

INVESTIGACIONES

REFERENTES A UN NUEVO FENÓMENO,

QUE

PROVIENE DEL CALOR DEL SOL DURANTE SU MOVIMIENTO DIURNO
APARENTE,

POR D. CARLOS MOESTA.

El fenómeno de que voy a tratar en esta memoria consiste en una *oscilacion* o *movimiento lateral diurno* del Cerro de Santa Lucia, el cual se verifica en la direccion del movimiento diurno del sol; cuya existencia he deducido de una serie de observaciones hechas durante los años de 1853, 1854 i 1855.

Proveniendo este fenómeno de la dilatacion i contraccion de la roca por el calor i siendo por tanto enteramente nuevo me ha parecido tanto mas oportuno consignar una descripcion detallada de este fenómeno en los Anales cuanto que he tenido los medios de observar i reconocerlo en sus detalles durante un periodo de tres años. Se verá, que dicho fenómeno está enlazado con otro, observado i descrito por mí en el año de 1853; i que se debe su descubrimiento a una circunstancia particular e interesante.

1.— *Observaciones que conducian a presumir una oscilacion lateral de la parte del Cerro de Santa Lucia, en que está fundado el Observatorio Nacional.*

Estando yo ocupado al principio del año de 1853 con la reduccion de algunas observaciones astronómicas debida al efecto del azimut o sea del desvío de la línea visual del anteojo del Circulo meridiano del Meridiano, me valí con este objeto de las observaciones de β *Hydri* i de β *Chameleontis*, por ser la posicion de estas dos estrellas propicia para la determinacion exacta del azimut i porque se publican en las efemérides astronómicas las posiciones aparentes de ellas; mas despues de haber despejado del error azimutal todas las observaciones hechas en varios dias consecutivos, y confrontando entre si los resultados obtenidos, que por una parte las ascenciones rectas de β *Hydri* i de β *Chameleontis* salian constantemente menores que las dadas en las efemérides, i por otra, que resultaban discrepancias notables

en la hora absoluta, fijándolas por estrellas fundamentales de diferentes distancias zenitales, i estas discrepancias eran tales, que no podían atribuirse a los errores anexos a las observaciones.—Sin embargo, alguna imperfeccion en la forma cilindrica del eje del instrumento hubiese podido causar diferencias como las mencionadas, i por eso sometí luego el eje a un exámen escrupuloso. También examiné el modo de nivelar el instrumento, como asimismo el método de fijar la colimacion; pero despues de repetidos ensayos tuve la satisfaccíon de quedar cerciorado, tanto de la perfeccion del instrumento, como también de la exactitud del método empleado para obtener la colimacion i el nivel.

Me convencí de esta manera de la existencia de un error en la posicion dada en las efemérides de una o de las dos estrellas arriba dichas i necesariamente toda mi atencion debia fijarse en buscar este error.

Comunicando el resultado de mis observaciones al jefe de la Expedicion astronómica de los Estados- Unidos, me contestó, que también él habia notado en sus cálculos principiados entonces en Washington discrepancias análogas a las mías i que sentia ahora vivamente el no haber hecho observaciones a propósito para indagar la causa de ellas.

No estará de mas mencionar aquí, que β Hydri es la estrella que tiene el mayor movimiento propio de todas las pertenecientes a este hemisferio, pues asciende a 10."75 en ascencion recta por año; i como es uno de los deseubrimientos mas brillantes de la astronomía moderna, hecho por el gran astrónomo *Bessel* poco há, él haber demostrado, que el movimiento propio de ciertas estrellas está sujeto a variaciones como en *Sirio* i en la *Espica*, se me ocurrió la idea de que una variacion del movimiento propio de β Hydri pudiese haber afectado la posicion de ella publicada en las efemérides, i de que en esto consistiese la causa de las discrepancias arriba citadas. En tal caso era de importancia hacer una serie de buenas observaciones i confrontarlas con las que poseemos desde el año 1750, época en que la estrella fué observada ya por Lacaille en el Cabo de la Buena Esperanza i posteriormente desde 1822 por varios observadores en este hemisferio. De estas comparaciones debia resultar precisamente la variacion presumida, por corta que sea.

Impulsado por la esperanza lisonjera de poder agregar talvez otra al corto número de estrellas que presentan ese fenómeno misterioso, me propuse desde luego practicar una série de observaciones de β Hydri en sus culminaciones consecutivas, pues de este modo podria conseguir el azimut independientemente de la posicion dada en las efemérides, i al mismo tiempo preparar una determinacion nueva de la posicion misma.—Sabido es, que procediendo de este modo de fijar el azimut: la exactitud depende esencialmente del movimiento uniforme del péndulo desde una culminacion hasta la siguiente; i queriéndome hacer independiente también del péndulo me valí de las dos estrellas β Ceti i β Corvi. Las ascenciones rectas de estas dos estrellas difieren mui cerca de 12 horas, i sus declinaciones como de 4 grados. Esta última circunstancia produce que el coeficiente de la correccion azimutal de β Ceti es 0.060 mayor, que el de β Corvi; i como el azimut mui raras veces importaba 0."4, se infiere, que de este modo el tiempo trascurrido desde una culminacion de β Hydri hasta la siguiente debia resultar exacto por menos de 0."02.

Desgraciadamente es β Hydri una estrella de 3.^a magnitud, i su distancia zenital en la culminacion inferior mayor de 68°, circunstancias que no permiten hacer las observaciones en las dos culminaciones consecutivas sino durante pocos meses del año. Por eso obtuve solamente pocas observaciones en mayo i junio de 1853, pero una serie mucho mas estendida en 1854 i 1855. En seguida reduje todas las observaciones recojidas a la posicion média del ecuador en 1.^o de enero de 1854; i los siguientes son los resultados de mis observaciones:

ASCENCION RECTA DE β Hydr.

Dias de observ.			AR media 1854.0	Dias de observ.			AR media 1854.0	Dias de observ.			AR media 1854.0
1854.	h	m	s	1853.	h	m	s	1855.	h	m	s
Mayo 29	0	47	60.39	Enero 16	0	17	59.52	Abril 2	0	47	59.82
31			59.83	46			59.57	2			59.85
31			59.88	Febr. 8			59.43	3			59.70
Junio 4			59.53	9			59.43	41			59.80
42			60.01	11			59.36	41			59.86
				41			59.37	16			60.03
				13			59.64	20			60.04
				13			59.65	16			59.89
				14			59.39	20			59.90
				14			59.45	21			60.30
				19			59.50	21			60.30
				20			59.64	25			59.82
				20			59.75	25			59.62
				25			59.40	26			60.12
				25			59.37	26			60.15
				Marzo 1.º			59.72	27			60.01
				2			59.67	27			60.00
				14			59.91	Mayo 5			60.25
				15			59.88	5			60.25
				Abril 7			59.76	6			60.15
				7			59.74	8			59.88
				8			59.69	8			59.88
				20			59.88	9			60.24
				20			59.91	9			60.24
				30			59.86	10			60.24
				Mayo 1.º			59.88				
				1.º			59.80				
				2			60.03				
				2			60.04				
				42			59.95				
				13			59.96				
				43			59.70				
				15			60.29				
				15			59.02				
				18			60.32				
				18			59.91				
				19			60.25				
				20			60.29				
				Junio 2			59.95				
				2			59.94				
				3			60.28				
				3			60.28				
				4			60.34				
				5			60.13				
				5			59.75				
				6			59.97				

Echando una ojeada sobre los números de este cuadro, se advierte desde luego un fenómeno sumamente extraño: pues varían estos números, en vez de ser constantes como deberían serlo, prescindiendo de los errores anexos a las observaciones. Además se nota sobre todo en los resultados referentes al año de 1854 que hai un

minimo a mediados de febrero, i que desde allí van aumentando hasta que en junio se acercan con mui corta diferencia al valor de:

0h 17m 60.32

que es el valor de la ascension recta de la estrella, publicada en las efemerides del Nautical Almanac.

En efecto tal variacion como la espuesta indica una causa nueva, análoga a la nutacion i aberracion que altere la posicion media de la estrella periódicamente.

He dicho ya arriba, que no podemos buscar esta causa en alguna imperfeccion del instrumento, ni en el modo de determinar el nivel i la colimacion. Tampoco puede hallarse acaso en una determinacion defectuosa de las distancias entre los 7 hilos de tela-araña, estendidos en el campo de vista del antejo, puesto que el sistema de estos hilos ha quedado el mismo en todo el año de 1854. Para aumentar la exactitud de la observacion en cada culminacion introduje al principio de este año 2 hilos adicionales; i se nota sin embargo que en abril i mayo de este año la ascension recta media sale término medio la misma que en la estacion correspondiente del año anterior; todo lo cual da una prueba evidente de la exactitud con que se habian hecho las observaciones en ambos años. En fin, será oportuno hacer mencion de que en la reduccion de las ascensiones rectas observadas a las ascensiones rectas medias en 1.º de enero de 1854, he adoptado el método mas perfecto que conocimos (el de Bessel), haciendo uso de los coeficientes A, B, C, D dados en el Nautical Almanac i aplicando debidamente la correccion proveniente del movimiento propio de β Hydri.

2.ª *Causa que produce la variacion de que se ha tratado en el primer artículo.*

En vista de lo que acabo de esponer en el artículo anterior, no queda otro medio de explicar la variacion en cuestion que suponer variable el azimut en el intervalo de 12 horas o sea desde una culminacion hasta la siguiente, Efectivamente suponiendo que en la culminacion inferior el azimut sea 0 i que varie hácia el Occidente (mirando al Norte) hasta la culminacion superior, claro está, que el intervalo entre las dos culminaciones sale menor que 12 horas; resulta de consiguiente de la combinacion de las dos culminaciones un azimut negativo (llamándolo positivo hácia el Oriente, mirando al Norte), i las ascensiones rectas deben resultar menores de lo que son. Como el máximo de dicha variacion se verifica en febrero, tambien la causa que la produce debe llegar a su máximo; mientras que debe acercarse a su mínimo en el mes de junio cuando la ascension recta observada se confunde con la dada en las efemerides.

Considerando ahora, que las culminaciones de β Hydri a mediados de febrero tienen lugar a las dos i media de la tarde i de la mañana i a principios de junio a las siete de la tarde i de la mañana, vemos que en el primer caso la diferencia de la temperatura correspondiente a las dos culminaciones llega evidentemente a esta sazón a su máximo (no solo en el curso de 24 horas, sino casi en todo el año), mientras que se acerca a su mínimo en el segundo caso.

Asi notamos una coincidencia tanto entre los máxima como asi mismo entre las mínima de la temperatura i de la variacion del azimut i segun esto parece ya, que el calor sea la causa de la variacion mencionada.

Antes de proceder a explicar el modo como la temperatura pudiese influir en aquella variacion, voy a deducir de mis observaciones, el azimut del instrumento en cada culminacion. Esto puede hacerse ahora por medio de la ascension recta de β Hydri dada en las efemerides, pues hemos visto ya, que las observaciones hechas

a principio de junio en todos los tres años dan con muy corta diferencia el mismo valor, i prueban que si efectivamente existe un error en la ascension recta media de β Hydri no puede pasar este de 0.⁵¹, cantidad que no puede alterar el azimut por mas de 0.⁰².

Para mayor brevedad pongo aqui el azimut correspondiente a cada culminacion de β Hydri solamente de los dias del año de 1854. La 1.^a columna del cuadro siguiente contiene la fecha en que se hizo la observacion; en la 2.^a columna se designa por S la culminacion superior, i por I la culminacion inferior; la 3.^a da el valor del azimut espresado en segundos de arco; en la 4.^a se espresa la variacion total desde una culminacion hasta la siguiente i en la última se indica la hora solar aparente a que tiene lugar la culminacion puesta sobre la misma línea horizontal.

Fecha.	Culminacion.	Azimut.	Variacion.	Hora aparente solar de la culminacion,
1854.		»	»	h m
Enero 16	S	-1.88		4 24 de la tarde.
			5 93	
16	I	+4.05		4 22 de la mañana.
Febrero 8	I	+3.54		2 47 de la mañana.
			7.39	
9	S	-3.85		2 45 de la tarde.
41	S	-6.26		
			8.84	
11	I	+2.58		
13	S	-3.30		
			5.30	
43	I	0 00		
14	S	-6.29		
			7.94	
44	I	+1.65		
49	I	-0.13		
			5.78	
20	S	-5.91		
			4.91	
20	I	-1.00		
25	S	-6.96		
			7.24	
25	I	+0.28		
Marzo 1	I	+1.73		1 27 de la mañana.
			12.53	
2	S	-10.80		1 25 de la tarde.
14	I	+2.44		
			3.22	
15	S	-0.78		
Abril 7	I	-5.48		11 41 de la noche.
			4.62	
7	S	-40.10		11 9 de la mañana.
			5.47	
18	I	-4.63		
20	I	-0.70		

	20	S	-4.25		
	30	S	-4.37	3.19	
Mayo	1	I	-1.18	3.93	9 42 de la noche.
	1	S	-5.14	3.51	9 40 de la mañana.
	2	I	-1.60	2.37	
	2	S	-3.97		
	12	S	-1.23	3.04	
	13	I	+1.81	3.24	
	13	S	-1.43		
	15	I	+2.05	5.38	
	15	S	-3.33		
	18	I	+2.94	2.50	
	18	S	+0.44	0.20	
	19	S	+0.64	1.27	
Junio	20	I	+1.91		
	2	I	-2.68	2.84	7 35 de la noche.
	2	S	-5.52	3.33	7 33 de la mañana.
	3	I	-2.19	0.86	
	3	S	-3.05	0.49	
	4	I	-2.56		
	5	I	-4.32	0.42	
	5	S	-4.74	2.49	
	6	I	-1.85		

En este cuadro se vé que el Azimut no queda constante ni por 12 horas en todo el tiempo desde enero hasta junio, sino que está variando perpetuamente de tal modo que de día es mayor hácia el occidente que de noche; o con otras palabras, que la línea visual del anteojo está moviéndose hácia el oeste desde la culminacion inferior hasta la culminacion superior, para retroceder en seguida a su primera posicion en la culminacion inferior, (haciéndose abstraccion de algun cambio abrupto en esta variacion, proveniente de cualquiera otra causa).

De ahí se deduce el fenómeno verdaderamente sorprendente que la parte septentrional del cerro de Santa Lucia, en que está montado el Circulo-Meridiano, tiene una oscilacion lateral diurna en el mismo sentido en que se verifica el movimiento diurno aparente del sol.

3.—*Explicacion del modo cómo el calor del Sol puede producir la oscilacion lateral del cerro.*

A fin de poder apreciar el influjo que pueda ejercer el calor en el fenómeno en cuestion, es necesario describir en pocas palabras la constitucion topográfica i jeológica del cerro de Santa Lucia. Elévase este cerro sobre el plano de Santiago de un modo abrupto a una altura como de 60 metros, i su base tiene poco mas o ménos la forma de la figura adjunta, en que la línea N. S. representa el Meridiano, N. el punto septentrional i S. el punto austral del horizonte. La roca de que se compone el cerro es un pórfido formado en columnas que se parece mucho al basalto, tanto por su forma como por su color. Estas columnas tienen diferentes direcciones en diferentes partes del cerro, pero en el punto O., en donde está colocado el Círculo-Meridiano, están colocadas horizontalmente en la direccion Oeste 30° Norte como lo indican las rayas A, A, A, en la figura. La parte oriental del cerro tiene un declive como de 30° i se halla cubierta, ya sea por cascajo, ya por tierra vegetal i vejetacion; la parte occidental al contrario, tiene una pendiente casi perpendicular, i una grande superficie formada por las cabezas de las columnas está espuesta directamente al influjo de los rayos del sol. Del mismo modo las columnas de pórfido al lado septentrional del Observatorio quedan espuestas a la intemperie.

En vista de esta situacion particular del Círculo-Meridiano con respecto a la roca que le sirve de fundamento, se infiere:

1.º Que la roca al calentarse de dia por el calor del sol debe dilatarse i contraerse por el frio de la noche, i que esta dilatacion i contraccion de la roca debe ser mayor en la parte occidental que en la parte oriental. De consiguiente debe resultar una diferencia en el nivel de dia i de noche; i efectivamente observé este fenómeno ya al principio del año de 1853, nivelando el instrumento de dia i de noche. Comunicué el resultado de estas observaciones a la facultad en la sesion ceiebrada el 17 de marzo del mismo año.

2.º La dilatacion i contraccion de la roca no puede ser la misma en todas direcciones por motivo de la estructura prismática de la roca, pues es sabido por las bellas esperiencias de Mitscherlich, que la dilatacion de los cristales pertenecientes a los sistemas con ejes desiguales es distinta en las direcciones de los ejes, de tal modo, que la dilatacion de los ejes menores es siempre mayor relativamente que la de los ejes mayores. A mas de esto son principalmente las cabezas de las columnas de pórfido, dirigidas al oeste 30° norte, las que se hallan espuestas directamente a la accion del calor desde medio dia hasta la tarde: i como esta accion se estiende gradualmente desde el Este hácia el Oeste en virtud del movimiento del sol, menester es que las columnas por su dilatacion en los puntos A, A, A, deben experimentar en el punto O una especie de torcion que se manifiesta en la posicion del instrumento colocado sobre ellas como un movimiento lateral. Evidentemente será esta dilatacion i la consiguiente contraccion tanto mas grande, cuanto mayor es la diferencia de la temperatura de dia i de noche, i la amplitud *máxima* de esta oscilacion debe verificarse en el dia del año, para el cual aquella diferencia viene tambiee a ser un máximo.

Casualmente la culminacion superior de β Hydri de dia cae a las 2 de la tarde hácia fines de febrero o del mes, en que la temperatura de dia i de noche es mayor que en cualquiera otra estacion del año.

Hé aquí porque las culminaciones de β Hydri en sus culminaciones consecutivas eran tan favorables no solo para descubrir la existencia de tal oscilacion del cerro, sino tambien al mismo tiempo para determinar la amplitud de esta oscilacion diurna.

Así el sol en el curso de su movimiento diurno produce dos movimientos oscilatorios en el cerro de Santa Lucia, de los cuales el uno se verifica en el plano horizontal, i el otro en el plano vertical (*Vertical primario*). El periodo de ambas oscilaciones es de 24 horas.

El único ejemplo conocido que puede compararse en cierto respecto con este fenómeno ha sido observado i mencionado por *Sawitsch*, astrónomo de San Petersburgo (1). Estando montado un Círculo-Meridiano en una torre alta de esta ciudad, notaba Sawitsch en ciertos meses del año una oscilacion diurna, aunque de tan corta amplitud que apenas afectaba las observaciones; i Sawitsch es de opinion de que todo el edificio junto con la torre debia esta oscilacion a la accion del calor del sol. Pero ¿quien presumiria tal movimiento diurno de toda una masa compacta de roca como lo es el cerro de Santa Lucia?

Sin embargo, el fenómeno pierde algo de lo sorprendente que presenta a la primera vista, teniendo presente que en los meses de febrero i marzo no es cosa rara observar una diferencia de 50 a 60° (Fahrenheit) en la temperatura del aire de día i de noche, i que la diferencia de la temperatura de la roca de día i de noche debe llegar al ménos al triple, pues se calienta la roca tanto, que no es posible aguantar el contacto de la mano con ella. Es inútil decir, que para obtener la razon verdadera entre la temperatura i la oscilacion es necesario medir la temperatura de la roca misma i no la temperatura del aire.

4.—Causa de las discrepancias mencionadas en el primer artículo.

Del exámen de las observaciones de β Hydri, hechas en sus culminaciones consecutivas, resulta segun hemos visto, que las discrepancias de que hice mencion en el primer artículo no provienen de un error en la ascension recta de β Hydri i que de consiguiente debe ser errónea la ascension recta de β Chameleontis. Como esta última estrella en combinacion con β Hydri se presta con mucha ventaja para el arreglo de la posicion de un instrumento con respecto al Meridiano, el conocimiento de su exacta posicion es de suma importancia para el ingeniero jeógrafo en este pais; bastante motivo para que me empeñase en buscar la correccion necesaria con toda prolijidad. Con este fin he reducido las observaciones de todos los días en que aquellas dos estrellas fueron observadas, fijando el Azimut por la combinacion de los pasos observados de β Hydri con los pasos de varias estrellas fundamentales, tomadas del «Nautical Almanac». De este modo he recojido hasta ahora 62 nuevas determinaciones de la ascension recta de β Chameleontis, de que me limito a presentar aquí solo el resultado, a saber:

Correccion de la ascension recta = $-7.735 = -0.549$

Con el error probable de ± 0.019 .

La ascension recta de β Chameleontis correspondiente al 1.º de enero de 1854 resulta de esta determinacion igual a

12h 9^m 52.25 ± 0.019

(1) Véase Schumachers Astronomische Nachrichten núm, 442.