

CAPITULO XVII.

DETERMINACIÓN DE LA LATITUD.—MÉTODO AMERICANO.

265.—En el número 253 vimos las relaciones que existen entre la latitud, la declinación de una estrella y su distancia zenital meridiana. Limitándonos á los tránsitos superiores, suponiendo que se observen dos estrellas y acentuando los datos que se refieren á la que culmina al Norte del zenit, aquellas expresiones dan:

$$\begin{aligned}\varphi &= \delta + \zeta \\ \varphi &= \delta' - \zeta'\end{aligned}$$

cuya semisuma proporciona la latitud en función de la semidiferencia de las dos distancias zenitales meridianas, á saber:

$$\varphi = \frac{1}{2}(\delta + \delta') + \frac{1}{2}(\zeta - \zeta')$$

A fin de dar á esta ecuación una forma más general, sean z y z' las distancias zenitales aparentes, tales como las da el instrumento, r y r' las refracciones, n y n' las inclinaciones que señale el nivel, y x y x' las reducciones al meridiano. Con estos elementos se tiene:

$$\begin{aligned}\zeta &= z + r - x + n \\ \zeta' &= z' + r' - x' + n'\end{aligned}$$

valores que sustituidos en el de φ , y recordando que las inclinaciones n y n' son: $n = \frac{1}{2}(o - e)v$ y $n' = \frac{1}{2}(o' - e')v$, producen:

$$\varphi = \frac{1}{2}(\delta + \delta') + \frac{1}{2}(z - z') + \frac{1}{2}(r - r') - \frac{1}{2}(x - x') + \frac{1}{4}[(o - o') - (e - e')]v \dots (1)$$

Esta expresión manifiesta que, con excepción de las declinaciones, todos los demás elementos que las constituyen entran en ella por *diferencias*, la mayor parte muy pequeñas, y que, por consecuencia, al aplicarla se logra la eliminación más ó menos completa de los errores que podrían contener los valores absolutos de las cantidades que la forman.

En estas consideraciones está fundado el método del astrónomo norteamericano Mr. Talcott para determinar la latitud, midiendo directamente la diferencia $z - z'$. El autor ha dado á este procedimiento el más alto grado de perfección escogiendo las dos estrellas, de manera que $z - z'$ sea sólo de unos cuantos minutos, á fin de que no exceda de la amplitud angular del campo de un telescopio; y así sin variar la posición de éste respecto de su columna, se consigue que dirigiéndolo alternativamente hacia el Norte y hacia el Sur por medio de su movimiento azimutal, ambas estrellas se presenten en el campo. Entonces podrá medirse la diferencia de sus distancias zenitales sin servirse de círculos graduados, sino con un micrómetro situado en el ocular del telescopio, que permite la apreciación de pequeñas fracciones de segundo.

El método de Talcott, si bien demanda el uso de un instrumento de construcción especial, suministra en cambio resultados de una precisión extraordinaria, y es, por consiguiente, el que conviene emplear de preferencia para fijar la posición de un punto importante. El astrónomo mexicano D. José Salazar Ilarregui lo empleó al demarcar las líneas limítrofes entre México y los Estados Unidos, y fué también del que yo me serví para determinar la latitud de la ciudad de México. Después de describir el instrumento llamado telescopio *zenital*, con que se aplica el método riguroso de Talcott, veremos que puede emplearse, casi con el mismo éxito, el altazimut común y aun el telescopio de tránsitos. Lo que sigue está tomado casi textualmen-

te de la exposición que hice de este procedimiento en mis *Nuevos Métodos Astronómicos*.

266. El telescopio zenital (fig. 50^a) consta esencialmente de una columna vertical sobre la que está situado el anteojo, cuyo poder óptico debe ser suficiente para poder observar estrellas hasta de quinta ó sexta magnitud, para lo cual es bastante una distancia focal de 0^m.75 y una abertura libre, ó diámetro del objetivo, de 0^m.05. El telescopio, unido á la columna por medio de un pequeño eje horizontal, puede moverse en un plano perpendicular al horizonte, á la vez que está dotado de un movimiento azimutal que se mide por medio de un círculo situado al pie de la columna. Esta disposición es del todo semejante á la de un teodolito.



FIG. 50^a

Invariablemente unido al tubo del telescopio hay un cuadrante dividido de 0° á 90°. El radio de este cuadrante que va á terminar á la división 0°, es perpendicular á la dirección del eje óptico del telescopio; y por consiguiente es paralelo á ella el que termina en la división 90°. A lo largo de la alidada hay un nivel muy sensible que se mueve con ella cuando se traslada de un punto á otro de la graduación; y si se fija la alidada en un punto conveniente, sirve también el nivel para arreglar la verticalidad de la columna, haciendo las correcciones necesarias con los tornillos del pie del instrumento, y procediendo como se ha explicado varias veces refiriéndonos al altazimut y al teodolito. De esta disposición del cuadrante y del nivel se deduce que estando vertical la columna, si se hace que el vernier de la alidada indique una graduación cualquiera g , y en seguida se mueve el telescopio en un plano vertical hasta que los extremos de la burbuja señalen divisiones iguales en su escala, el eje óptico del telescopio formará con el zenit un ángulo igual á g , ó lo que es lo mismo, tendrá g por distancia zenital. De esta manera se podrá fijar de antemano el instrumento en la posición con-

veniente para que una estrella cuya distancia zenital aproximativa se conozca, se presente en el campo.

En el ocular del telescopio hay un micrómetro de hilo móvil, que, como todos los de su especie, se compone de un tornillo de espiral muy fina cuya tuerca está en el interior del tubo, y cuya cabeza en el exterior está terminada por un pequeño círculo dividido generalmente en 100 partes. Fácilmente se comprenderá que por medio de este aparato pueden medirse pequeñas cantidades angulares dentro del campo del telescopio, luego que por alguno de los procedimientos que indicaré después, se haya determinado el número de segundos interceptados en la esfera celeste por dos posiciones del hilo, correspondientes á un número cualquiera de revoluciones del micrómetro. Se comprenderá también con igual facilidad que, si en la misma posición del telescopio respecto de su columna, se presentan sucesivamente dos ó más estrellas en el campo, se obtendrán las *diferencias* de sus distancias zenitales cortándolas con el hilo micrométrico en el instante en que atraviesen el hilo vertical de la retícula, y valuando después en segundos la diferencia de las lecturas suministradas por el micrómetro.

267.—Para determinar el valor angular de cada revolución del tornillo puede aplicarse desde luego el método expuesto en el número 167 del Tomo I, midiendo en revoluciones y partes del micrómetro un espacio cualquiera cuyo ángulo visual g sea conocido; pero es preferible que g sea un arco celeste. Si se mide, por ejemplo, en partes del micrómetro el diámetro vertical del sol, siendo g en este caso el diámetro que dan las Efemérides del astro, corregido si es necesario por la diferencia de refracciones de sus dos bordes, y N el número de revoluciones micrométricas que lo miden, el valor de cada una es: $R = \frac{g}{N}$.

También se determina R estableciendo el telescopio en el plano del meridiano y observando el tránsito de dos estrellas cuyas declinaciones se conozcan con exactitud y sean poco diferentes, á fin de que las estrellas á que pertenecen se presenten en el campo sin que sea preciso alterar la posición del telescopio. Si al pasar cada una se corta con el hilo, anotando la indicación del micrómetro, la diferen-

cia de esas indicaciones será N , y la de sus declinaciones, corregida por la diferencia de refracción, dará el valor de g . Debe procurarse que las estrellas difieran poco en ascensión recta para que transcurra poco tiempo entre las observaciones y no haya que temer alguna variación del instrumento. En todos casos es conveniente apuntar las indicaciones del nivel para corregir el valor de g si aquellas denuncian variación; puesto que g no viene á ser otra cosa más que la diferencia de distancias zenitales aparentes de las estrellas.

Los tránsitos de estrellas circumpolares, ya sea por el meridiano, ya por el punto de su mayor elongación oriental ú occidental, proporcionan la mejor oportunidad de determinar el valor angular del micrómetro, á causa de que permiten multiplicar las observaciones á fin de obtener un promedio más libre de error. Tratándose de un paso por el meridiano, se establece el telescopio cerca de este plano, y se hace girar todo el micrómetro 90° á fin de que su hilo quede vertical, teniendo el mayor cuidado de que permanezca bien arreglado el foco estelario. Colocando previamente el hilo de manera que el índice exterior señale revoluciones enteras, ó mejor medias revoluciones del tornillo, se observan los tránsitos de la estrella por cada una de las posiciones del hilo, anotando tanto la hora de la observación como la lectura del micrómetro. El primer dato sirve para hallar el ángulo horario de la estrella en el instante de cada tránsito, y como se conoce su declinación, podrá calcularse su distancia x al meridiano por la ecuación: $\text{sen. } x = \text{sen. } h \cos. \delta$. Como al observar muy cerca del meridiano, es x necesariamente muy pequeña, puede expresarse en segundos, y entonces:

$$x = \frac{\cos. \delta \text{ sen. } h}{\text{sen. } 1''} \dots\dots\dots (2)$$

Las diferencias de los diversos valores de x serán equivalentes al arco que antes se designó por g , que es la distancia angular comprendida entre dos posiciones cualesquiera del hilo, y las diferencias de las indicaciones correspondientes del micrómetro darán el equivalente de N , de modo que se tendrá en general:

$$R = \frac{x-x'}{M-M'} \dots\dots\dots (3)$$

Es conveniente que el denominador $M-M'$ no sea muy pequeño, con el fin de que no tenga gran influencia el pequeño error que pudiera cometerse en las horas anotadas, y, por consiguiente, en los valores de x . Así es que si se observan, por ejemplo, 20 tránsitos por otras tantas posiciones del hilo, se obtendrán también 20 valores de x , que se pueden combinar el 1º con el 11º, el 2º con el 12º, el 3º con el 13º, etc., para terminar combinando el 10º con el 20º. Si se ha establecido el hilo en cada revolución entera del micrómetro, todos los denominadores serán iguales á 10 revoluciones, ó bien á 5 en el caso de que se hayan colocado de media en media vuelta.

Como para aplicar el telescopio zenital á la medida de la latitud debe usarse el hilo micrométrico en una posición horizontal, es fácil que al restablecerlo en ella después de determinado el valor angular, se altere algo el foco sideral, en cuyo caso el valor hallado puede quedar ligeramente erróneo, puesto que depende de la distancia focal. Este peligro se evita marcando cuidadosamente en el tubo del ocular la posición que corresponde al foco estelario; pero para mayor seguridad es preferible valerse de los tránsitos de una circumpolar por su mayor elongación, porque siendo en ese instante vertical su movimiento, no hay necesidad de variar el hilo micrométrico de la posición horizontal en que tiene que usarse. El procedimiento es absolutamente el mismo que antes, con la única diferencia de que los ángulos horarios h se cuentan desde la hora de la digresión ó elongación. Siendo T esta hora en tiempo sideral, el ángulo horario correspondiente á la elongación será $15(T-a)$, expresado en arco, y se tendrá:

$$\cos. 15(T-a) = \frac{\text{tan. } \varphi}{\text{tan. } \delta} \dots\dots\dots (4)$$

y la distancia zenital en que debe colocarse el telescopio para que el punto de elongación quede casi en el centro de su campo, se obtiene por la ecuación:

$$\cos. z = \frac{\text{sen. } \varphi}{\text{sen. } \delta} \dots\dots\dots (5)$$

Si se designa por t cualquiera de las horas siderales de las obser-

vaciones, el ángulo horario contado desde la elongación es $h = 15(t - T)$, y si el cronómetro que se usa es solar, expresando T la hora que debe señalar en el instante en que la estrella llega á su mayor digresión, se convertirá la duración $t - T$ en tiempo sideral.

En este procedimiento debe atenderse á la refracción, que afecta directamente al valor de x , lo mismo que á los cambios de nivel respecto de su estado medio.

El telescopio zenital de que me serví para determinar la latitud de México, tenía 0^m.07 de abertura y 1^m.2 de distancia focal. Para hallar el valor de su micrómetro, hice, entre otras, las siguientes observaciones de la estrella polar en los momentos de su culminación. El *cero* del micrómetro se supone estar en el centro del campo, y sus indicaciones expresan revoluciones enteras.

MICRÓMETRO.	CRONÓMETRO.	MICRÓMETRO.	CRONÓMETRO.
-7.00.....	6 ^h 40 ^m 36 ^s	+1.00.....	6 ^h 55 ^m 40 ^s
6.00.....	„ 42 28	2.00.....	„ 57 30
5.00.....	„ 44 22	3.00.....	„ 59 22
4.00.....	„ 46 14	4.00.....	7 1 16
3.00.....	„ 48 8	5.00.....	„ 3 10
2.00.....	„ 50 2	6.00.....	„ 5 2
-1.00.....	„ 51 54	7.00.....	„ 6 57
0.00.....	„ 53 48	+8.00.....	„ 8 50

La hora cronométrica del paso era $T = 6^h 54^m 36^s$. En lugar de contar los ángulos horarios desde este instante, haremos desde luego las combinaciones de la 1^a observación con la 9^a; de la 2^a con la 10^a, etc.; lo que nos dará por divisor común 8 revoluciones del micrómetro:

1 ^a y 9 ^a	15 ^m 4 ^s
2 ^a y 10 ^a	„ 2
3 ^a y 11 ^a	„ 0
4 ^a y 12 ^a	„ 2
5 ^a y 13 ^a	„ 2
6 ^a y 14 ^a	„ 0
7 ^a y 15 ^a	„ 3
8 ^a y 16 ^a	„ 2

Promedio..... 15^m 1^s.87

Este promedio, que en tiempo sideral es de $15^m 4^s.34$ y en arco de $3^\circ 46' 5''$, será el equivalente de h , y como se tenía $\delta = 88^\circ 33' 10''$, obtendremos:

sen. h	8.81768	
cos. δ	8.40237	
sen. $1''$	-4.68557	
8 R	2.53448	8 $R = 342''.4$

Dividiendo este resultado por 8, da $R = 42''.8$. La misma cantidad se obtuvo por la combinación de otras observaciones ejecutadas con el mismo objeto; y como el círculo del micrómetro estaba dividido en 100 partes, el valor de cada una resulta de $0''.428$.

268.—El método que se sigue para hacer las observaciones de latitud es éste. Se eligen dos estrellas que culminen la una al N. y la otra al S. del zenit, y cuyas declinaciones sean tales que la diferencia de sus alturas meridianas sea menor que la amplitud angular del campo del telescopio, para lo cual puede hacerse uso de la fórmula $\delta + \delta' = 2\varphi - (z - z')$ en la que no importa conocer á φ más que con la aproximación de $2'$ ó $3'$, siendo $z - z'$ el mayor valor que se crea conveniente medir con el micrómetro, y que por lo común no excede de $15'$. El Catálogo de estrellas publicado por la Sociedad Británica (*British Association Catalogue*), que contiene 8,377 estrellas, y el del Observatorio de Greenwich (*Greenwich Twelve-year Catalogue*), que contiene 2,156, pueden proporcionar, por lo menos, para cada noche y cualquiera latitud, de 6 á 12 pares de estrellas convenientes. Al elegir las deben preferirse aquellas cuyas coordenadas, especialmente las declinaciones, sean más dignas de confianza, para lo cual conviene consultar las notas del mismo Catálogo.

Después de bien nivelado el instrumento, se sitúa el telescopio próximamente en el meridiano, valiéndose de la hora conocida de la culminación de una estrella cualquiera, ó bien trazando el meridiano por cualquier otro método. De esta manera se conocerán con la aproximación de $8'$ ó $10'$, que es lo bastante, las indicaciones meridianas m y $180^\circ + m$ del círculo azimutal, según que el telescopio se dirija al Norte ó al Sur, y estas indicaciones servirán por todo el

tiempo que duren las observaciones de latitud, puesto que el instrumento es por sí mismo bastante estable y que en aquéllas no se necesita mucha precisión.

Con la alidada del cuadrante se señala con aproximación de $1'$ ó $2'$ la distancia zenital media de cada par de estrellas, que es..... $\frac{1}{2}(z + z') = \frac{1}{2}(\delta' - \delta)$, y en seguida moviendo verticalmente el telescopio hasta que el nivel quede sensiblemente horizontal, se tendrá establecido á la altura conveniente para que ambas estrellas se presenten en el campo. Por último, se mueve en azimut hasta que el círculo señale m ó $180^\circ + m$, según que la estrella del Norte pase por el meridiano antes ó después que la del Sur.

Luego que la primera estrella se presenta en el campo, se mueve el micrómetro para que el hilo móvil la corte exactamente en el instante en que pasa por el hilo vertical de la retícula, anotando la hora correspondiente del cronómetro. Inmediatamente después se apuntan las indicaciones ocular y objetiva del nivel, y la lectura del micrómetro, con lo cual queda terminada la primera parte de la operación.

Sin tocar el telescopio á fin de que no varíe el ángulo que forma con el nivel, se hace que el círculo azimutal señale la otra graduación meridiana para esperar la segunda estrella, que se observa absolutamente lo mismo que la primera.¹ Si el instrumento se ha arreglado bien desde el principio, la indicación del nivel después de la inversión no debe diferir mucho de la que señalaba antes; pero en el caso contrario, puede moverse un poco alguno de los tornillos del pie, cuidando de no hacer la corrección con el tornillo de la alidada, porque se alteraría el ángulo formado por el nivel con el eje óptico del telescopio, ángulo cuya invariabilidad constituye la condición esencial de este procedimiento.

Es conveniente que las dos estrellas que forman cada par, difieran en ascensión recta sólo lo bastante para que el observador tenga

1. Al cortar las dos estrellas con el hilo no debe perderse de vista la conveniencia de mover el micrómetro en el mismo sentido, con el objeto de evitar el error que originaría en $z - z'$ el punto muerto del tornillo (Véase el número 46). Lo mismo debe hacerse al determinar el valor angular de sus revoluciones.

tiempo de variar 180° el azimut del instrumento; porque una diferencia demasiado grande daría lugar á temer algún cambio en su estado. Como minimum me parecen suficientes $2''$, y de $15''$ á $20''$ como maximum. De la última estrella de un par á la primera del siguiente, deben transcurrir $3''$ ó $4''$ por lo menos, á fin de que haya tiempo de establecer el telescopio en la nueva posición en que se necesita.

También es de importancia procurar que la estrella meridional tenga su distancia zenital unas veces mayor y otras menor que la septentrional, con el fin de que siendo alternativamente positiva y negativa la cantidad $z - z'$ medida con el micrómetro, tenga poca influencia en el promedio final algún pequeño error que haya en el valor angular de sus revoluciones, pues es evidente que la latitud resultaría independiente de R , si fuese nula la suma algebraica de las $z - z'$ en el conjunto de pares combinados.

269.—Antes de presentar un ejemplo del cálculo, ocupémonos separadamente de cada uno de los términos de la fórmula (1). Si M y M' son las indicaciones del micrómetro para las estrellas meridional y septentrional respectivamente, se tiene $\frac{1}{2}(z - z') = \frac{1}{2}(M' - M) R$. Como este término es sólo de algunos minutos, la diferencia de refracciones $r - r'$ se calcula con suficiente exactitud suponiendo igual á la unidad el factor que depende de los instrumentos meteorológicos, lo cual equivale á tomar por $r - r'$ la diferencia de refracciones medias $\rho - \rho'$, cuyos logaritmos suministra la Tabla I; pero para no verse en la necesidad de tomar para la distancia zenital de cada una de las estrellas de valor de ρ que le corresponde, y atendiendo á que en el método de Talcott casi nunca se observa á más de 30° del zenit, he formado la pequeña Tabla que pongo en seguida, de la variación $\Delta \rho$ de la refracción por $1'$ de cambio de altura. No siendo constante $\Delta \rho$ para todas las distancias zenitales, en la Tabla se indica la que conviene á cada una.

z	Δρ	z	Δρ
0°	0".0170	15°	0".0182
5	0 .0171	20	0 .0191
10	0 .0174	25	0 .0207
15	0 .0182	30	0 .0225

Con la distancia zenital media $\frac{1}{2}(z + z') = \frac{1}{2}(\delta' - \delta)$ por argumento, se toma el valor de Δρ, y expresando en minutos á $\frac{1}{2}(z - z')$, se obtiene: $\frac{1}{2}(r - r') = \frac{1}{2}(z - z') \Delta \rho$.

Finalmente, las reducciones al meridiano se calculan por la fórmula:

$$x = \frac{\cos. \varphi \cos. \delta}{\text{sen. } \zeta} m$$

adoptando valores aproximativos de φ y de ζ, y tomando el de m de la Tabla V con el argumento h, que es la diferencia entre las horas cronométricas de las observaciones, y de la culminación de cada estrella.

Ejemplo.—El 20 de Enero de 1857 observé, entre otros, el siguiente par de estrellas, cuyos números son los que tienen en el Catálogo de la Sociedad Británica:

ESTRELLAS.	CRONÓMETRO.	NIVEL.		MICRÓMETRO.
		o	e	
1624 al S.	9 ^h 13 ^m 43 ^s	46	46	+4.82
1648 al N.	9 17 28	47	45	-5.82

Las posiciones aparentes tomadas del mismo Catálogo, eran:

1624.....	a = 5 ^h 8 ^m 8 ^s .66	δ = + 11° 10' 44".3
1648.....	a' = 5 12 1.94	δ' = + 27 48 38 .4

Las horas medias de sus tránsitos son 9^h 6^m 19^s y 9^h 10^m 12^s, y como el cronómetro tenía un adelanto de 7^m 20^s, las horas cronométricas de las culminaciones fueron 9^h 13^m 39^s y 9^h 17^m 32^s respectivamente, de modo que para las reducciones al meridiano, se tiene h y h' de 4^s, y por consiguiente, m = 0".01. Cada división del nivel valía 0".98, y una revolución del micrómetro 42".8. Calculemos los diversos términos de la fórmula (1):

$$\begin{array}{r} M = + 4.82 \quad o = 46 \quad e = 46 \\ M' = - 5.82 \quad o' = 47 \quad e' = 45 \\ \hline M' - M = - 10.64 \quad o - o' = - 1 \quad e - e' = + 1 \\ \frac{1}{2}(M' - M)R = - 3'47".69 \quad \frac{1}{2}[(o - o') - (e - e')]v = - 0".49 \end{array}$$

Tomando por distancia zenital media $\frac{1}{2}(\delta' - \delta) = 8^\circ 19' = 8^\circ.3$, se halla Δρ = 0".0173, de donde resulta que la corrección por refracción es:

$$- 0".0173 \times 3'.8 = - 0".066$$

Para la reducción al meridiano, suponiendo φ = 19° 26', se tiene:

cos. δ.....	9.9745.....	cos. φ.....	9.9745	
sen. ζ.....	-9.1568	cos. δ'.....	9.9467	
		m.....	8.0000	x = 0".064
		sen. ζ'.....	-9.1637	x' = 0 .057
x.....	8.8094	x'.....	8.7575	$\frac{1}{2}(x - x') = 0".003$

Con los anteriores elementos se obtiene por último:

$$\begin{array}{r} \delta = 11^\circ 10' 44".3 \\ \delta' = 27 48 38 .4 \\ \hline \frac{1}{2}(\delta + \delta') = 19^\circ 29' 41".35 \\ \frac{1}{2}(z - z') = - 3 47 .69 \\ \hline 19^\circ 25' 53".66 \\ \text{Refracción} = - 0 .066 \\ \text{Nivel} = - 0 .490 \\ \text{Reducción} = - 0 .003 \\ \hline \varphi = 19^\circ 25' 53".10 \end{array}$$

El promedio de 17 pares de estrellas que observé la misma noche, dió $\varphi = 19^\circ 25' 54''.0$.

Tal es, en resumen, el sencillísimo método americano ó de Talcott; método cuya perfección no tiene casi más límite que el grado de exactitud con que se conozcan las declinaciones de las estrellas, y por eso conviene elegir las más dignas de confianza. Con el fin de lograr, hasta donde es posible, la compensación de errores originados por los que puedan existir en las declinaciones, es útil valerse de diferentes pares de estrellas, más bien que hacer muchas observaciones del mismo par; y se nota, en efecto, que los resultados medios de distintos pares presentan, por lo común, mayor discordancia que el promedio obtenido en una sola noche de trabajo, con tal que se hayan observado varios pares diferentes. Para determinar la latitud de México hice 333 observaciones empleando 43 pares de estrellas, y el resultado final para el lugar en que estaba el instrumento, fué $19^\circ 25' 53''.07$, latitud que referida geodésicamente [número 70, ecuación (2)] á la Escuela de Ingenieros, da para este punto..... $\varphi = 19^\circ 26' 12''.03$. Si se desechan de la combinación los dos pares cuyos resultados difieren más de los restantes, se obtiene por 308 observaciones que la latitud de la Escuela es $\varphi = 19^\circ 26' 12''.33$.

Por vía de ejercicio pongo á la vista los datos referentes á las observaciones del 24 de Diciembre de 1856. El telescopio estaba tan cerca del meridiano, que fueron sensiblemente nulas las reducciones á este plano, y por eso no constan las horas de observación.

ESTRELLAS.	DECLINACIONES.	NIVEL.		MICRÓMETRO.	LATITUD.
		<i>o</i>	<i>e</i>		
672 S.	7° 54' 00''.1	45.5	49.0	+ 7.30	19° 25' 52''.67
752 N.	31 9 37 .7	46.0	48.5	- 9.33	
798 S.	11 49 39 .7	46.5	48.0	+ 0.03	19 25 52 .82
831 N.	27 5 58 .9	47.0	47.5	- 5.40	
971 S.	18 14 44 .3	48.0	46.5	- 7.37	19 25 52 .43
999 N.	20 30 52 .2	47.0	48.0	+ 1.21	
1055 N.	21 32 5 .2	48.0	47.0	- 2.97	19 25 55 .64
1096 S.	17 21 48 .1	50.0	45.5	- 0.08	

270.—Si el lector se ha formado una idea exacta del telescopio zenital, comprenderá fácilmente que el método de Talcott puede aplicarse con cualquier instrumento provisto de micrómetro y de un buen nivel, ya sea que su inversión se verifique en virtud de una semi-revolución azimutal, ó ya quitándolo de sus apoyos, como sucede en el telescopio común de tránsitos. La única circunstancia que se requiere es que, en sus dos posiciones, permanezca invariable el ángulo formado por el nivel y el antejo, y desde este punto de vista, hay muchos instrumentos que pueden emplearse ventajosamente para aplicar este procedimiento, el altazimut entre otros.

El altazimut portátil no tiene á veces micrómetro en el ocular, en cuyo caso no puede aplicarse en rigor el método de Talcott, porque será preciso medir con la graduación del círculo vertical la cantidad $z - z'$ que entra en la fórmula. Sin embargo, si es pequeña la diferencia $z - z'$, creo que pueden obtenerse resultados tan exactos como con el telescopio zenital, con tal que las lecturas del círculo puedan aproximarse á 1'', y esto es bastante común en el altazimut, que, por lo general, tiene microscopios micrométricos en lugar de vernieres para estimar las fracciones de la graduación (número 44).

Con el altazimut de esta construcción, y aun con el círculo vertical común, puede medirse la latitud siguiendo el mismo plan de Talcott, si no con todas las ventajas que provienen del uso del telescopio zenital, al menos con la de lograr la eliminación más ó menos completa de los errores angulares constantes; pues es evidente que en la cantidad $z - z'$ sólo quedará la diferencia de los errores peculiares á los puntos cuyas graduaciones sean z y z' , y la parte de error accidental, como es el de lectura, aproximación, etc. Si se procura que $z - z'$ no sea considerable, hay en general fundamento para creer que su valor resulte sensiblemente exacto.

El modo de observar con estos instrumentos consistirá en dirigir el antejo á la primera estrella cerca del meridiano, y luego que se tenga en la intersección de los hilos, anotar la hora, las indicaciones del nivel y la graduación del limbo. En seguida, dejando fijo el círculo, hacerlo girar 180° en azimut al derredor de la columna vertical, dirigiendo después el telescopio, por medio de su movimiento

independiente, á la segunda estrella, con el fin de recoger los nuevos datos de hora, nivel y graduación. Procediendo de esta manera, las indicaciones z y z' se obtienen en puntos del limbo no muy distantes uno de otro, y por consiguiente, con más probabilidad de exactitud.

Siguiendo el mismo principio se obtienen muy buenos resultados aun con el sextante, á pesar de que en este instrumento no se puede eliminar el error de excentricidad en cada lectura, por no tener más que un vernier, y de ser este error á veces muy diverso en puntos de la graduación bastante próximos, según se ha indicado en el número 166. Pongo en seguida las últimas observaciones de este género que hice en San Luis Potosí, las cuales, aunque son en rigor dos series completas de alturas circunmeridianas, se pueden reducir ó calcular con menos trabajo combinándolas de acuerdo con el procedimiento americano, para obtener desde luego el mismo resultado medio que se obtendría por su reducción independiente.

ABRIL 30 DE 1867.

γ Ursæ majoris.	Sextante.	α Virginis.	Sextante.
9 ^h 23 ^m 6 ^s .5	115° 29' 25"	10 ^h 43 ^m 4 ^s .5	114° 36' 00"
" 27 22.7	" 28 00	" 44 20.5	" 39 10
" 29 22.0	" 26 20	" 45 21.7	" 41 20
" 31 48.0	" 23 35	" 46 40.0	" 43 20
" 33 16.5	" 22 5	" 48 3.7	" 45 5
		" 50 27.0	" 48 15
	115° 25' 53"	" 52 25.2	" 48 20
			114° 43' 4"

La indicación del barómetro era 0^m.617; la del termómetro libre cuando se observó la primera estrella fué 22° .5, y cuando se observó la segunda 22° .0. Aunque estos datos deberían servir para el cálculo de las refracciones, en el caso que considero no hay inconveniente en adoptar la diferencia de refracciones medias prescindiendo de temperatura y presión, á causa de la corta diferencia de altura que tenían las estrellas.

Las horas cronométricas de los tránsitos eran 9^h 22^m 42^s para γ Ursæ y 10^h 53^m 49^s para α Virginis, por lo cual se halla que las reducciones al meridiano son 103'' .3 y 177'' .3 respectivamente.

Como la cuarta parte de la diferencia de indicaciones del sextante representa la cantidad $\frac{1}{2}(z - z')$, y las declinaciones de las estrellas eran: $\delta = -10^\circ 28' 7''.1$ y $\delta' = +54^\circ 26' 5''.2$, tendremos:

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}(\delta + \delta') &= 21^\circ 58' 59''.0 \\ \frac{1}{2}(z - z') &= + 10 42 .2 \\ \frac{1}{2}(r - r') &= + 0 .2 \\ \frac{1}{2}(x - x') &= - 37 .0 \\ \hline \varphi &= 22^\circ 9' 4''.4 \end{aligned}$$

Si con la corrección inicial del sextante, que esa noche fué $e_0 = 1'45''$, se reducen las anteriores observaciones como circunmeridianas, lo que necesariamente aumenta el trabajo, se encontrará:

$$\begin{aligned} \text{Por } \gamma \text{ Ursæ maj} &\dots\dots\dots \varphi = 22^\circ 9' 24'' \\ \text{Por } \alpha \text{ Virginis} &\dots\dots\dots \varphi = 22 8 45 \end{aligned}$$

cuyo promedio reproduce la latitud obtenida antes, y cuya semidiferencia 19'' .5 proviene, al menos en su mayor parte, del error del sextante, que produce efectos contrarios en las observaciones al Norte y al Sur del zenit. La corrección que indica es $\Delta G = -39''$.