



El crepúsculo en el aire

Por el General AYMAT

Permitásenos, para empezar, el relato de un recuerdo personal. En la tarde del 20 de octubre de 1915 tenía que hacer en Cuatro Vientos la prueba de la hora y del planeo de 500 metros. Temía que no acabara de llegarme el turno de vuelos aquella hermosa tarde; pero, aun con el Sol bien alto sobre el horizonte, salí, a mi modo de ver, con tiempo suficiente para la prueba. Ya en el aire, el bello espectáculo de Madrid, ascua de oro que brillaba a la fuerte luz del Sol poniente, me atrajo hacia allí. De pronto se amortiguó su brillo y se ensombreció. Se había puesto el Sol. Volví hacia Cuatro Vientos. Para mí el astro rey distaba aún del horizonte casi todo su diámetro. Observé que el suelo había oscurecido de modo inesperadamente rápido, no sólo en dirección poniente, por contraste con el deslumbramiento, sino a todo alrededor. Consulté el reloj. Aún me faltaba casi media hora para la prueba. Dando ya por perdida la ocasión de lograrla, y a pesar de recordar haber tomado varias veces perfectamente tierra en vuelos comenzados mucho rato después de puesto el Sol, sentí temor de si sería lo suficiente para hacerlo en la ocasión que me esperaba. Todo esto ocurrió en cuestión de unos instantes. Pero lo que más me sorprendió fué que muy poco después,

al ponerse el Sol para mí, instantáneamente se inundó la tierra toda de una suave claridad, y empecé a distinguir todos sus detalles, tan bien, que pude gozar de la serena tranquilidad del aire, y ya, sin prisa, bien cumplida la hora, después del encanto de un silencioso planeo, hélice de mi buen Maurice Farman en bandolera, que duró varios minutos, tomé tierra con toda felicidad. Posteriormente comprobé que mi salida tuvo lugar a las 16 h. 56; que se puso el Sol para Madrid a las 17 h. 29 (para mí, seis minutos después), y que tomé tierra a las 18 h. 06; siete minutos dentro de la duración de 44 m. del crepúsculo que da para esa fecha y lugar nuestro *Almanaque Aeronáutico*, de San Fernando.

Desde entonces, cuantas veces se me ha puesto el Sol en el aire, siempre he observado esa resurrección del día con tanto cuidado como delicia, compartiendo la que producen, muchas veces, la variadísima combinación de fenómenos de esa hora, casi siempre tan serena, sin meneos, en que el espíritu se recoge y pone todos sus sentidos en la contemplación de la maravillosa obra de Dios, que si hermosa es desde tierra la puesta del Sol, más variados son sus efectos desde el aire, ya antes del ocaso, con la expresiva modelación del menor relieve que el con-

traste de luz y sombra hace surgir del suelo, con transparencia, a veces, de las sombras, que en las zonas montañosas semejan hacer el aire de cristal. ¡Aquel macizo de Gorgues!... ¡¡Aquellos Picos de Europa!!; la vida que toman las comunicaciones, con la sombra de sus alamedas, que galantemente se corren de costado, como para subrayar y resaltar más la carretera, a la que dieron sombra en las tardes de la canícula y abrigo en los vendavales invernales. Hasta efectos tan chocantemente grotescos como la sombra que cada naranjo u olivo proyecta a veces debajo de la zona luminosa, bien contrastada, de su vecino de sota-sol. Si la luz viene de poniente, ¿cómo parece proyectarse a ese mismo costado la sombra?

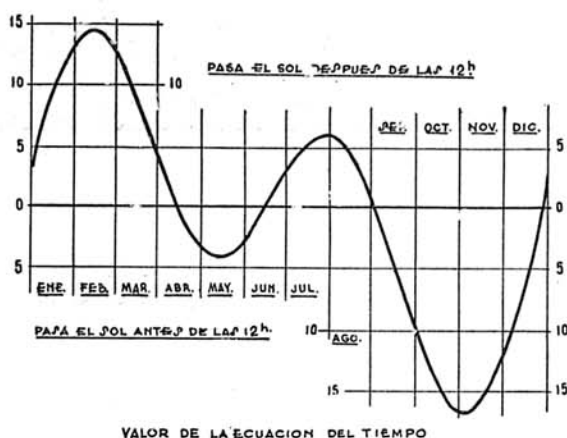
Estos fenómenos se dan también en el amanecer, con una diferencia, no obstante, cual es que aquí vamos siempre a mejor, y el oscurecimiento producido al salir para nosotros el Sol, sobre ser de suyo siempre breve y pasajero, es nuncio de mayores y duraderas claridades, y no como el renacer de la luz en el crepúsculo vespertino, especie de mejoría precursora de la muerte.

Muchos serán los aeronautas que hayan tenido ocasión de hacer esas observaciones; muchos también los que por venir muy justa la duración del día para llegar a su destino, o en condiciones de entrenamiento, quizá buscando propicia calma del momento, han temido pasarse de hora, habrán pasado susto, menos inocentemente que el antes expuesto; pero sí es cierto que a todos interesa conocer con bastante precisión la duración del día prácticamente útil para las faenas del vuelo.

La luz ambiente depende mucho, ante todo, de la claridad de la atmósfera; circunstancia variabilísima, que si hay que tener muy en cuenta, no es susceptible de someter a cálculo previo. Después de todo, esto no hace más que modificar la causa primera, que es la depresión del Sol por debajo del horizonte, y ésta, dependiendo en cada momento de la latitud del lugar y de la época del año (declinación del Sol), sí que es capaz de calcularse previamente.

El momento teórico del orto u ocaso del Sol se determina con toda precisión, y, referido a las 6 h. de su promedio, se llama a su valor en tiempo "diferencia ascensional" del astro. La diferente densidad (presión y temperatura) de las diversas capas de aire que la visual va encontrando en la atmósfera, producen una eeva-

ción "aparente" del astro, que se llama "refracción astronómica", variable, pero próxima a los 35' cuando el astro está aparentemente en el horizonte. Por otra parte, decimos que sale el Sol en cuanto asoma el ápice de su disco, y que no se puso hasta que desapareció del todo. Ese semidiámetro varía para Sol y Luna muy poco de 15', sin que, por lo variable de la refracción, se requiera precisión mayor.



Luego el orto y ocaso vienen determinados por el momento en que el centro del Sol está a 50' por debajo del horizonte, y una tabla da oportunamente la corrección a la "diferencia ascensional" para obtener las horas de "orto u ocaso aparentes". El Sol, por su parte, tiene una marcha aparente horaria sumamente irregular, debido, en primer lugar, a la excentricidad de la órbita terrestre, y por otra, a la oblicuidad de su eje de giro sobre el plano de la eclíptica en que gira alrededor del Sol. Resultado de ello es la desigualdad de los días solares y la consideración de un "Sol medio" sometido al cálculo, y que difiere del "Sol verdadero" en sus pasos meridianos en unos minutos, "Ecuación del Tiempo", de valores máximos en febrero, en que el Sol verdadero pasa + 14 1/2 minutos más tarde del "mediodía medio", y - 16 1/2 en la primera decena de noviembre, en que se adelanta. Otros máximos secundarios hay, de - 4 y + 6 minutos, que se dan a mitad de mayo y fines de julio. Coincide el paso de ambos soles en Navidad, 16 de abril, 15 de junio y 2 de septiembre.

Así, pues, para determinar un orto u ocaso del Sol con la latitud del lugar y declinación del día, se calcula (o halla en la tabla) la "dife-

rencia ascensional", y, en más o menos de las 6 horas, se determina la hora de la posición verdadera del Sol medio. Se adelanta el orto o atrasa el ocaso por los 50' de depresión por refracción y semidiámetro, según declinación y latitud, y se obtiene el orto u ocaso "aparente" del Sol medio, que, corregido de ecuación del tiempo, da los "aparentes del Sol verdadero" que buscamos. Esto en hora local, que hay que pasar, en cada lugar, a hora oficial de los relojes por la diferencia de longitud al meridiano regulador, atrasando las occidentales, como sucede para Madrid, donde desde primeros de noviembre pasa el Sol por el meridiano a las 12 h., en febrero a las 12 y media, y adelantándola los orientales.

Los almanaques nos ahorran gran parte del trabajo, porque dan ya las horas para un lugar dado (Madrid, el Anuario de su Observatorio), y para latitudes escalonadas, los almanaques náuticos y aeronáuticos.

Queda, no obstante, la operación de interpolar la latitud entre las tabuladas y corregir por longitud, previamente transformada en tiempo, a razón de cuatro minutos por grado. Las efemérides del primer tipo tienen una tabla auxiliar, donde para cada latitud, de grado en grado, dan para las diversas épocas del año los minutos en que hay que variar las horas tabuladas.

Todo ese trabajo, dentro de zonas no muy extensas en latitud, nos lo ahorran gráficos como el que damos, sin que sea óbice la imprecisión o error dentro de los cinco minutos, tanto porque las variaciones de la refracción hacen ilusoria e inútil una gran precisión, como porque la irregular altura de la silueta del horizonte, más o menos montuoso, varía la hora en que realmente tenga lugar el fenómeno.

Prácticamente, la luz ambiente, si en su variación paulatina sufre un salto (nunca instantáneo) en el curso de la salida u ocultación sucesiva de todo el disco solar (siempre mayor de dos minutos) hasta cerca de siete en España y nada menos que treinta y dos horas en el propio Polo, va menguando hasta cerrar la noche; concepto que equivale a aparecer las más débiles estrellas que han de seguir viéndose toda la noche, que suponemos clara, o a que la sombra del cielo que aparece por el Oriente cierra sobre Poniente, haciendo desaparecer todo rastro de claridad mayor. Esto ocurre cuando el Sol ocupa una posición verdadera de 18° por debajo del horizonte, aunque recientes estudios más deta-

llados la reducen un poco, variable con los lugares (1).

Este período de tiempo comprendido entre orto y ocaso y las condiciones descritas de "amanecer" y "cerrar la noche", recibe el nombre de "crepúsculo astronómico", calculable, a pesar de la imprecisión práctica que le dan las circunstancias meteorológicas, con todo rigor, y que aparece en el *Almanaque Náutico*, de San Fernando, hasta latitudes de 60°.

En ese decrecer de la luz hay momentos en que empiezan a brillar las estrellas más conspicuas, y con menos precisión se puede leer al aire libre. Es el momento de terminar el "crepúsculo civil" vespertino. Se admite que tal momento corresponde a una situación verdadera del Sol a 6° por debajo del horizonte. No olvidemos que tal crepúsculo empieza o acaba con el ocaso u orto del Sol, en depresión verdadera de 50'.

Los almanaques aeronáuticos suelen dar esas horas o la duración del crepúsculo civil para latitudes escalonadas, y alguno fija para duración del crepúsculo astronómico el triple del civil; cosa que si llega a diferir en latitudes altas bastante de la verdad, en la grosera aproximación práctica es suficiente hasta latitudes medias.

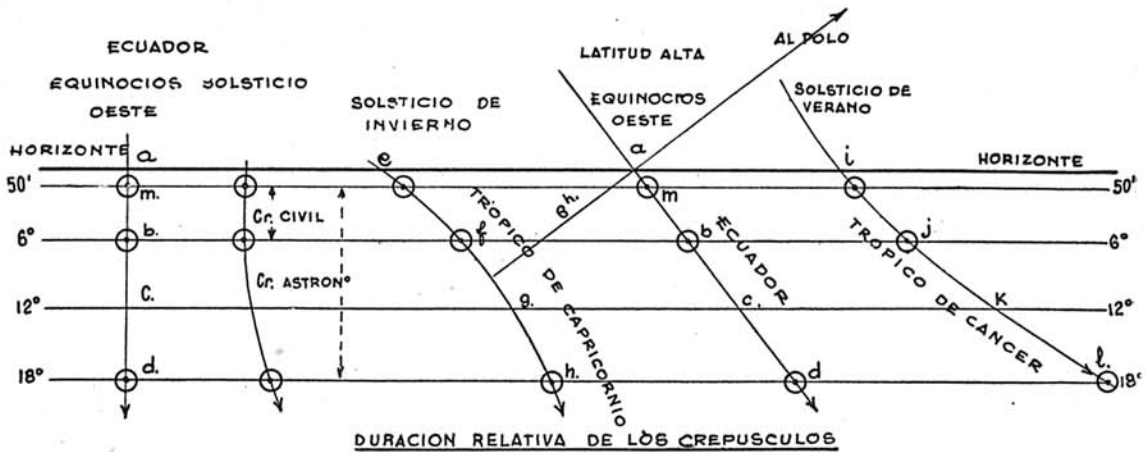
Se consideran, además de los crepúsculos civil, a — 6°, y astronómico, a — 18°, otro que llaman náutico, con el Sol a — 12°, que corresponde al momento hasta o desde el cual son prácticamente posibles, sin luz artificial, las faenas de la navegación.

Nuestro *Almanaque Aeronáutico*, de San Fernando, fija para fin del crepúsculo que llamaremos aeronáutico la depresión de 9°, en la que se considera ya difícil la toma de tierra.

La verdadera relación de duración entre los diversos crepúsculos no es tan sencilla. En primer lugar, hay que partir de la depresión de 50', correspondiente al orto u ocaso, y, deducida ésta, los descensos del Sol vienen a ser como los números 5° 10', 8° 10' y 11° 10' a 17° 10', o sea, 310', 490' y 670' respecto a 1.030', que dan como cocientes 0,30, 0,48 y 0,65.

Por otra parte, en cuanto el lugar de la observación y el Sol se separan fuertemente del Ecuador, se producen a la par una curvatura en

(1) Gruner y Kleinert, en su *Die Dämmerungserscheinungen*, la fijan entre valores de 14°,9; Assuany, 18°,3 (Atlántico), y aun para España, de 17°,9 (matutino) y 15°,3 (vespertino) (Hamburgo, 1927).



DURACION RELATIVA DE LOS CREPUSCULOS

MIENTRAS EN EL ECUADOR O EQUINOCCIOS $ab = bc = cd$ y $ad = 3ab$, LA CURVATURA DE LOS SOLSTICIOS PRODUCE $ef > fg > gh$ y $eh < 3ef$ y $lj < jk < kl$ y $il > 3ij$ LEJOS DE ESTOS CASOS EXTREMOS $mb:md = 5^{\circ}10':17^{\circ}10' = 0,30$; Cr° CIVIL EQUIVALE A TRES DECIMOS DEL ASTRONOMICO.

la trayectoria aparente del Sol y, por la primera causa, una oblicuidad de esta marcha respecto al horizonte, y las proporciones anteriores ya no se conservan, hasta el punto de que en la latitud 47° de Berna duran en junio los crepúsculos civil y astronómico 40 y 177 minutos, cuya relación es nada menos que de 4,2, y por el contrario, en Islandia, de latitud 65° , estas duraciones, en diciembre, son de 85 y 222, en la proporción sólo de 1 a 2,5.

Vista esta inconstancia, juzgamos que hasta las latitudes que nuestra Península alcanza pueden tomarse prácticamente como valores de los crepúsculos civil, aeronáutico y náutico, respectivamente, los tres, cuatro y seis décimos del astronómico, tendiendo a quedarnos cortos, sobre todo en el aeronáutico, ya que en éste sólo una gran habilidad en el piloto permite asegurarse contra el riesgo de posible avería en los límites de la depresión de 9° para el Sol.

En latitudes muy altas se presenta la contingencia del crepúsculo continuo, o hasta de su ausencia, porque el Sol no llegue en todo el día a aparecer, a ocultarse o a alcanzar la depresión que define cada crepúsculo. Estas épocas vienen definidas por la declinación del Sol, que produzca las depresiones consideradas, en sus pasos meridianos superior o inferior, máxima y mínima altura respecto al horizonte del lugar.

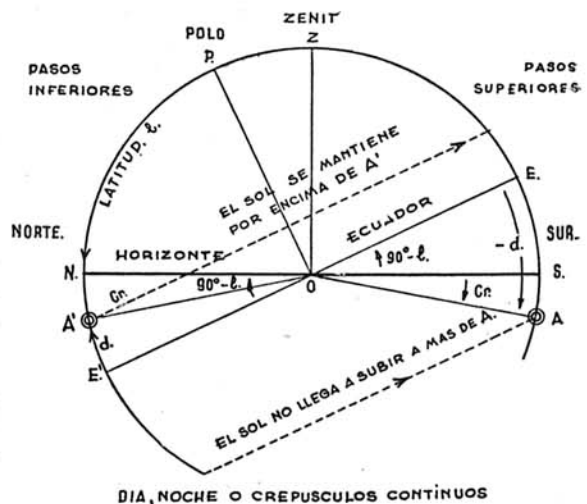
La figura indica que en los pasos inferiores, A' , el ángulo $Cr = NA' = NE' - EA' = (90 - I) - d$, y que en los superiores, A , $Cr = SA = EA - SE = d - (90 - I)$.

En el primer caso la declinación positiva es: $d = (90 - I) - Cr$, y en el segundo, la negativa, $d = (90 - I) + Cr$.

Deducida la declinación, el Almanaque nos da las fechas en que la del Sol alcanza ese valor.

Así, en Londres, $l = 51^{\circ} 30'$, no llega a cerrar la noche; $Cr = 18^{\circ}$, de paso inferior desde el 23 de mayo a 21 de julio; $d = 38^{\circ} 30' - 18^{\circ} = 20^{\circ} 30'$, y en el fiordo del Hielo del Spitzberg, $l = 78^{\circ}$, no llega a salir el Sol, $Cr = -50^{\circ}$, desde el 28 de octubre a 16 de febrero. Paso superior: d austral $= 12^{\circ} + 0^{\circ} 50' = 12^{\circ} 50'$.

En el Polo sólo se da un día, o permanencia del Sol sobre el horizonte, de ciento noventa días, desde 19 de marzo a 25 de septiembre, frente a una noche de ciento setenta y cinco,



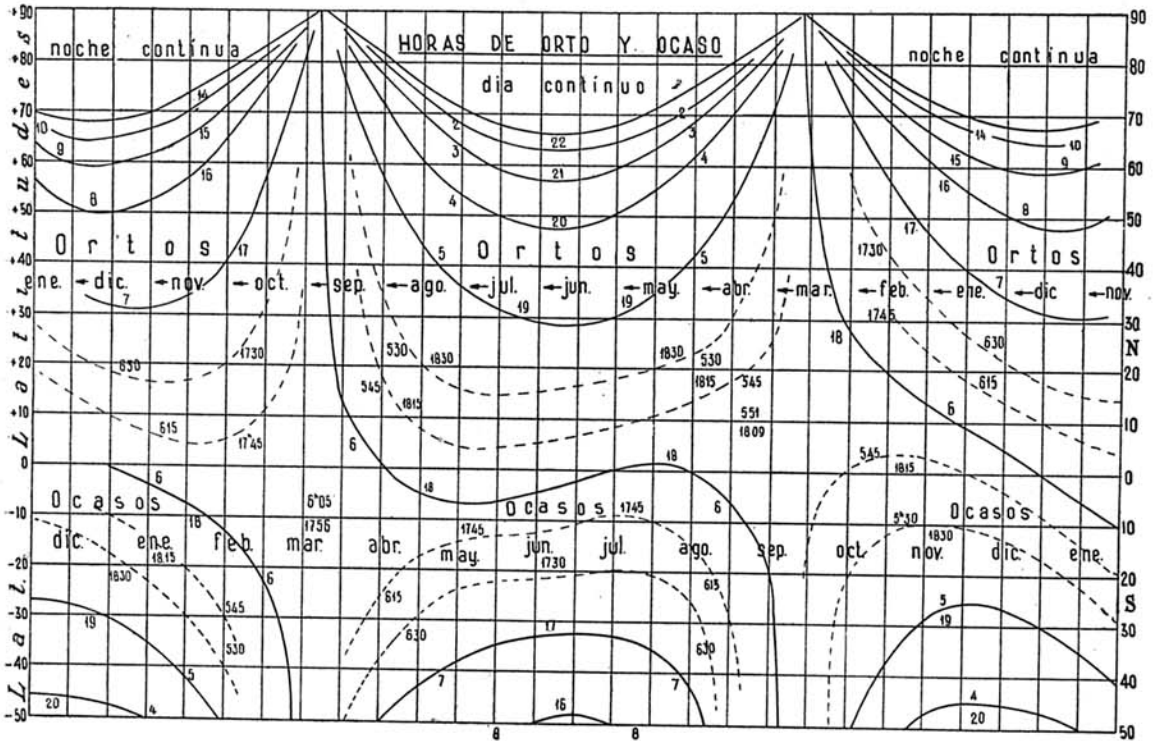
precedido y seguido de crepúsculos civiles que duran dos semanas, y como éstos, a su vez, se ven enmarcados por el astronómico, resulta que la noche cerrada, por tener el Sol a más de 18° por debajo del horizonte, sólo dura setenta y seis días; desde 14 de noviembre al 29 de enero. Si se tiene en cuenta que la mitad de ese tiempo luce una luna en sus cuartos llenos durante toda la noche (que es todo el día), se ve que la oscuridad de medio año no pasa de concepto vulgar muy equivocado.

Como la variación de estos datos es sumamen-

que ésta viene a coincidir en fechas muy próximas a los primer y tercer cuartos de mes.

Téngase cuidado al recorrer los meses indicadores de ortos en que crecen las fechas de derecha a izquierda.

En otro gráfico damos la duración del crepúsculo astronómico, base del cálculo aproximado de los demás; si bien en las altas latitudes, en la zona en que queda libre de curvas por llegar el crepúsculo astronómico vespertino a unirse con el matutino, van las duraciones del crepúsculo civil.

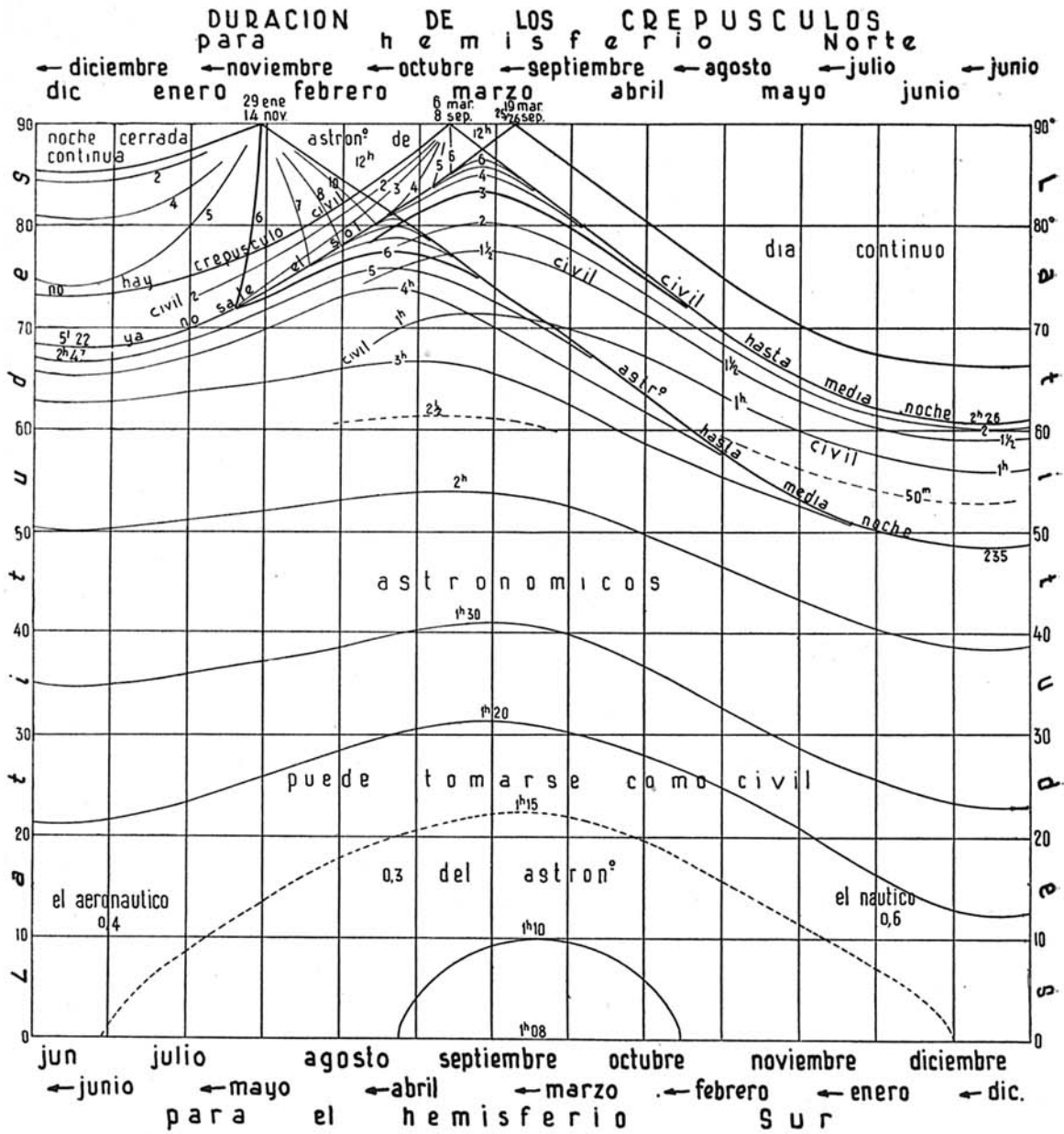


te irregular, en los almanaques no suele venir tabulada, y, en general, la necesidad de interpolar, sobre ser engorrosa, si se hace por diferencias sólo primeras, resulta, además, inexacta, y como, por otra parte, la representación gráfica resulta mucho más expresiva de los aires de variación de las funciones, hemos construido los gráficos de horas de orto y ocaso para cualquier latitud, superponiendo el de ortos y ocasos por doble acotación de las curvas, que no cabe confundir, como mayores de 12 h. las del ocaso, lo que ha sido posible gracias a la sensible simetría que la curva de ecuación del tiempo ofrece para los momentos de igual declinación y a

Llama la atención en este gráfico la forma en que avanza hacia la izquierda o solsticio de invierno a lo largo de la línea "ya no sale el Sol", con doble y fuerte caída hacia los más cortos crepúsculos ecuatoriales, y a las latitudes más altas, en que ya se hace continua la noche cerrada o no llega a clarear el crepúsculo civil.

La indeterminación gráfica no llega a tener importancia en fenómenos que se desarrollan con suma lentitud y con variabilidad que es consecuencia de la refracción atmosférica y mayor o menor nubosidad.

Respecto a los crepúsculos civil, aeronáutico y

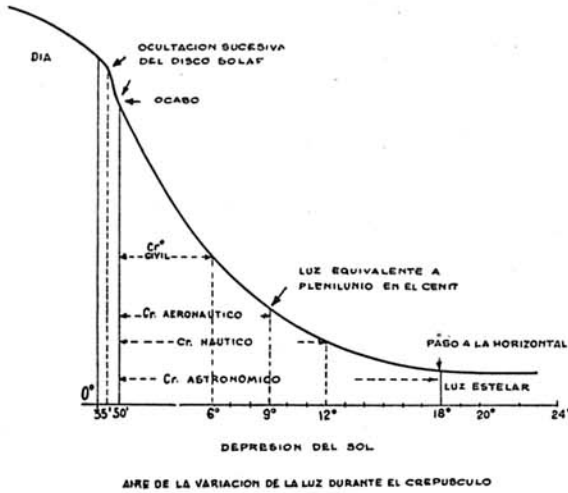


náutico, hemos de hacer notar, además, que su consideración es de apreciación puramente discrecional, ya que la variación de la luz diurna durante el proceso de su extinción sólo ofrece dos momentos realmente bien determinados: los que limitan la inmersión (o emersión) del disco solar en el horizonte sensible, y aquel en que cesa toda mengua por haberse extinguido del todo, y que define el crepúsculo astronómico.

La figura de la página siguiente indica esa variación, sin pretender guardar una escala ver-

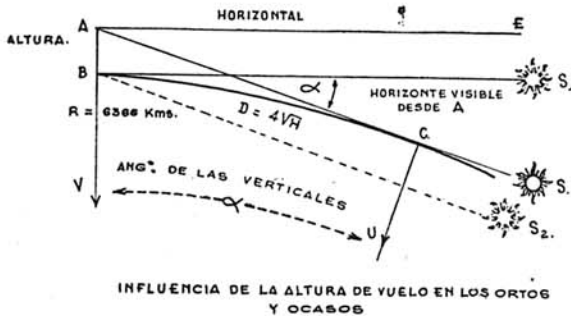
tical, en los valores de la intensidad de la luz, que viene a menguar hasta una mitad para cada grado de mayor depresión, en una proporción constante, siguiendo una ley sensiblemente logarítmica, sino tan sólo las inflexiones, y sobre todo, la continuidad de variación de su curvatura, hasta quedar horizontal en el momento de terminar el crepúsculo astronómico.

En este momento todas las direcciones y sentidos en que se mire el horizonte son (a no intervenir la Luna) iguales. Antes, las posibilida-



des de acción dependen mucho de que la luz aún remanente se tenga de frente, con sus efectos de contraste, o de espalda.

Los almanaques aeronáuticos inglés y norteamericano presentan la novedad de traer unas tablas indicadoras del retraso en el ocaso o adelanto en el orto, que se produce al observarlos desde el aire a altura considerable, pues la depresión que se produce del horizonte alarga el día, por sus dos cabos, y produce una mayor extensión de la bóveda celeste, que alarga también los crepúsculos.



El fenómeno se produce para un observador en la misma forma y manera que para otro que se encuentre en tierra: en aquel punto en que nuestra visual al horizonte rasa horizontalmente la superficie de la Tierra. Así, desde una altura de los 40.000 pies, máxima que consideran, si el Sol equinoccial se nos pone en el Ecuador, nuestra visual al Sol rasa al suelo en dirección W. a 444 kms. = $4 \sqrt{12.200}$ m., o sea, 4° de círculo máximo, que, en nuestro supuesto, es precisamente de diferencia de longitud, o sea, 16 minutos después. La cuenta apro-

ximada del horizonte alcanzado desde cierta altura es, en cuaternas de kilómetros, la raíz cuadrada de la altura en metros.

Cuando la latitud del lugar y la declinación son cualesquiera, puede reconocerse el lugar singular de la rasancia y referir a él la latitud y longitud del cálculo; pero en general ello será difícil, pues la oblicuidad de la visual, y combinada con la variabilidad de proximidad de los meridianos con la latitud, complican el problema.

Más sencillo nos parece este otro razonamiento:

Las verticales de ese punto lejano y la propia forman un ángulo a razón de un grado por cada 111 kilómetros de distancia; luego el momento de nuestro propio ocaso, que es el del punto alejado, corresponderá, para un punto del suelo que esté en nuestra vertical, a aquel en que el Sol esté ese ángulo por debajo de los $50'$ de depresión en que tiene aparentemente lugar. Cualesquiera que sean latitud y declinación, la duración del crepúsculo civil corresponde a un descenso de $5^\circ 10'$, y de ese orden es para grandes alturas el ángulo de verticales antes considerado. La proporcionalidad a sus raíces cuadradas nos dará valores que, por pequeños, no sufrirán mucho error al considerar exacta una proporcionalidad que sólo es aproximada.

Estableceremos, pues, la proporción:

$$\frac{5,2}{D/111} = \frac{\text{Crep.}^\circ \text{ civil} = Cr}{\text{Retraso ocaso} = R}$$

pero

$$D = 4 \sqrt{\text{Alt.}^m}$$

luego

$$R = \frac{Cr}{144} A.^{ms}$$

y poniendo la altura A en hectómetros,

$$R = \frac{2/3 Cr}{10} \sqrt{A \text{ Hm.s}}$$

aproximadamente,

$$\frac{Cr}{10} \sqrt{4 A \text{ Kms.}}$$

De memoria puede recordarse: a 250 metros, una décima; a 2.500, un tercio del crepúsculo, y así, en proporción de los cuadrados de la altura, las dos décimas, a $4 \times 250 = 1.000$ metros; tres, a $9 \times 250 = 2.250$; un sexto, a un cuarto, 2.500 a 800 metros.

Esta expresión viene resuelta en nuestro gráfico por la alineación de los valores hallados so-

bre la escala de crepúsculo civil con la de alturas.

El crepúsculo se ve aumentado en su duración en el valor de un tercio del retraso del ocaso, y su valor viene indicado como segunda graduación: "aumento del crepúsculo".

Dentro de la limitada extensión de nuestra Península y Norte de Africa, damos un gráfico de puntos alineados que resuelve con suficiente aproximación práctica todos estos problemas.

Alineando la localidad con las escalas de fechas tituladas ortos u ocasos, se obtiene en la escala central la hora oficial en que viene a producirse el fenómeno; momento que habrá que aumentar en una hora, o dos, de verano en las épocas en que estén establecidas legalmente.

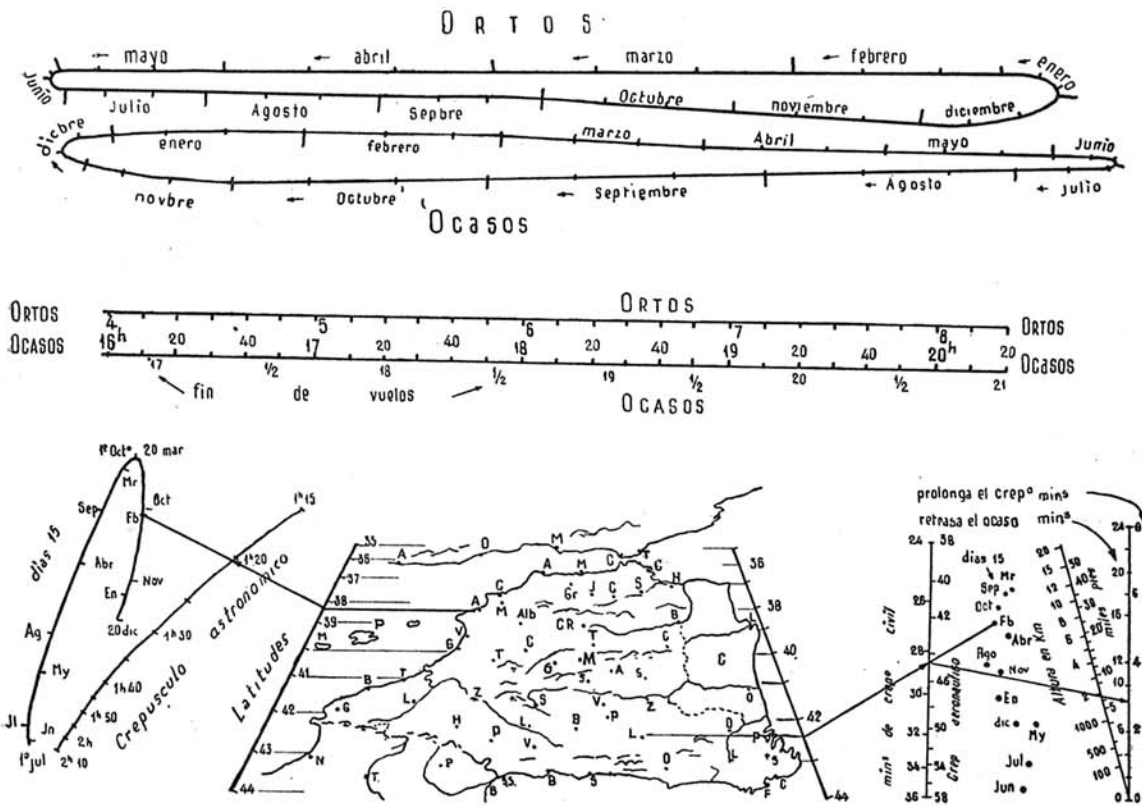
Refiriendo lateralmente la localidad a la escala de latitudes y alineando ésta con la indicación del mes, se obtiene a un lado la duración del crepúsculo astronómico, y al otro costado, sobre una escala de doble graduación, las del crepúsculo civil y del aeronáutico, correspondiente a la depresión del Sol de 9°.

Es de advertir que las indicaciones de los meses vienen referidas a los días 15, y sirven, sin error grave, para todo el mes, si bien en mayo y agosto cabe interpolar entre indicaciones, tomando, si se trata del día 1 de agosto, un punto equidistante entre las indicaciones Jl y Ag., y si del 7 de mayo, otro que diste de My. 1/4 del intervalo hasta Ab.

Estos valores de los crepúsculos hay que restarlos de la hora del orto, o sumarlos a la del ocaso.

Si el punto obtenido es la escala de crepúsculos civil y aeronáutico, se alinea con la escala de alturas, se obtiene en su escala el adelanto en el orto o retraso en el ocaso, y en segunda graduación, la mayor duración prácticamente igual de crepúsculo civil y aeronáutico.

Finalmente, por debajo de las horas de ocaso corre una graduación más fina, en medidas horas, que indica la de cese de la luz del día, suficiente para la seguridad del vuelo, y que evita la determinación y suma de la duración del crepúsculo.



Duración del día en España.