

EL ECLIPSE TOTAL DE SOL DEL 12
DE OCTUBRE DE 1958

Por

Adelina Gutiérrez Alonso

PROLOGO

El Observatorio Astronómico Nacional entrega a la consideración de las personas interesadas el cálculo de las circunstancias y épocas del eclipse total de Sol que ocurrirá en las últimas horas de la tarde del Domingo 12 de Octubre de 1958. Si las condiciones meteorológicas son favorables, será visible como total para los habitantes de una faja comprendida entre Curicó y Santiago y cuyo eje pasa por la ciudad de Rancagua. Para el resto del país, el fenómeno será visible como parcial. En Argentina, la totalidad se producirá unos pocos minutos antes de la puesta del Sol y será visible desde Tunuyán, San Carlos y puntos circunvecinos; desde Mendoza, San Luis y San Rafael el eclipse será parcial.

En Chile no ocurría un eclipse total de Sol desde el 20 de Mayo de 1947. En aquella ocasión, Santiago estaba más favorecido, ya que el eje de la faja de totalidad cruzaba la ciudad; pero el fenómeno, que ocurrió en las primeras horas de la mañana, sólo pudo ser apreciado a través de las nubes que impidieron ver los detalles del eclipse.

Ejemplares de esta publicación serán enviados a los miembros de la Comisión N° 13, Eclipses de Sol, de la Unión Astronómica Internacional, observatorios astronómicos, sociedades de astrónomos aficionados de las repúblicas latino-americanas, etc. Dentro del país serán distribuidos a las universidades, liceos, escuelas y a los particulares que se interesan por este tipo de estudios.

La señora Gutiérrez ha preparado este trabajo, siguiendo las normas habituales para este tipo de problema. Sin embargo, el hecho de ocurrir sus fases cuando el Sol está tan cerca del horizonte, la obligó a utilizar métodos de aproximaciones sucesivas como está indicado en el párrafo N° 3.

OBSERVATORIO, 17 de marzo de 1958.

Federico Rutlant
Director

EL ECLIPSE TOTAL DE SOL DEL 12 DE OCTUBRE DE 1958

Por Adelina Gutiérrez Alonso, Astrónomo segundo del Observatorio Astronómico de la Universidad de Chile.

(Entregado para su publicación el 17 de Marzo de 1958)

1. **Generalidades del Eclipse de Sol del 12 de Octubre de 1958.**—Durante el año 1958 se producirán dos eclipses de Sol: uno anular, el 19 de Abril, y otro total, el 12 de Octubre. Este último pertenece a la serie 7 de eclipses totales, de las 11 que están actualmente en desarrollo. El anterior de este grupo tuvo lugar el día 1º de Octubre de 1940, con una duración máxima de la totalidad de 5^m 35". El de 1958 durará, en su máximo, 5^m 10", es decir que esta serie, que se ha caracterizado por ser una de las que han producido eclipses totales más largos, está ya en su fase decreciente.

Damos a continuación los elementos del eclipse y sus circunstancias [1].

ELEMENTOS

Tiempo Universal de la conjunción en ascensión recta, Octubre 12 ^a 21 ^b 3 ^m 55 ^o .0.			
α del Sol y la Luna	13 ^h 10 ^m 13 ^s .95	Movimientos horarios	9 ^o .24 y 147 ^o .44
δ del Sol	−7 ^o 27′ 9 ^o .2	Movimiento horario del Sol	−0′ 56 ^o .8
δ de la Luna	−7 46 1.1	Movimiento horario de la Luna	−11 9.8
Par. hor. ecuat. del Sol	8.8	Semidiámetro verd. del Sol	16 1.8
Par. hor. ecuat. de la Luna	61 23.8	Semidiámetro verd. de la Luna	16 42.9

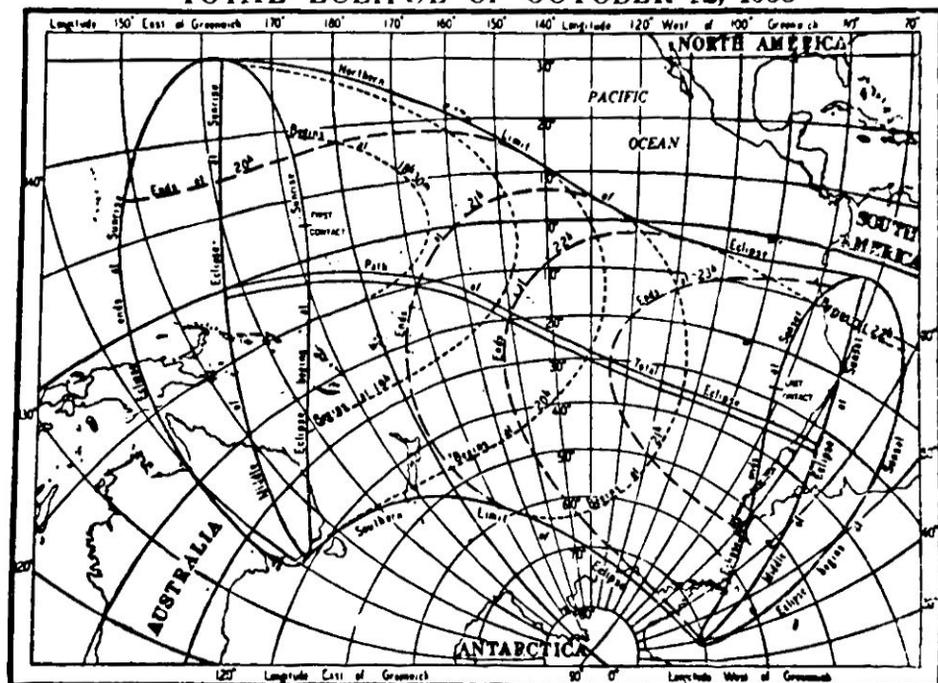
CIRCUNSTANCIAS

	T. U. Oct. 12	Longitud	Latitud
	h m		
Comienzo del eclipse parcial	18 19.9	−172 ^o 23′	+ 5 ^o 33′
Comienzo del eclipse central	19 16.6	−157 26	− 0 31
Eclipse central a medio día aparente local	21 3.9	+139 21	−25 33
Fin del eclipse central	22 33.0	+ 66 37	−33 39
Fin del eclipse parcial	23 29.7	+ 81 52	−27 35

De acuerdo con estos datos, el eclipse comenzará como parcial a la salida del Sol (14^h 19^m.9 T. O. de Chile) en un punto del Océano Pacífico entre las islas Marshall y Gilbert (marcado "first contact" en la figura 1), para terminar a la puesta del Sol (19^h 29^m.7 T. O.) también en el Océano Pacífico, cerca de las islas chilenas San Félix y San Ambrosio ("last contact"). De la misma

figura se desprende que será visible como parcial en una gran región del Pacífico, principalmente al Sur del Ecuador; en la parte oriental de Australia, excluyendo Tasmania; en las islas Salomón, el Oriente de Nueva Guinea,

TOTAL ECLIPSE OF OCTOBER 12, 1958



Note: The hours of beginning and ending are expressed in Universal Time

Fig. 1. Eclipse de Sol del 12 de Octubre de 1958 (reproducción de "American Ephemeris and Nautical Almanac", 1958, pág. 312).

Nueva Zelanda, la Antártica entre 60° y 105° de longitud W. (lo que abarca la Antártica Chilena) y en América del Sur incluyendo Chile, Argentina, Uruguay, Paraguay, Bolivia, Perú, la mitad austral de Ecuador y las regiones de Brasil más cercanas a los límites con los países antedichos. Esta fase parcial será observable en todo Chile, pero muy cerca de la puesta del Sol, por lo que el cuarto contacto sólo será visible desde la península de Taitao al Sur.

El eclipse central comenzará a las $15^{\text{h}} 16^{\text{m}}.6$ (T. O. de Chile) en un punto del Pacífico casi en el Ecuador, al norte de las islas Salomón. La sombra de la Luna se desplazará hacia el este, y la totalidad terminará a las $18^{\text{h}} 33^{\text{m}}.0$ (T. O. de Chile) en la República Argentina, un poco al Sur de la ciudad de San Luis. La línea central penetrará en el territorio chileno un poco al norte de Pichilemu, para pasar por Rancagua y Sewell e internarse después en Argentina. En la región del Pacífico atravesada por la sombra se encuentran solamente algunas islas, entre ellas: Atafu, del grupo neozelandés de Tokelau; Nukunono, de posición geográfica un poco incierta; Fakaofu; las islas Danger, donde la totalidad durará $4^{\text{m}} 2^{\text{s}}$; la isla Nassau; las islas Suvarov, prácticamente deshabitadas, y los protectorados franceses Scilly y Mopelia [2]. Si a esto se agrega que en Chile y Argentina el Sol estará muy bajo al producirse la totalidad, tendremos que las condiciones de observación serán, en general, muy poco favorables.

2. El eclipse parcial en Chile.—Para el cálculo de los valores que aparecen a continuación se usaron las fórmulas dadas por "The American Ephemeris and Nautical Almanac" [3]. Se eligieron 16 puntos a lo largo del territorio, además de las islas de Pascua y Juan Fernández, obteniéndose los siguientes resultados:

T a b l a I a

Puntos en que el cuarto contacto no es visible

CIUDAD	T ₁	P ₁	V ₁	T _m	Mg	Z _{1p}	(p) ₁	(q) ₁	P _m	q _m
	h m			h m			s	s	s	s
Arica	17 49.1	255 ^o	147 ^o	18 39.2	0.534	89 ^o 37'	-0.27	+1.25	+0.04	+0.17
Iquique	17 47.1	258	149	18 38.9	0.579	89 30	0.30	1.15	0.03	0.22
Antofagasta	17 43.4	265	153	18 37.9	0.690	88 46	0.35	0.99	0.02	0.33
Copiapó	17 40.0	272	156	18 36.5	0.809	88 6	0.38	0.84	+0.01	0.43
La Serena	17 37.6	277	158	18 35.2	0.887	86 50	0.43	0.76	-0.02	0.51
Valparaíso	17 35.2	282	160	18 33.5	0.984	85 49	0.46	0.67	0.04	0.60
Talca	17 33.7	287	162	18 32.0	0.987	85 12	0.46	0.60	0.05	0.67
Concepción	17 32.3	289	163	18 30.9	0.948	83 49	0.50	0.56	0.10	0.71
Angol	17 31.9	291	164	18 30.2	0.917	83 52	0.49	0.54	0.09	0.74
Temuco	17 31.5	293	164	18 29.5	0.892	83 44	0.49	0.51	0.09	0.77
Valdivia	17 30.6	294	165	18 28.7	0.859	83 0	0.50	0.48	0.11	0.80
Osorno	17 30.3	296	166	18 28.1	0.835	82 56	0.50	0.46	0.11	0.82
Pto. Montt	17 30.0	297	166	18 27.5	0.809	82 55	0.49	0.44	0.11	0.85
Ancud	17 29.4	298	166	18 27.0	0.799	82 10	0.51	0.43	0.13	0.85
Pto. Aysen	17 28.7	304	169	18 25.9	0.693	82 14	0.46	0.34	0.11	0.95
I. Más a Tierra	17 30.7	283	160	18 32.2	0.982	79 38	-0.71	+0.64	-0.25	+0.61

T a b l a I b

Puntos en que el cuarto contacto es visible

	Isla de Pascua	Isla Más Afuera	Punta Arenas
T ₁	16 ^h 50 ^m 2	17 ^h 29 ^m 2	17 ^h 27 ^m 6
P ₁	278 ^o	283 ^o	318 ^o
V ₁	147 ^o	160 ^o	175 ^o
(p) ₁	-2°.26	-0°.79	-0°.38
(q) ₁	+0°.19	+0°.63	+0°.13
T _m	18 ^h 8 ^m 0	18 ^h 31 ^m 4	18 ^h 16 ^m 2
Magnitud	0.787	0.982	0.475
Z _{1p}	46 ^o 5'	77 ^o 51'	81 ^o 50'
P _m	-1°.50	-0°.31	-0°.10
q _m	-0°.02	+0°.62	+1°.14
T ₄	19 ^h 17 ^m 8	19 ^h 28 ^m 1	19 ^h 2 ^m 2
P ₄	122 ^o	106 ^o	71 ^o
V ₄	5 ^o	342 ^o	288 ^o
(p) ₄	-0°.90	+0°.06	+0°.22
(q) ₄	-0°.30	+0°.54	+1°.94

siendo:

T₁ , T₄ = instantes del 1.er y 4.º contactos (T. O. de Chile).

$P_1, P_4 =$ ángulos de posición de los puntos en que se verifican los contactos, medidos desde el punto norte del limbo solar hacia el este.

$V_1, V_4 =$ ángulos de posición de estos mismos puntos, medidos hacia el este a partir del vertex o punto del limbo del Sol más cercano al cenit. P y V están relacionados por la expresión:

$$V = P - C$$

en que C es el ángulo de posición del vertex.

$T_m =$ instante del máximo del eclipse, en que la distancia del eje de la sombra al lugar de observación es mínima, llamado también instante de obscurecimiento máximo [4].

Mg = magnitud en el máximo del eclipse parcial. Es la fracción del diámetro del Sol cubierta por la Luna, o bien, la longitud de la recta que pasa por los centros de los dos discos y que tiene como extremos el borde del Sol más cercano al centro de la Luna y el borde de la Luna más próximo al centro del Sol, expresada en función del diámetro solar [5].

$Z_p =$ distancia cenital aparente del centro del Sol en el instante T_m .

Los coeficientes p, q, p_m y q_m sirven para determinar los instantes T_1 (o T_4) y T_m en un punto de coordenadas $(\lambda + \Delta\lambda, \varphi + \Delta\varphi)$ conociendo los instantes correspondientes en una localidad cercana, de coordenadas (λ, φ) ; para ello basta agregar a T_1 (o T_4) y T_m , respectivamente, las correcciones diferenciales:

$$\Delta T = p \Delta\lambda + q \Delta\varphi \quad (\text{seg}) \quad (1)$$

$$y \quad \Delta T_m = p_m \Delta\lambda + q_m \Delta\varphi \quad (\text{seg}) \quad (2)$$

en que $\Delta\lambda$ y $\Delta\varphi$ se expresan en minutos de arco [6].

Los valores de p y q para el 1.er contacto son diferentes de los del cuarto contacto; se designaron respectivamente por $(p)_1, (q)_1, (p)_4$ y $(q)_4$.

Si deseamos una precisión del orden del segundo tiempo, estas fórmulas sólo son válidas dentro de un radio de algunos kilómetros de distancia del punto de coordenadas λ y φ ; pero si nos contentamos con 0^m.1, podemos tomar distancias del orden de hasta 70 kms.

Por aplicación de las fórmulas (1) y (2) se calcularon los valores siguientes:

T a b l a I I

CIUDAD	T_1	T_m
	h m	h m
San Felipe	17 35.8	18 33.7
Curicó	17 34.2	18 32.3
Linares	17 33.5	18 31.7
Cauquenes	17 33.1	18 31.6
Chillán	17 32.9	18 31.2
Lebu	17 31.5	18 30.2
Los Angeles	17 32.3	18 30.5

3. El eclipse total en Sudamérica.—Comenzamos por calcular la línea central de la totalidad y la duración del fenómeno a lo largo de esta línea, mediante las fórmulas dadas por Chauvenet [7]. Los valores obtenidos fueron:

Tabla III

Línea central

T. O.	λ	φ	Duración
h m s			m s
18 32 39	72° 13'	-34° 20'	2 26
42	71 50	34 17	2 26
45	71 25	34 14	2 25
48	70 58	34 11	2 24
51	70 27	34 8	2 23
54	69 51	34 3	2 22
57	69 7	33 57	2 21
33 0	68 1	33 49	2 19
18 33 2	66 37	-33 39	—

En este caso, las fórmulas para calcular los límites boreal y austral de la zona de totalidad, a partir de la línea central [8] no son adecuadas, ya que, como el mismo Chauvenet lo indica [9], éste es un método aproximado, cuya exactitud se pierde cerca de los extremos de las curvas. Consideramos entonces que el método más apropiado es el de aproximaciones sucesivas [10], de convergencia muy rápida; de acuerdo con él se verificaron los cálculos, con los siguientes resultados:

Tabla IV

Límite boreal			Límite austral		
T. O.	λ	φ	T. O.	λ	φ
18°33' 3"	72° 34'	-33° 39'	18°32' 12"	72° 4'	-35° 2'
6	72 11	33 37	15	71 42	35 0
9	71 47	33 34	18	71 18	34 57
12	71 21	33 31	21	70 51	34 54
15	70 52	33 28	24	70 22	34 50
18	70 22	33 24	27	69 49	34 46
21	69 39	33 20	30	69 6	34 41
24	68 48	33 13	33	68 17	34 34
18 33 27	66 51	-32 59	18 32 36	66 23	-34 19

Estos límites se dibujaron en el mapa de la figura 3.

La visibilidad del eclipse total en la República Argentina será muy pobre, ya que el Sol se encontrará próximo a su puesta en los instantes de la totalidad ($Z_p \approx 88^\circ$ en San Carlos y Tunuyán), y la Cordillera de los Andes tiene, para

estos puntos, una altura que alcanza 4°.5 en las cumbres más altas. Por este motivo, incluimos solamente los valores más importantes para estas ciudades, que son las principales dentro de la faja de la sombra.

Tabla V
Eclipse total en Argentina

Los instantes de los contactos están dados en Tiempo Oficial de la República Argentina.

	San Carlos	Tunuyán
T ₁	18 ^h 35 ^m .8	18 ^h 35 ^m .9
P ₁	284°	284°
V ₁	161°	161°
T ₂	19 ^h 31 ^m .9	19 ^h 32 ^m .2
P ₂	89°	71°
V ₂	325°	308°
T _m	19 ^h 33 ^m .1	19 ^h 33 ^m .2
T ₃	19 34.2	19 34.2
P ₃	299°	317°
V ₃	175°	193°
Duración	2 ^m .3	2 ^m .0
Mg	1.016	1.010
Z _{sp}	87° 38'	87° 40'

4. El eclipse total en Chile.—En Chile, las condiciones son algo más favorables, ya que, además de encontrarse el Sol a una altura un poco mayor, no se interpone el obstáculo que significa la Cordillera de los Andes. La figura 3 muestra que la línea central de la totalidad pasa por la ciudad de Rancagua. Además, el Observatorio Astronómico de la Universidad de Chile, queda comprendido en la zona de la sombra. Los cálculos completos para estos dos puntos dan los siguientes resultados:

Tabla VI
Eclipse total

	Rancagua	Observatorio		Rancagua	Observatorio
T ₁	17 ^h 34 ^m .9	17 ^h 35 ^m .3	M _g	1.044	1.004
P ₁	285°	283°	Z _{sp}	86° 16'	86° 26'
V ₁	161°	161°	(p) ₁	-0°.43	-0°.43
T ₂	18 ^h 31 ^m .6	18 ^h 32 ^m .5	(q) ₁	+0.64	+0.65
P ₂	104°	47°	P _m	-0.03	-0.02
V ₂	341°	284°	q _m	+0.64	+0.62
T _m	18 ^h 32 ^m .8	18 ^h 33 ^m .2	Δ _m	-0.000113	+0.009620
T ₃	18 34.0	18 33.9	P ₁	+0.000031	+0.000032
P ₃	283°	340°	q ₁	+0.000269	+0.000270
V ₃	159°	217°	n	+0.009648	+0.009658
2S	2 ^m .4	1 ^m .4	L _u	-0.011544	-0.011527

en que T, P y V conservan su significado anterior, pero referidos ahora al 1.er, 2º y 3.er contactos; 2 S es la duración de la totalidad; (p)₁, (q)₁, p_m y q_m tie-

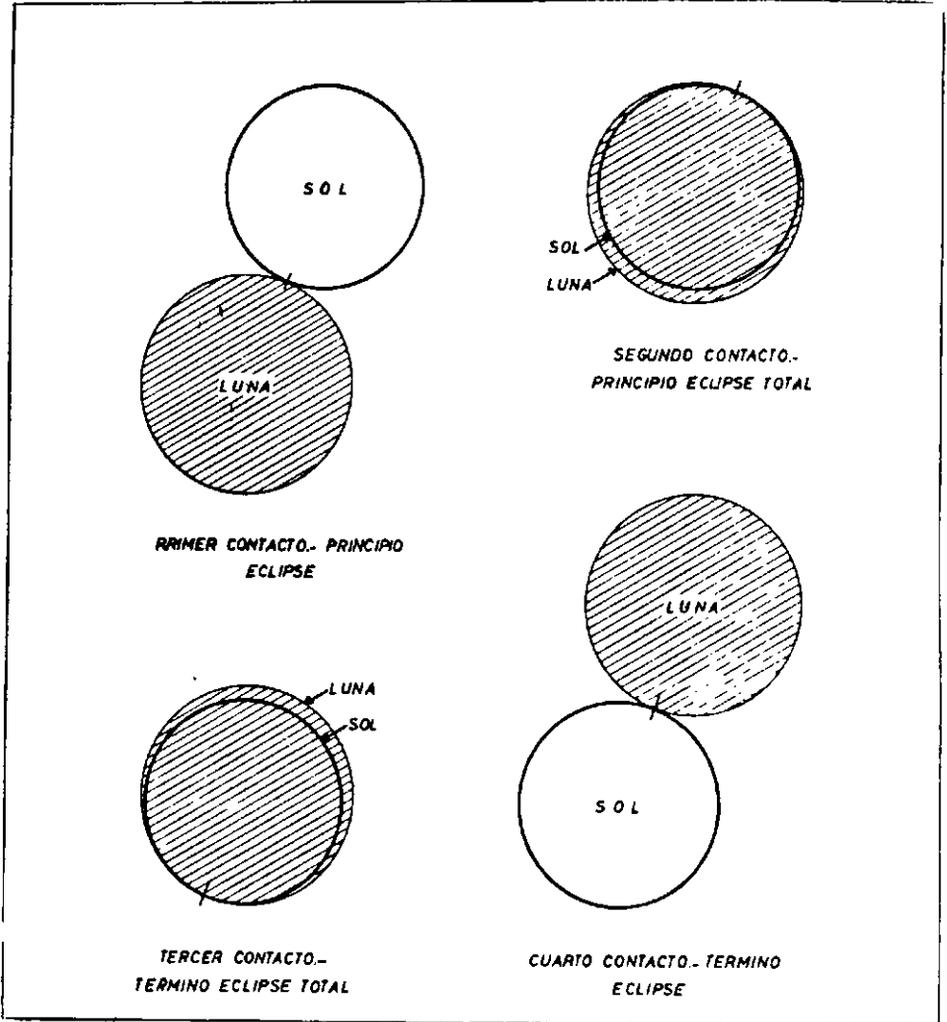


Fig. 2. Fases sucesivas de un eclipse total de Sol

nen el mismo significado que en los eclipses parciales; y Δ_m , p_1 , q_1 , n y L_u sirven para determinar la semiduración de la totalidad en un punto $\lambda + \Delta\lambda$, $\varphi + \Delta\varphi$ mediante las fórmulas [11]:

$$\Delta_1 = \Delta_m + p_1 \Delta\lambda + q_1 \Delta\varphi \quad (3)$$

$$\text{sen}\psi_1 = \frac{\Delta_1}{L_u} \quad (4)$$

$$S_1 = \frac{60L_u}{n} \cos\psi_1 \text{ (siempre positivo)} \quad (5)$$

Conocidos S_1 y $\Delta T_m = p_m \Delta\lambda + q_m \Delta\varphi$, el comienzo y fin de la totalidad están dados por:

$$T_2 = T_m + \Delta T_m - S_1$$

$$T_3 = T_m + \Delta T_m + S_1 \quad (6)$$

Otras fórmulas diferenciales sencillas permiten calcular los ángulos de posición correspondiente al 2º y 3.er contactos.

Por estos métodos se obtuvieron los valores siguientes:

Tabla VII

Eclipse total

	T ₁	T ₂	P ₂	V ₂	T _m	T ₃	P ₃	V ₃	2 S ₁
	h m	h m			h m	h m			m
Talagante	17 35.1	18 32.3	59°	295°	18 33.1	18 33.9	331°	207°	1.6
Melipilla	35.0	32.3	58	294	33.1	33.9	332	208	1.6
Buin	35.2	32.2	66	302	33.1	34.1	321	197	1.9
Sewell	35.1	31.7	101	337	32.9	34.1	287	163	2.4
El Teniente	35.1	31.7	101	337	32.9	34.1	286	162	2.4
Machalí	34.9	31.6	106	342	32.8	34.0	282	158	2.4
Doñihue	34.8	31.6	107	343	32.8	34.0	281	157	2.4
Coltauco	34.7	31.5	111	347	32.7	33.9	277	153	2.4
Requínoa	34.8	31.5	113	349	32.7	33.9	275	151	2.4
Pichidegua	34.5	31.5	114	350	32.7	33.9	274	150	2.4
Pichilemu	34.2	31.5	110	346	32.6	33.9	278	154	2.4
Marchihue	34.4	31.5	114	350	32.6	33.9	274	150	2.4
Peumo	34.6	31.5	119	355	32.6	33.8	269	145	2.3
Rengo	34.7	31.5	124	0	32.6	33.8	264	140	2.3
San Vicente T. T.	34.6	31.5	124	0	32.6	33.8	264	140	2.3
San Fernando	34.5	31.5	138	14	32.5	33.5	249	125	2.0
Santa Cruz	17 34.3	18 31.5	138	14	18 32.5	18 33.5	248	124	2.0

Se incluye a continuación una tabla que proporciona la duración de la totalidad para diferentes latitudes y longitudes comprendidas en el territorio de Chile.

Tabla VIII

Duración de la totalidad

φ \ λ	λ					
	69° 30'	70° 0'	70° 30'	71° 0'	71° 30'	72° 0'
-33° 30'	1 ^m 39 ^s	1 ^m 25 ^s	1 ^m 6 ^s	0 ^m 36 ^s	—	—
40	2 5	1 58	1 49	1 37	1 ^m 23 ^s	1 ^m 4 ^s
50	2 19	2 15	2 10	2 4	1 57	1 47
34 0	2 23	2 22	2 21	2 18	2 15	2 10
10	2 21	2 22	2 23	2 23	2 23	2 21
20	2 9	2 14	2 18	2 21	2 23	2 23
30	1 46	1 56	2 3	2 10	2 15	2 18
40	1 1	1 21	1 36	1 47	1 57	2 4
-34 50	—	—	0 31	1 4	1 23	1 37

5. Aprovechamiento de las fórmulas diferenciales para una representación gráfica.—Dentro de los límites de exactitud exigibles a una representación gráfica en este tipo de problema, las fórmulas del párrafo anterior proporcionan una solución sencilla:

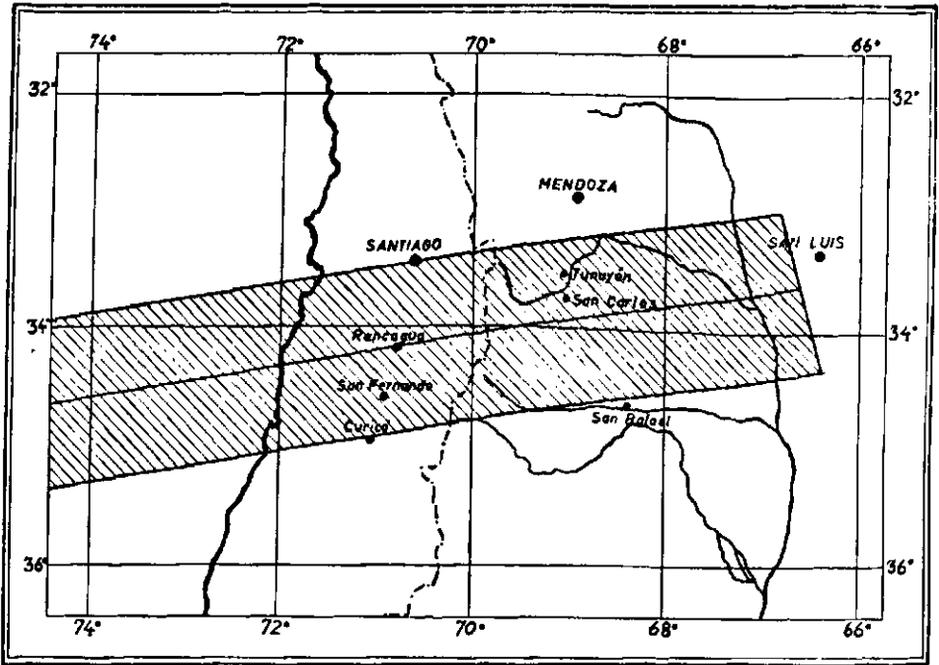


Fig. 3. Faja de totalidad en Chile y Argentina

a) En efecto, podríamos haber calculado los límites de la zona de totalidad partiendo de los cálculos hechos para Rancagua. La fórmula (5) nos dice que:

$$S_1 = \frac{60 L_n}{n} \cos \psi_1$$

En los límites de la totalidad, $S_1 = 0$, y como $60 L_n/n \neq 0$, debe ser $\cos \psi_1 = 0$, lo que implica

$$\text{sen } \psi_1 = \pm 1$$

o sea:

$$\Delta_1 = \pm L_n \quad (7)$$

Nótese que Δ_1 es la distancia del lugar de observación al eje de la sombra y L_n el radio de la sombra, en un plano perpendicular a este eje, que pasa por el punto de observación, ambos valores tomados para el máximo del eclipse; es decir, que la condición anterior implica que, en el instante de oscurecimiento máximo, el punto de observación se encuentra en el contorno de la sombra.

Al plantear la igualdad (7), hacemos la siguiente aproximación: Δ_1 , obtenido diferencialmente a partir de Δ_n , corresponde a un punto del límite; pero L_n lo tomaremos para el punto (λ, φ) , lo que equivale a suponer que el plano perpendicular al eje de la sombra que pasa por el punto (λ, φ) , coincide con el que pasa por el punto $(\lambda + \Delta\lambda, \varphi + \Delta\varphi)$ del límite que se va a determinar. El error introducido con esta aproximación es, sin embargo, pequeño si se considera que haremos

una representación gráfica en la cual es inútil demasiada exactitud. Para Ran-cagua tenemos: $L_u = -0.011544$, y para el Observatorio, cercano al límite, $L_u = -0.011527$ ($L_u < 0$ es característica de los eclipses totales; para los anu-lares, $L_u > 0$).

Introduciendo en la ecuación (7) la expresión para Δ_1 , obtenemos:

$$p_1 \Delta \lambda + q_1 \Delta \varphi = \pm L_u - \Delta_m \quad (8)$$

en que el signo $+$ rige para el límite austral y el $-$ para el boreal.

Esta ecuación representa dos rectas, cuyo coeficiente angular es p_1/q_1 , siempre que la escala en λ y en φ sean equivalentes, o sea, que nos encontremos en un punto del Ecuador. Para un lugar de latitud φ , habrá que corregir este coeficiente multiplicándolo por $\sec \varphi$. Eligiendo un sistema rectangular de coordenadas, con origen en el punto (λ, φ) , estas rectas cortarían a los ejes en los puntos $((\pm L_u - \Delta_m)/p_1, 0)$ y $(0, (\pm L_u - \Delta_m)/q_1)$.

b) La fórmula (2) nos permite determinar el lugar geométrico de los pun-tos para los cuales el máximo del eclipse se produce en un mismo instante. En efecto, bastará dar a

$$\Delta T_m = p_m \Delta \lambda + q_m \Delta \varphi$$

diferentes valores, para obtener este conjunto de líneas. En especial, para $\Delta T_m = 0$, lo que implica

$$p_m \Delta \lambda = - q_m \Delta \varphi$$

tendremos todos los puntos en que el máximo del eclipse se produce en el mismo instante que en el punto de coordenadas (λ, φ) . Se trata de una recta que pasa por el origen y cuyo coeficiente angular es $-p_m/q_m$.

Si damos a ΔT_m valores C_i ($i = 1, 2, 3 \dots$) tendremos:

$$p_m \Delta \lambda + q_m \Delta \varphi = C_i \quad (9)$$

Esta ecuación representa una familia de rectas, paralelas a la anterior y que cortan a los ejes en los puntos $(C_i/p_m, 0)$ y $(0, C_i/q_m)$.

c) Podemos también determinar el lugar geométrico de los puntos para los cuales el ángulo ψ_1 tiene el mismo valor, lo que es útil, ya que la duración del eclipse varía en función de $\cos \psi_1$. Partimos de las fórmulas (3) y (4):

$$\text{sen } \psi_1 = \frac{\Delta_m + p_1 \Delta \lambda + q_1 \Delta \varphi}{L_u}$$

obteniendo:

$$p_1 \Delta \lambda + q_1 \Delta \varphi = \text{sen } \psi_1 \cdot L_u - \Delta_m$$

Es la ecuación de una recta, paralela a los límites austral y boreal, que corta a los ejes en los puntos $((\text{sen } \psi_1 \cdot L_u - \Delta_m)/p_1, 0)$ y $(0, (\text{sen } \psi_1 \cdot L_u - \Delta_m)/q_1)$.

Para obtener un conjunto de líneas igualmente espaciadas a lo largo del meridiano, damos a $\Delta\varphi$ valores constantes $a, 2a, \dots, ia$ y calculamos el valor correspondiente de ψ_1

$$ia = \frac{\text{sen } \psi_1 \cdot L_u - \Delta_m}{q_1}$$

$$\therefore \text{sen } \psi_1 = \frac{aq_1 + \Delta_m}{L_u}, \quad \frac{2aq_1 + \Delta_m}{L_u}, \quad \dots, \quad \frac{iaq_1 + \Delta_m}{L_u} \quad (10)$$

Obtenido ψ_1 , pasamos a $\cos \psi_1$, y la duración del eclipse en cada una de estas líneas será la duración en la línea central multiplicada por $\cos \psi_1$. Por otra parte, el ángulo ψ_1 permite pasar a P por las fórmulas

$$\begin{aligned} P_2 &= N_2 + \psi_1 \\ P_3 &= N_3 + 180^\circ - \psi_1 \end{aligned} \quad (11)$$

en que los valores de N se determinan para el lugar (λ, φ) al calcular el instante de cada contacto. Luego, las rectas anteriores son el lugar geométrico de los ángulos P constantes.

6. Aplicación al eclipse del 12 de Octubre de 1958.—El origen de coordenadas es Rancagua. El sentido positivo de los ejes λ y φ está dirigido hacia el oeste y el norte, respectivamente.

a) Ecuación de los límites boreal y austral:

$$0.000031\Delta\lambda + 0.000269\Delta\varphi = \mp 0.011544 + 0.000113$$

Las dos rectas representadas por esta ecuación tienen una pendiente dada por el ángulo.

$$a = 352^\circ.1$$

y cortan el meridiano de Rancagua en los puntos:

$$\Delta\varphi = +43'.3 \quad \text{y} \quad \Delta\varphi = -42'.5$$

Es fácil ver que estas rectas coinciden con las determinadas en el párrafo 4.

b) Ecuación de las rectas para las cuales el máximo del eclipse se produce en un mismo instante:

Elegiremos $\Delta T_m = 0^m.1 \cdot i$ ($i = \pm 1, \pm 2, \dots$). Se tendrá:

$$-0.03 \Delta\lambda + 0.64 \Delta\varphi = i \cdot 6'$$

La inclinación de esta familia de rectas paralelas es:

$$a = 3^\circ.2$$

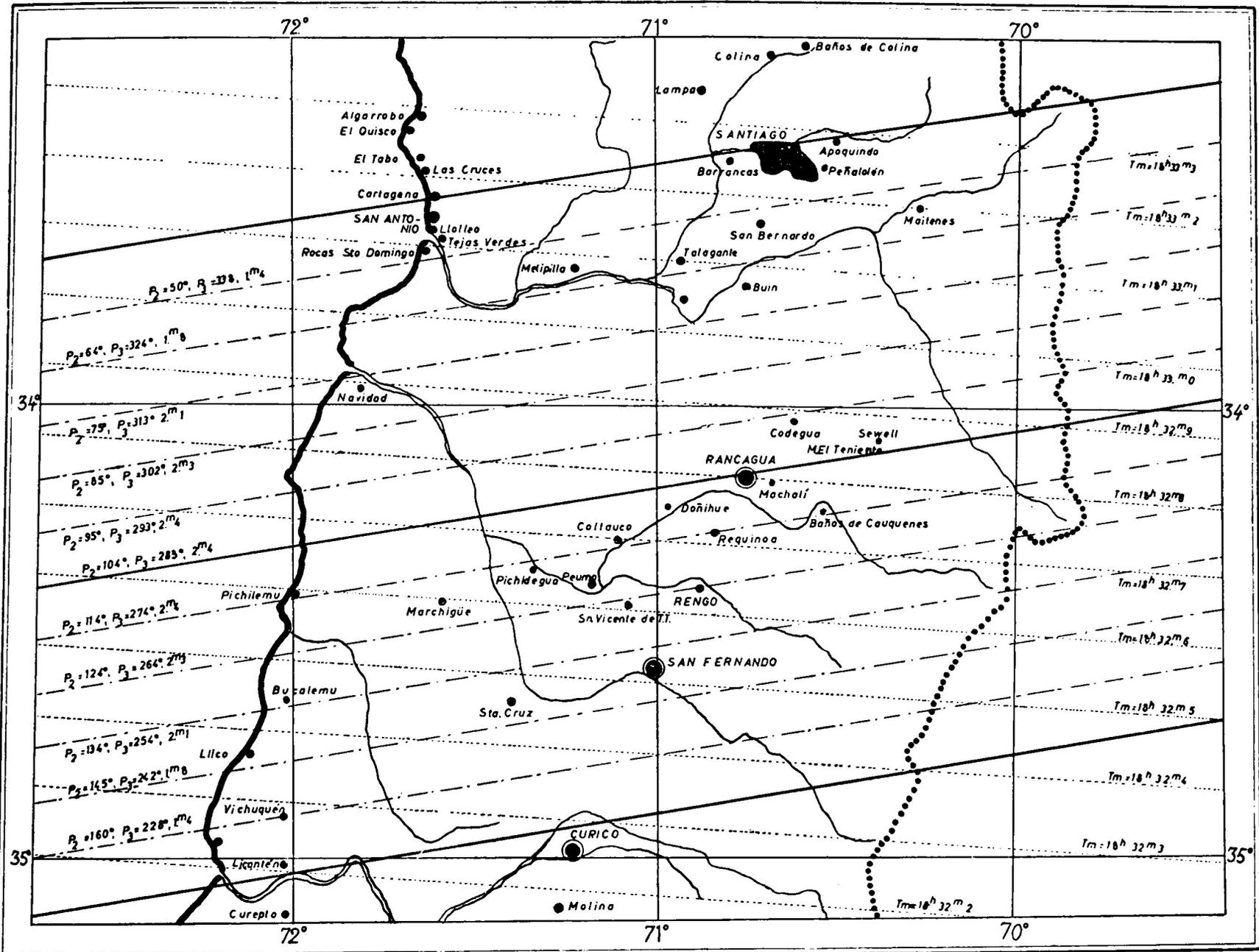


Fig. 4. Características principales de las diferentes circunstancias del eclipse:

— : límites boreal, austral y línea central de la zona de totalidad;

--- : en el extremo izquierdo de estas líneas están indicados los siguientes valores comunes a cada una de ellas: ángulos de posición del 2º y 3.er contactos y duración de la totalidad.

..... : hora en que se produce en cada una de estas líneas la fase máxima del eclipse.

y cortan el meridiano de Rancagua en los puntos:

$$\Delta \varphi = 9'.4 i$$

c) Lugar geométrico de los puntos para los que ψ_1 tiene el mismo valor. Demos a $\Delta \varphi$ valores $a, 2 a, \dots, ia = 7', 14' \dots, 7i'$. Tendremos:

$$\text{sen } \psi_1 = \frac{7i \cdot 0.000269 - 0.000113}{-0.011544}$$

Dando a i diferentes valores entre -5 y $+5$ obtenemos:

T a b l a IX

i	$\Delta \varphi$	$\text{sen } \psi_1$	$\text{cos } \psi_1$	ψ_1	P_2	P_3	2S
+5	+35'	-0.8058	0.5922	-53° 69	50°	338°	1.4
+4	+28	0.6427	0.7662	39.99	64	324	1.8
+3	+21	0.4796	0.8775	28.66	75	313	2.1
+2	+14	0.3164	0.9486	18.45	85	302	2.3
+1	+ 7	-0.1533	0.9882	- 8.82	95	293	2.4
0	0	+0.0098	1.0000	+ 0.56	104	283	2.4
-1	- 7	0.1729	0.9849	9.96	114	274	2.4
-2	-14	0.3360	0.9419	19.63	124	264	2.3
-3	-21	0.4991	0.8665	29.94	134	254	2.1
-4	-28	0.6622	0.7493	41.47	145	242	1.8
-5	-35	+0.8254	0.5645	55.63	160	228	1.4

Se determinan así once rectas paralelas a los límites que cortan al eje de las latitudes en los $\Delta \varphi$ indicados; para cada una de ellas se da la duración de la totalidad y los ángulos de posición del 2º y 3.er contactos, calculados por las fórmulas (11), siendo:

$$N_2 = 103^\circ.87 \quad \text{y} \quad N_3 = 103^\circ.92$$

Todos los resultados de este párrafo se han llevado al mapa de la figura 4, en el cual están dibujadas con línea llena los límites superior e inferior y la línea central; con trazo de segmentos las líneas paralelas a las anteriores para las cuales se indican los ángulos de posición y la duración de la totalidad al décimo de minuto; y con línea de puntos los lugares geométricos de los puntos para los cuales el máximo del eclipse se produce en el instante indicado en la figura. Debe tomarse en cuenta que la recta correspondiente a $\Delta \varphi = 0$ en la tabla IX no es precisamente la línea central de la totalidad sino una paralela a esta por el centro de Rancagua, que no se ha dibujado por ser casi coincidente con la anterior. Las líneas restantes se distribuyen simétricamente a esta recta, y no a la línea central.

7. Aspectos del eclipse visto desde Rancagua.—En la figura 5 se ha indicado gráficamente el desarrollo del eclipse, de 10 en 10^m, visto desde Rancagua. Con

este objeto se calcularon para los instantes indicados en la figura los valores de:

$$\text{semidiámetro de la Luna (semidiámetro del Sol = 1)} = \frac{0.273}{L_1 - 0.273}$$

$$\text{distancia del centro de la Luna al centro del Sol (id.)} = \frac{m}{L_1 - 0.273}$$

$$\text{ángulo de posición del centro de la Luna a partir del vertex} = V \quad [12].$$

No se tomaron valores más allá de las 18^h 50^m, porque el Sol se pone a las 18^h 55^m por el horizonte matemático del lugar.

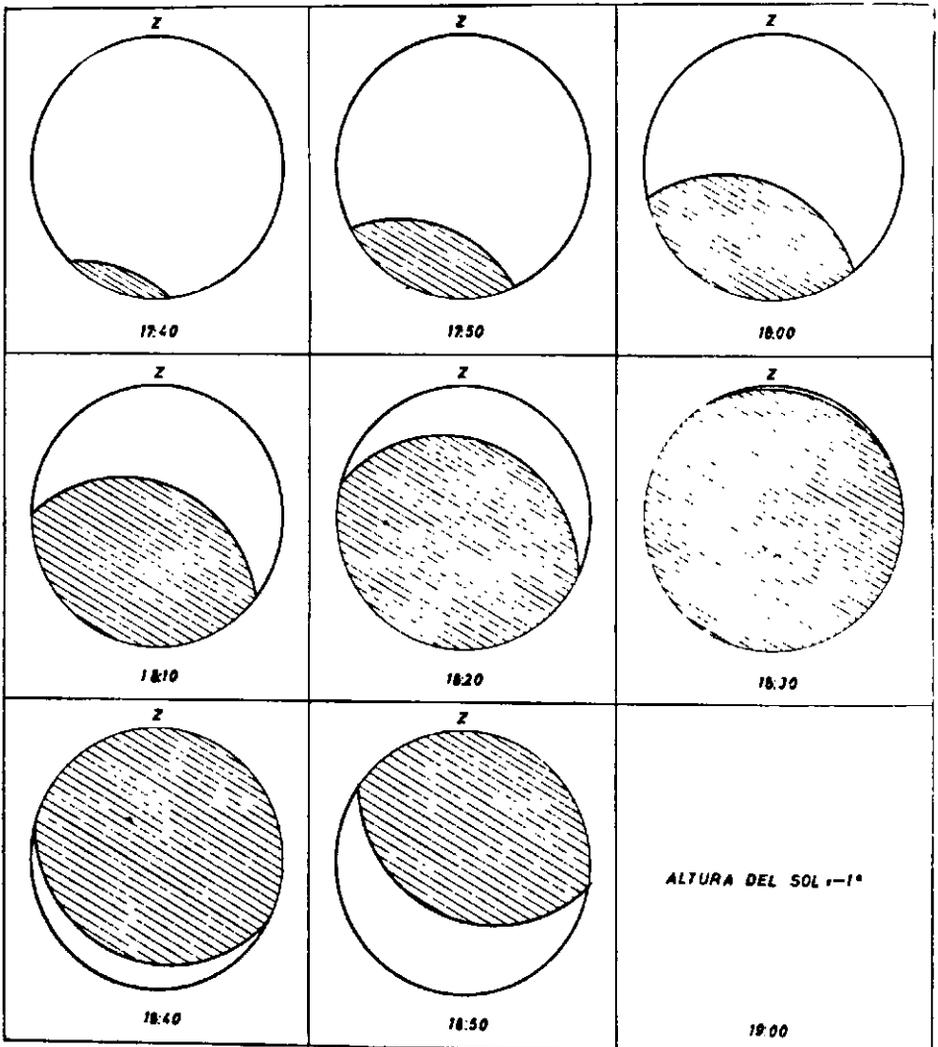


Fig. 5. Aspectos del eclipse vistos desde Rancagua a las horas indicadas en Tiempo Oficial de Chile.

8. **Condiciones meteorológicas.**—Los puntos dentro de la zona de totalidad para los cuales se dispone de información meteorológica adecuada, son: Santiago, San José de Maipo, Sewell, Rancagua y San Fernando. Los datos que más nos interesan son los siguientes:

T a b l a X

Valores medios meteorológicos correspondientes al mes de Octubre

(Según los datos disponibles en la oficina Meteorológica de Chile en Octubre de 1957)

	Santiago 1861-1946	S. J. de Maipo 1935-1946	Sewell 1912-1946	Rancagua 1911-1914	San Fernando 1911-1946
Humedad (%)	73	62	51	72	77
Nubosidad *	3.7	3.5	3.3	4.6	4.1
Lluvia en mm.	14.7	27.0	51.5	19.1	28.1
Días de lluvia	3.9	2.9	4.2	3.3	4.9
Días de niebla	2	1	2	6	3
Días despejados	11	11	12	—	7
Días nublados	9	7	7	11	8

*En escala de 0 (completamente despejado) a 8 (completamente nublado).

Se desprende del cuadro anterior que las condiciones meteorológicas no son muy favorables, especialmente debido a que la nubosidad media mensual en octubre es para todos los puntos cercana a 4 (cielo nublado 4/8). Esto, unido a la poca altura del Sol sobre el horizonte al producirse el eclipse, hará que la observación del fenómeno sea dificultosa.

Antes de terminar, quiero agradecer los valiosos consejos de don Rómulo Grandón, ex Director de nuestro Observatorio; la cooperación de las calculistas, Sra. María Sanguineti y Srta. Guadalupe Cortés, y del técnico fotógrafo, Sr. Jorge Barrera, en la ejecución de los dibujos.

RESUMEN

El 12 de octubre de 1958 ocurrirá un eclipse total de Sol, visible en Chile cerca de la puesta del Sol. La línea central de la totalidad, pasará por la ciudad de Rancagua para ir a terminar en la República Argentina, al sur de San Luis. Se han calculado: a) las diferentes circunstancias del eclipse parcial para 26 puntos del territorio chileno; b) las coordenadas de la línea central, los límites de la zona de totalidad y las circunstancias del eclipse en San Carlos y Tunuyán (Argentina); c) las circunstancias de la totalidad en Rancagua, en nuestro Observatorio Astronómico y en los puntos principales de la zona; d) una representación gráfica de todos los datos de interés para la zona de totalidad, partiendo de fórmulas diferenciales, y e) el aspecto del eclipse visto desde Rancagua. Se incluye también un cuadro resumen de las condiciones meteorológicas medias del mes de octubre para los principales puntos de la zona.

SUMMARY

On October 12, 1958, there will be a total solar eclipse visible in Chile near sunset. The curve of central eclipse will cross Rancagua and will finish south of San Luis, Argentine. It has been computed: a) the different circumstances of the eclipse at 26 places of the Chilean territory; b) the coordinates of the central line, the southern and northern limits of totality and the circumstances of the eclipse at San Carlos and Tunuyán (Argentine); c) the circumstances of totality at Rancagua, at our Observatory and in the main places of the zone; d) a graphical representation of all interesting data of the zone of totality, starting from differential formulae; e) aspects of the sun during the eclipse, as seen from Rancagua. We include also, a summary of mean meteorological conditions in October for the principal places of the region.

REFERENCIAS

- [1] The American Ephemeris and Nautical Almanac, 1958, pg. 307.
- [2] Klüber, H. von. Sky and Telescope, 1956, Vol. XV, 12, pg. 538.
- [3] The American Ephemeris and Nautical Almanac, 1958, pg. 571-575.
- [4] Chauvenet, W. A Manual of Spherical and Practical Astronomy, 1891, pg. 508.
- [5] The American Ephemeris and Nautical Almanac, 1958, pg. 575.
- [6] Ibid, pg. 577.
- [7] Chauvenet, W. Loc. cit., pgs. 491-494.
- [8] Chauvenet, W. Loc. cit., pgs. 498-500.
- [9] Chauvenet, W. Loc. cit., pg. 501.
- [10] Chauvenet, W. Loc. cit., pgs. 480-484.
- [11] The American Ephemeris and Nautical Almanac, 1958, pg. 579.
- [12] The Nautical Almanac and Astronomical Ephemeris, 1940, pgs. 849-850.