

CIENCIAS.

MEMORIA RELATIVA

A LA DETERMINACION DE LA

ALTURA DEL POPOCATEPETL

SOBRE EL NIVEL DEL OCEANO.

ESCRITA POR EL INGENIERO

MIGUEL M. RONCE DE LEON,

MIEMBRO HONORARIO DE LA SOCIEDAD MEXICANA DE GEOGRAFIA Y ESTADISTICA.

Azimuthes en el Observatorio meteorológico de la Escuela de Ingenieros de esta capital y en el vértice del Popocatepetl, del plano que pasa por estos puntos y por el centro de la tierra.—Determinacion de la línea geodésica comprendida entre el Observatorio y el Popocatepetl.—Determinacion de la altura del Popocatepetl sobre el nivel del Océano.

AZIMUTES EN EL OBSERVATORIO METEOROLÓGICO DE LA ESCUELA DE INGENIEROS DE ESTA CAPITAL Y EN EL VÉRTICE DEL POPOCATEPETL, DEL PLANO QUE PASA POR ESTOS PUNTOS Y POR EL CENTRO DE LA TIERRA.

Conociendo la latitud L' del Observatorio, la latitud L y la longitud P del vértice del Popocatepetl, y suponiendo que estos puntos y el polo Norte de la tierra están unidos con arcos de círculos máximos, se formará un triángulo esférico, en el cual se conocen los lados

$$\begin{aligned} 90^\circ - L' &= c' \\ 90^\circ - L &= c \end{aligned}$$

Tambien es conocido el ángulo P que en el polo forman estos lados, puesto que su medida es la Longitud del vértice del Popocatepetl respecto del Observatorio. Llamando Z' el azimuth del Popocatepetl en el Observatorio, y Z el azimuth de este punto en el Popocatepetl, se tienen los siguientes elementos para la resolucion del triángulo:

$$\begin{aligned} L' &= 19^\circ 26' 12.''3 \\ L &= 19 01 22. 0 \\ P &= 00 29 29. 0 \\ c' &= 70 33 47. 7 \\ c &= 70 58 38. 0 \end{aligned}$$

CÁLCULO DE LOS AZIMUTES Z' Y Z .

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} P &= 00^\circ 14' 44.''50 \dots \log. \cot. = 2.3677315 \\ \frac{1}{2} (c - c') &= 00 12 25. 15 \dots \log. \text{sen.} = 7.5570879 \\ \frac{1}{2} (c + c') &= 70 46 12. 85 \dots \text{com. log. sen.} = 0.0249335 \\ & \qquad \qquad \qquad 9.9504729 = \log. \text{tang. } \frac{1}{2} (Z' - Z) \end{aligned}$$

$$\frac{1}{2} (Z' - Z) = 41^\circ 44' 24.''15$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} P &= 00^\circ 14' 44.''50 \dots \log. \cot. = 2.3677315 \\ \frac{1}{2} (c - c') &= 00 12 25. 15 \dots \log. \text{cos.} = 9.9999972 \\ \frac{1}{2} (c + c') &= 70 46 12. 85 \dots \text{com. log. cos.} = 9.4823329 \\ & \qquad \qquad \qquad 2.8500616 = \log. \text{tang. } \frac{1}{2} (Z' + Z) \end{aligned}$$

$$\frac{1}{2} (Z' + Z) = 89^\circ 51' 08.''66$$

Conociendo la semisuma y la semidiferencia de estos arcos, se encuentra:

$$\begin{aligned} \text{Azimut del Popocatepetl} &= Z' = 131^\circ 39' 32.''81 \\ \text{Azimut del Observatorio} &= Z = 48 10 44. 51 \end{aligned}$$

Para determinar el valor de Z' se ha supuesto que la tierra tiene una forma esférica; mas no siendo exacta esta suposicion, es necesario introducir en el cálculo el aplanamiento polar, del modo que sigue:

$$\begin{aligned} L' &= 19^\circ 26' 12.''30 \\ L &= 19 01 22. 00 \\ & \qquad \qquad \qquad - 24' 50.''30 = - 1490.''3 = L - L' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} e^2 &= 0.00648 = \text{Doble aplanamiento} \dots \log. = 7.8115750 \\ L &= 19^\circ 01' 22.'' \dots 2 \log. \text{cos.} = 9.9512212 \\ & \qquad \qquad \qquad 7.7627962 = \log. e^2 \cos.^2 L \end{aligned}$$

$$e^2 \cos.^2 L = 0.005792$$

$$\begin{aligned} 1 + e^2 \cos.^2 L & \dots \log. = 0.0025082 \\ L' = 19^\circ 26' 12.''3 & \dots \log. \text{cos.} = 9.9745160 \\ P = 1769'' = \text{Long. del Popocatepetl} & \dots \log. = 3.2477278 \\ & \qquad \qquad \qquad 3.2247520 \log. \text{ Numerador.} \end{aligned}$$

0.5.....log.	= 9.6989700
$P = 1769''$2 log.	= 6.4954556
$L' = 19^\circ 26' 12.''3$...2 log. cos.	= 9.9490320
$L = 19^\circ 01' 22.''$log. tang.	= 9.5375325
I''log. sen.	= 4.6855749
$1 + e^2 \cos^2 L$log.	= 0.0025082
<hr/>	
0.3690732 = log.....	— 2.''3392
$L - L'$	= — 1490. 3
<hr/>	
Denominador	= — 1492.''6392

Numerador.....log.	= 3.2247520
Denominador.....log.	= 3.1739547

0.0507973 = log. tang. Z''

$Z'' = 48^\circ 20' 35.''47$

Siendo negativa la tangente del ángulo Z' , se obtendrá su valor tomando el suplemento de Z'' . Por lo mismo, se tiene:

Azimut del Popocatepetl en el Observatorio = $Z' = 131^\circ 39' 24.''53$

Si se compara este resultado con el obtenido anteriormente, se encuentra la pequeña diferencia de 8.''28 de arco.

DETERMINACION DE LA LÍNEA GEODÉSICA COMPRENDIDA ENTRE EL OBSERVATORIO Y EL POPOCATEPETL.

Para determinar la longitud de esta línea, es necesario conocer el valor de la Grande Normal de la tierra, para un punto cuya latitud es el promedio entre las latitudes del Observatorio y del Popocatepetl, por medio de la siguiente fórmula:

$$N = \frac{a}{(1 - e^2 \cos^2 L)^{\frac{1}{2}}}$$

en la cual representan:

- N = Grande normal.
- a = Radio del Ecuador terrestre = 6376986 metros.
- e^2 = Doble del aplanamiento polar.
- L'' = Latitud media = $19^\circ 13' 47.''2$

Sustituyendo valores en la expresion anterior, se tiene:

$e^2 = 0.00648$log.	= 7.8115750
$L'' = 19^\circ 13' 47.''2$2 log. sen.	= 9.0353348
<hr/>	
	6.8469098 = log. $e^2 \cos^2 L''$
$e^2 \cos^2 L''$	= 0.0007029
$1 - e^2 \cos^2 L''$	= 0.9992971
$(1 - e^2 \cos^2 L'')^{\frac{1}{2}}$	= 0.99964
$a = 6376986$ metros.....log.	= 6.8046155
$(1 - e^2 \cos^2 L'')^{\frac{1}{2}}$com. log.	= 0.0001527
<hr/>	
	6.8047682 = log. N .

Conociendo la longitud de la Grande Normal, se determinará la línea geodésica comprendida entre el Observatorio y el Popocatepetl de la manera siguiente:

Nlog.	= 6.8047682
$P = 1769''$log.	= 3.2477278
$L' = 19^\circ 26' 12.''3$log. cos.	= 9.9745160
I''log. sen.	= 4.6855749
$Z' = 139^\circ 39' 24.''53$ com. log. sen.	= 0.1265984

4.8391853 = log. ϕ = log. Línea geodésica.

Conocida esta Línea sobre el nivel del Océano, es necesario determinar su proyeccion perspectiva K , sobre el plano trazado perpendicularmente al radio de la tierra, que pasa por el punto cuya latitud es igual á $19^\circ 13' 42.''2$, y para esto se determinará primero el radio referido, por medio de la fórmula

$$R = a(1 - e^2 \cos^2 L'')^{\frac{1}{2}}$$

Sustituyendo los valores de las cantidades que representan las letras, se tiene:

alog.	= 6.8046155
$(1 - e^2 \cos^2 L'')^{\frac{1}{2}}$log.	= 9.9998473

6.8044628 = log. R .

El logaritmo tabular de K se determina por medio de la expresion

$$\log. K = \log. \phi + \frac{Mh}{R} - \frac{M\phi^2}{24R^2}$$

en la cual representan:

- K = Cantidad desconocida.
- M = Módulo de los logaritmos neperianos.
- h = 2285 metros = Altura del observatorio sobre el nivel del Océano.
- R = Radio de la tierra á la Latitud media.

Sustituyendo valores en la fórmula anterior, se tiene:

$$\begin{aligned} \phi & \dots \dots \dots \log. = 4.8391853 \\ M & \dots \dots \dots \log. = 9.6377843 \\ h & \dots \dots \dots \log. = 3.3588862 \\ R & \dots \dots \dots \text{com. log.} = 3.1955372 \\ & \dots \dots \dots + 0.0001557 = \frac{Mh}{R} \\ & \dots \dots \dots 6.1922077 \\ M & \dots \dots \dots \log. = 9.6377843 \\ \phi^2 & \dots \dots \dots \log. = 9.6783706 \\ 24 R^2 & \dots \dots \dots \text{com. log.} = 2.2287144 \\ & \dots \dots \dots 1.5448693 \\ & \dots \dots \dots - 0.0000001 = \frac{M\phi^2}{24R^2} \\ & \dots \dots \dots \log K = 4.8393409 \end{aligned}$$

La distancia horizontal comprendida entre el Observatorio y la proyeccion horizontal del vértice del Popocatepetl es de 69079 metros, la cual equivale á 69.079 kilómetros, ó tambien á 16.48 leguas mexicanas.

DETERMINACION DE LA ALTURA DEL POPOCATEPETL SOBRE EL NIVEL DEL OCÉANO.

Para determinar en el Observatorio la distancia zenital del vértice del Popocatepetl, se empleó un *Universal Ertel*, leyendo las indicaciones de sus dos *nonius* en cada uno de los dos círculos verticales. Los resultados son los siguientes:

UNIVERSAL ERTEL QUE APROXIMA Á 10".

PRIMERA POSICION DE LOS CIRCULOS.		SEGUNDA POSICION DE LOS CIRCULOS.		DISTANCIA ZENITAL DEL VERTICE DEL POPOCATEPETL.
Primer círculo.	Segundo círculo.	Primer círculo.	Segundo círculo.	
87° 40' 10"	87° 39' 10"	87° 44' 50"	87° 44' 50"	87° 42' 15"

Conociendo este elemento y la distancia *K*, se determinará la altura relativa del Popocatepetl sobre el nivel del Observatorio, por medio de la fórmula

$$X = K \cot z + \frac{K^2}{R} (0.5 - m)$$

en la cual representan:

- X* = Altura del Popocatepetl sobre el nivel del Observatorio.
- K* = Distancia últimamente determinada.
- z* = Distancia zenital del vértice del Popocatepetl en el Observatorio.
- R* = Radio de la tierra á la latitud media.
- m* = Coeficiente de la refaccion para México = 0.05059.

Sustituyendo valores en la expresion anterior, se tiene:

$$\begin{aligned} K & \dots \dots \dots \log. = 4.8393394 \\ z = 87^\circ 42' 15'' & \dots \dots \dots \log. \cot. = 8.6030502 \\ & \dots \dots \dots 3.4423896 = \log. 2769.^m5 \\ K^2 & \dots \dots \dots 2 \log. = 9.6786786 \\ 0.5 - 0.05059 & \dots \dots \dots \log. = 9.6526427 \\ R & \dots \dots \dots \text{com. log.} = 3.1955372 \\ & \dots \dots \dots 2.5268585 = \log. 336.^m4 \\ & \dots \dots \dots 3105.^m9 = X \end{aligned}$$

Siendo la altura del Popocatepetl sobre el Observatorio igual á 3106 metros, y la de este punto sobre el nivel del Océano de 2285 metros, resulta que la altura del Popocatepetl sobre el referido nivel del Océano, es de 5391 metros. Esta altura equivale tambien á una legua mexicana y veintinueve centésimos de otra.

México, Octubre 3 de 1870.

MIGUEL M. PONCE DE LEON.

SECRETARIA DEL GOBIERNO DEL ESTADO DE SONORA.

NOTICIA QUE MANIFIESTA EL MOVIMIENTO DE LA POBLACION EN TODO EL AÑO DE 1869.

DISTRITOS.	MOVIMIENTO CIVIL DE LA POBLACION.									
	MATRIMONIOS.		NACIMIENTOS.			DEFUNCIONES.			POBLACION.	
	Efectuados	Proyectados.	Hombres	Mujeres.	TOTAL.	Hombres	Mujeres.	TOTAL.	Aumen- to.	Diminu- cion.
1 Centro.										
La capital.....	43	»	67	97	164	174	157	331	»	167
Los pueblos....	47	»	126	54	180	182	172	354	»	174
2 Hermosillo....	57	»	154	165	319	576	475	1,051	»	732
3 Guaymas.....	28	»	48	36	84	129	131	260	»	176
4 Alamos.....	53	»	356	333	689	162	157	319	370	»
5 Sahuaripa....	40	»	72	73	145	50	55	105	40	»
6 Moctezuma....	50	»	134	180	314	89	58	147	167	»
7 Arizpe.....	37	»	49	62	111	85	80	165	»	54
8 Magdalena....	36	»	23	27	50	89	68	157	»	107
9 Altar.....	44	»	120	121	241	155	133	288	»	47
Total.....	485	»	1,149	1,148	2,297	1,691	1,486	3,177	577	1,457

RESUMEN.

HOMBRES.		MUJERES.	
Nacieron.....	1,149	Nacieron.....	1,148
Murieron.....	1,691	Murieron.....	1,486
Diminucion.....	542	Diminucion.....	338

BAJA DE POBLACION.

Hombres.....	542
Mujeres.....	338
Total.....	880

Ures, Julio 22 de 1870.—C. Ramirez, secretario.—Vº Bº—Pesqueira.

NOTA.—El déficit de poblacion consiste principalmente en que estando los cementerios al exclusivo cargo de los jueces del estado civil, estos pueden rendir noticias exactas de las defunciones, pero muy incompletas en cuanto á los nacimientos, por la falta en que generalmente incurren los padres de familia omitiendo la presentacion de sus hijos al registro.

SECRETARIA DEL GOBIERNO DEL ESTADO DE SONORA.

NOTICIA QUE MANIFIESTA EL MOVIMIENTO DE LA POBLACION EN EL PRIMER SEMESTRE DEL CORRIENTE AÑO.

DISTRITOS.	MOVIMIENTO CIVIL DE LA POBLACION.									
	MATRIMONIOS.		NACIMIENTOS.			DEFUNCIONES.			POBLACION.	
	Efectuados	Proyectados.	Hombres	Mujeres.	TOTAL.	Hombres	Mujeres.	TOTAL.	Aumen- to.	Diminu- cion.
1 Centro.										
La capital.....	9	»	4	3	7	41	42	83	»	76
Los pueblos....	2	»	»	»	»	3	2	5	»	5
2 Hermosillo....	12	»	9	5	14	144	106	250	»	236
3 Guaymas.....	11	»	9	10	19	39	25	64	»	45
4 Alamos.....	18	»	4	9	13	36	49	85	»	72
5 Sahuaripa....	7	»	2	1	3	7	10	17	»	14
6 Moctezuma....	5	»	6	4	10	17	18	35	»	25
7 Arizpe.....	17	»	5	1	6	96	83	179	»	173
8 Magdalena....	3	»	1	1	2	17	22	39	»	37
9 Altar.....	5	»	2	5	7	73	67	140	»	133
Total.....	89	»	42	39	81	473	424	897	»	816

RESUMEN.

HOMBRES.		MUJERES.	
Nacieron.....	42	Nacieron.....	39
Murieron.....	473	Murieron.....	424
Diminucion.....	431	Diminucion.....	385

BAJA DE POBLACION.

Hombres.....	331
Mujeres.....	385
Total.....	816

Ures, Julio 22 de 1870.—C. Ramirez, secretario.—Vº Bº—Pesqueira.

NOTA.—El déficit de poblacion consiste principalmente en que estando los cementerios al exclusivo cargo de los jueces del estado civil, estos pueden rendir noticias exactas de las defunciones, pero muy incompletas en cuanto á los nacimientos, por la falta en que generalmente incurren los padres de familia omitiendo la presentacion de sus hijos al registro.