

ASTRONOMÍA DIGITAL

Número 6 , 31 de octubre de 1999

<http://digital.astrored.org>



Introducción

Todas las personas están invitadas a enviar sus artículos y opiniones a *Astronomía Digital*. Las siguientes instrucciones están pensadas para su envío y procesado en el formato electrónico en el que se genera la revista. Estas son las guías y condiciones generales para la publicación en *Astronomía Digital*, pero quedan sujetas a la opinión de la redacción.

Condiciones de publicación

Los artículos enviados a *Astronomía Digital* deben ser originales y no haber sido publicados anteriormente o haber sido enviados para su edición simultáneamente. Los artículos se distribuirán sin cargo alguno. El autor retiene los derechos de copia para publicaciones comerciales. Cualquier publicación que haga uso de los artículos publicados en *Astronomía Digital* debe indicar "Artículo extraído de *Astronomía Digital* número x , <http://digital.astored.org>".

Instrucciones generales

Los artículos han de contener, al menos, las siguientes secciones: Título, resumen, desarrollo y conclusión. Otras secciones posibles son las de referencias bibliográficas y direcciones de interés (e.j. páginas web). El texto debe estar corregido ortográficamente y siguiendo las recomendaciones de puntuación en español. En concreto, los decimales irán indicados con una coma (1,25) y los miles con punto (1.500). Los párrafos deben ir separados por una línea en blanco y las líneas no deben superar los 80 caracteres de longitud.

Puesto que el formato de envío es ASCII, las tablas deben escribirse tabuladas como el siguiente ejemplo.

Planeta	UA	Magnitud
Mercurio	0,3	-1,8
Venus	0,7	-4,3
Marte	2,5	-1,2

Si va a incluir fórmulas complicadas, en la página de *Astronomía Digital* existe un apartado explicando detalladamente el lenguaje de fórmulas utilizado en LaTeX.

Se recomienda incluir la dirección electrónica y postal del autor al final del artículo, para permitir el contacto directo con los lectores.

Como se ha comentado, el formato para enviar electrónicamente un artículo debe ser de texto, en el ASCII de Windows o Unix, no en el de MS-DOS. Las imágenes deben enviarse en formato GIF o JPG, no se aceptan BMP ni PCX u otros. En el artículo debe indicar una nota explicativa para cada una de las imágenes (ej. Figura 1, venus.gif. Venus al amanecer con cámara fotográfica de 50 mm, 20 segundos de exposición).

Antes de enviar definitivamente el artículo, revise el archivo de texto final con el bloc de notas del Windows, o en su defecto por cualquier otro procesador de textos, para comprobar que todo está correctamente.

Instrucciones de envío

Primero póngase en contacto con alguno de los redactores indicándole la disponibilidad de su artículo enviando un mensaje a digital@astored.org. En caso de interés la redacción le pedirá que envíe a esa misma dirección un mensaje con el texto e imágenes del artículo.

En caso de que no disponga de correo electrónico, puede enviar el disquete por correo tradicional a la siguiente dirección:

Astronomía Digital
Agrupación Astronómica de Gran Canaria
Apartado de correos 4240
35080 Las Palmas de Gran Canaria (ESPAÑA)

SE PERMITE LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y PARCIAL DE LOS CONTENIDOS DE LA REVISTA PARA USO PERSONAL Y NO LUCRATIVO. PARA CUALQUIER DUDA O SUGERENCIA PÓNGASE EN CONTACTO CON LA REDACCIÓN MEDIANTE CORREO ELECTRÓNICO EN [DIGITAL@ASTORED.ORG](mailto:digital@astored.org). LA REDACCIÓN NO SE HACE RESPONSABLE DE LAS OPINIONES VERTIDAS POR LOS AUTORES Y COLABORADORES.

Índice General

Predicción de la intensidad de las Leónidas (1999-2001) — <i>Ignacio Ferrín</i>	4
Estudio preliminar de las vicisitudes de nuestro calendario y del siglo XXI — <i>Jordi Vilà i Hueso</i>	7
Crónica de la mayor hazaña de la humanidad — <i>Jesús Gerardo Rodríguez Flores</i>	14
¿Qué edad tienes, Universo? — <i>Jorge Enrique Villa Quintero</i>	21
Fotografía lunar de alta definición — <i>Jesús R. Sánchez</i>	25
La colaboración aficionado-profesional en la enseñanza y la investigación en Astronomía — <i>Jaime R. García</i>	30
GUIA DIGITAL — <i>Sección coordinada por Gabriel Rodríguez Alberich</i>	33

Editorial

Parece mentira, pero ya ha pasado poco más de un año desde que *Astronomía Digital* salió a la luz. Los que la hacemos estamos convencidos de que favorecemos a la divulgación de la astronomía en sus más nobles términos. Hoy en día no somos los únicos que estamos en formato digital, sabemos de muchas y muy buenas revistas de asociaciones que dan la posibilidad a los interesados en las ciencias del Universo a informarse sobre muchos y variados asuntos. Sólo esperamos que dentro de un año seamos muchas más.

En estos meses que han transcurrido entre el último número y este han sucedido eventos astronómicos de interés... y ocultándolos a todos el gran eclipse del 11 de agosto. Nadie dudará que fue un éxito, no sólo por el interés que suscitó en el público y los medios de comunicación, sino porque la calma y el raciocinio imperó sobre anuncios catastrofistas. No en vano estaban anunciados desde el impacto de un planeta, pasado por los típicos cometas, hasta llegar a la Estación Espacial Mir. Una vez más, volvieron a equivocarse. Lástima que no sea la última.

Con respecto al “pánico milenarista” que levantan las cifras del año 2000, en este número encontrarás un artículo de Jordi Vilà tratando este asunto con meticulosidad. Por que ¿cuando termina realmente el siglo XX y comienza el XXI?

Ah. Antes de acabar el año no te olvides de echar un vistazo a la lluvia de estrellas fugaces más esperada de los últimos años: las Leónidas. Si en 1998 dieron el campanazo, a mediados del mes de noviembre se espera una gran actividad apta para todos los públicos. Ignacio Ferrín, de la Universidad de los Andes, detalla en este número de *Astronomía Digital* sus predicciones para los próximos años.

¡Atento a los cielos!

Buenas noches... de observación, naturalmente.

Víctor R. Ruiz

Predicción de la intensidad de las Leónidas (1999-2001)

Ignacio Ferrín | Centro de Astrofísica Teórica, Universidad de los Andes (Venezuela)

Se ha desarrollado un nuevo método para predecir la intensidad de lluvias de meteoros, el cual aparece explicado en detalle en otra parte (Ferrín, 1999). En este trabajo se presenta un resumen del procedimiento sin formulas matemáticas, y de la predicción que se deduce de él. El método se basa en un gráfico (figura 1) que proporciona la densidad de partículas alrededor del cometa, y sobre el cual se dibujan líneas de igual intensidad de THZ (Tasa Horaria Zenital). El método se aplica a las Leónidas, resultando en las siguientes predicciones: Para 1999 la THZ será de unos 3500 ± 1000 . Para el 2000, sólo se puede poner los límites $5.000 < THZ < 20.000$. Para el 2001 la THZ bajará a valores normales de 400 ± 100 .

Introducción.

La lluvia de meteoros de las Leónidas ocurre cada 33 años aproximadamente, y ha dado espectaculares tormentas en 1799, 1833 y 1966. Pese a que la literatura contiene un enorme número de trabajos sobre esta lluvia, la característica general de ellos es que no se realizan predicciones “cuantitativas” sino “cualitativas” (Yeomans, 1981; Brown y Jones, 1993; Beech et al., 1997; Yeomans et al., 1996; Wu y Williams, 1992, 1995, 1996; Rao, 1998). La lluvia se origina por partículas de polvo emitidas por el cometa 55P/Tempel-Tuttle, el cual pasó por el perihelio en 1997. Esta incertidumbre de las predicciones ha llevado a Meisel, Director Ejecutivo de la Sociedad de Meteoros Americana (citado en Rao, 1998) a afirmar que “la predicción de lluvias de meteoros e

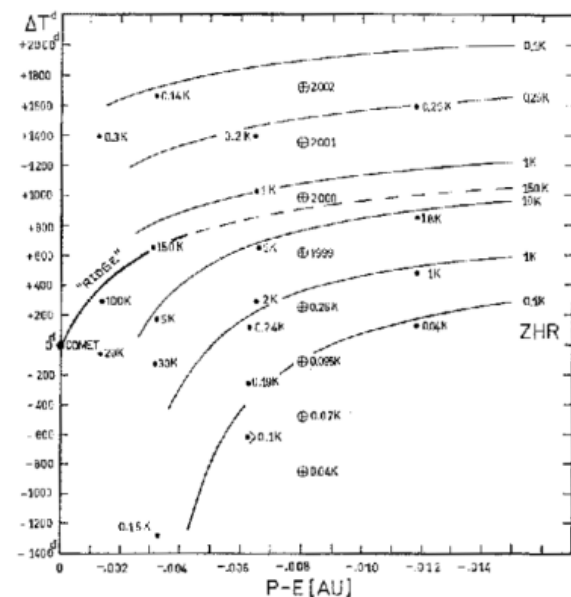
que aplicar dos factores de corrección, los cuales a veces pueden ser muy grandes, y su producto aún mayor (¡hasta un valor de 10!). Por ejemplo la THZ de 86 registrada en 1994, es el resultado de observar 8 meteoros en $\frac{1}{2}$ hora. En conclusión, “la THZ no es una cantidad observada sino deducida”, y en consecuencia el número de meteoros observados es siempre menor que el dado por la THZ, y en ocasiones mucho menor. Los observadores deben ser conscientes de esto para no crear falsas expectativas.

La cosa más interesante de la figura 1, es que muestra un “risco” “colina” de elevadas concentraciones, y que pasa por dos puntos de intensidades 150.000 y 100.000 meteoros por hora correspondientes a 1966 y 1833. Debido a la falta de datos observacionales esta colina se

El método.

El método presentado en este trabajo pone a la predicción en buen pie, y se basa en la figura 1, la cual grafica ΔT vs $P-E$, donde $P-E$ es la distancia de una partícula en la órbita del cometa a la Tierra, en su mínimo acercamiento, y ΔT es el tiempo transcurrido desde que pasó la Tierra por el nodo del cometa. Este gráfico ha sido hecho anteriormente por muchos autores. Lo nuevo de nuestro trabajo es que los puntos del gráfico no están etiquetados con el año de la observación sino con la intensidad de la lluvia, THZ. Así aparece la distribución del polvo alrededor del cometa, lo cual permite trazar líneas de igual concentración, y varias son mostradas en el gráfico. En otras palabras, por primera vez se presenta la distribución de polvo alrededor del cometa. Los datos graficados han sido tomados de Yeomans (1981), Rao (1998), Mason (1995) y Arlt (1998), y aparecen tabulados en Ferrín (1999).

La THZ (Tasa Horaria Zenital - *Zenital Hourly Rate*, en inglés), es el número de meteoros registrado por un solo observador, con el radiante en el Zenit, y con un cielo de magnitud límite estelar MALE=6,5. Es claro que estas son condiciones ideales que difícilmente se logran por causa de cielos contaminados, cirros, amanecer, luz de la Luna, nubes, obstáculos visuales, radiante bajo en el horizonte, etc. Para calcular la THZ hay entonces



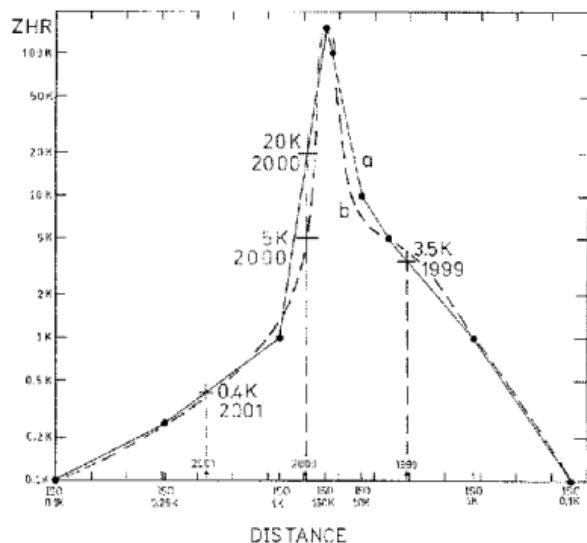


Figura 2: Perfil de la lluvia a lo largo de los puntos de la Tierra en la figura 1. Este perfil permite predecir la intensidad de la lluvia en los próximos años, lo cual está hecho en el texto.

pierde y se hace difícil extrapolarla hasta la posición tomada por la Tierra en 1999 y 2000 y marcada con un círculo con una cruz en su centro. Esta colina o risco es el lugar donde ocurren las grandes tormentas de meteoros de las Leónidas. Cruzar por ese punto hasta puede ser peligroso.

Hemos identificado este risco con las “colas de polvo” estudiadas por Sykes et al. (1990, 1992) y encontradas detrás de todos los cometas periódicos. Estas colas se caracterizan por contener partículas de polvo muy grandes (del orden de 1 cm de diámetro), las cuales por ser tan grandes se mueven muy despacio (del orden de 4 km/s, en comparación con partículas mucho más pequeñas que se mueven a 20 km/s respecto al cometa).

En otra parte (Ferrin, 1999) se presenta un cálculo completo de trayectorias de partículas eyectadas del cometa, las cuales muestran que en 1999 y 2000 la Tierra toca marginalmente la cola de polvo del cometa 55P. En consecuencia no ocurrirá una tormenta de meteoros, pero sí se espera una lluvia intensa. La mejor manera de apreciar esto es analizando la figura 2, la cual permite hacer predicciones cuantitativas.

Predicción de la intensidad.

La figura 2 muestra un perfil del polvo del cometa a lo largo de los puntos marcados para la Tierra en la figura 1. La figura 2 da THZ vs distancia a lo largo de los años. Allí se señalan las posiciones de la Tierra en 1999, 2000 y 2001. Se puede observar que hay un pico muy intenso (que corresponde a la cola de polvo estudiada por Sykes et al.), y que la intensidad decae muy rápidamente a ambos lados (como se espera físicamente).

Una interpolación de los datos permite hacer predicciones “cuantitativas”. Para 1999 se obtiene un valor

de $THZ=3.500\pm1000$. Para el 2000 existe algo de incertidumbre, pues no sabemos con precisión la distribución exacta del polvo. Por tanto sólo podemos poner los límites $5.000 < THZ < 20.000$. Para el 2001 la figura 2 muestra que la intensidad habrá bajado a niveles de $THZ=400\pm150$.

Predicción de la hora y fecha.

Los gráficos mostrados arriba no contienen ningún indicio sobre la fecha y hora de la lluvia. Esta información puede ser deducida de los datos dados por IMO, la Organización de Meteoros Internacional. En su sitio web (<http://www.imo.net>) se dan las intensidades de la lluvia para cada año, como función de la longitud solar. Para 1998 el pico de THZ más intenso estaba situado en longitud solar $234,56^\circ$. Existen picos menores a mayores longitudes, pero estos no pueden ser la lluvia principal. De modo que si se repite el pico más intenso la fecha y hora de la lluvia será el 17 de noviembre de 1999 a las 8h 48m TU, o 17 de noviembre del 2000, a las 14h 42m TU.

Conclusiones.

- Nuestro método de predicción no está limitado a las Leónidas, y puede ser aplicado a otras lluvias de meteoros. Se basa en un gráfico (figura 1) que muestra la distribución del polvo alrededor del cometa.
- Se identifica una “colina” “risco”, o zona de mayor concentración de polvo, con las “colas de polvo” estudiadas por Sykes et al. (1990, 1992).
- Nuestro método permite llegar a predicciones “cuantitativas”, al contrario de muchas predicciones publicadas las cuales son “cualitativas”.
- La asimetría mostrada en la figura 2 permite deducir que las partículas grandes están más concentradas hacia la izquierda del diagrama. En consecuencia a lo largo de los años, y probablemente con un pico en el 2000, las lluvias mostrarán meteoros más brillantes.
- Lo mejor está por venir.

Ω

Referencias

- [1] Beech, P. Et al., Adv. Space Res., Vol. 20, No. 8, p. 1509, (1998).
- [2] Brown, P., Jones, J., en Meteoroids and Their Parent Bodies, J. Stohl and I. P. Williams, Slovak Acad. Bratislava, p. 57, (1993).
- [3] Ferrin, I., Astron. and Astrophys., Vol. 348, p.295-299, (1999).

- [4] Mason, J., J. Br. Astron. Assoc., Vol. 105, p. 5, (1995).
- [5] Rao, J., Sky and Telescope, Vol. 95, p. 38, (1998).
- [6] Sykes, M. Et al., Icarus, Vol. 86, p. 326, (1990).
- [7] Sykes, M. Et al., Icarus, Vol. 95, p. 180, (1992).
- [8] Yeomans, D. K., Icarus, Vol. 47, p. 492, (1981).
- [9] Yeomans, D. K., Icarus, Vol. 124, p. 407, (1996).
- [10] Wu, Z., Williams, I. P., en Asteroids, Comets, Meteors 1991. Lunar and Planetary Institute, Houston, TX, p. 661, (1992).
- [11] Wu, Z., Williams, I. P., Plan. and Space Sci., Vol. 43, p. 723, (1995).
- [12] Wu, Z., Williams, I. P., MNRAS, Vol. 280, p. 1210, (1996).

Ignacio Ferrín
ferrin@ciens.ula.ve
 Universidad de los Andes
 Mirida 5101-A, VENEZUELA

Estudio preliminar de las vicisitudes de nuestro calendario y del siglo XXI

Jordi Vilà i Hueso | Premià del Mar (España)

El presente escrito trata de desarrollar brevemente, un pequeño estudio de los orígenes del sistema calendario occidental, que nos permita responder, como mínimo, a las siguientes cuestiones: ¿Por qué el año empieza el 1 de enero? ¿Por qué la semana tiene siete días? ¿Por qué hay años bisiestos? ¿Por qué Navidad cae el 25 de diciembre? ¿Por qué el año dura 365 días? ¿Por qué el milenio empieza en el 2001? ¿De dónde vienen los nombres de los meses? ¿Cómo aparece el cómputo de las horas?

Introducción: Calendarios.

La palabra calendario deriva del latín «proclamar» ya que en la antigua Roma, los sacerdotes encargados proclamaban el principio de cada mes (calendas) al llegar la Luna nueva, debido a que los romanos inicialmente tenían un calendario lunar al igual que la mayor parte de las antiguas culturas humanas. Desde la antigüedad han sido tres las divisiones fundamentales del tiempo: el día, el mes y el año.

El año viene establecido por el movimiento de traslación de la Tierra alrededor del Sol

El día, vinculado con la rotación de la Tierra sobre su eje, ha marcado de manera absoluta las necesidades básicas de la mayor parte de las especies vivas: los ciclos de la ingestión de alimentos o del sueño están ligados con la alternancia de luz y oscuridad, a pesar de que el día no es una unidad inmutable y que su duración varía tanto al cabo de periodos de tiempo largos como a corto plazo. Las horas son las subdivisiones lógicas del día, aparecidas inicialmente en los relojes de Sol, el más antiguo de los que se tiene constancia es de hace unos 3.500 años y es originario de Egipto. Los primeros artefactos tenían el día subdividido en 12 partes, a las que nos referimos como «horas del tiempo». Naturalmente las horas del tiempo varían en longitud, siendo más largas en verano y más cortas en invierno. No fue hasta el s. XIII que un árabe llamado Abul-Hassan introdujo la idea de hacer todas las horas de la misma longitud y hasta el s. XV que estas horas iguales no se establecieron como de uso general.

El mes, determinado por la sucesión de las fases de la Luna, es un ciclo intermedio entre la brevedad del día y la larga duración del año. De este periodo nacen las unidades llamadas semanas, que son simplemente la manera más simple de calcular, aproximadamente, una cuarta parte del ciclo lunar.

El año, que viene establecido por el movimiento de traslación de la Tierra alrededor del Sol, marca la sucesión de las estaciones que según la latitud terrestre pueden ser entre dos y cuatro.

Como ya hemos avanzado, los primeros calendarios usados por la humanidad fueron de tipo lunar, básicamente

por dos motivos esenciales: son los más fáciles de recordar y de utilizar, dado que los cambios en la apariencia de la Luna son más rápidos y evidentes que los del Sol, un mes lunar tiene unos 29,53 días y un año lunar, 12 lunas (a veces se ha de añadir otro mes lunar, por tanto entre 12 y 13 lunas). Contar lunas es muy simple y gracias a las fases que presenta, podemos saber rápidamente en que parte del mes lunar nos encontramos, mientras que el calendario solar tiene actualmente 365,24219879 días y requiere observaciones astronómicas mucho más complejas. Por este simple motivo el estudio de la Luna y sus fases ha sido anterior al estudio del Sol, aunque climatológicamente sea este considerablemente mucho más importante que nuestra vecina.

El principal problema que tienen los calendarios lunares es determinar la duración del periodo esencial, el mes, en relación con la duración del día (es decir: ¿cuantos días dura un mes?) y, a más largo plazo, como combinar el mes con el ciclo de las estaciones (¿cuantos meses tiene un año?). Lo primero que hace falta determinar es el punto de partida del mes: en que día establecemos que ha de empezar. Fácilmente podemos identificar cuatro alternativas simples, una por cada momento de las fases: Luna nueva, llena, cuarto creciente o menguante, pero si lo analizamos bien vemos que es más sencillo tomar el de la Luna nueva ya que para los otros instantes es difícil de precisar los momentos exactos en los que se verifican. A pesar de todo, querer empezar el mes en el momento en el

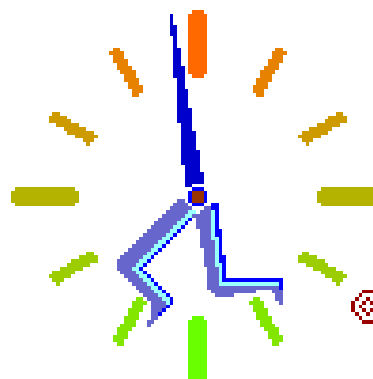


Figura 1:

que la Luna aparece por primera vez durante la tarde es considerablemente complicado, y más sin instrumentos ópticos de precisión. La pequeña hoz que es visible los primeros días de la Luna, apenas es perceptible mezclada con la última luz Solar. Incluso con un cielo completamente limpio, el tiempo entre la Luna nueva y la visión de ésta dependerá básicamente de la latitud del observador. Cuanto más al Sur, antes será posible realizar la observación con éxito.

Otro problema de los calendarios lunares, emparejado con el anterior, es que el periodo sinódico (del griego «synodos», encuentro), es decir, el ciclo de fases o lunación, no es un número entero de días, sino que tiene actualmente una duración de 29 días, 12 h 44 m y 2,9 seg., por lo tanto hace falta tomar meses alternativos de 29 y 30 días y hacer correcciones a largo plazo cuando los cálculos se separen de la situación real.

El calendario más antiguo que usaban los pueblos romanos era el mismo que habían usado las anteriores poblaciones itálicas

La sustitución posterior de los calendarios lunares por los de tipo solar se produce por el segundo problema que presentan los primeros: la falta de correlación que tienen respecto al ciclo de las estaciones, ciclo muy importante especialmente para las antiguas comunidades agrícolas y ganaderas. En estos casos se intenta mantener el sistema de meses, pero adaptado al año trópico, creando un calendario lunisolar, cosa realmente muy complicada debido a que una vuelta al Sol son, como hemos dicho antes, 365,24219879 días que equivale a 12,368267 meses sinódicos o lunaciones. Ninguno de los dos intervalos es un número entero y por tanto hace falta hacer correcciones periódicas que adapten los dos valores.

Antecedentes: El antiguo Calendario Romano.

El calendario más antiguo que usaban los pueblos romanos era el mismo que habían usado las anteriores poblaciones itálicas. Básicamente se usaba para determinar el inicio de las actividades agrícolas, dejando al margen cualquier otra consideración. Era estrictamente un calendario lunar de manera que se correspondía con las estaciones tan sólo de manera muy aproximada.

Este cómputo de tiempo era el Calendario de Rómulo y se cree que se remontaba al 753 aC. De los pocos datos que nos han llegado hasta la actualidad, sabemos que el año se iniciaba con el equinoccio de primavera y sólo tenía 10 meses, aquellos en los que había alguna actividad agrícola, alternando 30 y 31 días. Los meses y sus duraciones eran: «Martius» (dedicado a Marte, patrón de los romanos) 31 días, «Aprilis» (dedicado a Apolo) 30, «Majus» (dedicado a Júpiter) 31, «Junius» (Dedicado a Juno) 30, «Quintilis» 31, «Sextilis» 30, «September» 30, «October» 31, «November» 30 y «December» 30, total 304 días. Después de «Junius» los meses recibían el nombre por el

número de orden que les correspondía. Evidentemente, estos datos, a pesar de estar ampliamente aceptados, no cuadran con ningún sistema calendario válido, fiable y práctico, por lo que hemos de admitir que no nos ha legado una información demasiado realista de lo que debía ser aquel calendario primitivo ya que los 304 días del año ni se pueden ajustar a los 354 días de doce lunaciones ni a los 365 del año solar y ni tan solo la media mensual de 30,4 días se parece a los 29,53 del periodo sinódico, conocido por todas las civilizaciones de la época. Si el calendario fuese realmente este estaría exageradamente alejado de cualquier ciclo astronómico. Por tanto podemos afirmar que antes del siglo VI aC poco sabemos de fiable sobre el calendario romano, tan solo que los diez meses y la secuencia de periodos de 30 ó 31 días ha de ser una aproximación a la realidad, pero no demasiado verdadera.

Lo que sí es demostrablemente cierto, por los conocimientos que tenemos de ciertas ceremonias rituales periódicas, es que, al igual que en el resto de calendarios lunares contemporáneos, en este los meses empezaban con la Luna nueva, con los consecuentes problemas para determinarla puesto que hasta que la Luna no se hace visible de nuevo en el cielo, pasan un cierto número variable de días, por tanto la duración del mes dependía del momento de esta aparición. El proceso para establecer el principio de cada mes estaba llevado a cabo por el poder religioso que al inicio del mes indicaba cuantos días quedaban para llegar a las «nonae» (al primer cuarto de Luna) y por tanto en que día había empezado el mes («calendas»). Como resulta evidente, este sistema de determinación de los meses es totalmente incompatible con los datos que nos han quedado sobre un sistema de diez meses de 30 ó 31 días, que habrían de tener, aproximadamente, 29 ó 30 días, de acuerdo con el periodo sinódico.

El rey romano Numa Pompilio, basándose en el calendario griego, mejoró el sistema convirtiéndolo en un periodo de 354 ó 355 días

Siglos más tarde, al crecer el territorio romano, se hizo inútil un sistema de fijación de las fechas como el usado, puesto que las comunicaciones no eran suficientemente rápidas, hacía falta disponer de un sistema estándar puesto al día cada cierto tiempo. Por esto el rey romano Numa Pompilio, basándose en el calendario griego, mejoró el sistema convirtiéndolo en un periodo de 354 ó 355 días, es decir, 12 lunaciones. Se añadieron dos meses más al final: enero «Ianuarius» (dedicado a Jano) y febrero «Februarius» (de «februa», purificar, dedicado a Plutón). Cada uno se componía de 28 días, aunque posteriormente se añadió un día más a enero. Los meses y sus duraciones quedaron como indicamos: «Martius» 31 días, «Aprilis» 29, «Majus» 31, «Junius» 29, «Quintilis» 31, «Sextilis» 29, «September» 29, «October» 31, «November» 29, «December» 29, «Ianuarius» 29 y «Februarius» 27 ó 28. Solamente quedaba hacer coincidir el cal-



Figura 2: Julio Cesar, instaurador del calendario previo al actual.

endario lunar con las estaciones por lo que se incluyó un mes de 22 ó 23 días cada dos años. Esta intercalación se hacía después del mes de febrero, al final del año, justo antes de la lunación de primavera. A pesar de todo, todas estas no fueron las últimas modificaciones que sufrió el calendario sino que a lo largo de los siglos el poder religioso, encargado de la determinación de las fechas, hizo diversas correcciones.

Todas las sucesivas modificaciones, correcciones y adaptaciones seculares, así como la introducción del mes intercalar, que se colocaba a la libre elección del poder religioso, provocó un desfase importante hasta el punto en el que en el año 46 aC el calendario romano se encontraba desligado respecto a las estaciones en más de tres meses, de manera que el solsticio de verano se producía cuando según el calendario se había de llegar al equinoccio de otoño.

Julio Cesar, casi un año antes de ser asesinado, optó por llevar a término una reforma global del calendario

A causa de esta confusión Julio Cesar (102-44 aC), casi un año antes de ser asesinado, optó por llevar a término una reforma global del calendario para sustituir el antiguo sistema, adoptando y adaptando el calendario solar de origen egipcio (que data del 4000 aC), para corregir los problemas que presentaba el lunar, principalmente por el poco ajuste que tiene este tipo de calendario respecto a las estaciones.

Asesorado por el matemático y astrónomo Sosígenes de Alejandría, el auténtico autor de la reforma, separó el año civil del año lunar, estableció la duración del año (estrictamente solar) en 365,25 días, insertando un día su-

plementario en febrero cada cuatro años (bis sextus dies ante calendas Martii: el sexto día antes de las calendas de marzo), es decir, haciendo bisiestos todos los años los cuales su número de orden es divisible por cuatro, y abandonando todo intento de hacer coincidir los meses y los años con las lunaciones. De esta manera se aseguraba que los meses del año seguían el ritmo de las estaciones. Por último, cambió el primer día del año de su calendario fijándolo en el primer plenilunio posterior al solsticio de invierno. Así pues el primer mes del año Juliano pasó a ser «Ianuarius» y el último «December», con la misma duración que tienen los meses actualmente. Posteriormente los meses «Quintilis» y «Sextilis» pasaron a ser denominados «Iulius» y «Augustus» en memoria de los emperadores Julio Cesar y Augusto, traspasando éste último un día de febrero a agosto, para que su mes no fuese más corto que el de Cesar.

El Calendario Juliano fue usado hasta finales del siglo XVI, en 1582, cuando la diferencia entre su duración y el año trópico había desplazado las fechas en 10 días y por tanto se procedió a la reforma gregoriana.

El Calendario Diocleciano.

La Era de Diocleciano, un cómputo de tiempo intermedio entre el romano y el actual como vemos en el gráfico 1, tiene como origen el 29 de agosto del año 284 dC. Aproximadamente con esta fecha, que coincide con el inicio del gobierno de Diocleciano, empieza el año en el calendario Copto, usado en Egipto y Etiopía. Diocleciano (245-313 dC) fue emperador romano a la muerte de Numeriano, abdicando a favor de Galerio el 305 dC.

El cómputo de Dionisio, del que hablaremos seguidamente, convirtió el año 248 Anno Diocletiani en el año 532 Anni Domini Nostri Jesu Christi, conocido como año 532 dC para abreviar.

El establecimiento del año inicial de nuestra era.

Primeramente hace falta mencionar a un monje y astrónomo nacido en Ecítia, ahora al Sudoeste de Rusia, y muerto sobre el 540 dC, llamado Denys, que, por su baja estatura, ha sido llamado Dionisio el Pequeño: Dionisius Exiguus. Fue él quien determinó en el año 532 dC, compilando unas tablas de fechas para la celebración de las pascuas en términos del Calendario Diocleciano, por encargo del papa Juan I, el inicio de nuestra era, fijando el nacimiento de Cristo el 25 de diciembre del año 753 de la fundación de Roma. De esta manera fue abandonado el cómputo que se seguía hasta entonces, que había establecido Marcos Terencio Varrón (116-27 aC) cuando determinó como inicio del calendario romano, la fecha de la fundación de Roma, «ab Urbe condita», por el mítico Rómulo.

Por tanto fue Dionisio el Exiguo quien estableció el uno de enero del año 754 (romano) como el primer día de nuestra era (que él llama «anni ab incarnatione domini»): 1

de enero del año 1 dC, el primer día del año siguiente al nacimiento de Cristo, es decir, siete días después del nacimiento, aunque es históricamente demostrable que no se produjo el 25 de diciembre si no que se tomó por convención este día, hacia el siglo IV, para sustituir las antiguas celebraciones romanas del solsticio de invierno, la fiesta del Sol Invictus. Además se ha podido comprobar que los cálculos de nuestro personaje no son demasiado exactos, existiendo una diferencia de cuatro a siete años con el cálculo correcto, si tenemos como referencias el censo de Cesar Augusto que se podría haber realizado entre el 8 y el 6 aC, y la muerte del rey Herodes I en el año 750 (romano), según los escritos del historiador eclesiástico Eusebio, de San Lucas y de Josefo, célebre historiador judío que proporciona datos considerados como precisos sobre la muerte de Herodes I. Estos historiadores contemporáneos indican que la muerte de éste se produjo poco después de un eclipse de Luna y poco antes de la Pascua judía. Con toda probabilidad se trata del eclipse del 13 de marzo del año 4 aC. En este caso, el año 2000 hubiera sido el 1993-96 actual, con preferencia por las fechas más antiguas (7 ó 6 aC). Por tanto, paradójicamente, Cristo hubiese nacido unos seis años antes de Cristo, pero no vale la pena introducir cambios en la cronología civil por la inmensa perturbación que comportaría, a parte de que es muy posible que después saliese otro historiador diciendo que no son cuatro sino tres o cinco los años atrasados o avanzados y no es cosa de estar cambiando continuamente de fechas complicándolo todo.

La Reforma gregoriana.

Sabemos que el año civil está regido por el Sol, por tanto lo podemos definir diciendo que es el tiempo comprendido entre dos pasos consecutivos del Sol por el equinoccio de primavera, lo que en Astronomía llamamos Año Trópico. Este año equivale actualmente a 365,24219879 días, es decir, 365 días medios, 5 horas, 48 minutos, 45 segundos y 98 centésimas de segundo, aunque sabemos, mediante modernas observaciones astronómicas y por observaciones desde satélites artificiales, que la velocidad de rotación de la Tierra no es constante, sino que varía, tanto a corto plazo como a lo largo de los siglos. Concretamente

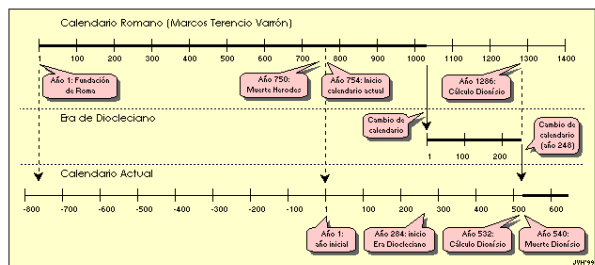


Figura 3: El año del nacimiento de Cristo transcurrió inadvertido para los romanos y los judíos, e igual los primeros cinco siglos del Cristianismo, que no figuraron en el calendario.

hace 85 millones de años, en el Cretáceo superior, la Tierra se movía un poco más rápido y el año tenía 370,3 días. En el Cámbrico llegó a tener 425. Actualmente la velocidad de rotación tiende a disminuir y por tanto el año medido en días será más corto.

Si hacemos que el año dure 365 días justos, cada cuatro ha de sobrar aproximadamente un día

Como se ve, actualmente, sobran casi 6 horas a los 365 días, es decir, casi una cuarta parte de día. Si hacemos que el año dure 365 días justos, cada cuatro ha de sobrar aproximadamente un día. Esta es la corrección que introdujo Julio Cesar en el año 46 aC, pero la corrección Juliana no es suficientemente exacta, puesto que con ella se añaden 44 minutos y 56 segundos de más cada cuatro años, casi ocho días por milenio (concretamente 7,80).

Esta diferencia, aunque pequeña con los siglos se fue acumulando, haciendo que no coincidiesen las estaciones del calendario con las naturales. Ya en el 325 dC el calendario llevaba unos tres días de retraso respecto a las estaciones, de manera que en lugar de caer en el 25 de marzo, el equinoccio de primavera se producía en el 21 de ese mes. Ese mismo año se celebró en Nicea el concilio que lleva el nombre de esta ciudad. De entre las intenciones del concilio estaba la de fijar la fecha de la Pascua, que según las reglas establecidas había de ser celebrada en el primer domingo posterior al plenilunio de primavera, pero a pesar de detectar algún error en el Calendario Juliano no se estableció ninguna reforma ya que, a falta de observaciones precisas, se supuso que los cálculos de Sosígenes podrían haber sido incorrectos al determinar la fecha del equinoccio y por tanto, en lugar de variar la duración del año lo que se hizo fue modificar la fecha del equinoccio de primavera, estableciéndola desde entonces en el 21 de marzo.

Así pues el Calendario Juliano, a pesar de su pequeña incorrección que hacía que al pasar el tiempo fuese aumentando la distancia entre el equinoccio de primavera y la fecha del 21 de marzo, fue siendo utilizado durante dieciséis siglos, aunque el tema se volvió a tratar en los concilios de Constanza (1414 dC) y Trento (1545-1553 dC). Finalmente fue el 24 de febrero del año 1582 dC, cuando el Papa Gregorio XIII, aconsejado por los astrónomos Christopher Clavius y Luigi Lilio, le introdujo una reforma que consistía en ajustar los años bisiestos de manera que los años divisibles por cien pero no por cuatrocientos dejaran de tener 366 días. De esta manera se evitaba el desfase que se estaba produciendo al intercalar excesivos años bisiestos, ya que se suprimían tres días cada cuatro siglos. Así, el año 1600 fue bisiesto y lo será también el 2000 (todos dos son divisibles por cuatrocientos), pero fueron años naturales el 1700, 1800 y 1900 y lo será el 2100. Es por eso que el jueves 4 de octubre de ese año 1582 dC fue seguido por el viernes 15 de octubre, para eliminar los diez días que ya se llevaban acumulados (haciendo que el equinoccio de primavera, que se verificaba ya el 11 de marzo, volviese a caer el 21 de marzo), a



Figura 4: Portada del tratado sobre la reforma del calendario de Christopher Clavius.

pesar de los graves disturbios que aparecieron en muchos lugares por que la gente estaba convencida de que se le habían quitado diez días de vida. Nació de esta manera el Calendario Gregoriano, vigente actualmente en el mundo occidental con muy pocas variaciones.

De hecho, esta corrección del calendario también es incorrecta en dos aspectos:

Primero: hubiera hecho falta restar trece días al calendario vigente y no los diez en que se ajustó. De esta manera los equinoccios y solsticios seguirían cayendo en los mismos días que en la época romana y no en los días 21 de los meses respectivos, como sucede actualmente.

Segundo: la diferencia (por exceso) del Calendario Gregoriano (365,2425 días/año) respecto al año trópico (365,24219879 días) es aproximadamente de un día cada 3.320 años, para ser más exactos aún haría falta que los años múltiples de mil sólo sean bisiestos cuando no son divisibles por 4.000. Por tanto el año 2000 y el 3000 seguirían siendo bisiestos, y el 4000 habría de ser natural.

Hace falta recordar que el cambio de Calendario Juliano a Gregoriano no se produjo conjuntamente en todo el mundo. Fue inmediato en España, seguido poco después por Portugal pero, por ejemplo, en Francia se hizo el 9 de diciembre de ese mismo año (saltando al día 20), la parte católica de Suiza y de Alemania no aceptaron la reforma hasta dos años después, Polonia lo hizo el 1586 dC y Hungría el 1587 dC. En Inglaterra no fue adoptado hasta el año 1752 dC, cuando el 2 de septiembre fue seguido por el 14 de septiembre, once días de corrección. En el mismo año lo hizo también Suecia. Uno de los casos más tardíos fueron los de Grecia, Bulgaria, la antigua Yugoslavia y Rusia que esperó hasta inicios del s. XX, concretamente al 1923. El año siguiente hicieron el cambio Turquía. China esperó al 1912 y Japón hasta el 1873. Esto origina anécdotas curiosas como el hecho de

que Cervantes y Shakespeare muriesen el mismo día: el 23 de abril de 1616 dC pero se lleven unos 10 días de diferencia, ya que al morir en países diferentes el calendario no era el mismo.

Apuntes de otros calendarios vigentes.

El calendario judío es una mezcla de calendario lunar y solar (años lunisulares). El año está dividido en doce meses de 29 y 30 días alternativamente. Para restablecer la coincidencia entre las estaciones del calendario y las solares, se añade un nuevo mes cada tres años, con lo que se obtienen los meses embolísticos, de manera que 37 lunaciones o meses sinódicos (1.092,63 días) son 3 años trópicos (1.095,73 días), existiendo tan sólo una pequeña diferencia de un poco más de tres días. Los años se cuentan desde el 7 de octubre del 3761 aC. (»después de la creación del mundo»). El año se inicia con la celebración del Ros Hashanah, o Año Nuevo, que empieza el primer día del mes de Tishri (entre septiembre y octubre). El día empieza a las seis de la tarde. El uno de enero del 2000 irán por el año 5760.

El calendario musulmán es un calendario lunar puro con meses de 29 ó 30 días, obtenido por modificación del calendario Judío. No se añade un mes suplementario cada tres años, lo que hace que las fechas de las estaciones varíen de año en año. Hay años comunes de 354 días y años abundantes de 355. El cómputo de los años empieza con la Hégira, con la huida de Mahoma de la Meca a Medina el 16 de julio del 622 dC. El uno de enero del 2000 irán por el año 1420.

Además de estos hay cerca de 40 calendarios en uso en todo el mundo. Algunos de ellos: Bizantino 7508, Chino 4636 (de tipo lunar), Hindú 1921 (Saka, también de tipo lunar). Las fechas corresponden a sus fechas para el uno de enero del 2000.

La fecha en la que el año cambia es diferente en cada calendario, por ejemplo, griegos y rusos esperan al 7 de enero, para los coptos el año no se iniciará hasta el uno de septiembre, fecha en la que se conmemora la muerte de San Marcos (la iglesia copta ejerce su influencia en Egipto, donde es la segunda religión del país detrás del Islam). Para calendarios de tipo lunar la fecha es diferente para cada año, ya que generalmente no tienen 365 días como el nuestro.

Como calendario histórico, ya fuera de uso, es remarkable el Calendario Maya: constaba invariablemente de 365 días subdivididos en 18 meses de 20 días cada uno, y al final se le añadían cinco días suplementarios. El año se componía de 28 series de 13 días (semanas) siendo la última de 14.

El Siglo XXI.

Por último, y como anexo adicional de extrema actualidad, podemos pasar a analizar por que el milenio cambia en el año 2001. Todo viene de que Dionisio el Exiguo consideró como primer año de nuestra era el año uno y

no el año cero, aunque es comprensible que no usase el año cero por dos razones:

La primera debido a que el número 0 no había sido aún «descubierto» en Occidente, donde apareció siglos después, junto con el sistema de numeración actual, de la mano de la cultura islámica, que lo había tomado de la cultura hindú. Según algunos autores, las primeras referencias del concepto de cero se tienen en occidente de los matemáticos y astrónomos hindúes en el siglo VI, aunque ciertas culturas indígenas americanas (mayas y aztecas) ya lo utilizaban previamente, aunque estaban «desconectados» del mundo romano.

Cuando la Revolución Francesa creó el nuevo Calendario Republicano en 1793 dC, no imaginó que sus días habían de empezar por el número 0

Y segundo, ya que naturalmente no tiene demasiado sentido dar a un año la numeración 0 (cero), la negación de la cantidad, ya que los años se miden en números ordinales, a pesar de que los llamamos como cardinales por comodidad. Los ordinales se refieren a un «orden», una secuencia, y el lugar cero no tiene sentido. Incluso, cuando la Revolución Francesa creó el nuevo Calendario Republicano en 1793 dC, no imaginó que sus días habían de empezar por el número 0, sino que recurrió al número 1 para designar su primer día y año: éste se iniciaba el 22 de septiembre del 1792 dC, día de instauración de la República, estaba dividido en doce meses de treinta días (repartidos en tres décadas) y para finalizar el año añadían cinco días que en los años bisiestos eran seis. Los meses fueron rebautizados con nombres relativos a aspectos climatológicos o agrícolas. Fue abolido por Napoleón I en 1806 dC.

La falta de este año cero es el motivo por el que la secuencia de años cerca del principio de nuestra Era es la siguiente:

..., 4 aC, 3 aC, 2 aC, 1 aC, 1 dC, 2 dC, 3 dC, 4 dC,...

Según esta cronología, Cristo nació al final del año 1 aC ya que, como hemos explicado anteriormente, el año 1 dC, es el año siguiente al nacimiento y el anterior a éste fue el 1 aC. La idea de llamar los años como «aC» fue introducida por Bede en el siglo VIII.

Por tanto no había pasado un año de nuestra era hasta el uno de enero del año 2 dC. De la misma manera, si se toma como a término modular el siglo (cien años consecutivos), al inicio del año 100, habrán transcurrido 99 años (100-1) y por tanto el siglo II no empezó hasta el inicio del año 101. Igualmente el inicio de cada siglo corresponde al primero de enero de cada cambio de centena (201... 2001). Así pues se cambió de milenio a inicios del 1001 y se volverá a producir este cambio a inicios del 2001, que será el principio del tercer milenio de nuestra era. De esta manera queda claro que sólo habrán pasado 2.000 años, 2 milenios enteros, a medianoche del 31 de diciembre del 2000.

Considerando la cuestión aritméticamente, la única manera racional de tratar el tema, resulta sencillo y es increíble de verdad que se haya tan solo de debatir. En otros casos similares no se plantea ninguna duda: a nadie se le ocurrirá decir que el mes de febrero empieza, hasta que no ha terminado del todo el 31 de enero. Igualmente cuando se trata de cobrar, por ejemplo 2.000 euro, también se exige el euro que hace dos mil todo entero. Tienes 1 año cuando has completado una órbita alrededor del sol con los pies sobre la Tierra: con once meses de vida no tienes un año, pero si que estás en el primer año de vida. Con un año y once meses aún decimos que tenemos un año (o lo dicen por nosotros), es decir, transcurrimos con un solo año a lo largo de nuestros dos primeros años de vida. Cuando te piden 3 años de experiencia tienes que estar en el cuarto en el que realizas la actividad. ¿Cuántos dedos tienes, nueve?, Me miro las manos y cuento: 0,1,2,3...9, con lo que el décimo será el de los pies. Es evidente que el cambio de decena se produce con el onceavo, igual que una docena va del 1 al 12 (el huevo número 13 ya es de la docena siguiente), una centena lo hace del 1 al 100 y un siglo igual, y un milenio va desde el año 1 hasta el 1000.

Los mayas contaban los días del mes del 0 al 19 (y no del 1 al 20). Igualmente, el primer minuto de cada hora es el cero (por ejemplo 12:00), cuando han pasado los 60 segundos el reloj marca un minuto, que es el tiempo transcurrido (por ejemplo 12:01) y no el tiempo que está transcurriendo que sería el segundo minuto. Se podría hacer igual para medir las fechas, indicando un número de año anterior, un número de mes anterior, y incluso un día antes. Una vez acostumbrados sería igual de práctico que el sistema actual y de esta manera nunca tendríamos ningún problema para ponernos de acuerdo en que momento cambian los siglos y los milenios.

Es preciso no olvidar que cuando se mide en unidades, ya sea de longitud, de superficie o de capacidad (y podemos considerar que el tiempo se mide en unidades de longitud por el movimiento uniforme de un cuerpo, como es el de las agujas de un reloj sobre una esfera, o incluso de capacidad en relojes de arena o agua), los números enteros expresan una cantidad de unidades desde el principio de la primera hasta el final de la última unidad, de manera que 100 años, es decir un siglo, representan el espacio de tiempo transcurrido desde el principio del año 1 hasta el

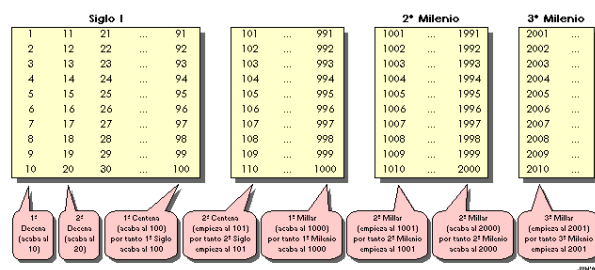


Figura 5: Una decena va del uno al diez. Una centena se compone de cien unidades, el número 100 incluido.

final del año 100. Es preciso no confundir también los números cardinales con los ordinales. Cuando decimos 8 metros queremos indicar la terminación del metro que hace ocho, en cambio cuando decimos el metro 8º nos referimos a todos los puntos comprendidos en el metro que hace ocho. Así resulta que si restamos 3 unidades de 8 nos resultan 5, pero si tratamos de encontrar el número de unidades comprendidas entre los metros 3º y 8º encontramos 4 y es que en este caso se sobreentiende el principio del metro 8º y no el final, como cuando decimos 8 a secas. Por la misma razón en el año 2000 nos encontraremos ya en el año 100º del siglo XX pero no habrán transcurrido los 100 años o el siglo entero hasta la finalización completa del año 2000.

Es de esperar que desde ahora quede aclarado porque el siglo XXI empieza a inicios del año 2001. En todo caso, después de toda esta exposición de detalles lo que no es demasiado aceptable es el razonamiento pseudocientífico, enraizado en algunos ámbitos, basado en que si el año tiene 365 días, existiendo un día de más cada año bisiesto, resulten, para la totalidad de un siglo, unos 25 días sobrantes, que multiplicados por 20 siglos, dan un exceso de tiempo en toda nuestra Era equivalente a 484 días: 1 año y 4 meses, de manera que llegaríamos mucho antes al siglo XXI. Al contrario, como hemos visto, estos años bisiestos sirven precisamente para corregir el calendario y mantenerlo en concordancia con la sucesión de las estaciones, es decir, con el Sol. De otra manera, acabaría coincidiendo la primavera del calendario con la caída de las hojas.

Es, hasta a cierto punto, comprensible que existan ciertas dudas, pero si que nos interesa dejar claro que el cambio de milenio se produce en el año 2001, ya que es evidente que el cambio de las dos primeras cifras seculares de los números 1999 a 2000 parece turbar a gran número de personas. Es cierto que no es lo mismo este paso de las 999 milésimas como el cambio de 17 a 18, de 18 a 19, pero, para el que lo ha querido entender, no existe tampoco otra diferencia que la de 9 a 10 y del número 99 al 100, es decir, el complemento de la decena y la centena en el sistema métrico decimal.

A pesar de las explicaciones que hemos ido desgranando hasta ahora, parece muy probable que la mayor parte de la gente, aún conociendo que el siglo y el milenio empiezan en el 2001, celebrará con más entusiasmo el inicio del año 2000 que no el 2001, redondear el número y hacer correr tres cifras llama más la atención (de la misma manera que nos llama la atención un fenómeno similar en el cuentakilómetros de nuestro coche). Personalmente creo que también será así, una parte de irracionalidad la tenemos todos, pero lo que es bien cierto, es que en este caso tampoco podemos huir de la racionalidad aritmética, creando verdades a nuestra medida. Por tanto existe otra posibilidad para celebrar el cambio de siglo y milenio que es hacer dos celebraciones, así contentaremos a todo el mundo y ¡Siempre son mejor dos que una!

Lo que es bien cierto, es que, por ejemplo, en el día de nuestro aniversario, nuestros familiares y amigos nos felicitan a partir de las 00:00 horas del día de nuestro

nacimiento y durante todo el día, a pesar de que a las 00:00 aún no cumplimos los años. Faltan unas horas, y incluso no sabemos cuantas exactamente debido a los cambios de hora de verano, las precesiones de los equinoccios, el meridiano local del hospital donde nacimos, el efecto de los años bisiestos,... Lo que es correcto es celebrarlo en el momento exacto pero para celebrarlo no hacemos lo que es correcto, hacemos sencillamente lo que todos acordamos hacer y nada más. Por tanto, a pesar de que el siglo XXI empieza el 1º de enero del 2001, eso no tiene nada a ver en brindar y celebrar el siglo XXI en otra fecha, de la misma manera que celebramos los aniversarios a partir de las 00:00 horas del día de nuestro nacimiento, o a veces lo hacemos días después, en fin de semana. Ser dueños del saber no significa que tengamos el derecho de discutir con el 99,9% de la población cuando celebrar ciertos aniversarios, aún teniendo la obligación de informar de la corrección de éstos.

También se ha de admitir que resulta una paradoja, en una época en la que todo el mundo acaba adoptando el sistema métrico decimal, que en la medida del tiempo aún se mezclen ideas babilónicas, mitologías romanas, decisiones papales y otras invenciones peculiares. En el cómputo del tiempo coexisten sistemas de base 7, de base 12, o de base variable. Si no fuese por los insalvables trastornos que provocaría, además de perder un gran legado cultural y histórico aplicado a la manera de contar el tiempo, valdría la pena de establecer, a nivel mundial, un único sistema totalmente racional de cómputo temporal, unificando a base diez las unidades de medida: pero esto implica tirar todos los relojes actuales, rediseñar la semana, convirtiéndola en decimana, modificar todas las unidades de medida referidas al tiempo (como km/h), etc...

Como a conclusión final, sólo podemos afirmar que acaba siendo irrelevante saber cuando llegamos al siglo XXI, ya que no es un instante concreto dadas las múltiples posibilidades que tenemos, dependiendo de donde estemos y de las convenciones establecidas que queramos considerar (siendo imposible considerarlas todas o ninguna porque son contrapuestas) y además porque el siglo XXI no es un convenio universal, sólo sirve para un solo calendario en medio de los muchos que tenemos los humanos para medir esto que llamamos tiempo y que aún poco sabemos si existe o no. En realidad la enumeración de los años, meses, semanas, días, minutos y segundos que seguimos son totalmente anecdóticos respecto a la naturaleza del tiempo, simplemente nos sirven para definir un sistema de coordenadas temporales y poco más.

Jordi Vilà i Hueso

jorvila@mx3.redestb.es

crononauta@lettera.net

<http://personal12.redestb.es/jorvila>

<http://pagina.de/crononauta>

Crónica de la mayor hazaña de la humanidad

Jesús Gerardo Rodríguez Flores | Sociedad Astronómica de la Laguna (México)

Se pueden escribir decenas de libros sobre el esfuerzo para alcanzar la superficie de la luna, pero ésta solo es un recopilación de algunos aspectos de los que se ha dado a llamar “el acontecimiento más importante de la historia de la humanidad”.

De la Tierra a la Luna

Era la madrugada del 16 de julio de 1969. Fogatas de muchos campamentos centellaban en las playas y calzadas cercanas a Cabo Kennedy. Había casi un millón de personas, 300 000 vehículos, 3000 embarcaciones y 300 aviones particulares rondando alrededor del sitio de lanzamiento. Además algunos miles de millones de personas participarían de aquel suceso por medio de la televisión, la radio y los periódicos.

A las 4:15 horas, Deke Slayton, astronauta y director de operaciones de la tripulación, despertó a los tres elegidos: Michael Collins, Edwin “Buzz” Aldrin y Neil Armstrong. Tras desayunar y vestirse con los trajes espaciales, serían conducidos al enorme cohete Saturno V. El equipo de la Sala de Encendido Numero 1 inspeccionaba la peligrosísima carga de 2200 toneladas de oxígeno e hidrógeno líquido. Era sorprendente que cargar de combustible al Saturno V a razón de 38 000 litros por minuto, la operación tardaría cuatro horas. Pero durante el despegue, todo el combustible se consumiría por los motores-cohete a una velocidad de 13 000 litros por segundo.

Había casi un millón de personas, 300 000 vehículos, 3000 embarcaciones y 300 aviones particulares

En la plataforma 39A, a 98 metros de altura, los astronautas fueron recibidos por Guenter Wendt, el jefe de plataforma, quien ha sellado las escotillas de todas las cápsulas espaciales norteamericanas. Wendt le entrega a Neil Armstrong una llave de poliestireno de más de un metro de longitud que dice “Llave de la Luna”. Armstrong y Collins fueron ingresando a la cápsula. Buzz Aldrin recuerda:

“Me quedé mirando la torre gris de la plataforma de lanzamiento 34, en la que hacía 30 meses habían fallecido Gus Grissom, Ed White y Roger Chaffe en el incendio del Apolo I. En un bolsillo de mi traje espacial llevaba un parche alusivo a la misión Apolo I. También llevaba dos medallas soviéticas, una de ellas honraba al cosmonauta Vladimir Komarov - muerto en el Soyuz I -, y la otra a Yuri Gagarin, el primer hombre que llegó al espacio exterior y que había un año había perecido en un accidente de aviación. Me proponía dejar esos recuerdos en la Luna”.

A 5,6 kilómetros de distancia de la plataforma del Apolo XI, se encontraba el Centro de Control de Lanzamiento, bajo la dirección de Rocco Petrone, de 43 años. Allí ingresó Wernher Von Braun con su viejo portafolios. Aquel



Figura 1: Logotipo de misión Apolo XI.

portafolios que durante tantos años había contenido volúmenes enteros de ideas, proyectos y propuestas, por fin contenía el manual de la misión Apolo XI “minuto a minuto”. En el Centro, la tribuna de invitados especiales estaba a reventar: se encontraban 206 diputados, 30 senadores, 19 gobernadores, 40 alcaldes, miembros del gabinete, magistrados de la Suprema Corte, 69 embajadores, 100 ministros de ciencia extranjeros, agregados militares, el vicepresidente Spiro Agnew, el ex presidente Lyndon B. Johnson y su esposa, y 3000 periodistas en su correspondiente tribuna. Petrone paseó su mirada por la fila de sus técnicos y se dijo: “Dentro de pocos minutos habremos empezado a ganarnos el sueldo”.

Cuando la cuenta regresiva alcanzó los 10 segundos, Von Braun bajó los binoculares con los cuales observaba la Plataforma 39A, y empezó a rezar: “Padre nuestro, que estás en los cielos...”

“6..5..4..”

Una nube de humo escapaba ya de la parte inferior del Saturno V. De las cinco potentes máquinas F-1 brotaron violentamente grandes llamaradas rojas y naranjas. Muy lentamente la enorme máquina de más de 110 metros de altura y un peso semejante al de un destructor naval de la Segunda Guerra Mundial -3100 toneladas- iba elevándose. El Apolo XI pareció detenerse y se desvió entonces hacia la derecha para evitar cualquier posible colisión con la

torre. Seis segundos después, la onda expansiva alcanzó el puesto de mando, y las ventanas temblaron como hojas al viento.

Unas luces de color ámbar parpadearon en el tablero de instrumentos de la cápsula Apolo ante la vista de los tres astronautas. “¡Despegue! ¡Ya despegamos!”.

Eran las 9:32 de la mañana del 16 de julio de 1969. El Saturno V despegaba de Cabo Kennedy con la tripulación de tres hombres cuyo objetivo era la superficie de la Luna. A los once segundos del despegue el control de vuelo se traslada desde Florida hasta 1400 kilómetros, al Centro de Astronaves Tripuladas (MSC) a 35 kilómetros de Houston, Texas. Aquí, 30 controladores, respaldados por 40 000 científicos en todo el país mantienen un continuo contacto con el Apolo XI por intermedio del “CAPCOM”. El Capcom por lo regular es un astronauta en tierra que en exclusiva mantiene el contacto con los astronautas. En esta ocasión el Capcom es Bruce McCandless, futuro astronauta de transbordadores espaciales. La red norteamericana de seguimiento del Apolo XI se extiende por todos el mundo con los radiotelescopios de Goldstone (California), Madrid, Camberra (Australia); 17 estaciones terrestres, 4 embarcaciones de la armada y ocho aviones de comunicaciones.

A un minuto del despegue, el Apolo XI alcanza el llamado “Punto MaxQ: máxima presión dinámica”. Buzz Aldrin recuerda: “Los brazos y las piernas se me incrustaron en el traje espacial, mientras aumentaba la aceleración de la gravedad. Sentí que se me colgaba la mandíbula”. Tras el desprendimiento de la primera y segunda etapa del Saturno V, la tercera etapa se activó durante dos minutos y medio para poner en órbita al Apolo XI. Ya en órbita, tras revistar el estado de la nave a 115 millas de altura se prepararon para realizar la maniobra de “Inyección Translunar”, para la cual debían encender nuevamente el motor de la tercera etapa. “Era peligroso volver a encender el motor de la tercera etapa en el espacio -recuerda Aldrin-. La temperatura del hidrógeno líquido se acercaba al cero absoluto (-273°C), y sin embargo el penacho del motor estaba lo suficientemente caliente

para fundir el acero. Aquella maldita cosa podía estallar y acribillar de metralla nuestra nave”. Por fortuna el motor se mantuvo encendido durante seis minutos, suficiente para poner al Apolo XI en camino a la Luna. Mientras, al fondo, el Océano Pacífico parecía alejarse al igual que todo el planeta.

Llegó el momento de separarse de la tercera etapa del Saturno V. Michael Collins, piloto del módulo de mando tenía la responsabilidad de maniobrar el Módulo de Comando “Columbia” y acoplarlo al Módulo Lunar, bautizado como “Águila”. La peligrosa maniobra había sido practicada cientos de veces en simulador, pero en el espacio, viajando a 27 000 km/h sería diferente. Mediante un interruptor. Collins hizo volar los 28 pernos explosivos para separar el módulo de mando de la tercera etapa. Los astronautas se alejaron 30 metros del cohete y dieron un giro de 180° . En el interior de la parte superior de la tercera etapa se veía el módulo lunar. Collins desplazó el “Columbia” hasta que la nariz quedó sujeta al anillo de acoplamiento del Módulo Lunar “Águila”. Los tres cerrojos quedaron asegurados, y finalmente otros 12 cerrojos hicieron los oficios de un cierre a presión.

En esta etapa de la misión se tiene que realizar la operación conocida humorísticamente como “darle la vuelta al asado”

“Houston, aquí Apolo XI. Los 12 cerrojos están echados”, radió Buzz Aldrin. A 27 000 kilómetros de la Tierra, los astronautas pudieron observar un brillante disco entero: el Planeta Tierra. En esta etapa de la misión se tiene que realizar la operación conocida humorísticamente como “darle la vuelta al asado”, es decir, girar con lentitud sobre nuestro eje longitudinal para que el calor del Sol se distribuyera de manera uniforme. Collins encendió los propulsores e inclinó la nave de lado. El Apolo XI no se desplazaba como una bala, con la nariz enfilada al blanco, sino más bien como trompo. “Debido a nuestra rotación, la Tierra desaparecía cada 20 minutos y luego reaparecía, desplazándose de izquierda a derecha, seguida por el caliente faro del Sol”, recuerda Aldrin. “En 18 horas más estaríamos a medio camino de la Luna”.

“Poco después, cuando llegáramos a ‘la cima de la montaña’ y quedáramos sometidos a la influencia gravitatoria de la Luna, volveríamos a acelerar”.

El astronauta Buzz Aldrin recuerda su estancia en el Módulo de Comando: “Cuando me acurruqué en mi saco de dormir, no pude menos que pensar en lo adaptable que somos los humanos. ¡Ahí estábamos tres criaturas que respirábamos aire, acostados para pasar la noche en aquella diminuta burbuja de oxígeno! Nuestra nave era como un planeta en miniatura. Podíamos vivir en él comodamente, aunque solo unos cuantos centímetros de una aleación metálica y de plástico separaba mi rostro del espacio exterior.”



Figura 2: Retrato de tripulación del Apolo XI.

Desde el segundo día en el espacio, los astronautas del Apolo XI preparaban el Módulo Lunar “Águila” para el alunizaje. Algunos opinaban que el momento del alunizaje representaría el “clímax” de la revolución industrial. Al término del tercer día completo en el espacio, el Apolo XI se encontraba a tan sólo 11,000 kilómetros de la Luna. La cápsula espacial con los tres valientes astronautas se internó en la sombra de la Luna. “Ver desde aquí la luna es realmente espectacular” informa Neil Armstrong. “Es algo que vale el precio del viaje”. La luna eclipsaba al Sol; mientras era posible ver las estrellas. “Podemos observar una bellísima corona solar”, anunció Armstrong. “Esto es un cambio radical para nosotros”, comentó Michael Collins. “El cielo aparece cuajado de estrellas, ni más ni menos que como en la noche terrestre”.

Setenta y seis horas después del despegue, los módulos de comando y lunar, perfectamente ensamblados, giraron por el borde izquierdo de la Luna. Durante un período crítico de 48 minutos, la Tierra perdería todo contacto de radio con los astronautas. Durante ese lapso, el Apolo XI rodearía la cara oculta de la Luna y activaría el motor principal del Módulo “Columbia” para desacelerar hasta los 600 km/h, velocidad que permitiría a la nave la Inserción en Órbita Lunar. Si la maniobra no se realizaba con absoluta precisión, los astronautas quedarían varados en el espacio sideral.

Sabían que si el motor del Módulo de Comando permanecía encendido más de seis minutos, se corría el riesgo que la nave se estrellara

La tensión en Houston durante ese lapso de incomunicación era total. Finalmente cuando el Apolo XI terminó su recorrido por la cara oculta de la Luna, se comunicaron con Houston para informarles sobre la Maniobra de Inserción Lunar. “Diríamos que fue...¡que fue perfecta!”, radió Michael Collins, piloto del “Columbia”.

Bruce McCandless recibió con gran satisfacción la noticia de que la inserción en órbita lunar había sido un éxito. Los técnicos de la NASA sabían que si el motor del Módulo de Comando permanecía encendido más de seis minutos, se corría el riesgo que la nave se estrellara contra la superficie de la Luna.

El cuarto día de misión empezó el domingo 20 de Julio a la una de la madrugada. Edwin “Buzz” Aldrin y el comandante Neil Armstrong atravesaron el túnel que conectaba al Módulo de Comando “Columbia” con el Módulo de Alunizaje “Águila” y realizaron una inspección minuciosa de los sistemas. Ambos módulos deberían desacoplarse para el viaje a la superficie lunar; después de 28 horas volverían a unirse en órbita. “Estamos listos para separar al Águila”, informó a Houston el comandante Armstrong.

“Con un chasquido sordo, Mike hizo retroceder al “Columbia”. Vi su cara por la ventanilla”, recuerda Edwin Aldrin. “En eso el paisaje lunar pasó lentamente frente a

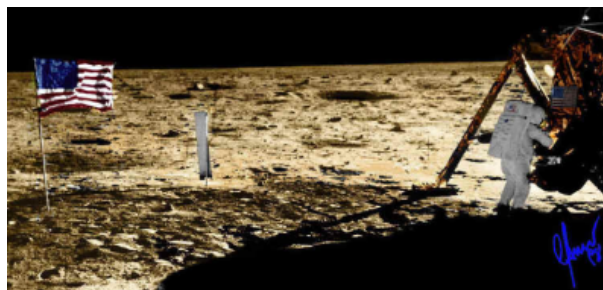


Figura 3: Panorámica de la Base del Mar de la Tranquilidad.

mi ventanilla, al dar vueltas sobre si mismo el ML, hasta que la Luna quedó suspendida sobre mi cabeza”. “El Águila tiene alas”, radió Neil Armstrong.

El Módulo “Águila” se fue alejando del “Columbia” rumbo a la cara oculta de la Luna. El astronauta Charlie Duke, que en esos momentos era el “Capcom” en Houston avisó a los astronautas: “Águila, aquí Houston. Tiene luz verde para IOD”. La Inserción en Órbita de Descenso (IOD) consistía en 29,8 segundos de ignición del motor del Módulo Lunar, que haría caer al “Águila” hasta solo 14 kilómetros de la superficie lunar. Si todo marchaba bien se aprovecharía la Iniciación del Descenso con Motor (IDM) con el cual en doce y medio minutos, los dos primeros hombres del Planeta Tierra tocarían la superficie lunar...o habrían abortado el intento de alunizaje...

El descenso hasta 14 kilómetros de la superficie de la Luna fue realizado por el “Águila” sin ninguna novedad. “La luna se desplazaba silenciosamente por mi ventanilla”, recuerda Buzz Aldrin. “Poco a poco, de manera imperceptible, los cráteres se volvieron más nítidos conforme descendíamos. El color de la Luna cambiaba, de café con leche a un gris blanquecino”. “Águila, aquí Houston”, llamó Charlie Duke. “Si me oyen procedan al descenso con motor”. Varias ráfagas de dígitos verdes anunciaron la Iniciación de Descenso con Motor (IDM). El Módulo Lunar empezó a girar durante el descenso hasta que las patas del “Águila” quedaron en dirección a la superficie lunar. “Entonces pudimos ver la Tierra: era un hermoso segmento de disco azul, blanco y pardo, que pendía sobre el horizonte de la Luna”.

Descenso al polvo lunar

Fue entonces cuando pasados los 10.700 metros de altitud, el descenso perdió su aire poético para tomar tintes de drama. Edwin Aldrin relata: “En ese momento relampagueó una alarma en la hilera superior de los datos que mostraba la pantalla de la computadora. ‘¡Doce-ceros!’”, grité, incapaz de controlar la tensión que delataba mi voz. ‘¡Doce-cero-dos!’” El “Águila” estaba a menos de 10.000 metros de la superficie cuando la alarma “12 02” se activó. La computadora del Módulo Lunar estaba sobresaturada de los datos que le proporcionaba el radar de alunizaje. La computadora amenazaba con reanudar su ciclo y comenzar de nuevo todos sus cálculos. Si eso ocurría



Figura 4: Aldrin coloca la bandera en suelo lunar.

no quedaría más remedio que pulsar un gran botón rojo marcado ETAPA DE CANCELACION del tablero. Al oprimirlo el motor de ascensión del “Águila” se encendería elevando al Módulo otra vez a órbita y así terminaría el primer intento humano de pisar la Luna.

Los técnicos de Houston analizaron en segundos la situación y recomendaron a los astronautas proceder con el aterrizaje manual. El “Águila” pasaba en ese momento por debajo de los 6400 metros de altura, y seguía descendiendo a razón de 37 metros por segundo. Nuevas alarmas fueron apareciendo en las pantallas de datos del Módulo Lunar. Fue en ese momento como en las novelas de *Space Opera*, que a pesar de tanta tecnología, las máquinas no pudieron superar la habilidad y superior poder de decisión del ser humano. El comandante Neil Armstrong tomó los controles del Módulo Lunar, cancelando el descenso automatizado. La situación era verdaderamente complicada. Edwin Aldrin confiesa:

“Si se hubiera tratado de un simulacro, allá en Cabo Kennedy, quizá habríamos abortado el descenso. Neil apartó finalmente la vista de la pantalla de la computadora y miró hacia afuera por su ventanilla triangular. No le satisfizo en absoluto ver el suelo que había debajo de nosotros...Teníamos que localizar un sitio plano y sin rocas para alunizar. Pero la computadora parecía llevarnos hacia un pedregal que rodeaba un cráter de 25 metros de diámetro.” Bajo control manual, Neil Armstrong aminoró el descenso de 5,8 metros por segundo a sólo 2,75. A 91 metros de la superficie, la velocidad volvió a reducirse hasta solo un metro por segundo. Armstrong estaba reduciendo deliberadamente la velocidad de descenso con la intención de encontrar un mejor y más limpio sitio de alunizaje. Sin embargo la reducción de velocidad implicaba un mayor consumo de combustible, el cual estaba terriblemente limitado. El comandante Armstrong realizaba cuidadosos ajustes en la trayectoria. “A pesar de que faltaban menos de 30 metros de altitud, Neil volvió a aminorar la velocidad de descenso”, narra Aldrin. “La voz de Charlie (desde Houston) nos advirtió en ese instante: ‘Sesenta segundos’ “. El “Águila” disponía de menos de sesenta segundos de combustible. No obstante, Neil Armstrong volvió a disminuir la velocidad para escudriñar el terreno. Las pulsaciones del comandante aumentaron hasta 156 por minuto...

El “Águila” descendía a 75 centímetros por segundo.

Si el combustible se agotaba en esos momentos, la nave se estrellaría irremediablemente contra la superficie de la luna. “Millones de personas alrededor del mundo seguían por radio y televisión esos momentos críticos. Fueron los 22 segundos más largos de mi vida”, recordaría el presidente de Estados Unidos, Richard Nixon.

“Doce metros. Seguimos bajando a 75 centímetros por segundo. Levantamos algo de polvo. Nueve metros...”

A nueve metros de la superficie, aquel polvo lunar, inalterado durante mil millones de años, saltó hacia uno y otro lado del flamígero penacho del motor. “Treinta segundos”, anunció el Capcom de Houston con las lecturas de cuanto duraría el combustible.

En esos momentos, una de las sondas que emergían de las patas del Módulo Lunar hizo contacto con la superficie.

“La luz indica que hemos hecho contacto”. En ese momento Armstrong desactivo el motor del “Águila”, dejando que descendiera el último metro y medio bajo la gravedad. El horizonte pareció bambolearse desde el interior del módulo, luego se estabilizó y el altímetro dejó de parpadear.

Habían quedado con tan solo 20 segundos de combustible.

“Miré el extraño panorama de rocas y sombras de la Luna”, recuerda Edwin Aldrin. “Era tan yermo como siempre me lo había imaginado. A kilómetro y medio, el horizonte se curvaba y se perdía en la negrura más profunda”.

Fue entonces cuando, después de un corto silencio, el comandante Neil Armstrong transmitió una histórica frase:

**Finalmente la inteligencia del ser humano
había logrado que dos hombres
descendieran en su vehículo espacial en la
superficie de la Luna**

“HOUSTON, AQUI BASE TRANQUILIDAD. ¡EL ÁGUILA HA DESCENDIDO!” En Houston era el 20 de julio de 1969. 4:17,43 de la tarde.

Los primeros hombres en la Luna

Finalmente la inteligencia del ser humano había logrado que dos hombres descendieran en su vehículo espacial en la superficie de la Luna. Fue entonces cuando los sueños de muchos escritores se hicieron realidad. Kepler con su obra “Somnium”; Cyrano de Bergerac con “Viaje a los imperios del Sol y la Luna”; Julio Verne con “De la Tierra a la Luna”; Edgar Allan Poe con “La incomparable aventura de un tal Hans Pfaall”; Luciano de Samosata con “Historia Verdadera”; H.G.Wells con “Los primeros hombres en la Luna”, y muchos más.

Fue un momento que unió a toda la humanidad. Cada quién dio al acontecimiento un significado de acuerdo a sus costumbres y cultura. Ese día, horas antes, el reverendo Dean Woodruff (de la iglesia Presbiteriana de

Webster, Texas, donde asistía Aldrin) alzó en alto una hogaza de pan blanco a la que le faltaba un trozo. “Esta hogaza no esta completa”, dijo. “Hace dos semanas Buzz se llevó consigo parte de ella. Ahora comulgamos con él. Buzz está entre nosotros”. En la Luna, en el interior del modulo lunar, Edwin “Buzz” Aldrin extrajo un diminuto estuche para comunión, con un cáliz de plata en miniatura y un dedal de vino. El anaquel de plástico que estaba frente a la pantalla de la computadora se convirtió en altar. Aldrin transmitió a Houston: “Quisiera pedirles unos momentos de silencio. Me gustaría invitar a todos los que me escuchan a pensar un poco en los sucesos de estas últimas horas y a dar las gracias, cada uno a su modo”. Aldrin fue siguiendo el ritual de comunión mientras vertía el vino en el cáliz: “Yo soy la vid y ustedes los sarmientos...”. Aquel vino consagrado descendió lentamente en remolino al cáliz en aquella enrarecida gravedad lunar. “Comí la diminuta hostia eucarística y bebí el vino. Di gracias por la inteligencia y el espíritu que habían llevado a dos jóvenes pilotos al Mar de la Tranquilidad”.

Tratar de conciliar el sueño era como ordenar a unos niños, la mañana de Navidad, que siguieran en la cama hasta mediodía

En teoría, Armstrong y Aldrin deberían dormir cuatro horas antes de explorar la superficie lunar. ¿Pero quién podría hacerlo con tanta adrenalina en el cuerpo, provocada por los anteriores acontecimientos? “Tratar de conciliar el sueño antes de la actividad extravehicular (AEV) era como ordenar a unos niños, la mañana de Navidad, que siguieran en la cama hasta mediodía”. Los astronautas tardaron tres horas en ponerse los trajes espaciales para el paseo lunar. Las mochilas contenían un equipo completo de supervivencia: oxígeno, agua refrigerante, energía eléctrica y radio de comunicaciones para un tiempo máximo de cuatro horas. Neil Armstrong abrió la escotilla del “Águila” y bajó con cuidado la escalera del módulo lunar, extendió la mano para tirar de un cable que activaba la cámara de televisión del modulo.

“Estoy en el peldaño inferior de la escalera” informó Armstrong.

Fue entonces ese momento histórico... Neil Armstrong retiró su bota izquierda del disco metálico de la base de la pata del modulo para pisar en la polvosa superficie gris de la Luna. Aquella huella permanecerá intacta durante 500 000 años, esto porque no hay atmósfera en la Luna que la pueda erosionar. Solo pasado ese tiempo, los impactos de micrometeoritos la harán desaparecer. Neil Armstrong exclamó para la historia de la humanidad:

“ES UN PASO PEQUEÑO PARA UN HOMBRE, PERO UN SALTO GIGANTESCO PARA LA HUMANIDAD”. Eran más de las 10:56 horas de la noche en Houston, de aquel legendario 20 de julio de 1969.

¡Por fin, el ser humano había plantado su pie en la superficie de la Luna! El comandante Neil Armstrong de 38 años de edad, ingeniero aeronáutico militar y pilotos de

pruebas, se convertía en el hombre más privilegiado de toda la historia de nuestra civilización. En aquel momento cumbre se comunicó por radio con su compañero Aldrin que aún permanecía en el módulo lunar “Águila”: “La superficie es de un polvo fino. Puedo moverme fácilmente con la punta del pie”. Las partículas de la superficie lunar se adherían como si fuesen polvo de carbón a la suela y a los costados de las botas de Armstrong, que dejaban una huella de unos tres milímetros de profundidad. Al levantar la bota, el comandante vio admirado la claridad con que había quedado impreso el dibujo estriado de la suela en la superficie lunar.

Veinte minutos después, descendió Edwin “Buzz” Aldrin por la escalerilla para convertirse en el segundo ser humano en pisar el suelo lunar. La gravedad lunar, apenas un sexto de la terrestre, hizo más agradable la labor de los astronautas. Buzz Aldrin recuerda: “Describí lentamente un círculo. El horizonte caía a pico en todas direcciones. Lo observamos con el Sol a nuestras espaldas, así que sólo había un vacío negro más allá del borde de la Luna. Guijarros, fragmentos de roca y pequeños cráteres cubrían aquel terreno llano hasta donde alcanzaba yo a ver”. “¡Qué hermoso!”, expresó. “¡Una hermosa desolación!” Los astronautas se desplazaron por la superficie lunar y luego regresaron a la base del modulo lunar para develar una placa que decía: “AQUI, UNOS HOMBRES DEL PLANETA TIERRA POSARON POR PRIMERA VEZ SU PLANTA EN LA LUNA, EN JULIO DE 1969 D.C. VINIMOS EN PAZ, Y EN NOMBRE DE TODA LA HUMANIDAD”. La placa con el grabado de los dos hemisferios del planeta tenía las firmas de los tres astronautas del Apolo XI, y más abajo la firma del presidente



Figura 5: Huella dejada por uno de los astronautas del Apolo XI en la superficie lunar.

Richard Nixon.

Pasado ese momento solemne, los astronautas se dedicaron a labores científicas. Neil Armstrong recogía muestras del suelo lunar, mientras Edwin Aldrin instalaba una cortinilla de aluminio para medir las partículas de viento solar que llegan a la Luna. Después Buzz Aldrin desplegó la bandera norteamericana y tras varios intentos de perforar el subsuelo lunar, el asta bandera terminó fijándose en el suelo permitiendo realizarle a aquella bandera el saludo militar. “Desde mi niñez me habían fascinado las escenas de exploradores que plantaban banderas en playas desconocidas. En esos momentos yo estaba haciendo lo mismo en la playa más exótica a las que hubiera llegado el hombre”.

Además de aquella bandera plantada en suelo lunar, el Apolo XI llevaba un contenedor con pequeñas banderas de los 136 países con relaciones diplomáticas con los Estados Unidos. Sin olvidar un disco de silicio con los mensajes de buena voluntad de 73 jefes de estado del planeta Tierra. El canto del disco tenía grabado: “Del planeta Tierra, julio de 1969”.

Los astronautas instalaron un sismógrafo lunar y un reflector de rayos laser. Este último aparato permitiría a los científicos medir continuamente la distancia de nuestro planeta a la Luna con solo disparar un rayo laser; este rayo, enviado desde la Tierra rebotaría en el reflector instalado en la Luna, el cual lo enviaría en la misma dirección. Al medir el tiempo que transcurre entre el disparo y el regreso del laser se podía determinar con una exactitud de centímetros la distancia entre ambos cuerpos celestes.

Momentos antes de instalar el instrumental científico, los astronautas recibieron desde la Tierra una transmisión del presidente Richard Nixon: “Durante este momento inapreciable en la historia de la humanidad, todos los hombres de la Tierra constituimos en verdad un solo y mismo ser, unánimes en nuestro orgullo por lo que han logrado ustedes y en las oraciones que elevamos para que vuelvan a la Tierra sanos y salvos”.

Retorno a la Tierra

Aldrin recuerda: “Cinco meses y 11 días antes de terminar el decenio, dos estadounidenses habían aterrizado en la Luna. No obstante, aún quedaba por cumplirse la segunda parte del reto del fallecido presidente John F. Kennedy: nuestro regreso, sanos y salvos, a la Tierra”.

La actividad extravehicular de los dos astronautas por la superficie lunar duró dos horas y 31 minutos. Después ingresarían al módulo lunar con unos 25 kilos de muestras de roca y suelo lunar. La expedición en la superficie lunar había concluido y ahora ingresaban al “Águila” para una buena comida y un merecido descanso. Buzz Aldrin recuerda esos momentos abordo del módulo: “Había polvo lunar adherido a las piernas de nuestro traje, y en el puente del módulo. Parecía carbón vegetal arenoso y olía a pólvora de fuegos artificiales. Era imposible que evitáramos aspirar un poco de aquel polvo. Si había mi-



Figura 6: Amarizaje del Apolo XI en el Océano Pacífico.

crobios desconocidos en él, Neil y yo seríamos los primeros en sufrir su efecto”.

Veintiún horas después del descenso, los astronautas se preparaban para abandonar la luna. Primero eliminaron del interior del módulo lunar el exceso de peso: mochilas de supervivencia, botas sobrepuestas, una cámara de televisión, dos cámaras fotográficas, equipo de recolección de muestras. En total la “chatarra”rojada a la superficie lunar por no tener mayor utilidad durante la misión estaba valuada en un millón de dólares. Finalmente los astronautas activaron el motor de ascenso, con lo cual la sección tripulada del módulo lunar se separó de la plataforma de descenso. La sección tripulada del “Águila” se inclinó en pocos segundos en un ángulo de 50 grados. A los siete minutos, el “Águila” había adquirido una velocidad de 1500 metros por segundo y se encontraba en órbita lunar a 18.000 metros de altitud. En seguida el “Águila” y el módulo de mando “Columbia”, tripulado por Michael Collins, se encontraron en órbita y volvieron a ensamblarse. Cuando Armstrong y Aldrin ingresaron al “Columbia”, ya habían pasado cuatro horas desde su despegue de la Luna.

La etapa de ascenso del “Águila” fue abandonada en órbita lunar. No tenía más utilidad en la misión. Siete horas después, a la una de la madrugada en Houston, siendo ya el martes 22 de julio, el motor del “Columbia” fue puesto en marcha durante 150 segundos para aumentar la velocidad de 5800 a 9500 kilómetros por hora. Velocidad más que suficiente para escapar de la atracción lunar rumbo a la Tierra. Pasarían 60 horas antes de llegar a la Tierra.

Finalmente ocho días después del despegue de aquel Saturno V, los astronautas estaban de regreso. De aquel enorme cohete de más de 100 metros de altura y 3200 toneladas, ahora solo quedaba la cápsula cónica del “Columbia”, el sub-módulo de servicio con el motor había sido abandonado en el espacio. A 40.000 kilómetros por hora se dirigieron contra la atmósfera terrestre soportando la fricción del reingreso gracias al escudo térmico de la cápsula. “A unos 120.000 metros de altitud encon-

tramos los primeros indicios de la atmósfera. Dos minutos después nos encontrábamos dentro de una monstruosa bola de fuego que refulgía con matices verdes y sonrosados”, recuerda Aldrin. “Tres enormes paracaídas de color anaranjado y blanco se abrieron a 7000 metros de altitud”.

Esta ha sido la semana más extraordinaria de la historia universal desde la Creación

Era el 24 de julio, a las 5:41 de la mañana a 1400 kilómetros al sudeste de Hawaii, allí se encontraba el portaaviones USS Hornet esperando rescatar a la tripulación. La cápsula del Apolo XI amarizó a 15 kilómetros de distancia. Los astronautas fueron conducidos a bordo del portaaviones a un remolque de cuarentena para vigilar cualquier posible contaminación por microbios lunares, los cuales después se comprobó que nunca existieron. Pero ese día, a bordo del USS Hornet, los tres intrépidos héroes escucharon de un emocionado presidente Richard Nixon una gran verdad: “Esta ha sido la semana más extraordinaria de la historia universal desde la Creación. El mundo nunca se ha sentido tan estrechamente unido como ahora, gracias a lo que han logrado ustedes. Y por ello les expresamos nuestro agradecimiento”.

El Fin de la Infancia.

Pero esta solo sería una de las grandes y emotivas frases sobre este espectacular acontecimiento. El Dr. George Mueller, administrador asociado de la NASA para vuelos tripulados dijo: “Nos hallamos ahora en lo que es, sin duda, el punto decisivo más importante en la historia de nuestro planeta. La Tierra se formó hace 4000 millones de años; hace 400 millones de años que la vida salió del mar a tierra firme; el hombre hizo su aparición hace cuatro millones de años. Y hace cien años dio inicio la revolución tecnológica que nos ha llevado al punto donde estamos hoy. Todos estos sucesos fueron de importancia, pero en ninguno de ellos tomó el hombre la decisión consciente de seguir un camino que habrá de transformar el futuro de la humanidad.”

“Hoy tenemos la ocasión y el estímulo de hacerlo así. Porque hoy, a las 11:49, hora de Houston, en medio del Océano Pacífico, hemos demostrado de un modo concluyente que el hombre no está ya atado a los límites del planeta en que ha vivido tan largo tiempo”.

Para finalizar, me permito transcribir un bello pensamiento de René Barjavel, publicado en France-Soir:

“Dentro de algunas decenas de millares de años, cuando los descendientes de Adán se hayan esparcido por los astros, la proeza de Armstrong y Aldrin constituirá uno de esos recuerdos en que se confunden la historia y la leyenda y que dan motivo a sonrisas y fantasías.”

“Y entonces nos preguntaremos: ‘¿Dónde se halla esta Tierra de la que hemos venido, según se supone?’ Del mismo modo que hoy nos preguntamos dónde se encontraba el Edén.”

“La Luna es el primer peldaño de una escalinata que llega a las estrellas. Generación tras generación, con ayuda de un conjunto de técnicas que ahora nos es imposible imaginar, nuestros descendientes subirán esa escalinata a despecho de todas las dificultades insuperables que hoy nos señalan los científicos prudentes. El único obstáculo que puede detener la marcha hombre es el hombre mismo. Si prende fuego a su casa, si destruye lo que es su trampolín, perderá su capacidad de saltar al firmamento.”

“Nos encontramos en el principio de todas las cosas; nada sabemos. Sólo hemos aprendido que poseemos las energías suficientes para alzarnos de nuestra cuna. Por primera vez un hombre ha sentado su planta en un territorio inexplorado sin tomar posesión de él en nombre de una sola nación. Los requisitos indispensables para la conquista del espacio tal vez obliguen al hombre a lograr que la paz reine en el género humano”. Ω

Referencias

- [1] “Paso pequeño...salto gigantesco...”, Selecciones del Reader's Digest. Noviembre 1969.
- [2] “*Men from Earth*”, Buzz Aldrin y Malcolm McConnell. Bantam Books. 1989.

Páginas web recomendadas.

- *Apollo 11 Lunar Surface Journal: Mission Summary*.
<http://www.hq.nasa.gov/alsj/a11/>
- *Apollo 11 Mission Facts*.
<http://www.ksc.nasa.gov/history/apollo/apollo-11/apollo-11.html>

Jesús Gerardo Rodríguez Flores.
jgerardo@coah1.telnet.mx
Soc. Astronómica de la Laguna.
Gómez Palacio, Durango, México.
MegaCosmos

<http://www.astrored.org/noticias/megacosmos>

¿Qué edad tienes, Universo?

Jorge Enrique Villa Quintero | Sociedad Colombiana de Astronomía y Astrofísica

El conjunto de las cosas existentes, el mundo, el medio en que uno vive, todo esto define al término denominado universo. Dentro del estudio de la Astronomía y la Astrofísica, esta palabra universo, tiene un significado muy especial, es definida como la suma total de los objetos celestes potencialmente conocidos. Por lo anterior, dentro de la ciencia de la Astronomía, el estudio del universo a gran escala es llamado Cosmología.

Introducción.

Existen teorías de diferente origen acerca de la forma, contenido y cómo se divide el universo, algunas son teorías muy técnicas con parámetros físicos verdaderos, pero otras no tienen un origen científico y están basadas en modelos religiosos, esotéricos, especulativos, etc.

Las distancias en el espacio son tan grandes, que se utiliza un sistema de unidades de medida, muy especial y cuya unidad base es el *parsec*, abreviado pc. La palabra parsec se ha formado al unir las palabras paralaje y segundo. Si el paralaje de una estrella es de un segundo de arco, decimos que la estrella se encuentra a una distancia de un parsec. Se define también el parsec de la forma siguiente: Es la distancia en la cual la separación entre la tierra y el sol subtende un ángulo de un segundo de arco. Las equivalencias de esta unidad para su uso práctico son las siguientes:

1 pc	=	$3,082 \times 10^{13}$ kilómetros
1 pc	=	3,258 años luz
1 pc	=	206 177 unidades astronómicas

Para mayores distancias se utilizan múltiplos como el kiloparsec (mil parsecs, kpc) y el Megaparsec (un millón de parsecs, Mpc). Con el fin de orientar sobre los complejos estudios científicos relacionados a algunas áreas pre-determinadas y localizadas alrededor de nuestra Galaxia de la Vía Láctea, donde nuestro Sol es una parte de ella; aplicando para este fin las unidades de medida de la Metrología Dimensional en la Astronomía y en la Astrofísica, usaremos la “Teoría de la villa-universo” y que simplemente divide al cosmos a la fecha conocido, en cuatro grandes zonas en formas de villas (o partes de un poblado o pueblo hipotético), denominadas estas zonas como el universo local, el universo cercano, el universo adyacente y el universo profundo, que pertenecen a una unidad superior que las integra y denominada como la villa-universo, con los siguientes parámetros básicos metrologógicos:

- El universo local que comprende a todos los objetos celestes potencialmente conocidos dentro de un área de forma circular de 1 Mpc de radio y tomando como centro de esta área a nuestro propio Sol.

- El universo cercano que comprende a todos los objetos celestes potencialmente conocidos dentro de un área de forma circular con centro en nuestro propio Sol y medida a partir del borde exterior del universo local, es decir desde 1 Megaparsec y hasta una distancia de 100 Mpc de nuestro Sol.
- El universo adyacente que comprende a todos los objetos celestes potencialmente conocidos dentro de un área de forma circular con centro en nuestro propio Sol y medida a partir del borde exterior del Universo cercano, es decir desde 100 Mpc y hasta una distancia de 1 000 Mpc de nuestro sol.
- El universo profundo que comprende a todos los objetos celestes potencialmente conocidos dentro de un área medida a partir del borde exterior del universo adyacente y a una distancia que sería siempre superior a los 1.000 Mpc de nuestro Sol.

Casi todos los estudios científicos relacionados a la edad del Universo, actualmente sólo consideran objetos celestes localizados dentro de nuestro universo local, pero esto posiblemente debe variar en un futuro cercano.

Henrietta Leavitt del Observatorio del Harvard College, descubrió la relación entre la longitud del período y el brillo absoluto de las estrellas

En el año de 1912, una astrónoma norteamericana, Henrietta Leavitt del Observatorio del Harvard College, descubrió la relación entre la longitud del período y el brillo absoluto de las estrellas; referida especialmente a las 25 estrellas variables pulsantes denominadas ceféidas, observadas por ella en la Pequeña Nube de Magallanes (localizada a 0,058 Mpc en el Universo local), con períodos entre 2 y 120 días, que al ordenarlas de acuerdo a su período creciente encontró que al mismo tiempo quedaban ordenadas en orden de brillo creciente, por ejemplo, aquellas con período de 2 días tenían una magnitud fotográfica de 15,5 y al aumentar su período a 120 días el brillo aumentaba hasta llegar a una magnitud de 12,5. Esta relación de período-luminosidad, fue comprobada en

todos los sistemas estelares con estrellas ceféidas variables y su trascendencia ha sido enorme e insospechada en el estudio de la estructura del Universo, puesto que es uno de los medios más eficaces para determinar con precisión las distancias que nos separan de los sistemas estelares.

A mediados del año de 1920, el Astrónomo americano Edwin Powell Hubble (1889-1953) descubre la expansión del universo local y en el año de 1929, descubre la relación entre distancia y velocidad de alejamiento de las nebulosas extragalácticas, las cuales parecen alejarse de nosotros a velocidades tanto más elevadas cuanto mayor sea su distancia, es decir, que la velocidad parece aumentar unos 500 kilómetros por segundo por cada megaparsec de distancia.

A mediados del año de 1920, el astrónomo americano Edwin Powell Hubble descubre la expansión del universo local

Recordemos que un megaparsec es igual a un millón de parsecs, pero un parsec es igual a 3,2616 años luz de distancia; una año luz es igual a la distancia que recorre un rayo de luz en un año, es decir igual a 9.460.910.000,000 km en un año. La relación de Hubble se conoce como la Ley De Hubble, con la fórmula: $V_r = HxR$; de donde V_r es la velocidad de alejamiento de la galaxia en kilómetros por segundo; H es la constante de proporcionalidad denominada como Constante de Hubble; R es la distancia a la Tierra calculada en megaparsec.

Esta relación de Hubble, que también se presenta en las rayas H y K de los espectros de las Galaxias, es otro procedimiento aceptado para el cálculo de las distancias a estos lejanos objetos celestes, no obstante ser posiblemente, aproximado y excesivamente simplista y presentar el lado débil de una generalización exagerada, lo que obliga a tomar los resultados con cierta prevención. La ley de Hubble solo se cumple en alto grado de exactitud cuando se usan grandes velocidades de alejamiento y grandes distancias del objeto celeste a la Tierra. Los físicos saben que sólo el efecto *Doppler*, puede producir el fuerte desplazamiento al color rojo de los espectros de las Galaxias (*redshift*), por su alejamiento de la Tierra y mantener al mismo tiempo las imágenes nítidas de las galaxias en las placas fotográficas que se revelan en los observatorios astronómicos.

Por este alejamiento, el sacerdote belga Jorge Enrique Lemaître expuso la idea (llamada como teoría evolucionista o de la Gran Explosión), de que hace unos 20.000 millones de años toda la materia de universo estaba concentrada en una pequeña masa que el llamó 'átomo primigenio', de increíble densidad, el cual estalló por alguna razón, despidiendo su materia en todas direcciones y a medida que la expansión iba disminuyendo su velocidad, se produjo un estado fijo y se formaron las Galaxias. Luego hubo algo que perturbó el equilibrio y el universo comenzó a expandirse de nuevo y este es el estado en que se encuentra actualmente.

Si consideramos este punto tendremos que la constante de Hubble presenta dos características muy importantes

al analizarlas dentro del resultado de un cálculo del tamaño del universo como una función del tiempo de vida del mismo universo a partir de la Gran Explosión (recordemos la formula de espacio que es igual a tiempo por velocidad):

- Si el valor de la constante de Hubble corresponde a un valor numérico que se calcula entre un rango de 30 a 60 kilómetros por segundo por cada megaparsec en distancia, supone una expansión del universo muy lenta o sea que determina un universo muy viejo, es decir con una edad de 13 a 18 mil millones de años aproximadamente.
- Si el valor de la constante de Hubble se calcula entre un rango de 60 a 90 kilómetros por segundo por cada megaparsec en distancia, supone una expansión del universo muy rápida o sea que determina un universo muy joven, es decir con una edad de 8 a 12 mil millones de años aproximadamente. Los valores obtenidos por los científicos varían en fuerte grado, según los métodos usados.

Actualmente sólo cuatro grupos importantes de astrónomos se encuentran investigando el valor de la constante de Hubble, con unos resultados históricamente espectaculares y diferentes.

Grupo de Sandage

En el año de 1958, después de efectuar varios estudios, el Astrónomo Allan Sandage propuso se tomara el valor de 75 kilómetros por segundo por megaparsec como la constante de Hubble, es decir calculaba una constante de Hubble para un Universo muy joven.

Sandage y Tammann en 1974, al estudiar el grupo de M101, encuentran un valor de $55,5 \pm 8,7$ km/s/Mpc.

Después en el año de 1982 al estudiar las supernovas de tipo I, calculan un valor de 50 ± 7 km/s/Mpc. En el año

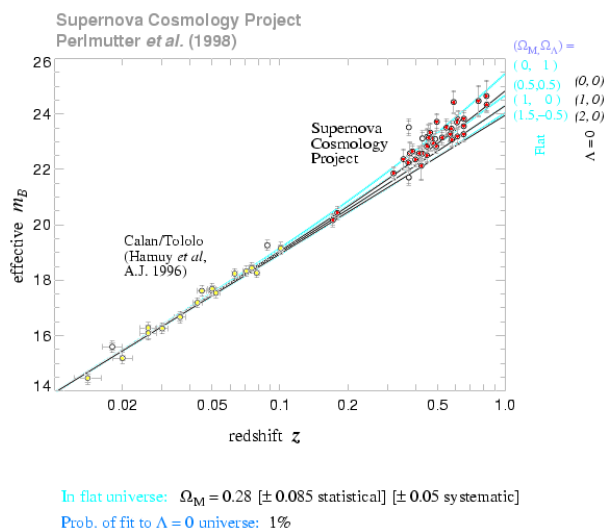


Figura 1: Cálculo de la constante de Hubble a partir de observaciones de supernovas. (*Supernova Cosmology Project*).

de 1993 el mismo Astrónomo Allan Sandage y colegas al estudiar las estrellas variables ceféidas en dos Galaxias, la NGC 5253 en Centauro y la supernova IC 4182 en Canes Venatici, encontraron un valor para la constante de Hubble de 52, kilómetros por segundo por megaparsec. Es decir calcularon una constante de Hubble para un Universo muy viejo.

El día 14 de marzo de 1996, la agencia ANSA informa que el mismo Astrónomo Allan Sandage del Observatorio Carnegie de Pasadena (California, EEUU) y sus colegas de la Universidad de Basilea y de la Agencia Espacial Europea, calcularon un valor para la constante de Hubble de 57 al estudiar una supernova de tipo Ia en la galaxia NGC 4639, que usada como “candela estándar” (como metro para establecer una relación entre el brillo intrínseco de un astro y su distancia a la tierra). Es decir reafirma un universo local muy viejo con una edad entre 13 a 18 mil millones de años.

Grupo de Pierce.

En 1991 este grupo comandado por el Astrónomo Michael Pierce, empiezan a trabajar con los datos del Telescopio Espacial Hubble, encuentran los problemas de enfoque que tenía el telescopio y sólo en 1994, publican en la revista *Nature*, la investigación sobre 3 de las estrellas ceféidas de la galaxia espiral de la constelación de Virgo llamada NGC 4571, usando en su trabajo la nueva cámara HRCam instalada en el Telescopio Canadiense-Francés-Hawaiano de Mauna Kea, encontrando un valor para la constante de Hubble $H = 87,7$ kilómetros por segundo por megaparsec, a una distancia de la tierra igual a 15 Mpc ($15 \times 3,26 = 48,9$ millones de años luz) en el Universo cercano, es decir calcularon una constante de Hubble para un universo local muy joven y con una edad entre 8 y 10 mil millones de años.

Grupo de Friedmann.

A mediados de año de 1994, la Astrónoma Wendy Freedman y otros colegas, después de reparado el Telescopio Hubble, investigaron las estrellas ceféidas en la galaxia espiral M100 y encontraron un valor para la constante de Hubble de 80, kilómetros por segundo por megaparsec, a una distancia de la tierra igual a 17 Mpc ($17 \times 3,26 = 55,42$ millones de años luz) en el Universo cercano, es decir reafirma al grupo Pierce en su cálculo de la constante de Hubble para un universo local muy joven y con una edad entre 8 a 11 mil millones de años.

En mayo de 1999, después de ocho años de recopilación de datos, básicamente la medición con exactitud de las distancias que nos separan de otras galaxias lejanas, el equipo de astrónomos del *Hubble Space Telescope Key Project* ha dado a conocer sus conclusiones y la cifra para la constante de Hubble ha quedado situada en 70 km/seg/Mpc. Además, la incertidumbre, que antes variaba en un factor de 2, ahora se ha reducido hasta un 10 por ciento, lo que significa un gran avance.

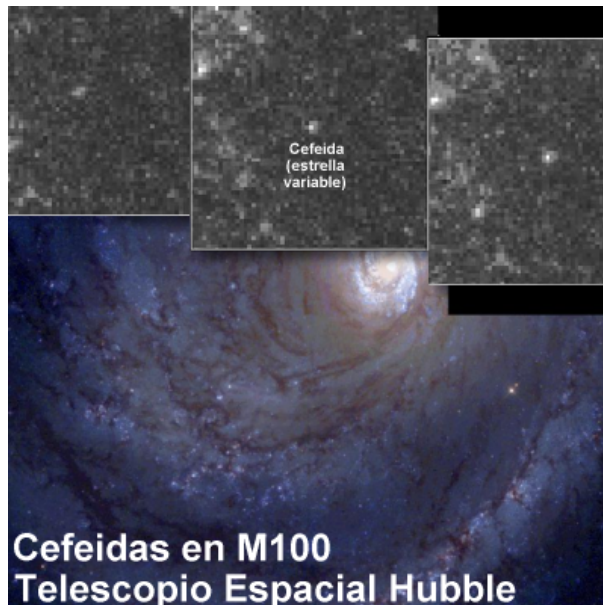


Figura 2: Cefeida en M100. (Telescopio Espacial Hubble)

Para averiguar este número, el Hubble observó 18 galaxias situadas a hasta 65 millones de años luz de nosotros (en el Universo cercano). En ellas se descubrieron hasta 800 estrellas variables llamadas Cefeidas.

El resultado es revelador: el Universo local tiene una edad de 12 000 millones de años $\pm 10 \%$, parecida a la de las estrellas más viejas conocidas (lo que elimina la paradoja de la existencia de estrellas con más edad que el propio Universo, como decían algunas estimaciones).

Grupo de Herrnstein.

El 2 de junio de 1999, el Astrónomo Jim Herrnstein del Observatorio Nacional de Radioastronomía en la reunión anual de la Sociedad Americana de Astronomía, presentó un método directo de medición, usando simple geometría e independiente de los otros métodos para determinar distancias cósmicas, midiendo el movimiento del gas alrededor de una galaxia, usando la galaxia NGC 4258 (23,5 millones de años luz) pudo establecer que tenía una nube de gas y dentro de ella vapor de agua, el cual tiende a amplificar las señales de radio, creando puntos calientes (*hot spots*) llamados máseres, la velocidad orbital de los máseres entre NGC 4258 y la Tierra fueron medidos en 1994 y muchas veces después de esta fecha, además al determinar la velocidad a la cual estos masers se mueven, los Astrónomos crearon un triángulo con la primera posición del maser en un ángulo, la última posición a un segundo ángulo y la galaxia centrada en el tercer ángulo.

Midiendo los ángulos se encuentra la distancia cósmica. La distancia calculada por este método para NGC 4258 fue de 23,5 millones de años luz, con una exactitud del 4%. Esta misma distancia había sido calculada utilizando la técnica de las estrellas ceféidas entre 27 a 29 millones de años luz. El grupo Herrnstein realiza sus estudios usando

el VLBA (*Very Long Baseline Array*), que son una serie de antenas para radio telescopios, localizadas a través de los Estados Unidos, desde las Islas Vírgenes a las islas de Hawaii, operando todas ellas como una sola unidad para medir señales naturales de radio con una exactitud 500 veces más grande que la exactitud obtenida por el telescopio Hubble al medir en las frecuencias de la luz visible.

Conclusión

Todos estos estudios calculan distancias de objetos celestes dentro de nuestro Universo Local y algunos objetos del Universo cercano, pero ninguno de ellos determinan cálculos para objetos celeste en el Universo adyacente o en el Universo Profundo que nos permitan cuantificar la edad de ellos mismos, por lo tanto nos queda muchas áreas por investigar en el Villa-Universo Terrestre y lograr en un futuro inmediato obtener una respuesta concreta a nuestra pregunta: ¿Qué edad tienes, Universo?. Ω

Jorge Enrique Villa Quintero
Presidente de la Sociedad Colombiana de Astronomía y
Astrofísica CAAS.
`caascol@yahoo.com`
`caascol@netscape.net`
P.O.Box 12798
Bogotá, COLOMBIA S.A.



Fotografía lunar de alta definición

Jesús R. Sánchez | Agrupación Astronómica MIZAR

La imagen de la Luna completa es el tema favorito de los que se inician en astrofotografía y sin duda el que ofrece resultados más espectaculares para el aficionado en general.

Introducción.

Tal vez por la relativa “facilidad” es por lo que los astrófilos prestan poca atención a la observación de nuestro cercano satélite y si tratan de fotografiarlo, no insisten lo suficiente como para obtener brillantes resultados. Por mi parte deseo exponer que siempre he tenido un gran deseo de conseguir imágenes lunares de calidad. El aprendizaje autodidacta de un buen número de años me ha llevado a obtener unos resultados, que por supuesto son superables, pero cuyos pormenores deseo ofrecer a aquellos compañeros de afición que puedan estar interesados en obtener fotografías lunares detalladas.

El tema.

En primer lugar hemos de estudiar el tema desde un punto de vista puramente fotográfico. Nos vamos a ceñir exclusivamente a obtener imágenes de la Luna “completa”, sin intentar ampliaciones parciales que precisarían otra técnica algo diferente. Debemos conseguir un sistema que nos permita incluir, con la máxima ampliación

posible, la imagen completa de la Luna dentro del negativo y que nos sirva para cualquiera de las fases. Por otra parte hemos de considerar que la iluminación de la superficie selenita va a presentar importantes diferencias, según la fase que presente y también por el contraste notable entre el terminador y las zonas más iluminadas cercanas al limbo. Los citados aspectos nos influirán notablemente a la hora de elegir el instrumental y emulsión a utilizar.

El instrumento.

Afortunadamente este es el factor de menor influencia. Debido a que no vamos a usar gran ampliación, es por lo que no es preciso un potente instrumento, y por tanto podemos conseguir buenos resultados con la mayor parte de los telescopios al alcance del aficionado. Sería recomendable al menos un refractor de 60 mm de buena calidad y focal de unos 900 mm. Para buenos resultados es mejor un reflector de 150 a 250 mm. Sin embargo tanto los Newton de relación focal corta (F/D menor de 6) como los Schmidt-Cassegrain presentan un campo fotográfico limitado que no abarca con alta definición las

zonas más periféricas de la imagen por lo que podemos observar pérdidas de nitidez en los bordes de las fotos con estos instrumentos. Por supuesto la mayor calidad nos la dará un refractor apocromático de abertura amplia (al menos 10 cm) pero tal presupuesto no está al alcance de todos.

Respecto a la montura, si estamos hablando de fotografía de alta definición considero necesario el sistema ecuatorial con seguimiento automático, si bien no es precisa una gran exactitud del motor ni de la orientación, ya que los tiempos de exposición son relativamente cortos.

Tal vez sea más difícil, en cambio, conseguir el sistema para amplificar la imagen del foco primario. Si utilizamos, como es recomendable, una cámara de formato 24x36 mm. necesitamos conseguir una distancia focal resultante que pueda ser variable entre 2000 y 3500 mm. aproximadamente, ya que en Luna llena ó fases próximas debemos usar una ampliación menor que en los cuartos a fin de que siempre cubramos con la imagen la mayor superficie posible de negativo.

La situación parece favorable para los poseedores de un Schmidt-Cassegrain que con focales que superan los 2000 mm. sin ampliar obtienen a foco primario un buen registro. Pero hemos de conseguir un aumento mayor al fotografiar los Cuartos. El único sistema óptico que nos permite una ampliación de calidad es la lente de Barlow. Debemos utilizar una marca de reconocida calidad pero pueden ser válidas las más modestas siempre que sean acromáticas, es decir formadas por más de una lente a fin de corregir aberraciones.

Para obtener variaciones de la ampliación debemos conseguir simplemente que sea regulable la distancia entre la lente de Barlow y el cuerpo de la cámara. Si disponemos de una lente de potencia variable, el problema está resuelto. Pero si no es así, recurriremos (cómo en mi caso) a aguzar el ingenio para construir tubos de distinta longitud, que se acoplen a nuestro portaocular y que puedan albergar la lente de Barlow con distinta separación respecto a la cámara, y así conseguir distintos factores de ampliación. Dependiendo del tipo de telescopio, existen muy diversos sistemas de acoplamiento. Hay adaptadores fotográficos con lente de Barlow incluida, pero también podemos construir con habilidad nuestro acoplamiento, siempre que contemos con buenos elementos ópticos. Para ello debemos contar con que simplemente necesitamos instalar la lente de barlow y el cuerpo de la cámara réflex (sin objetivo) a determinada distancia de ella. Para calcular exactamente la separación entre la Barlow y la cámara ó bien la ampliación obtenida con nuestro sistema podemos utilizar la fórmula:

$$S = f_B(A - 1) \quad (1)$$

Donde:

S : es la separación entre la lente de Barlow y el plano de la película en la cámara.

A : es el grado de ampliación deseado sobre la imagen del foco primario.

f_B : es la distancia focal de la lente de Barlow.

Si no se conoce f_B , hay que usar otra fórmula para la cual hay que medir D : la distancia entre la lente de barlow y el plano focal primario (donde se formaba la imagen sin lente de barlow).

Entonces: $S = A \times D$ y también: $A = \frac{S}{D}$

De todas formas, aparte de los cálculos, lo más sencillo es ir comprobando a través del visor de la cámara el grado de ampliación obtenido según vamos modificando los parámetros indicados, a fin de que la Luna cubra el fotograma al máximo. También puede ser un buen sistema utilizar un duplicador fotográfico, es decir un accesorio que multiplica la distancia focal de los objetivos ordinarios de la cámara réflex. Para obtener distinto grado de ampliación con el mismo, debemos recurrir además a interponer tubos de extensión (de los usados para macrofotografía) entre el duplicador y el cuerpo de la cámara.

Estabilidad de la imagen.

Una vez conseguido el grado de ampliación necesario en nuestro equipo, debemos afrontar el problema de conseguir que la imagen tenga la mayor calidad posible. Hay varios factores que hemos de considerar:

- Estabilidad de la montura: no podemos esperar resultados meritorios con un telescopio que al menor roce hace oscilar la imagen.
- El viento: resignarse a que no podemos hacer fotos cuando sea notable.
- Turbulencia: la agitación atmosférica enturbia la imagen de diversas formas. Para evitar sus efectos debemos primero planear nuestras tomas cuando la Luna tenga una mayor altura sobre el horizonte. Desde nuestras latitudes, cada fase presenta unas épocas del año y unas horas de la noche más favorables. Ver tabla 1.

Además también debemos evitar la toma de fotos, cuando la turbulencia sea apreciable, a través del visor de la cámara, en forma de ondulaciones en el limbo lunar (aunque sean ténues) ó bien como agitación.

Métodos de observación.

Toda cámara réflex presenta un doble juego durante la exposición:

- Bascula el espejo plegándose sobre la pantalla.
- Se acciona la cortinilla ó láminas del obturador.

Ambas acciones provocan una sacudida, que en las fotografías con ópticas estándar no son perceptibles, pero que en la importante ampliación del telescopio resultan muy perjudiciales ya que mientras se efectúa la exposición, todo el instrumento está sufriendo esa "débil" vibración transmitida por la cámara. Los tiempos de exposición a

FASE	EPOCA	HORARIO NOCTURNO
Creciente débil	Marzo-Abril	al anochecer
Cuarto creciente	Enero-Mayo	primera hora
Creciente avanzado	Enero-Febrero	primeras horas
Luna llena	Diciembre-Enero	a media noche
Cuarto menguante	Agosto-Septiembre	de madrugada
Menguante débil	Junio-Julio	al amanecer

Tabla 1: Horarios más favorables para obtener fotografías lunares.

utilizar suelen ser inferiores a 1 segundo pero no tan cortos como para “congelar” la imagen. Por lo tanto, si hacemos la obturación de la forma habitual y aunque usemos disparador de cable, las fotos saldrán “movidas” en mayor ó menor grado.

Tan sólo he conseguido evitar el efecto de esta vibración usando un Schmidt-Cassegrain de 280 mm. de abertura y una sólida montura alemana. La mayor inercia de este instrumento permite hacer las tomas con la obturación “normal” de la cámara réflex. Sin embargo con instrumentos de menor embergadura este problema es el más conflictivo que se presenta ante nuestra meta. Para solucionarlo hay varias posibilidades que he experimentado y cuyos resultados paso a comentar:

Bloqueo del espejo: La primera solución viene de la mano de algunos fabricantes de cámaras que nos ofrecen la posibilidad de “cerrar el espejo” de forma manual antes de accionar el disparador. Esta elegante solución, sin embargo, está disponible actualmente en muy pocos modelos de cámaras, que por lo general son los más profesionales y costosos. A continuación se relacionan algunos modelos de cámaras con bloqueo manual del espejo. Puede resultar interesante adquirir modelos que ya no se fabrican en ventas de material usado.

Fuera de producción	En comercialización
Olympus OM-1	Olympus OM-4
Pentax K2 y KM	Pentax LX
Nikon F2	Nikon F3 y F4
Contax RTS y RTS II	Contax RTS III
Canon F1	Canon EOS RT

A pesar de que he usado diversas cámaras con esta posibilidad, debo concluir que los resultados no son completamente satisfactorios: la vibración de las cortinillas del obturador al abrirse también provoca una tenue oscilación del telescopio que impide plasmar con toda nitidez la imagen, sobre todo en instrumentos con tubo largo. No obstante, he podido conseguir resultados muy aceptables utilizando instrumentos con tubo de corta longitud como los Schmidt-Cassegrain y añadiéndoles un “lastre” que aumente la inercia ante la sacudida. También es interesante utilizar disparador de cable de tipos neumático ó electrónico para reducir en lo posible la transmisión de movimientos de la mano. Indudablemente este tipo de cámaras también son efectivas con instrumentos de gran robustez que absorban la vibración sin provocar el menor movimiento de la imagen.

Obturador central: Si el obturador de cortinilla nos provoca problemas podemos probar el obturador central, que tiene una acción silenciosa y de sacudida despreciable. Por desgracia no está disponible en las cámaras réflex ordinarias y para conseguir utilizarlo tendremos que efectuar un montaje especial en el telescopio. Se puede obtener un obturador de este tipo en talleres de reparación de cámaras ó desguazando una vieja cámara que lo incluya. Personalmente todavía no he llegado a experimentar este sistema pero animo a que otros compañeros lo intenten y nos cuenten sus experiencias, ya que aunque es complicado, sus resultados son muy precisos.

Método de obturación manual.

Este sistema es también conocido como “del sombrero”. Es el más asequible al aficionado medio y permite conseguir resultados muy brillantes. Se trata de utilizar un obturador externo al telescopio y que haga el movimiento sin ningún contacto físico con éste, para así evitar toda vibración. Su ejecución es relativamente simple:

Se monta la cámara réflex con disparador de cable y ajustada para exposición en “B” ó exposición larga (unos 8”). Es imprescindible que el telescopio tenga en marcha el arrastre automático. Una vez bien centrada y enfocada la Luna en el visor, procedemos a tapar la boca del tubo con una lámina de cartón ó madera de color negro, sosteniéndola con una mano de tal manera que no toque el telescopio, procedemos con la otra mano a accionar el disparador de cable manteniendo abierto el obturador de la cámara. Entonces se esperan unos 5 ó 6 segundos a que cesen las vibraciones del disparo y se procede a destapar el tubo con un rápido movimiento de la lámina. Por desgracia la exposición debe calcularse “a ojo” y después volver a tapar el telescopio, siendo entonces cuando podemos cerrar el obturador soltando el disparador de cable. Resulta más seguro, si la cámara se puede ajustar para una exposición de 8” ó más, de esta forma accionamos el disparador y después la cámara cerrará automáticamente el obturador al acabar el tiempo ajustado. Así evitamos el contacto con el instrumento, ya que usando disparador de cable podríamos transmitir alguna oscilación a través del mismo durante la exposición. Cómo es lógico, los tiempos de exposición que se consiguen son poco precisos y limitados a fracciones largas de segundo. Lo más habitual es dar alrededor de medio ó 1 segundo con películas de 25 a 100 ISO.

Usando este sistema he advertido una peculiaridad que debe tenerse en cuenta: Si se trata de conseguir tiempos de obturación muy cortos (inferiores a medio segundo), además de resultar difícil de medir, ocurre que el pequeño lapso de tiempo que se tarda en desplazar la lámina fuera de la abertura del telescopio, afecta negativamente provocando fenómenos de interferencia, ya que durante ese instante se está usando de forma parcial la abertura del telescopio. Ello se traduce en una desigual nitidez en la imagen: la luna aparece borrosa hacia el lado de la imagen que ha estado más tiempo cubierto por la lámina. Para obviar este inconveniente, efectuaremos la salida y entrada de la lámina ante la luz del tubo por lados opuestos y tratando de hacerlo lo más rápido posible, pero sin reducir el tiempo que la abertura debe estar descubierta. Es decir, nuestra mano se debe parecer lo más posible al obturador de la cámara: descubrir con rapidez la película, hacer la exposición el tiempo exacto y por último cerrar la abertura con igual rapidez comenzando por el lado opuesto. (Ver figura 1). Para aquellos que deseen perfeccionar este sistema daré la idea de construir un obturador aéreo. Consistiría en una especie de “guillotina” que haría con mayor precisión y rapidez este gesto.

Emulsiones y revelado.

He utilizado muy diversas películas para captar la Luna. Las emulsiones en blanco y negro “estándar” de 100 a 125 ISO registran con gran fidelidad todas las tonalidades y son muy tolerantes ante cualquier revelado. Pueden ser la elección si disponemos de un telescopio que no vibre con la obturación normal de la cámara. Entre ellas deseo destacar la Kodak TMAX-100 por su gran finura de grano. Si vamos a usar el método de obturación manual, necesitamos una película de baja sensibilidad. En este terreno destaca indudablemente la Kodak Technical Pan 2415 (Usándola sin hipersensibilizar). Sin embargo, y dado que se trata de una película de uso técnico, encontraremos algunas dificultades para revelarla correctamente. En nuestro caso tenemos que conseguir unos negativos de contraste suave (Índice de Contraste sobre

0,6). Para ello existen unas fórmulas muy específicas para esta emulsión: Por un lado el revelador Kodak Tecnidol (polvo ó líquido) y por otro lado el revelador P.O.T.A. que es una fórmula de fenidona a baja concentración que no está comercializada. Con ellos se consigue una sensibilidad de unos 25 ISO(ASA). Debido a que estos productos realizan un revelado especial “de superficie” hay diversos parámetros muy críticos que requieren un control muy estricto: el tiempo y temperatura deben ser medidos con precisión y corregidos en caso de malos resultados. Igualmente la agitación y la calidad del agua tienen su influencia. Para obtener un revelado correcto habremos de hacer varias pruebas bajo minucioso control y anotar las condiciones adecuadas para repetirlas exactamente en posteriores revelados. Una vez obtenido el contraste óptimo podemos disfrutar de las imágenes sobre la película con mayor definición que hay en el mercado.

El tema del contraste es de vital importancia para conseguir realismo en nuestras fotos. La TP2415 tiene siempre una excelente definición pero si le diéramos un revelado standar obtendríamos negativos con manchas negras y blancas, sin apenas matizaciones de grises. El revelado de bajo contraste proporciona una suave gradación de sombras y matices permitiendo apreciar más detalle y sobre todo captando la imagen en toda su belleza. Si se desean usar películas standar de 100 ISO con la obturación “a mano”, habremos de poner los medios necesarios para reducir la luminosidad de la imagen a fin de mantener la velocidad de obturación fija: podemos añadir filtros (naranja ó rojo) para blanco y negro, podemos diafragmar moderadamente la abertura del telescopio (Un 200 mm lo podemos dejar en 150 mm) ó bien podemos usar estas películas con instrumentos de menor abertura (60 a 100 mm).

Películas inversibles: Aunque la Luna es un astro de escasa gama cromática, las diapositivas lunares en color tienen un “toque” que las hace muy atractivas para una proyección colectiva. Igualmente, si deseamos usar la obturación manual, usaremos baja sensibilidad: podemos elegir entre Kodachrome 25 ó la más reciente Fujichrome VELVIA. Con estas emulsiones inversibles hay que hacer siempre varias exposiciones diferentes, para conseguir la imagen más equilibrada de luz entre el terminador y el resto de la Luna.

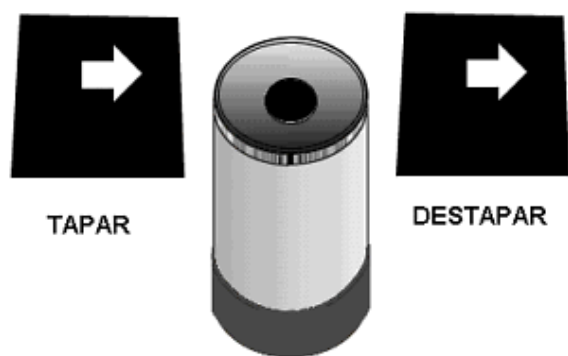


Figura 1: Forma de realizar la obturación manual.

Positivado y ampliación.

Tras obtener una serie de negativos cuyo contraste y exposición consideramos correctos, se impone examinar con una potente lupa (unos 8X) cada fotograma a fin de escoger el que ofrezca más detalle. Hay que prestar atención a toda la imagen, ya que a veces encontramos fotos con buen detalle en una parte y escaso en otra.

Papel fotográfico: Para ampliar negativos del contraste descrito he encontrado muy adecuados los papeles AGFA y TETENAL del nº 4. Si tenemos que salvar imágenes sobreexpuestas ó de muy bajo contraste podemos recurrir al nº 5. Y si nos hemos pasado con el revelado del negativo, quedando muy duro pero bien expuesto, podemos

usar los papeles del nº 2 ó 3. Lo dicho es válido para cualquier acabado de papel, sin embargo para obtener las imágenes con mayor impacto podemos usar un papel baritado de fibra (soporte clásico no plastificado), tal como el AGFA RECORD RAPID, el cual proporciona una gran profundidad a las zonas oscuras y ofrece una gran matización de grises intermedios, todo ello con un elegante tono cálido.

Exposición al ampliar: Si hemos conseguido negativos de alta calidad podremos obtener unas magníficas ampliaciones incluso tamaño poster. No obstante para ofrecer la mayor sensación de nitidez un buen formato para nuestras fotos lunares es el de una imagen de 15 a 20 cm (papel de 18 x 24 cms.). Durante el positivado hemos de considerar que las tomas de fases en cuarto presentan una gran diferencia de iluminación entre el terminador y la parte más cercana al limbo. Si realizamos un positivado “normal” observaremos que si obtenemos bien sombreados los mares, los cráteres del terminador quedan muy oscuros ó se pierden. Para evitarlo debemos practicar una “reserva”: mediante una máscara de cartulina negra preservamos la zona del terminador durante parte de la exposición en la ampliadora. El éxito de esta acción depende mucho de la habilidad y práctica del operario, ya que resulta difícil encontrar el tiempo justo de reserva sin pasarse ni quedarse corto. Una vez más el método de prueba y ensayo nos permitirá conseguir alguna copia que no merezca terminar en la papelera.

Nuestro método personal

Las ideas que he tratado de exponer anteriormente pueden servir para que cada aficionado escoja, según sus medios, el método que estime oportuno. Es indudable que se puede llegar a buen fin por diversos caminos y por ello creo que la investigación personal supone un acto creativo de gran valor.

Las imágenes que he conseguido hasta ahora representan el resultado de esa investigación, que afortunadamente no ha concluido todavía. Describiré el método que he utilizado para obtenerlas, ya que en mis manos es el que he encontrado más factible.

- El telescopio es un reflector Newton. Objetivo “Costas” de 207 mm y 1134 mm. de distancia focal. La montura es ecuatorial alemana marca IMVO con arrastre automático por motor.
- Para ampliar el foco primario he usado una lente de Barlow marca CLAVE de 113,4 mm. de distancia focal, montada sobre un sistema de tubos de PVC de distintas longitudes, acoplados en el portaocular para proporcionar ampliaciones del foco primario entre 2 y 3 veces.(según la fase)
- He usado indistintamente una cámara Olympus OM-1 y una Chinon CP-7m. Para la exposición siempre he practicado la obturación manual con una lámina negra de unos 30 x 40 cms.

- Para la mayor parte de las tomas he usado película Kodak Technical Pan 2415, expuesta a 25 ISO y revelada con TECHNIDOL LC (en polvo) ó P.O.T.A. El revelado con ambos ha sido habitualmente de 10 min. a 25° (agitación cada minuto). Hay que advertir que el TECNIDOL líquido requiere tiempos de revelado distintos.
- Los tiempos de exposición que he usado se resumen en la siguiente tabla. Se refieren a ampliaciones para obtener una imagen lunar que ocupe al máximo el fotograma de 24 x 36 mm. (telescopio de 20 cm)

Fase lunar.

Exposiciones	Sensibilidad película	
	25 ISO	100 ISO
A 1-3 días de nueva	2”	1/2”
A 4-6 días de nueva	1”	1/4”
En cuarto	1/2”	1/8”
A 8-10 días de nueva	1/4”	1/15”
A 1-2 días de llena	1/15”	1/60”
Luna llena	1/30”	1/125”

El positivado lo realizo sobre papel Agfa Record-Rapid, Ilford plastificado ó Tetenal Speed, todos del grado 4. Para el papel es válido cualquier revelador normal en buen estado, pero para acentuar el tono cálido del Record-Rapid es muy recomendable el Agfa Neutol WA.

Consideraciones.

Al aficionado principiante que ha intentado alguna vez fotografiar la superficie lunar, le puede parecer muy difícil conseguir imágenes meritorias con sus modestos medios. A este respecto debo decir que la idea que debe alentarnos a todos es la de aprovechar al límite nuestro instrumental. Y esto es válido no sólo en la fotografía lunar. Todo lo que vemos por el ocular con nuestro ojo (y mucho más), podemos captarlo en una película fotográfica: es cuestión de perseverancia el lograrlo. Espero que este resumen de mis experiencias sirva para animar a más de un compañero a redescubrir la observación fotográfica de nuestro satélite, cuyos resultados siempre satisfacen por su gran belleza. Ω

Jesus R. Sanchez
stareye@arrakis.es
Córdoba, España

La colaboración aficionado-profesional en la enseñanza y la investigación en Astronomía

Jaime R. García | Instituto Copérnico, Liga Iberoamericana de Astronomía

En esta conferencia se presenta un análisis de los últimos desarrollos en el campo de la colaboración aficionado-profesional, luego de las recientes iniciativas de la Sociedad Americana de Astronomía con la creación de una comisión a tal efecto, en su última asamblea anual y de la realización del simposio “Colaboración en Astronomía” (*Partners in Astronomy*), en Toronto, en julio de 1999, patrocinado por la Sociedad Astronómica del Pacífico, la Asociación Americana de Observadores de Estrellas Variables (AAVSO), la Real Sociedad Astronómica de Canadá y la Universidad of Toronto.

Introducción

Durante los últimos tiempos se ha visto claramente un profundo aumento en la participación de astrónomos aficionados y profesionales y docentes, en diversos aspectos de la actividad astronómica. Está claro que antes, algunas actividades estaban reservadas, exclusivamente, a los profesionales pero el advenimiento de la tecnología ha permitido la incursión del aficionado en terrenos que, previamente, eran del exclusivo dominio de los astrónomos profesionales.

Surge entre la comunidad científica la necesidad de la divulgación y la enseñanza de la ciencia y, en particular, de la Astronomía

La computadora, las comunicaciones (en especial Internet), los medios masivos de acumulación de datos y la reducción de los precios en los elementos de óptica y electrónica, han permitido que el aficionado adquiriera una precisión, en la realización de sus observaciones y acceso a la información científica, que anteriormente resultaban inalcanzables. Por otro lado, la crisis económica mundial se ha hecho sentir en los ámbitos de la investigación científica pura, anulando cuantiosas sumas de asistencia financiera, antes especialmente dirigida a esos fines. De este modo, los científicos comenzaron a percibir que debían acercarse a los votantes y a los potenciales asistentes financieros de sus proyectos, esclareciendo sus objetivos y explicando más profundamente en qué utilizan o utilizarían su dinero. Por ello, surge entre la comunidad científica la necesidad de la divulgación y la enseñanza de la ciencia y, en particular, de la Astronomía.

Obviamente, para un investigador profesional, el llegar al aula no es tarea fácil, de allí la necesidad de una colaboración, con docentes y con aficionados, siempre más cercanos al gran público.

Las actividades de coordinación

El Encuentro Anual de la Sociedad Astronómica del Pacífico (ASP) se celebró en Toronto, Canadá, entre el



Figura 1: Participantes en Encuentro Anual de la Sociedad Astronómica del Pacífico (ASP).

1 y el 7 de julio de 1999. Fue titulado “Colaboración en Astronomía” y su propósito fue discutir y desarrollar los vínculos entre investigadores profesionales, aficionados y docentes. Los últimos tres días del encuentro fueron titulados y dedicados a “Colaboración aficionado - profesional en Investigación Astronómica y Educación”. El encuentro de la ASP fue el primero en celebrarse juntamente con la AAVSO y la Sociedad Astronómica Real de Canadá (RASC).

A primera vista se percibía un problema: demasiados oradores. Aún pasados tres días, no había suficiente tiempo para llegar a una fracción de lo que podría haberse discutido.

Los temas de la parte de investigación cubrían todo tipo de materias: astronomía estelar, galáctica, extragaláctica, planetas menores, cometas, instrumentación y un sinnúmero de otros tópicos.

Obviamente, como una de las organizadoras era la AAVSO, la astronomía estelar es la que se llevó la parte del león. Como sabemos, este tema es muy vasto y complejo, frente a los demás, ciertamente menos extensos. Pero es posible pensar que al ritmo del crecimiento de la colaboración aficionado - profesional, en breve será necesario un encuentro de 200 personas durante 3 ó 4 días para cada tipo de objeto de estudio.

El simposio día por día: Primer día

El primer día se dedicó a describir las situaciones de colaboración exitosas, tratando de mostrar qué y cómo se realizó para obtener éxito. El primer bloque se ocupó de la colaboración aficionado-profesional en la observación de estrellas variables y la AAVSO, abarcando temas como observaciones visuales, fotoeléctricas y con CCD, colaboración con universidades y con la NASA y el Instituto para el Telescopio Espacial, destacando la labor realizada por los observadores aficionados y la interacción en los trabajos sobre múltiples ventanas de observación. Aquí se contó con la participación de Janet Mattei, John Percy, Lee Ann Willson, Ray Thompson y Gary Walker.

Luego pasaron a describirse otras colaboraciones donde se mostraron ejemplos de trabajos científicos realizados por entidades europeas (GEOS) y latinoamericanas (Sección de Estrellas Variables de LIADA) en colaboración con instituciones profesionales, en el campo de las estrellas variables. Allí colaboramos Christine Clement, Nicola Beltraminelli y quien les escribe. A posteriori se pasó a planetas, meteoros, planetas menores, cometas y ocultaciones, campos donde la colaboración ha mantenido siempre una llama fulgurante. Sobre estos temas se exhibieron los conocidos Richard Kowalski, Jack Newton, David Levy, Stephen Edberg, David Dunham y Paul Maley. Luego le tocó al tema solar, donde se destacaron los programas referentes al Sol de ALPO y AAVSO.

Los paneles o mesas redondas continuaron con temas muy diversos, tales como el *Center for Backyard Astrophysics* (CBA), que es un grupo de aficionados que poseen equipamiento de alta calidad: telescopios computarizados con CCDs operables a distancia que realizan trabajos conjuntos de fotometría CCD en estrellas variables cataclísmicas.

Center for Backyard Astrophysics es un grupo de aficionados que poseen equipamiento de alta calidad

A posteriori otro aficionado, Paul Boltwood, presentó su trabajo sobre estudio de galaxias con núcleos activos, como es el caso de las BL Lac. Luego les tocó el turno a la instrumentación, sus técnicas y las extensas campañas de búsqueda y monitoreo de objetos celestes. Esta tarea está siendo muy provechosa, con la detección de nuevas variables, asteroides y otros objetos.

El siguiente fue el turno de la contaminación luminosa, donde el panel, liderado por el muy conocido David Crawford se exhibió sobre esta problemática y sus logros por su labor de colaboración. El último panel de este grupo fue el que se dedicó a analizar los orígenes de las motivaciones de los aficionados.

La sesión siguió con la invitación a participar como entrevistado, en un trabajo de investigación para su tesis de maestría, de la astrónoma de Harvard Sheila Kannappan, justamente acerca de la colaboración aficionado-profesional.

Luego la astrónoma peruana María Luisa Aguilar nos habló acerca del desafío de hacer astronomía en un país en desarrollo a través de la colaboración profesional - aficionado.

A continuación, y para finalizar el primer día aquellos que tenían posters, realizaron la presentación de sus trabajos en un minuto cada uno. ¡Una verdadera maratón!

Segundo día.

El segundo día fue dedicado a la colaboración entre aficionados y profesionales en la enseñanza de la Astronomía.

Las presentaciones comenzaron con una conferencia de Andrew Fraknoi, acerca del tema de la colaboración en el campo de la enseñanza y la importancia de la presencia del astrónomo profesional en el aula.

A continuación conformaron un panel diferentes participantes del proyecto ASTRO, de colaboración aficionado-profesional-docente, patrocinado por la Sociedad Astronómica del Pacífico. Se contaron las experiencias en los diversos lugares (Boston, Seattle, San Francisco, etc.).

Luego se desarrolló otro panel donde se discutió el rol de los planetarios, observatorios públicos, centros de ciencias y museos, como instituciones de educación informal y como catalizadores de las colaboraciones. Intervinieron representantes de Oregon, Baltimore, Toronto, Astronomical League y la Sociedad Internacional de Planetarios.

El tema del siguiente panel fue acerca de la Astronomía y los medios de difusión, donde se enfatizó la forma de desarrollar buenas relaciones para viabilizar las colaboraciones. Contó con panelistas de la talla de Leif Robinson, de *Sky and Telescope*, y David Levy.

A continuación, y quizá el tópico más interesante, fue el turno de la enseñanza de la ciencia basada en la investigación, haciendo uso de datos de profesionales y de aficionados o realizando proyectos científicos como los del tipo "manos a la ...". En este panel hubo exposiciones metodológicas (Marino Alvarez), de viabilización de colaboraciones a través de elementos disponibles, como *Hands on Astrophysics* de AAVSO (Janet Mattei), *Hands on Universe* (Hughes Pack), experiencias de grupos de estudiantes (John Percy, Rene Plume, Bob Duke). La disponibilidad de telescopios para la concretización de este tipo de proyectos como *Telescopios en Educación* (Barret Duff) y *Pine Mountain Observatory* (Nicolás Gulino y Rick Hang).

Finalmente, la parte más floja que se refirió a cómo incluir más jóvenes en la astronomía amateur y a las mujeres. Esto último, cosa de enorme diferencia entre la cultura norteamericana y la de mi país. En Argentina hubo siempre muchas mujeres aficionadas y profesionales dentro de la Astronomía. Quizá hayan sido discriminadas años atrás, pero creo que hoy no representa un problema serio, al menos en la astronomía amateur. Quedé realmente sorprendido al saber que en países tan desarrollados existe la discriminación en grado tal, aún hoy, luego de tantos años de la "liberación de la mujer".

Tercer día.

El último día se orientó a demarcar los caminos para el futuro. Comenzó con el orador clave de *Sky & Telescope*, Leif Robinson, con una excelente presentación titulada “Fronteras en la colaboración aficionado - profesional”.

Los estudiantes de Hughes Pack buscan asteroides y KBOs en placas archivadas, en línea

Realizó un extenso y minucioso análisis de las posibilidades de colaboración, en la faz de investigación, que bien puede ser tomado como una guía de trabajo. Espero ansioso los anales del Simposio para releer cada uno de los puntos descriptos.

A continuación, los tópicos siguientes fueron comprendidos en paneles o mesas redondas: obtención de imágenes, satélites de la Tierra, objetos del cinturón de Kuiper (KBO) (¡los estudiantes de Hughes Pack buscando asteroides y KBOs en placas archivadas, en línea!), el Sol, fotometría de estrellas variables, instrumentación, fenómenos transitorios y variables, TASS, Archivos y Computación. John Briggs siguió con un poco de historia.

Luego tuvimos una sección de discusión general y se habló mucho sobre el financiamiento y cómo obtenerlo.

A modo de conclusión.

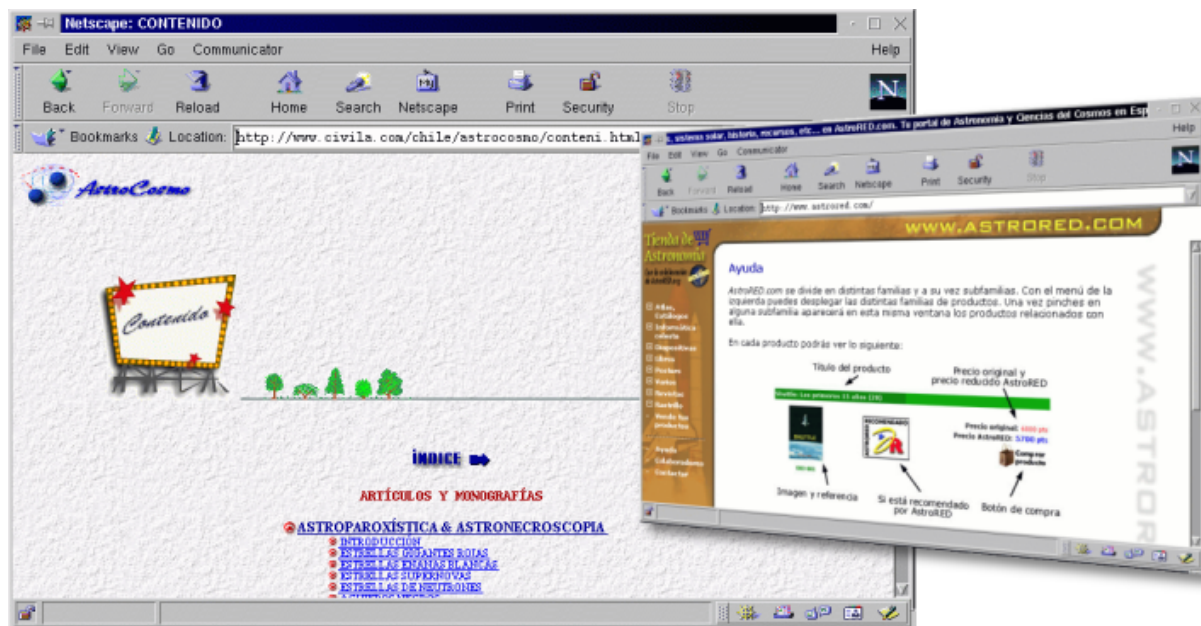
Una pregunta que apareció en el foro de AAVSO y fue presentada también en el simposio fue: “¿Los grandes búsquedas (*surveys*) del cielo nos pondrán a todos nosotros fuera de circulación?”

La respuesta es claramente: no. En ese entonces habrá muchas más observaciones que necesitarán ser realizadas y muchas más reducciones que también serán necesarias. Los aficionados encontraran sus placas desbordadas en los próximos años. Surgirá un nuevo tipo de observador: el llamado “minero de datos” (*data miner*). Ésta es una persona que separa datos que son a menudo “ruido” para el proyecto original o inclusive cuando el proyecto original hubiera sido dado por terminado, luego de haber extraído las “pepitas de oro” y de que sus fondos se hubieran gastado.

¿Sabía Ud. que todavía pueden obtenerse nuevos datos de misiones espaciales de hace 30 años? Nadie se fijó en todo esto. ¡Ni siquiera un poco! Más poder en las computadoras de escritorio, más rápidas conexiones a la red, obtención de imágenes digitales más baratas y gran colaboración aficionado-profesional parece ser el modo en que se están configurando las cosas.

¿Muy excitante? Los próximos años deberían ser más aún más. Ω

Jaime García es director del Instituto Copérnico de Argentina, coordinador de la Sección de Estrellas Variables de la Liga Iberoamericana de Astronomía (LIADA) y miembro de la Red de Astronomía Observacional de Brasil.



AstroCosmo

Una visita a la Red | Sección coordinada por Gabriel Rodríguez Alberich

En la comunidad virtual Civila, «hogar de los latinos Internet», se alojan infinidad de páginas web que abarcan todas las áreas del conocimiento y el entretenimiento. La que mantiene Patricio Díaz Pazos en la zona chilena es una de ellas. El visitante amante de la astrofísica o la cosmología que se tope con <http://www.civila.com/chile/astrocosmo/>

AstroCosmo, podrá disfrutar de un agradable paseo por una serie de artículos, de un nivel accesible a cualquier persona, y que en su conjunto forman un breve tratado de Astrofísica y Cosmología en español. Como bien advierte el autor («los artículos y monografías que a continuación presento este libro virtual, no han sido escritos para sabios o especialistas»), el lenguaje utilizado es meramente divulgativo y carente de tecnicismos físicos y matemáticos, por lo que todos pueden disfrutar de los contenidos de la web.

El diseño de AstroCosmo es bastante simple y ordenado, por lo que la navegación a través de su temario resulta cómoda y rápida. Un breve prefacio da paso al índice de contenidos, en el que los artículos se presentan agrupados en los diferentes temas que se tocan.

Entre ellos están “Supercuerdas”, “los Rayos Gamma” y “Planetas en otros soles”, en los que Díaz Pazos aborda temas como la creación del Universo, las estrellas de neutrones, o la física de partículas, manteniendo siempre un nivel divulgativo, pero cuidando de no salirse del rigor científico, fácilmente violado cuando se tratan estos temas. También se dispone de un glosario de términos, en el que el visitante puede encontrar las definiciones de un

gran número de palabras relacionadas con la astrofísica y la cosmología, desde “Absorción interestelar” “Viento solar”. Para cerrar el contenido, se ofrece una colección de accesos a otras páginas hispanas cuyos temas son la astrofísica, la cosmología o la astronomía y física en general.

El resultado que ha obtenido el autor es una página con un contenido claro, fácilmente accesible, y con una extensión bastante generosa para una web en lengua española de estas características. Una visita obligada para los amantes de esta ciencia.

AstroRED

Recientemente, el portal dedicado a la astronomía en castellano AstroRED, mantenido por Alex Dantart, ha vuelto a ampliar su oferta telemática registrando los dominios .com y .net, y sumándolos así al .org que ya poseía. Con estas adquisiciones, han surgido unas mejoras que se ven plasmadas en las direcciones URL de muchas páginas asociadas a AstroRED. Así, la revista *Astronomía Digital* pasa a accederse mediante la dirección

<http://digital.astrored.org>,

y la página de noticias *info.astro* mediante

<http://info.astrored.org>.

La página principal que las une a todas en un mismo portal (y que próximamente contendrá los accesos a las

nuevas direcciones de las páginas afiliadas a AstroRED) es <http://www.astrored.net>.

Pero de todas estas mejoras la que sin duda más llama la atención es la que se alberga en <http://www.astrored.com>. En ella se acaba de abrir una tienda en línea de productos relacionados con la astronomía, que brilla por su elegante diseño y su amplia oferta inicial. En esta tienda, los productos vienen agrupados en siete familias, a saber: Atlas, Catálogos, Informática celeste, Diapositivas, Libros, Posters, Varios, y Revistas.

A su vez, cada familia se divide en subfamilias, en las que como ejemplo los libros se dividen según estén en inglés o español. A través de un menú situado a la izquierda, el navegante puede acceder a la categoría deseada, y en la ventana contigua va apareciendo una lista de los productos que concuerdan con la subfamilia seleccionada. En ella, se ven reflejadas las especificaciones de cada producto, que vienen a ser su título, una breve descripción, una imagen del producto (en algunos casos), su número de serie, y su precio. Se descubre con agradable sorpresa que éste último se muestra en dos valores: el precio original y el precio rebajado de AstroRED, al más puro estilo de Amazon.com, la tienda virtual más grande del mundo.

Cuando el visitante se ha decidido a adquirir alguno de los productos que se ofertan en *AstroRED.com*, no tiene más que pulsar en el icono que aparece bajo el precio de cada ítem, con la leyenda ‘Comprar producto’. Con esto se accede a la página de compra del producto, en la que se debe rellenar el formulario de pedido para enviarlo a la tienda virtual. Los campos a rellenar son los típicos de un formulario de compra: nombre y apellidos del cliente, dirección, teléfono, correo electrónico (al que se enviará un mensaje solicitando la confirmación del pedido), etc... Quizá se echa de menos una sección de ayuda y de FAQ (*Frequently Asked Questions* - Preguntas Frecuentes) que aclare las opciones disponibles para el modo de envío (al que escribe no le ha quedado muy claro), soporte de pago mediante tarjeta de crédito y servidor seguro (SSL).

Además de los productos ofrecidos por AstroRED, en breve se verán ofertados muchos más, gracias a la sección *Rastrillo*, pensada para que los que tengan algún producto relacionado con la astronomía del que se quieran desprender, puedan anunciarlo aquí a modo de *Cambalache*. Este servicio es gratuito para los usuarios particulares.

► La Guía Analógica

Miles de millones de demonios

Dentro de pocos meses se cumplirán tres años desde que Carl Sagan nos dejó. Este científico ha sido sin lugar a dudas uno de los *santos patronos* de la astronomía, inspirando tanto a futuros profesionales como a aficionados. Sus dos últimos libros fueron “El Mundo y sus Demonios” y “Miles de millones”.

“El Mundo y sus Demonios” es el más absorbente de los dos. Escrito en un lenguaje sencillo y simple, característico de este autor, Sagan se preocupa por el avance de la charlatanería y la pseudociencia entre el público general, haciendo incapié en la importancia que tiene la for-

mación tanto sobre los aspectos básicos de la ciencia como su método, para comprender el mundo que nos rodea (desde noticias, hasta el frigorífico). Comienza con una anécdota, que hace tiempo había tenido la oportunidad de leerla en Muy Interesante. Relata su encuentro con un taxista, William Buckley, hombre curioso por naturaleza, cuyas preguntas trataban sobre ovnis, abducciones, Nos-tradamus... A las que Sagan tenía que responder con un natural “no hay pruebas suficientes”. (Doy fe de que este encuentro se repite a menudo entre los astrónomos aficionados en actos públicos). ¿Por qué ese hombre no sentía la misma curiosidad por el ADN o la formación de galaxias?

El taxista no era suficientemente escéptico. Sagan introduce al lector en el movimiento escéptico, ya que, no en vano fue uno de los confundadores de la sociedad “CSI-COP-en inglés suena a *policía científico*-. En “El Mundo y sus demonios” se realiza un balance bien documentado sobre algunas de las preocupaciones del Sr. Buckley y que sin duda son de las preocupaciones de parte nuestra sociedad, como los ovnis y la astrología.

El avance de sectas, nuevas religiones y el cierto desencanto que el público siente con respecto a la ciencia debido a poderosas pero dañinas tecnologías –ozono, contaminación nuclear– hace temer a Sagan por un retroceso a una nueva época de oscuridad, si no le ponemos remedio. Los 25 capítulos de “El Mundo y sus Demonios” es un grito a la movilización por la educación científica y escéptica por parte de todos.

En “Miles de millones”, su obra póstuma, Carl Sagan se adentra en aspectos sociales de los que intenta dar, nuevamente, una perspectiva escéptica y científica. El libro se divide en tres partes, una dedicada a los números y la matemática, otro a la política y la ciencia, y finalmente el último “Allí donde chocan corazones y mentes”.

El libro, escrito ya cuando estaba en fase terminal, se adentra en cuestiones tan espinosas como el aborto. Se intenta ofrecer una serie de 10 mandamientos pero surgidos del razonamiento. La parte que encontré más interesante, sin embargo, fueron aquellos capítulos dedicados a la relación entre las políticas educativas, medioambientales y científicas. Carl Sagan, consciente de la desconfianza que Chernobil, Hiroshima o la capa de ozono han granjeado a la ciencia, apremia a los responsables públicos a tomar cartas en el asunto. Por un lado, como ya había expuesto en “El Mundo y sus Demonios”, cree con firmeza en la ciencia como único velador del porvenir. Por el otro, y es quizás el espíritu de todo el libro, que apreciemos la globalidad y rareza de la vida en nuestro planeta... y actuemos en consecuencia.

Sin duda alguna, en “Miles de millones” florea el Sagan más humano. El libro posee un capítulo final escrito por compañera Ann Druyan después de la muerte del autor. Comparado con “El Mundo y sus Demonios” sabe a poco, tristemente. Deseamos sinceramente que su voz siga viva en nuestras mentes y que entre todos sepamos no olvidar lo que en sus años de científico y divulgador supo hacer como nadie: corresponder la pasión de la curiosidad. Ω

Víctor R. Ruiz

•AstroRED•

ASTRONOMÍA DIGITAL