad o un grupo social” y que “engloba, además de las artes y las letras, los modos de vida, los derechos fundamentales del ser humano, los sistemas de valores, las tradiciones y las creencias”.

La cultura no se resume entonces en el mero conocimiento de las obras del espíritu; es también lenguaje, reflexión, innovación, creación y capacidad crítica. Incluye sin duda el patrimonio físico de una sociedad, pero también comprende todo el legado inmaterial simbólico, espiritual y ético del grupo donde el individuo encuentra su identidad actual. Es la constante del pasado, del presente y del porvenir de una sociedad y el telón de fondo de la creatividad individual. En tal sentido, se encuentra en la base de los grandes problemas económicos, políticos y sociales y constituye un factor clave de su solución.

LA CLAVE DEL DESARROLLO

Antes de la descolonización, que comenzó poco después de la Segunda Guerra Mundial, las teorías del desarrollo rara vez tenían en cuenta el contexto sociocultural en el que ese desarrollo podía producirse. Sólo contaba la economía. La economía era tangible, la cultura intangible —y la idea de que esta última tenía algo que aportar a las estrategias de desarrollo habría parecido extravagante. Se concebía el desarrollo como un proceso que surgía en un vacío cultural, en un medio humano inerte.

Poco después se advirtieron las lagunas y luego los fracasos de este enfoque. Hubo que aceptar una realidad palmaria: toda doctrina basada en la abstracción unidimensional del *homo economicus* desconoce la profundidad y la amplitud infinitas de la verdadera naturaleza de los seres humanos; es indefendible, incluso en el plano económico, ya que el crecimiento económico depende en gran medida de variables culturales como la creatividad y la adaptabilidad.

Considerada mucho tiempo por quienes adoptan las decisiones como algo accesorio, incluso como un lujo, gradualmente la cultura empezó a ocupar el lugar que merece en las preocupaciones de la comunidad internacional. No

hay debate de política general que no haga aparecer las mil y una formas en que la cultura ejerce una influencia decisiva en el mundo contemporáneo. Pueden citarse numerosos ejemplos. Ya no cabe duda de que las relaciones interétnicas en periodos de conflicto como en periodos de coexistencia pacífica tienen sobre todo una raigambre cultural. El movimiento mundial por una democracia y una libertad crecientes es a la vez universal y propio de cada cultura: cambia de forma según los continentes y las sociedades.

RECOGER EL RETO DE LA DIVERSIDAD

El resurgimiento de las libertades, que se advierte estos últimos años en el mundo, no ha hecho más que fortalecer el papel que desempeña la cultura en la vida. No hace mucho tiempo el muro de Berlín estaba aun de pie y Vaclav Havel era un preso político en el país del que llegaría a ser presidente. Nelson Mandela estaba también en la cárcel y el presidente De Klerk no había echado a andar el proceso que, como lo esperamos fervorosamente, culminará con la creación de una Sudáfrica unida y democrática. La amenaza de una guerra nuclear entre las dos superpotencias estaba omnipresente.

El florecimiento de las libertades ha transformado la situación para mejor pero también para peor. Ello es particularmente flagrante entre los pueblos de etnias y religiones diferentes. Hoy en día se ajustan viejas cuentas, afloran antiguas rivalidades que se incubaban desde hace tiempo. Surge entonces un nuevo desafío para la humanidad. ¿Estamos dispuestos a recogerlo y a optar por vivir en sociedades pluralistas? ¿Estamos decididos a aceptar e incluso a acoger bien al otro, cualesquiera que sean su color, su religión, su lengua y su cultura, si se instala en el país vecino, o hasta en la casa vecina? Abordamos aquí el aspecto más problemático de la identidad cultural: qué hacer para lograr que diversidad rime con diálogo, que la diferencia aparezca no como una amenaza, sino como una fuente potencial de enriquecimiento.

En nuestro mundo, cuya asimetría, iniquidad y absurdo no me canso de denunciar, en el que el Norte nunca deja de consumir lo superfluo y el Sur de aspirar a lo indispensable, una sola cosa sí se comparte —y es maravilloso: me refiero a la riqueza de las culturas, a la sabiduría de los hombres. Es este acervo de riqueza cultural y esta sabiduría lo que la Unesco, guiada por los ideales universales consagrados en su Constitución, está empeñada en dar a conocer mejor y en poner al servicio del desarrollo humano. Para lograrlo necesita la ayuda de todos, en todos los niveles de la sociedad civil. Mucho ha hecho ya para que progrese el diálogo; pero aun nos queda un largo camino por recorrer para convencer a los responsables, así como a la opinión pública, de que si bien la cultura da origen a muchos conflictos, es igualmente el ámbito por excelencia de la reconciliación de los espíritus. ■

La inauguración de Auroville,
el 28 de febrero de 1968. Representantes de
más de cincuenta naciones arrojan un puñado
de tierra de sus respectivos países en la urna
en forma de loto que contiene la Carta de la
ciudad.



Auroville, laboratorio de

por Lotfallah Soliman

LOTFALLAH SOLIMAN,
escritor y periodista egipcio, es autor, entre
otras obras, de un ensayo histórico sobre
Palestina (*Pour une histoire profane de
Palestine*, 1989).

Las ilustraciones de este artículo y de la
portada posterior fueron realizadas por la
fotógrafa francesa Dominique Darr.

PARA la inauguración de Auroville, en 1968, cinco mil personas procedentes del mundo entero se reunieron en una árida meseta del sur de la India. En un gesto simbólico de unidad, jóvenes de cada delegación echaron un puñado de tierra de su país en una urna que contenía el texto de la carta de la nueva ciudad.

Auroville, así llamada del nombre del filósofo y místico indio Sri Aurobindo (1872-1950), en cuyas enseñanzas e ideales se inspiró su creación, celebra este año su vigésimo quinto aniversario.

Pero, en realidad la historia de Auroville, la “ciudad internacional de la aurora” o “ciudad de las necesidades de la tierra”,

como también se la llama, comienza mucho antes, con el encuentro, en vísperas de la Primera Guerra Mundial, de Sri Aurobindo y Mira Alfassa, una artista visionaria de origen francés. Ambos van a trabajar juntos, en la India, en la creación de una ciudad modelo cuya finalidad es ser el fermento de una nueva humanidad. Tras la muerte del filósofo, en 1950, Mira Alfassa, convertida en “la Madre”, va a proseguir la realización del sueño compartido con Sri Aurobindo.

UN SUEÑO

“Tendría que existir en el mundo un lugar del que ninguna nación tuviese derecho a decir «me pertenece»; donde todos los seres



una nueva humanidad

humanos de buena voluntad sinceramente motivados pudiesen vivir libremente como ciudadanos del mundo, obedeciendo a una sola autoridad, la de la verdad suprema; un lugar de paz, de concordia, de armonía, donde los instintos bélicos del hombre fuesen utilizados exclusivamente para vencer las causas de sus sufrimientos y miserias, para superar sus debilidades y su ignorancia, sus limitaciones y sus carencias; un lugar donde las necesidades del espíritu y el afán de progreso prevalecieran sobre la satisfacción de los deseos y las pasiones, la búsqueda de placer y de goce material.

Allí, los niños podrían crecer y desarrollarse plenamente sin perder contacto con

su alma; la finalidad de la enseñanza no sería aprobar exámenes u obtener certificados y empleos, sino enriquecer las aptitudes ya existentes y engendrar otras nuevas. Allí, títulos y posición serían substituidos por oportunidades de servir y de organizar; se subvendría a las necesidades materiales de todos por igual, y la superioridad intelectual, moral y espiritual se reflejaría en la organización general, no en más placeres y en mayor poder, sino en un aumento de los deberes y las responsabilidades. La belleza en sus múltiples expresiones artísticas: pintura, escultura, música, literatura, sería accesible a todos sin distinción, la facultad de participar en el disfrute

que ella proporciona dependería únicamente de la capacidad de cada cual y no de la posición social y financiera.

Pues en ese lugar ideal, el dinero ya no sería dueño y señor; el valor individual tendría una importancia muy superior a las riquezas materiales y a la posición social. El trabajo no sería allí un medio de ganarse la vida, sino de expresar y desarrollar capacidades y posibilidades personales, todo ello al servicio de la comunidad, que, por su parte, subvendría a las necesidades de la existencia y brindaría a cada cual un marco de acción adecuado.

Para resumir, sería un lugar donde las relaciones entre los seres humanos que por

lo general se basan exclusivamente en la competición y la lucha serían reemplazadas por relaciones de emulación, de colaboración y de auténtica fraternidad.”

La Madre escribió este texto en 1954. A comienzos de los años sesenta, comenzaron a bosquejarse los planos de la ciudad y, en 1965, la Madre lanzó su primer mensaje público: “Auroville aspira a ser una ciudad universal donde los hombres y las mujeres de todos los países, creencias, opiniones políticas y nacionalidades podrán vivir en paz y, paulatinamente, en armonía. El objetivo de Auroville es realizar la unidad de la humanidad.”

Situado a unos diez kilómetros al noroeste de Pondichery y a cinco kilómetros del mar, el sitio elegido para la construcción de Auroville, en la costa de Coromandel, frente al golfo de Bengala, cubría una meseta desértica de 20 km² de superficie. Uno de los primeros habitantes de Auroville, Alan Lithman, recuerda: “Un sol implacable abrasaba esa extensión miserable dándole un color ocre terroso o blanco ceniciento. Una tierra, antes llena de vida, languidecía ante nuestros ojos. Llegamos al borde de un cañón que se hundía en el paisaje. Señalando más allá del barranco una meseta desolada donde en el vaho del calor algunas palmeras temblaban como fantasmas, mi amigo exclamó: “¡Auroville!” Miré y no vi más que un paisaje vacío que descendía hacia el golfo de Bengala. ¿Cómo podría yo vivir allí? ¿Cómo alguien podría vivir allí?”

LA FUERZA DE LA ACCIÓN

Pero, gracias a la labor realizada con el correr de los años, ese rincón de tierra, donde actualmente viven unas 700 personas procedentes de unos veinte países, iba a renacer poco a poco: “Al borde de ese mismo cañón desde donde contemplaba el paisaje hace más de veinte años, veo hoy (...) bosques y praderas llenas de flores, a las que han vuelto los pájaros y los animales salvajes. Veo lo que es posible hacer incluso

con medios escasos y pese a obstáculos casi insuperables(...), lo que somos capaces de realizar simplemente por el hecho de actuar, por la mera voluntad de actuar. Y cuando observo el contraste entre ese paisaje y el que está a a mis espaldas advierto también todo lo que queda por hacer.”

Pero nadie puede reivindicar individualmente la paternidad de ese milagro. Es una obra colectiva en la que han participado aldeanos analfabetos, profesores universitarios, científicos, amas de casa, y todos aquellos que voluntariamente han emprendido esta aventura. La gente que vive en los alrededores de Auroville también ha aportado su contribución. La ciudad, con su red de acción vecinal, ha emprendido, en efecto, programas de “coevolución”.

Para el poeta tamul Meenakshi, que vive en Auroville donde coordina los programas culturales y educativos, así como las relaciones con las aldeas, son numerosos los jóvenes tamules que se han acercado a la ciudad “por los contactos que pueden establecer en el trabajo, el deporte y la escuela”. Según Meenakshi, frente a la rigidez social que pesa en ciertos pueblos, Auroville representa “un orden nuevo, una libertad de aprender y de desarrollarse”.

El ideal de “educación perpetua” se persigue activamente. Deepti, oriunda del Punjab, es una de las maestras de la “escuela última” (o *Last School*, que corresponde al nivel de enseñanza secundaria). Se esfuerza por invitar y acoger en Auroville a algunos de los artistas más talentosos de la India. “Todos se identifican con la realidad interior de Auroville y responden positivamente a la atmósfera de libertad y de belleza que aquí

Abajo, a la izquierda, faenas agrícolas. En veinte años, se han plantado más de dos millones de árboles en las tierras de Auroville; a la derecha: una clase en la “Last school”, con métodos de enseñanza originales.

reina. Desde que estoy en Auroville he descubierto mi profunda indianidad. Pero el descubrimiento de sí, que, en un primer momento, puede acentuar las características nacionales tiende luego a superarlas. Finalmente, uno se convierte en aurovilliano, pues Auroville es una búsqueda interior que no tiene nada que ver con la personalidad exterior. Es una búsqueda del alma, y el alma ignora las nacionalidades. Creo que el destino de Auroville y el de la India están estrechamente ligados. Es, como se ha dicho una vez en el Parlamento, una flecha lanzada hacia el futuro.”

UN DESTINO AGITADO

En 1969, Indira Gandhi, entonces Primera Ministra de la India, saludó la creación de Auroville. Y, en su reunión de octubre-noviembre de 1970, la Conferencia General de la Unesco observó que Auroville se prepara para ser “un instrumento de educación capaz de atender a las enormes exigencias de nuestros tiempos, ligando al Oriente y al Occidente en una nueva relación”.

Tras la muerte de la Madre, en 1973, Auroville atravesó un periodo difícil. Los aurovillianos tuvieron que luchar por la supervivencia de ese “laboratorio” de la humanidad y encontrar los medios necesarios para mantener en vida la ciudad. En 1980 una decisión de la Corte Suprema de la India permitió que los residentes de Auroville prosiguieran sin obstáculos su acción en favor de sus ideales. En 1988 una ley aprobada por el Parlamento creó la Fundación Auroville; el Consejo Consultivo Internacional de que está dotada vela por que se cumplan los ideales que le dieron origen.

Durante los años ochenta surgieron institutos de investigación educativa y científica y han proseguido los programas de reforestación y lucha contra la erosión. Se ha perfeccionado considerablemente el empleo de técnicas de energía renovable, en particular las eólicas y los generadores de biogás. En la construcción se ha desplegado también una





actividad intensa, y se ha mejorado mucho, entre otras técnicas, la fabricación de bloques de tierra estabilizada.

A comienzos de los años noventa el fruto del trabajo realizado durante más de veinte años es deslumbrante: Auroville posee su infraestructura, sus centros comunitarios, y la edificación de Matrimandir, el alma de la ciudad, está a punto de concluirse. Ese "Pabellón de la Madre" (significado de Matrimandir en sánscrito) o "Pabellón del amor divino", se presenta, exteriormente, como una esfera de 36 metros de diámetro. Por medio de rampas de acero se accede a la inmensa cámara interior circular (23 m de diámetro por 16 m de altura), de mármol blanco, con doce columnas y una techumbre cónica. En el suelo, en el centro de esta sala de meditación, un globo de cristal recibe un rayo de sol reflejado por un helióstato fijado en el techo. En torno al pabellón habrá un lago bordeado de doce jardines floridos.

¿Se trata de una religión? Al describir, en 1970, su visión del pabellón la Madre había respondido con una rotunda negativa. Y había agregado: "Un día a la semana o en un momento del día admitiremos a los visitantes. Pero el resto del tiempo, sólo los que sean serios y sinceros, los que quieran

aprender a concentrarse, tendrán acceso a él. No se les impondrá ningún tema de meditación; pero deberán permanecer silenciosos, silenciosos y concentrados. Matrimandir será un reducto propicio a la meditación, un lugar apropiado para encontrar su conciencia."

En un mundo agitado...



El corazón de Auroville.

A la derecha, la esfera de Matrimandir; arriba a la izquierda, el gran banyan, centro geográfico de la ciudad; abajo: el anfiteatro para tres mil personas con la urna.

La Carta de Auroville

1. Auroville no pertenece a nadie en particular. Auroville pertenece a la humanidad en su conjunto.

Pero para residir en Auroville, hay que ser el servidor voluntario de la Conciencia Divina.

2. Auroville será el baluarte de la educación perpetua, del progreso constante y de una juventud que nunca se marchita.

3. Auroville aspira a ser el puente entre el pasado y el porvenir.

Aprovechando todos los descubrimientos exteriores e interiores, quiere lanzarse con intrepidez hacia las realizaciones futuras.

4. Auroville será el núcleo de la búsqueda material y espiritual que dará un cuerpo viviente a una humanidad unida y concreta.

**Para más informaciones dirigirse a Auroville Internacional España,
Apartado de Correos 36, 31610 Villava, Navarra, España. (Tel.: 48-25-07-80).**

LOS LECTORES NOS ESCRIBEN



ARTE SUBTERRÁNEO

En el número del pasado mes de abril ("El arte en la calle") se dedica un artículo a las obras de arte que embellecen las estaciones de trenes subterráneos de diversas ciudades del mundo. Su lectura me dio la idea de enviarles una de las hojas de una serie de sellos postales emitidos por el Correo argentino en 1980 que reproducen los murales de mayólica de las estaciones subterráneas de Buenos Aires. Esos murales de casi 18 metros de largo por 2 metros de altura representan episodios relevantes de la historia del país entre 1836 y 1936. La hoja que les envío reproduce el mural de la "Carrera de Postas" (camino real) que unía a Buenos Aires con el Alto Perú (actual Bolivia) y con Santiago de Chile.

JULIO C. SÁENZ
BUENOS AIRES (ARGENTINA)

UNA REVISTA EDUCATIVA

Me complace felicitarles por la atinada selección de los temas de su revista, que me sirve de guía y auxiliar en mi labor de profesor. Mis alumnos leen con sumo interés todos los temas abordados, y en particular el suplemento "Area verde". Están ustedes en buen camino y confío

en que proseguirán informando y educando a sus lectores del mundo entero, y sobre todo de Africa.

JULIUS YULEAYENI M.G. BAKALI
KATALUI (MALAWI)

PERO, ¿DÓNDE ESTÁN LAS MAESTRAS?

Mientras leía en el número de septiembre de 1992 los artículos dedicados a Sócrates, Spinoza, Sartre y demás, una sensación de malestar me fue invadiendo poco a poco. He aquí, pues, los personajes que a juicio de su revista simbolizan las "figuras del maestro": los transmisores de un saber puramente intelectual, libresco, académico. ¿Son estos intelectuales los únicos que poseen la suma del saber de la humanidad, de lo que configura y enriquece la mente y el corazón del hombre, de lo que hace de nosotros además de seres pensantes, individuos creadores e imaginativos?

He observado con atención las ilustraciones: hombres con "cosas escritas" (pero también con espadas) y hombres que hablan. Cerebros, cabezas inclinadas sobre pilas de papeles, escritorios, mesas de juego, pero, incluso en ese caso, juegos intelectuales. Y después los niños, que escuchan, todo oídos, a los

hombres-maestros. Ojos que leen pizarras —verbos, conjugaciones, obras de arte de tiza. Cabezas que hay que llenar o ya llenas, pero sin conexión alguna con los dedos, sin nada que vincule la mano y el cerebro. No hay manos esculpiendo, cincelando, grabando, tañendo un instrumento. Ningún maestro que imagine y luego dibuje una figura o una silueta..... Ningún artesano, ningún orfebre, ningún alfarero que haga nacer una forma de la arcilla....

Pero lo que realmente me irrita, además del olvido de los artistas o artesanos, es una terrible ausencia..... de maestras. Ninguna ilustración que represente a una mujer rodeada de un auditorio atento de alumnos o mostrando a sus discípulos un manuscrito cualquiera. Tal vez ustedes piensan que no hay en la historia de nuestro vasto mundo una sola mujer "maestra", una sola engendradora de saber o de conocimientos capaz de figurar, sin desentonar, entre los maestros que han elegido.

En ese caso deberían haber recurrido a alguna artimaña para encontrar y dar, pese a todo, un lugar, por más insignificante que fuera, a la otra mitad de la humanidad. Este número procuraba en todo caso ser un

homenaje al maestro, que a menudo hoy día es una maestra...

SIMONE ZAKRI
PARÍS (FRANCIA)

TELE-BASURERO

Su número de octubre pasado en honor de la televisión me inspira algunas reservas. Como sucedió con la radio, la televisión encerraba en sus comienzos una promesa de enriquecimiento intelectual, pero se ha convertido en una empresa de "idiotización". Hay que llenar el tiempo de antena como sea. A la hora de las informaciones —si hay sangre, mejor— se difunden una avalancha embrutecedora de imágenes, cualquiera sea el tema tratado. ¡Y los programas! Dos temas esenciales, si no únicos, para atraer al espectador: sexo y violencia. Me avergüenza que hayamos llegado a una televisión tan nefasta. ¡Y nos sorprendemos todavía de las costumbres de nuestra juventud y de las manifestaciones de violencia de todo tipo!

G. NÉGRIN
CLOYES-SUR LE-LOIR (FRANCIA)

OMISIÓN

En la nota biográfica de la señora Mouny Berrah ("Tele...visiones", octubre de 1992, p. 12), olvidamos mencionar que era la corresponsal en Washington del semanario argelino en lengua francesa *Algérie-Actualité*.

Año XLVI

Revista mensual publicada en 33 idiomas y en braille por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

31, rue François Bonvin, 75015 París, Francia.

Teléfono: para comunicarse directamente con las personas que figuran a continuación marque el 4568 seguido de las cifras que aparecen entre paréntesis junto a su nombre.

FAX: 45.66.92.70

Director: Bahgat Elnadi

Jefe de redacción: Adel Rifaat

REDACCIÓN EN LA SEDE

Secretaría de redacción: Gillian Whitcomb

Español: Miguel Labarca, Araceli Ortiz de Urbina

Francés: Alain Lévêque, Neda El Khazen

Inglés: Roy Malkin

Unidad artística, fabricación: Georges Servat (47.25)

Ilustración: Anane Bailey (46.90)

Documentación: Violette Ringelstein (46.85)

Relaciones con las ediciones fuera de la sede y prensa:

Solange Belin (46.87)

Secretaría de dirección: Annie Brachet (47.15),

Asistente administrativo: Prithi Perera

Ediciones en braille (francés, inglés, español y coreano):
Mouna Chatta (47.14).

EDICIONES FUERA LA SEDE

Ruso: Alexandre Melnikov (Moscú)

Alemán: Werner Merkli (Berna)

Árabe: El-Said Mahmoud El Sheniti (El Cairo)

Italiano: Mario Guidotti (Roma)

Hindí: Ganga Prasad Vimal (Delhi)

Tamul: M. Mohammed Mustapha (Madrás)

Persa: H. Sadough Vanini (Teherán)

Neerlandés: Claude Montreux (Amberes)

Portugués: Benedicto Silva (Rio de Janeiro)

Turco: Mefra Ilgazer (Estambul)

Urdú: Wali Mohammad Zaki (Islamabad)

Catalán: Joan Carreras i Martí (Barcelona)

Malayo: Azizah Hamzah (Kuala Lumpur)

Coreano: Yi Tong-ok (Seúl)

Swahili: Leonard J. Shuma (Dar-es-Salaam)

Esloveno: Aleksandra Kornhauser (Liubliana)

Chino: Shen Guofen (Beijing)

Búlgaro: Dragomir Petrov (Sofía)

Griego: Sophie Costopoulos (Atenas)

Cingalés: S.J. Sumanasekera Banda (Colombo)

Finés: Marjatta Oksanen (Helsinki)

Vascuence: Juxto Egaña (Donostia)

Thai: Savitri Suwansathi (Bangkok)

Vietnamita: Do Phuong (Hanoi)

Pashtu: Ghoti Khawer (Kaboul)

Hausa: Habib Alhassan (Sokoto)

Bangla: Abdullah A.M. Sharafuddin (Dacca)

Ucraniano: Victor Stelmakh (Kiev)

Checo y eslovaco: Milan Syruček (Praga)

Gallego: Xavier Senín Fernández (Santiago de Compostela)

PROMOCIÓN Y VENTAS

Suscripciones: Marie-Thérèse Hardy (45.65), Jocelyne Despouy, Jacqueline Louise-Julie, Manchan Ngonekeo, Michel Ravassard, Mohamed Salah El Din

Relaciones con los agentes y los suscriptores: Ginette Motreff (45.64)

Contabilidad: (45.65)

Depósito: Hector García Sandoval (47.50)

SUSCRIPCIONES. Tél. : 45.68.45.65

1 año: 211 francos franceses. 2 años: 396 francos.

Para los países en desarrollo:

1 año: 132 francos franceses. 2 años: 211 francos.

Reproducción en microficha (1 año): 113 francos.

Tapas para 12 números: 72 francos.

Pago por cheque, CCP o giro a la orden de la UNESCO.

Los artículos y fotografías que no llevan el signo © (copyright) pueden reproducirse siempre que se haga constar "De El Correo de la UNESCO", el número del que han sido tomados y el nombre del autor. Deberán enviarse a El Correo tres ejemplares de la revista o periódico que los publique. Las fotografías reproducibles serán facilitadas por la Redacción a quien las solicite por escrito. Los artículos firmados no expresan forzosamente la opinión de la UNESCO ni de la Redacción de la revista. En cambio, los títulos y los pies de fotos son de la incumbencia exclusiva de ésta. Por último, los límites que figuran en los mapas que se publican ocasionalmente no entrañan reconocimiento oficial alguno por parte de las Naciones Unidas ni de la UNESCO.

IMPRIMÉ EN FRANCE (Printed in France)

DÉPOT LÉGAL: C1 - JANVIER 1993

COMMISSION PARITAIRE N° 71842 - DIFFUSÉ PAR LES N.M.P.P.

Fotocomposición: El Correo de la UNESCO.

Fotografado-impresión: Maury-Imprimeur S.A.,

Z.I., route d'Etampes, 45330 Malesherbes.

ISSN 0304-3118

N° 1-1993-0PI-92-5011 S

Este número contiene además de 52 páginas de textos, un encarte de 4 páginas situado entre las p. 10-11 y 42-43.

FELIZ AÑO NUEVO

El tema de nuestro próximo número (febrero 1993) será:

La violencia

con una entrevista al gran tenor español
JOSÉ CARRERAS

CRÉDITOS FOTOGRÁFICOS

Portada: © NASA/Science Photo Library/Cosmos, París. Portada posterior, páginas 48, 49: © Dominique Darr, París. Página 2: © A. Smolich, Moscú. Páginas 4, 6 arriba, 7: Alain Buu © Gamma, París. Página 5: D. Simon © Gamma, París. Página 6 abajo: F. ApesteGuy © Gamma, París. Páginas 7-8, 18, 34-35, 39, 42: © NASA, Washington, D.C. Páginas 10-11, 38, 40: © ESA, Noordwijk. Páginas 11, 22-23, 23 abajo, 24: APN, París. Página 12 arriba: A. Mokletsov © APN, París. Página 12 abajo: © CNE/Dist. SPOT Image/Explorer, París. Página 13: © Charles Lenars, París. Página 14: NASA © Explorer, París. Páginas 15, 16: © ISRO, India. Páginas 17, 26 arriba: Georg Gerster © Rapho, París. Página 19: Colección B. Bauer © Explorer, París. Página 20: © Lowell Observatory, Flagstaff. Página 21: © Alfred S. Mc Ewen, U.S. Geological Survey. Página 25: © Monique Pietri, París. Página 26 abajo: Rega © Rapho, París. Página 27 arriba: Steinheil © Rapho, París. Página 27 abajo: Boireau © Rapho, París. Página 28 arriba: Cagnoni © Rapho, París. Página 28 abajo: Ducasse © Rapho, París. Página 29: Ancellet © Rapho, París. Página 30: Davidson © Rapho, París. Página 31: Bernheim © Rapho, París. Página 32: Liz Thompson © Impact Photos, Cosmos, París. Páginas 33, 44: UNESCO-Dominique Roger. Página 36: © P. Woiceshyn, M.G. Wurtele, S. Petehrich. Página 37: © Gene Carl Feldman, NASA Goddard Space Flight Center, Maryland. Página 41: © ESOC. Página 43: K. Krafft © Explorer, París. Página 46-47: Venkatesh © Sri Aurobindo Asram, Pondichery.

El Grand atlas de l'espace (1989), publicado por la Encyclopedia Universalis, es una obra muy bien documentada e ilustrada que ha sido de gran utilidad para la preparación de este número.

