



OBSERVACIONES

ASTRONÓMICAS I METEOROLÓJICAS



OBSERVACIONES ASTRONÓMICAS

Ecuatorial

El señor Taulis ha observado los siguientes fenómenos:

- 1.º Ecuatorial Repsold: cometa Swift, el 1.º i el 3 de Junio;
- 2.º Ecuatorial Fraunhofer:

OCULTACIONES DE ESTRELLAS POR LA LUNA

				TM de Santiago	
Φ	Capricorne (Emersion)	Junio 14 a las 10 ^h	42 ^m	54 ^s ,5	
ψ_1	Acuario (Inmersion)	Julio 13 "	11 6	8,9	
ψ_2	Acuario (Inmersion)	" "	11 30	4,4	
	Id. (Emersion)	" "	12 38	42,7	

ECLIPSES DE SATÉLITES DE JÚPITER

Satélite I	(Inmersion)	Junio 21 a las 15 52	41,2	
Id. I	"	Julio 7 "	14 9	31,0
Id. II	"	" 11 "	14 42	4,5

OCULTACIONES DE SATÉLITES DE JÚPITER POR EL DISCO DEL PLANETA

Satélite	I (Emersion)	Junio 14 a las 17 27 25,0
Id.	III (Inmersion)	" 25 " 16 15 31,0

Se ha modificado últimamente el micrómetro del Ecuatorial para facilitar las observaciones de Marte, que va a llegar a su oposición a principios de Agosto. A esta época, el planeta Marte se aproximara de la tierra a una distancia igual a la tercera parte, mas o ménos, de la distancia de la tierra al Sol. Esta gran proximidad, que no se volverá a presentar sino en el año 1908, permitirá *talvez* obtener un valor mas exacto de la paralaje del Sol i en todo caso se prestará para el estudio de la configuracion del planeta.

Anteojo meridiano

Durante el mes de Junio se hicieron 423 observaciones que se dividen de la manera siguiente:

Observador	Sol	Luna	Mercurio	Venus	Júpiter	Saturno	Estrellas	TOTAL
Taulis.	—	1	—	—	—	—	7	8
Caro.	4	4	1	3	2	—	88	102
Espinosa.	8	3	—	5	5	1	104	126
Barrios.	4	1	—	3	—	—	179	187
	16	9	1	11	7	1	378	423

Temblores

Se sintió un temblor mui suave el día 15 de Junio a las 11^h 45^m 15^s P. M., duró como seis segundos; no indicó nada el seismógrafo.

Otro temblor, tambien mui suave, se sintió el día 23, a las 9^h 30^m P. M. mas o ménos; no inscribió tampoco nada el seismógrafo.

Nuevo método para el cálculo de los eclipses de Sol, i aplicacion de los eclipses visibles en Santiago en 1893

(Continuacion)

V

Sean ρ' i ρ'_1 , los semi-diámetros aparentes de la Luna i del Sol; R la distancia de la Luna al centro de la Tierra i R' su distancia al observador; la escala de reduccion que se ha empleado mas arriba es representada por el factor:

$$\frac{R'}{R} \frac{1}{\sin(\pi - \pi_1)}$$

Segun esto, la ecuacion que permitirá calcular los momentos de las diferentes fases de un eclipse de Sol será la siguiente:

$$x^2 + y^2 = \frac{R'^2}{R^2} \frac{1}{\sin^2(\pi - \pi_1)} (\rho' \pm \rho'_1)^2$$

O bien:

$$(10) \quad x^2 + y^2 = \left[\frac{R' \rho'}{R \sin(\pi - \pi_1)} \pm \frac{R' \rho'_1}{R \sin(\pi - \pi_1)} \right]^2$$

Sean ahora: ρ_0 el semi-diámetro, e π_0 la paralaje horizontal de la Luna, cuando este astro se encuentra a su distancia media de la Tierra; se puede escribir:

$$(11) \quad \begin{cases} \frac{R' \rho'}{R} = \frac{\rho_0}{\sin \pi_0} \sin \pi \\ \frac{R' \rho'_1}{R} = \frac{\rho'_1}{\rho'} \frac{\rho_0}{\sin \pi_0} \sin \pi \end{cases}$$

El factor $\frac{\rho_0}{\text{sen } \pi_0}$ es constante i representa la razon que existe entre los diámetros de la Luna i de la Tierra; lo designaremos por la letra K .

Se tiene:

$$K=0,2730$$

Luego la ecuacion (10) se trasformará así:

$$(12) \quad x^2 + y^2 = \left\{ K \frac{\text{sen } \pi}{\text{sen } (\pi - \pi_1)} \pm K \frac{\rho'_1}{\rho_1} \frac{\text{sen } \pi}{\text{sen } (\pi - \pi_1)} \right\}^2$$

Como se trata de calcular los momentos de las diferentes fases con una aproximacion de un minuto mas o menos, se puede todavia simplificar esta última ecuacion.

VI

Sea z la distancia zenital aproximada de los dos astros en el momento de un contacto, se puede escribir con suficiente aproximacion:

$$\rho' = \rho (1 + \pi \cos z)$$

$$\rho'_1 = \rho_1 (1 + \pi_1 \cos z)$$

I, como π_1 es muy pequeño respecto a π , (la razon entre estas dos cantidades es de orden de $\frac{1}{40}$) mas o menos, se tendrá:

$$\frac{\rho'_1}{\rho'} = \frac{\rho_1}{\rho} \left\{ 1 - (\pi - \pi_1) \cos z \right\}$$

Ahora la razon $\frac{\text{sen } \pi}{\text{sen } (\pi - \pi_1)}$ se puede reemplazar simplemente por $1 + \frac{\pi_1}{\pi}$, luego tendremos:

$$K \frac{\text{sen } \pi}{\text{sen } (\pi - \pi_1)} = K \left(1 + \frac{\pi_1}{\pi} \right)$$

$$K \frac{\rho_1'}{\rho_1} \frac{\text{sen } \pi}{\text{sen}(\pi - \pi_1)} = K \left(1 + \frac{\pi_1}{\pi}\right) \frac{\rho_1}{\rho} \left\{1 - (\pi - \pi_1) \cos z\right\}$$

O bien, si se desprecia $\left(\frac{\pi_1}{\pi}\right)^2$:

$$K \frac{\rho_1'}{\rho_1} \frac{\text{sen } \pi}{\text{sen}(\pi - \pi_1)} = K \left(1 + \frac{\pi_1}{\pi}\right) \frac{\rho_1}{\rho} - K \pi \frac{\rho_1}{\rho} \cos z$$

Por fin, se puede adoptar, para $\frac{\pi_1}{\pi}$, su valor medio, i reemplazar, en el pequeño término $K \pi \frac{\rho_1}{\rho} \cos z$, la razón $\frac{\rho_1}{\rho}$ por la unidad e π por su valor medio. Se tiene entonces:

$$(13) \quad \begin{cases} \frac{K \text{sen } \pi}{\text{sen}(\pi - \pi_1)} = K \left(1 + \frac{\pi_1}{\pi}\right) = 0,2736 \\ K \frac{\rho_1'}{\rho_1} \frac{\text{sen } \pi}{\text{sen}(\pi - \pi_1)} = 0,2736 \frac{\rho_1}{\rho} - 0,0045 \cos z \end{cases}$$

Si se traen estos valores en la ecuación (12) se tendrá en resumen:

Contactos exteriores

$$(14) \quad \begin{cases} \sqrt{x^2 + y^2} = 0,2736 + 0,2736 \frac{\rho_1}{\rho} - 0,0045 \cos z \\ \text{Contactos interiores} \\ \sqrt{x^2 + y^2} = \pm(0,2736 - 0,2736 \frac{\rho_1}{\rho} + 0,0045 \cos z) \end{cases}$$

En estas fórmulas, el primer miembro es la distancia del punto x, y al centro de la Luna, i el segundo indica el valor que debe tener esta distancia para que se produzca un contacto, sea exterior, sea interior; la razón $\frac{\rho_1}{\rho}$ se calcula fácilmente con los datos que publican los almanaques.

VII

Vamos a aplicar estas fórmulas a los dos eclipses de Sol del año 1893.

1.º—Eclipse del 16 de Abril

Se tiene para esta fecha:

$$\rho = 16'.33'',5 = 993'',5$$

$$\rho_1 = 15.57,7 = 957,7$$

Luego:

$$0,2736 \frac{\rho_1}{\rho} = 0,2637$$

Las fórmulas (14) darán entonces:

$$\text{Contactos exteriores: } \sqrt{x^2 + y^2} = 0,5373 - 0,0045 \cos z$$

$$\text{Contactos interiores: } \sqrt{x^2 + y^2} = 0,0099 + 0,0045 \cos z$$

El semi-diámetro aparente de la Luna, reducido a la escala considerada mas arriba, es igual a:

$$\rho' \frac{R'}{R \sin(\pi - \pi_1)} = K \left(1 + \frac{\pi_1}{\pi}\right) = 0,2736$$

En la figura 1, se ha dibujado el disco de la Luna con un radio igual a 0,2736 (la unidad de longitud se ha tomado igual a un centímetro). Los ejes OX , OY son los que se han definido mas arriba; el eje OX tiene la direccion del paralelo que pasa por el centro de la Luna i su sentido es el del movimiento diurno; el eje OY es perpendicular a OX i su sentido es tal que, para pasar de OX a OY , se hace una rotacion de derecha a izquierda. Sobre este plano XOY , i con referencia a estos ejes, se pueden fijar las posiciones del centro del Sol, en su movimiento

relativo respecto a la Luna. Hemos hallado, en efecto las coordenadas relativas x y y de este centro por una serie de valores de τ (IV).

Sobre la figura 1, se han fijado así las posiciones relativas de este centro para los valores de τ desde $\tau = -3^h$ hasta $\tau = +1^h$. Cada uno de estos puntos es representado por el valor correspondiente de τ entre paréntesis.

La trayectoria aparente del centro del Sol es la curva que pasa por estos diferentes puntos. Se ve que es casi una recta.

Como la distancia de los centros de los dos astros no debe pasar de 0,54 para que haya contacto, se ve luego, sobre el dibujo que las horas de los contactos serán comprendidas entre $\tau = -3$ i $\tau = 0$. Se ve también que, si hubiera contactos interiores, estos se producirían entre $\tau = -2$ i $\tau = -1$.

Para estos valores de τ se calculan fácilmente los valores aproximados de $\cos s$; se tiene en efecto:

$$\cos s = \sin D \sin \Phi + \cos D \cos \Phi \cos h$$

O sensiblemente:

$$\cos s = s. \sin D + c. \cos D \cos h$$

Todas las cantidades, que entran en esta fórmula, son conocidas, pues entran en la expresión de x , y . Se deducirá, en seguida, la distancia $\sqrt{x^2 + y^2}$ que corresponde a los diferentes contratos i se tiene para el eclipse considerado:

τ	$0,0045 \cos s$	$\sqrt{x^2 + y^2}$	
		Contactos exteriores	Contactos interiores
-3	0,0002	0,537	
-2	0,0011	0,536	0,011
-1	0,0020	0,535	0,012
0	0,0027	0,535	

Desde luego, la figura muestra que no puede haber contactos interiores, pues la distancia mínima Oc del centro de la Luna a la trayectoria aparente es superior a 0,012.

Para obtener el momento del primer contacto exterior se determina el punto de la trayectoria que se encuentra a una distancia de O igual a 0,536; en la figura 1 este punto es representado por a ; una simple proporción muestra que este punto corresponde a $\tau = -2^h 27^m 5$.

Para el último contacto, se determina un punto b tal que su distancia a O sea igual a 0,535. Este punto corresponde a $\tau = -0^h 17^m 3$.

Por fin, se determina de la misma manera i por medio de una simple proporción, la hora en que la distancia de los centros es mínima; se obtiene así un punto c que corresponde a $\tau = -1^h 25^m 3$.

Las horas, en tiempo medio de Santiago, que corresponden a estas diferentes fases se obtienen en seguida con la fórmula

$$t = T + \tau$$

Hemos hallado para el eclipse del 16 de abril:

$$T = 21^h 44^m, 2 \text{ abril } 15$$

Luego tenemos:

Principio del eclipse

$$t_a = 21^h 44^m, 2 - 2^h 27^m, 5 = 19^h 17^m \text{ abril } 15$$

Medio del eclipse

$$t_c = 21^h 44^m, 2 - 1^h 25^m, 3 = 20^h 19^m \text{ abril } 15$$

Fin del eclipse

$$t_b = 21^h 44^m, 2 - 0^h 17^m, 3 = 21^h 27^m \text{ abril } 15$$

Estas horas son espresadas en tiempo medio astronómico. Las horas correspondientes en tiempo civil son:

Principio del eclipse.	7 ^h 17 ^m	A. M.,	abril 16
Medio.	8 19	" "	" "
Fin.	9 27	" "	" "

En la figura 2 se han representado las posiciones relativas del Sol i de la Luna en estos tres momentos. La dirección indicada por la flecha es la del eje OX es decir, la del movimiento diurno del centro del Sol.

2.º—Eclipse del 9 de Octubre

Se tiene para esta fecha:

$$\rho = 15' 15'',8 = 915'',8$$

$$\rho_1 = 16 3,7 = 963,7$$

$$0,2736 \frac{\rho_1}{\rho} = 0,2879$$

Las fórmulas (14) dan con estos datos:

$$\text{Contactos exteriores: } \sqrt{x^2 + y^2} = 0,5615 - 0,0045 \cos z.$$

$$\text{Contactos interiores: } \sqrt{x^2 + y^2} = 0,0143 - 0,0045 \cos z.$$

En la figura (3) se ha dibujado el disco de la Luna con el mismo radio 0,2736 i las posiciones relativas del centro del Sol que corresponden a los valores de τ comprendidos entre $\tau = 0$ hasta $\tau = +3$.

Como la distancia mínima Oc de los centros es superior al valor de $\sqrt{x^2 + y^2}$ que corresponde a los contactos interiores, se ve que estos no podrán producir.

Se ve ahora que los contactos exteriores tendrán lugar entre las épocas correspondientes a $\tau = +1$ i $\tau = +3$; para estos valores de τ se tiene:

τ	$0,0045 \cos z$	$\sqrt{x^2 + y^2}$
+1	0,0015	0,560
+2	0,0005	0,561
+3	0,0000	0,562

Luego la hora del primer contacto se obtendrá si se busca sobre la trayectoria relativa un punto a tal que su distancia a O

sea igual a 0,560; en la figura 3 se ve que este punto corresponde a $\tau_a = +1^h 19^m 0$.

Del mismo modo, se ve que la hora de la distancia mínima corresponde a $\tau_c = +2^h 9^m 4$, i la hora del último contacto a $\tau_b = +2^h 55^m 8$.

Como hemos hallado, mas arriba, para la hora de la conjunción en ascension recta:

$$T = 3^h 30^m, 1 \text{ Octubre } 9$$

Se tendrá para las horas de las diferentes fases:

Principio del eclipse.	$t_a = 3^h 30^m, 1 + 1^h 19^m 0 = 4^h 49^m$
Medio.	$t_c = 3 30, 1 + 2 9, 4 = 5 40$
Fin.	$t_b = 3 30, 1 + 2 55, 8 = 6 26$

Esta última fase no se verá en Santiago, pues el Sol habrá desaparecido entónces tras de la Cordillera.

La figura 4 da las posiciones relativas del Sol i de la Luna.

VIII

Para obtener mas precision en la determinacion gráfica de los momentos de las diferentes fases de un eclipse, es conveniente intercalar entre los valores de x y y , obtenidos de hora en hora, otros valores que corresponden a intervalos de media hora.

Esta intercalacion se hace sin necesidad de nuevos cálculos por medio de las diferencias que corresponden a los intervalos de hora en hora.

El principio que se aplica es el siguiente:

Sean $f(n-1), f(n), f(n+1)$, etc., los valores de una funcion para una serie de valores de la variable en progresion aritmética; $\Delta f(n-\frac{1}{2}), \Delta f(n+\frac{1}{2})$ etc., las diferencias primeras; $\Delta_2 f(n), \Delta_2 f(n+1)$, etc., las diferencias segundas i así en seguida; se puede formar el cuadro siguiente:

$$\begin{array}{rcl}
 f(n-1) & & \\
 f(n) & \Delta f(n-\frac{1}{2}) & \Delta_2 f(n) \\
 f(n+1) & \Delta f(n+\frac{1}{2}) & \Delta_2 f(n+1) \\
 f(n+2) & \Delta f(n+\frac{3}{2}) & \vdots \\
 \vdots & \vdots &
 \end{array}$$

Calculemos el valor de $f(n+\frac{1}{2})$; segun la regla conocida se tiene:

$$f(n+\frac{1}{2}) = f(n) + \frac{1}{2}\Delta f(n+\frac{1}{2}) - \frac{1}{8}\Delta_2 f(n+1) + \dots$$

Se tiene tambien:

$$f(n+\frac{1}{2}) = f(n+1) - \frac{1}{2}\Delta f(n+\frac{1}{2}) - \frac{1}{8}\Delta_2 f(n) + \dots$$

Luego, si se hace la media suma de estas dos ecuaciones, se deduce:

$$(1) \quad f(n+\frac{1}{2}) = \frac{f(n)+f(n+1)}{2} - \frac{1}{8} \frac{\Delta_2 f(n+1) + \Delta_2 f(n)}{2}$$

Esta última ecuacion es de una aplicacion fácil i rápida.

IX

En seguida van las tablas que facilitan, para Santiago, el cálculo de los eclipses i de las ocultaciones en jeneral.

La tabla I da los valores de $c \operatorname{sen} h$ i $c \operatorname{cos} h$ con el argumento h (ángulo horario). La tabla II da los valores de $\operatorname{sen} D$ i $\operatorname{cos} D$ con el argumento D .

TABLA I

Valores de $c \operatorname{sen} h$ i $c \cos h$ ARGUMENTO: h

h	$c \operatorname{sen} h$	Diff	$c \cos h$	Diff	h
0	0,000		0,835		90
1	0,014	14	0,835	0	89
2	0,029	15	0,834	1	88
3	0,043	14	0,834	1	87
4	0,058	15	0,833	1	86
5	0,073	15	0,832	1	85
6	0,088	15	0,831	1	84
7	0,102	14	0,829	2	83
8	0,116	14	0,827	2	82
9	0,130	15	0,825	2	81
10	0,145	14	0,822	3	80
11	0,159	15	0,820	3	79
12	0,174	15	0,817	3	78
13	0,188	14	0,813	4	77
14	0,202	14	0,810	3	76
15	0,216	14	0,806	4	75
16	0,230	14	0,802	4	74
17	0,244	14	0,798	4	73
18	0,258	14	0,794	4	72
19	0,272	14	0,790	4	71
20	0,286	14	0,785	5	70
21	0,299	13	0,780	5	69
22	0,313	13	0,774	6	68
23	0,326	13	0,769	5	67
24	0,340	14	0,763	6	66
25	0,355	13	0,757	6	65
26	0,366	13	0,751	6	64
27	0,379	13	0,744	7	63
28	0,392	13	0,737	7	62
29	0,405	13	0,730	7	61
30	0,418	12	0,723	7	60
31	0,430	13	0,716	8	59
32	0,443	12	0,708	8	58
33	0,455	12	0,700	8	57
34	0,467	12	0,692	8	56
35	0,479	12	0,684	8	55
36	0,491	12	0,676	8	54
37	0,503	12	0,667	9	53
38	0,514	11	0,658	9	52
39	0,525	11	0,649	9	51
40	0,537	12	0,640	9	50
41	0,548	11	0,630	10	49
42	0,559	10	0,620	10	48
43	0,569	10	0,610	10	47
44	0,580	10	0,600	10	46
45	0,590	10	0,590	10	45
h	$c \cos h$	Diff	$c \operatorname{sen} h$	Diff	h

TABLA II

Valores de $\operatorname{sen} D$ i $s \cos D$ ARGUMENTO: D

D	$\operatorname{sen} D$	Diff	$s \cos D$	Diff
0°	0,000		0,548	
1	0,017	17	0,548	0
2	0,035	18	0,547	1
3	0,052	17	0,547	0
4	0,070	18	0,547	0
5	0,087	17	0,546	1
6	0,105	18	0,545	1
7	0,122	17	0,544	1
8	0,139	17	0,543	1
9	0,156	17	0,541	2
10	0,174	18	0,540	1
11	0,191	17	0,538	2
12	0,208	17	0,536	2
13	0,225	17	0,534	2
14	0,242	17	0,532	2
15	0,259	17	0,529	3
16	0,276	17	0,527	2
17	0,292	16	0,524	3
18	0,309	17	0,521	3
19	0,326	17	0,518	3
20	0,342	16	0,515	3
21	0,358	16	0,512	3
22	0,375	17	0,508	4
23	0,391	16	0,505	3
24	0,407	16	0,501	4
25	0,423	16	0,497	4
26	0,438	15	0,493	4
27	0,454	16	0,488	5
28	0,469	15	0,484	4
29	0,485	16	0,480	4

OBSERVACIONES METEOROLÓGICAS

POR EL SEÑOR KRAHNASS

JUNIO DE 1892

		7 A. M.	7 ²⁵ A. M.	2. P. M.	10 P. M.	Término medio del mes	
Barómetro reducido a cero	Altura media. m/m.	m/m.	m/m.	m/m.	m/m.	m/m.	
	" máxima. 700+	719.16	719.47	718.48	719.40	718.99	
	" mínima. 700+	723.42	723.64	722.03	723.59	722.97	
	Oscilacion máxima. . .	714.48	715.96	714.97	713.47	714.33	
	" media diurna. . .	8.94	7.68	7.06	10.12	10.17	
Termómetro centigrado	Temperatura media . . .	1°41	1°40	12°29	4°58	6°65	
	" máxima.	7.25	7.45	16.94	7.55	17.30	
	" mínima.	-0.65	-0.65	7.00	2.45	-0.70	
	Oscilacion máxima. . .	7.90	8.10	9.95	5.10	14°80	
	" media diurna. . .					10°58	
Psicrómetro	Humedad relativa media	93.1	93.6	50.2	86.4	75.9	
	" " máxima	100.0	100.0	89.0	97.0	93.2	
	" " mínima	68.0	79.0	24.0	65.0	51.7	
	Tension media m/m.	4.79	4.82	5.46	5.41	5.23	
	" máxima m/m.	7.28	7.29	7.93	7.21	7.48	
" mínima m/m.	4.01	4.11	3.03	4.06	3.68		
Vientos	(núm. de veces observadas)	N.	—	—	—	—	
		NE.	—	—	1	—	
		E.	5	7	—	7	
		SE.	—	—	1	—	
		S.	2	1	9	—	
		SO.	—	—	14	—	
		O.	—	—	4	—	
		NO.	—	—	1	—	
Calma	20	20	—	20	60		
Atmósfera de veces)	Despejada.	14	12	11	19	56	
		Nublada.	7	7	9	4	27
		Cubierta.	6	9	10	4	29
		Neblina.	3	3	16	—	22
		Rocío o hel.	10	10	—	—	20
		Lluvia.	1	1	2	—	4
		Anemómetro		Evaporacion	Pluviómetro		
		(Camino recorrido)					
		Kilóm.		m/m.	m/m.		
Total.	1216.60		22.32		11.50		
Medio al día.	40.55		0.74		—		
Máximo.	119.80		1.66		10.20		
Mínimo.	14.00		0.28		1.30		

ALBERTO OBRECHT

Director del Observatorio Astronómico
Profesor de las clases de mecánica i cálculo diferencial e integral de la Universidad