

OBSERVACIONES relativas a la longitud de Santiago,

por DON CARLOS MOESTA.

Los métodos que deben emplearse para determinar la exacta longitud de un punto en la superficie de la tierra con respecto a otro dependen principalmente, como se sabe, de la distancia a que se halla el uno del otro. Si tal distancia es corta, el método mas recomendable es el de trasmision de la hora media de un lugar a otro, ya sea por viajes cronométricos, ya por observaciones de señales artificiales visibles simultáneamente en ambos puntos. Este método ha sido practicado en Europa desde mucho tiempo atras, hasta que en los últimos años los alambres telegráficos han suministrado un nuevo medio de trasmision de la hora de un lugar a otro con el fluido eléctrico. Como la velocidad con la cual corre el fluido eléctrico a lo largo de un alambre de cobre, es mui grande, pueden producirse por el telégrafo eléctrico señales perceptibles simultáneamente en los puntos unidos por él, i la longitud asi determinada queda despejada de los errores anexos al movimiento del cronómetro durante el viaje. Haciéndose uso del telégrafo eléctrico en esta forma sencilla, no hai sino los errores provenientes de la sensacion de oído que puedan afectar la observacion de las señales, igualmente que se presenta la sensacion de vista como una causa de error valiéndose de señales artificiales visibles por ejemplo, de relámpagos artificiales o de la luz reflejada del sol, etc.

Sin embargo recientemente se ha dado a un péndulo tal disposicion que por un ingenioso mecanismo las observaciones de los pasos de una misma estrella practicados por dos observadores en sus respectivos méridianos se imprimen en una faja de papel, en la cual al mismo tiempo se graba el movimiento de un solo péndulo.—Con la introduccion de tales aparatos en la Astronomía práctica queda eliminada la sensacion de oído i parece que el método de determinar la diferencia de longitud haya alcanzado asi la última perfeccion posible. La importancia de tal método para la Jeodesia i Jeografía en jeneral es bien clara. Parece que no está léjos el dia en que veamos unida la América del Norte con la Europa por un telégrafo submarino, i si entonces algun dia las operaciones jeodésicas del antiguo continente se estendiesen a travez del estrecho de Behring para ligarse con las operaciones jeodésicas de Norte América, obtendriamos por la comparacion de los resultados astronómicos i jeodésicos los datos mas preciosos para conocer la figura i las dimensiones del globo terrestre.

Si al contrario hai que determinar la longitud de un punto en la superficie de la tierra que se halla a una distancia mui grande de la Europa, como sucede por ejemplo con la parte interior i occidental de la América del Sur, en tal caso ya no se puede hacer uso de los métodos referidos i se necesita recurrir a las observaciones de fenómenos celestes. De estos últimos son, sobre todo, los eclipses del sol, las ocultaciones de estrellas por la luna i los pasos de la luna por el meridiano, cuyas observaciones tratadas convenientemente pueden dar resultados exactos por la longitud. Hai sin embargo motivos de escluir de dichos fenómenos los dos primeros cuando se trata de determinar la longitud de un *Observatorio permanente*, pues en tal caso es de importancia no valerse de observaciones en que entra la paralaje de un cuerpo celeste como elemento. Quedan de consiguiente solo los pasos de la luna por el meridiano, como únicos medios que deben emplearse para la determinacion de la longitud, cuando hai que hacer uso de fenómenos celestes i las observaciones de dichos fenómenos han de repe-

tirse, hasta que por su combinacion bien calculada la incertidumbre en la longitud alcance su mínimo.

Asi una vez bien determinada la longitud de Santiago, puede servir el meridiano de este punto de meridiano de referencia para la determinacion de la longitud de otros puntos del Sur de América. Haré ver en otro lugar que procediendo de este modo, resulta que las longitudes de los diferentes puntos de toda la costa occidental de la América del Sur han sido puestas en los mapas hidrográficos de la expedicion inglesa con 17 segundos en tiempo mas al oeste, un resultado estraño para quien piensa en el esmero con el cual se ha determinado la longitud de Valparaiso i del Callao en dicha expedicion.

Desde fines del año de 1852 he observado con el gran Círculo meridiano del Observatorio como 200 pasos de la luna por el meridiano de este instrumento. Publicaré estas observaciones en otra ocasion, i me limito aqui a referir que ellas han sido reducidas conforme a las reglas espuestas en las "*Tabule Regiomontanæ* de Bessel, Introd. páj. LII," de manera que dan la ascencion recta del limbo observado de la luna en el momento mismo cuando pasa por el Meridiano. Para despejar la *AR* observada de cualquier error instrumental se han observado al mismo tiempo, siempre que ha sido factible, las estrellas situadas cerca del paralelo de la luna, las cuaes vienen indicadas de antemano en el Nautical Almanac; i a fin de que los errores de las tablas de la luna no tengan influjo en la longitud deducida de ella, he comparado mis observaciones solo con observaciones *correspondientes*, hechas en localidades cuyas posiciones son bien conocidas. De este modo he comparado una serie de mis observaciones con otras practicadas en los Observatorios de Greenwich, Hamburgo, Kremsmünster i Cracovia. Aunque el número de estas comparaciones es corto todavia en atencion al objeto propuesto, presento aqui los resultados, reservándome comunicar su continuacion a medida que me lleguen de diferentes Observatorios las observaciones pedidas.

Como el método de que me he valido para el cómputo de la longitud de Santiago por medio de pasos de la luna por el meridiano es poco conocido en los tratados de Astronomia, me parece útil indicar aqui brevemente sus puntos esenciales. Una comparacion superficial de la *AR* observada con la indicada en el Nautical Almanac basta para conocer la longitud buscada con la aproximacion de 1 minuto. Se supone así un valor aproximado de la longitud i trata de determinar segun el método en cuestion la correccion necesaria. Con este fin se determina en primer lugar mediante las tablas lunares el incremento que toma la *AR* de la luna desde su paso por el meridiano de referencia hasta el paso por el meridiano de que se ha adoptado la longitud i en segundo lugar el incremento de la *AR* de la luna que resulta de las observaciones hechas en las dos localidades dadas. Para obtener el primero de estos dos incrementos es preciso hacer uso de las fórmulas de interpolacion en que entran hasta las cuartas diferencias inclusive. La fórmula mas adaptada para este objeto me parece la que Bessel ha deducido de la fórmula conocida de Newton i que es la siguiente :

$$f(a+n\omega) = f(a) + n f'(a+\frac{1}{2}) + \frac{n(n-1)}{2} \frac{f''(a) + f''(a+1)}{2} + \frac{n(n-1)(n-\frac{1}{2})}{2 \cdot 3} f'''(a+\frac{1}{2}) + \frac{(n+1)n(n-1)(n-2)}{2 \cdot 3 \cdot 4} \frac{f^{IV}(a) + f^{IV}(a+1)}{2}$$

En ella significa ω el intervalo de dos momentos consecutivos para los cuales se da la *AR* de la luna, por ejemplo de 12 horas, haciéndose uso de la efeméride del Nautical Almanac; los signos f' , f'' etc significan las primeras, segundas, etc. diferencias i estas guardan tal posicion, que una línea trazada horizontalmente entre $f(a)$ i $f(a+\omega)$ cor-

ta las diferencias $f'(a + \frac{1}{2}), f''(a + \frac{1}{2})$ etc. i deja a los lados $f''(a), f''(a + 1), f^{iv}(a)$ la letra n en fin significa la longitud supuesta, referida a ω como la unidad. Adoptando por ejemplo la longitud de Santiago con respecto a Greenwich

4^h 42 33^s

serán los logaritmos de los cuatro coeficientes que contienen n los siguientes:

9.5937629

9.07633 n

7.63090

8.34710

La fórmula que precede sirve para interpolar un valor correspondiente a un meridiano situado al Oeste de Greenwich por menos de 12 horas. Si el meridiano está al Este de Greenwich, la fórmula mas a propósito de interpolacion es la siguiente.

$$f(a - n\omega) = f(a) - n f'(a - \frac{1}{2}) + \frac{n(n-1)}{2} f''(a) - \frac{(n+1)n(n-1)}{2 \cdot 3} f'''(a - \frac{1}{2}) \\ + \frac{(n+1)n(n-1)(n-2)}{2 \cdot 3 \cdot 4} f^{iv}(a) + \frac{f^{iv}(a) + 1}{2}$$

El incremento así interpolado llamaremos

J_o

El incremento observado resulta simplemente restando de la A observada en la localidad occidental la A observada en segunda localidad. Designaremos este último incremento por

J_o

conocemos ahora la velocidad media de la luna entre los dos meridianos

$$= \frac{J_o}{n}$$

cuyo valor recíproco llamaremos v . De los datos que preceden resulta luego para la correccion de la longitud supuesta la expresion:

$$(J_o - J_o)v.$$

El procedimiento espuesto sería exacto si J_o fuese libre de los errores instrumentales; pero como esto en todo rigor raras veces puede decirse, se corrige J_o por la diferencia de las A observadas de las estrellas situadas cerca del paralelo de la luna. Se concibe fácilmente, que dicha correccion que ha de aplicarse a J_o es simplemente el promedio de las diferencias observadas si igual número de pasos de las referidas estrellas fueron observadas en ambas localidades; si entpero, el número de hilos de los instrumentos en las dos localidades no es el mismo, en tal caso debe determinarse la mencionada correccion segun el método de los cuadrados mínimos.

Sea para una estrella: h, h' respect. el número de hilos o pasos observados en las dos localidades i sea d la diferencia de la A observada de la misma estrella, i supongamos para las demas estrellas signos análogos a aquellos. La correccion que ha de aplicarse a A se obtiene en tal caso por la expresion:

$$e = \frac{\sum d \cdot \frac{h h'}{h + h'}}{\sum \frac{h h'}{h + h'}}$$

en la que Σ significa una suma.

La correccion que resulta del modo espuesto para la longitud adoptada es la mas probable. Haciéndose tales determinaciones en diferentes días se obtendrá una serie de

correcciones distintas entre sí, i una reflexión sencilla hará ver que no se puede tomar el promedio de estos diferentes valores para la corrección final de la longitud supuesta. Se echa de ver, que la exactitud (*mensura precisionis*) de tal corrección depende principalmente:

1. ° De la velocidad de la luna en *AR*.
2. ° Del número de las estrellas observadas.
3. ° Del número de pasos observados de la luna i de las estrellas. Quien está familiarizado con los principios del *método de los cuadrados mínimos* verá luego, que el *peso* de cada corrección en atención a las condiciones especificadas debe determinarse por la expresión:

$$1 \quad \frac{l \ l'}{l+l'} \quad \frac{\sum h \ h'}{h+h'}$$

$$vv \quad \frac{l \ l'}{l+l'} + \frac{\sum h \ h'}{h+h'}$$

en la que *l, l'* se refieren a la luna en el mismo sentido que *h, h'* tienen con respecto a las estrellas.

Sean las correcciones halladas en los diferentes días

$$C, C', C'' \text{ etc.}$$

i sus respectivos pesos:

$$P, P', P'' \text{ etc.}$$

será la corrección final:

$$\frac{P C + P' C' + P'' C'' + \dots}{P + P' + P'' + \dots}$$

Es de advertir, que el campo de vista de los instrumentos de Greenwich i Hamburgo contiene 7 hilos verticales; el de los de Kremsmünster i Cracovia 5 hilos i que el número de pasos observados se halla indicado espresamente en caso que una observación no sea completa.—Las observaciones hechas en el Observatorio de Hamburgo i una parte de las de Greenwich me han sido bondadosamente comunicadas en manuscrito por los señores Rümker i Airy; las demas se hallan o en los volúmenes correspondientes a los años de 1852 i 1853, publicados por el Observatorio de Greenwich o en los tomos 39 hasta 42 de la obra titulada: "*Astronomische Nachrichten*."—La mayor parte de las observaciones cuyas comparaciones con las mías van a continuación especificadas se refieren al primer limbo de la luna; las que se refieren al segundo limbo de la luna están separadas de las anteriores, con el fin de poder apreciar el influjo, que tenga el fenómeno que llaman la *irradiación de la luz*, en la longitud deducida de ellas. Es verdad que se necesita mayor número de observaciones de ambos limbos de la luna, practicados en un mismo Observatorio, para poder sacar consecuencias relativas a la irradiación de la luz; por cuyo motivo espero examinar este punto mas tarde.

Lonjitud adoptada de Santiago al este de Greenwich :

4^h 42^m 33^s

Santiago i Greenwich.

(Primer limbo de la luna).

FECHA.		J _c		J _o		e	Correccion.	P.
		m	s	m	s	s	s	
1852	Set.	24	10 5 76	10 5 34		+0.03	-10 916	0.3359
	Oct.	19	11 39.26	11 39.31		+0.09	+ 3.394	0.3970
		29	10 59.00	10 58 70		-0.03	- 8.489	0.3967
		23	9 12.36	9 12 34		+0.33	+ 9.514	0.1858
		24	8 54.23	8 54 40		-0.21	- 1.269	0.2607
		25	8 46 28	8 46.18		+0.07	- 0.966	0.2529
		26	8 48 09	8 47.89		-0.19	-15.409	0.1698
Dic.		20	8 48.26	8 47.98		+0.68	- 6.418	0.2265
		21	9 2 17	9 1 91		+0.68	- 5.628	0.2386
1853	Enero	20	10 12 83	10 12.75		-0.05	- 2.596	0.3659
		22	11 12 34	11 12.45		+ 2.774	0.2752
Marzo		19	11 13.96	11 12 77		+0.08	- 2.771	0.3628
		20	11 16.97	11 16.93		- 1.001	0.2791
		22	11 2 88	11 2.62		+0.10	- 4.092	0.3567
Mayo		23	10 54.92	10 54.70		+0.17	- 1.294	0.2612
		16	10 26.56	10 26.35		-0.07	- 7.576	0.3187
		18	10 29.36	10 29.04		+0.07	- 6.734	0.3216
1855	Enero	19	10 47 65	10 47.70		-0.04	+ 0.262	0.2554
	Enero	27	10 33.10	10 33.10		-0.05	- 1.339	0.3905
Marzo		1	9 37 07	9 37.25		-0.20	- 0.587	0.1946
		30	9 2 47	9 2 59		+0.03	+ 4.688	0.2355
		31	8 53.79	8 53.72		+0.07	0.000	0.1735
Abril		25	9 28.72	9 26.69		+0.10	+ 2.087	0.2954
		27	8 54.08	8 54.15		+0.02	+ 2.857	0.2316
Mayo	23	9 11.82	9 11.40		+0.27	- 4 608	0.1854	

Correccion.

Peso.

Resultado : -2.464

6.9670.

(Segundo limbo de la luna)

1852	Oct.	3	10 20.81	10 20.71		+0.34	+ 6.554	0.2347
		4	10 49.77	10 49.65		+0.19	+ 1.826	0.2571
		29	9 42.96	9 42.38		+0.05	-15.413	0.2069
	Nov.	30	11 7.27	11 7.07		+0.23	+ 0.762	0.2711
1853	Enero	26	10 52.66	10 52.59		-0.07	- 3.637	0.2594
1855	Enero	3	10 39.69	10 39.72		-0.02	+ 0.265	0.2492
	Febrero	3	9 4 43	9 4 27		+0.15	- 0.311	0.1666
	Mayo	5	12 58.76	12 59.04		+0.04	+ 6.966	0.3693
	Junio	5	11 3.60	11 3.59		-0.19	- 5.109	0.2681
		30	13 23.22	13 23.20		+0.11	+ 1.900	0.3928

Correccion.

Peso.

Resultado : +0.016

2.6752.

Longitud de Hamburgo : 0^h 39^m 54.^s1 al Este de Greenwich.

Santiago i Hamburgo.

(Primer limbo de la luna).

FECHA.	J _o	J _o	e	Correccion.	P.
1852 Dic. 23	11 19.092	11 18.720	+0.021	— 9.715	0.3450
1853 Marzo 19	12 47.846	12 47.772	+0.284	+ 5.291	0.3675
Mayo 16	11 55.157	11 55.033	—0.043	— 4.332	0.3183
id. 17	11 59.855	11 59.647	+0.022	+ 5.062	0.3544
id. 18	11 58.016	11 57.530	+0.051	—11.721	0.3357
id. 19	12 18.751	12 18.969	—0.103	+ 3.012	0.3927
Junio 15	11 43.188	11 43.017	+0.128	— 1.268	0.3463
Set. 12	14 12.303	14 12.493	—0.001	+ 4.177	0.5094
1854 Febr. 8	12 10.584	12 10.718	+0.060	+ 5.637	0.2495
id. 9	12 18.130	12 18.530	+0.032	+11.584	0.3397
id. 10	12 12.600	12 12.920	—0.073	+ 6.523	0.4014
Oct. 30	12 17.777	12 17.434	+0.035	— 8.076	0.3393
id. 31	11 39.171	11 39.269	+0.110	+ 5.756	0.3657
Nov. 30	10 57.732	10 57.816	+0.146	+ 5.333	0.3236
Dic. 1	11 12.553	11 12.537	—0.050	— 0.604	0.2820
1855 Abril 26	10 23.830	10 23.775	+0.149	+ 2.915	0.2729
Mayo 26	10 9.211	10 9.133	+0.358	+ 0.953	0.2776

Correccion. Peso.

Resultado : +0.^s254 58.620.

Longitud de Kremsmünster : 0^h 56^m 31.^s97 al Este de Greenwich.

Santiago i Kremsmünster.

(Primer limbo de la luna).

FECHA.	J.	J _o	e	Correccion.	P.
1852 Oct. 20	13 11.79	13 11.34	+0.10	—8.993	0.3482
id. 21	12 21.24	12 21.21	+0.02	—0.274	0.2904
id. 22	11 37.19	11 36.43	+0.53	—5.253	0.2284
id. 23	11 3.34	11 3.36	+0.37	+9.200	0.1753
Dic. 20	10 33.77	10 33.76	+0.29	+8.963	0.2123
1853 Julio 16	14 39.46	14 39.49	—0.07	—0.925	0.2724
Set. 12	14 56.45	14 56.67	+0.15	+8.397	0.3947
1854 Marzo 13	11 48.08	11 48.07	—0.11	—1.810	0.1807
Abril 6	12 39.43	12 39.22	+0.20	—0.402	0.2032
Set. 5	13 50.78	13 50.47	+0.11	—5.045	0.3891
Oct. 30	12 56.11	12 55.32	+0.17	—3.250	0.3184
id. 31	12 15.42	12 15.30	+0.17	+1.683	0.3049

Correccion. Peso.

Resultado : —0.^s215 3.3180.

Longitud de Cracovia : 1^h 19^m 50.^s43 al Este de Greenwich.

Santiago i Cracovia.

(Primer limbo de la luna).

FECHA.	J _c	J _o	<i>e</i>	Correccion.	P.
1853 Mayo 19	13 49.84	13 49.82	+0.22	+5.240	0.3023
Julio 16	15 39.41	15 39.60	-0.18	+0.231	0.2722
Set. 12	15 58.33	15 58.44	+0.05	+3.630	0.4250
1854 Abril 6	13 31.76	13 31.86	+0.11	+5.625	0.2032
Set. 5	14 48.30	14 48.26	-0.12	-3.916	0.3490
Oct. 31	13 6.29	13 6.21	+0.09	+0.830	0.3006

Correccion. Peso.
Resultado : +1.736 1.8523.

Reasumiendo lo que precede resultan para la longitud supuesta de Santiago de 4^h 42^m 33^s las correcciones siguientes :

1. ^{er} limbo.	Por 25 comparaciones con Greenwich	: -2. ^s 464	con el peso	6.9670.
	” 17 id.	Hamburgo	+0.254 5.8620.
	” 12 id.	Kremsmünster	-0.225 3.3180.
	” 6 id.	Cracovia	+1.736 1.8523.
	2. ^o limbo.	” 10 id.	Greenwich	+0.016

70 Correccion final : -0.035 20.6745.

o la longitud de Santiago es :

4^h 42^m 32.^s37.