COEFICIENTE DE REFRACCION.

Uno de los problemas cuya solucion es entre nosotros de verdadera utilidad práctica, es el que tiene por objeto determinar el valor de lo que se llama coeficiente de refraccion. Las muy pocas observaciones que se han hecho con ese objeto en nuestro suelo, y la falta de simultaneidad en ellas, daba por resultado que en la realidad careciésemos de un dato tan importante en la práctica del Ingeniero. Las leyes de la refraccion atmosférica son, es cierto, muy poco conocidas, y aun podriamos decir que toca á la imposibilidad conocer la naturaleza de la trayectoria que sigue la luz al atravesar las capas atmosféricas; pero si creemos haber dado una solucion al problema antes enunciado, es en vista únicamente de los mejores medios con que hasta ahora cuenta la ciencia. Las mismas variaciones que sufre el coeficiente de refraccion, variaciones que muchas veces no siguen una ley determinada, disminuyen la confianza que pudiera tenerse; de manera que la dificultad ó imposibilidad de obtener resultados que fueran bastante conformes, no puede depender, por lo menos en su mayor parte, ni del método empleado, ni de los instrumentos, ni de los errores de observacion, sino sobre todo, de la naturaleza misma del medio que atraviesa la luz, medio no solamente variable por la temperatura, sino por otras muchas causas extraordinarias, como vapores acuosos y emanaciones heterogé-

neas, que notablemente deben modificar la densidad y naturaleza refringente de la atmósfera, principalmente en sus capas inferiores.

Todas estas causas juntamente con la renovacion constante de unas capas por otras, pueden producir á la vez una refraccion lateral, y hacer aún, que en algunos casos, como hábiles ingenieros lo han observado, la curva convexa de la luz, en virtud de la refraccion, se convierta en cóncava.

El procedimiento que cuenta con las mejores condiciones para la determinacion del coeficiente de refraccion, es aquel que consiste en situarse dos observadores en dos puntos que disten lo más que sea posible, y medir simultánea y recíprocamente, las distancias zenitales de los puntos respectivos en que están situados. Establecidos los dos Observatorios, el Central de Palacio, bajo la direccion del Sr. Ingeniero geógrafo D. Francisco Jimenez, y el Nacional de Chapultepec, bajo mi direccion, tuvo la idea el Sr. Jimenez de que emprendiésemos una serie de observaciones con el fin antes indicado, estando bajo todas las buenas condiciones que podian apetecerse para obtener los mejores resultados, porque si bien es cierto habria sido de desear que la distancia hubiese sido mayor, la que existe no deja de ser bastante grande para alcanzar un éxito satisfactorio.

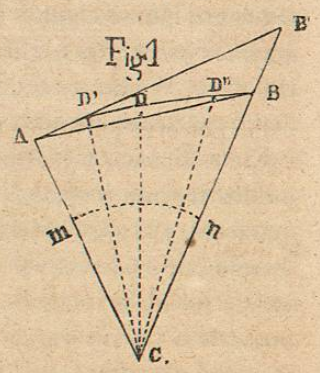
El magnífico altazimut de Chapultepec, con aproximacion de 1″; la exactitud y sensibilidad de sus niveles; la perfeccion en todas sus partes, y su completa estabilidad, no dejan nada que desear en observaciones angulares de mucha precision. El instrumento que se empleó en Palacio no reune, es verdad, todas aquellas excelentes condiciones, pero sí las bastantes para nuestro objeto, dando aproximacion de 10″, y con la ventaja sobre el de Chapultepec, de estar en manos bastante hábiles y prácticas.

El Sr. Jimenez y yo convenimos en hacer dos observaciones en un dia de cada semana, siendo la primera á las 10^h A. M. próximamente, y la segunda á las 7 P. M. todos los miércoles, durante un año por lo menos, con lo que podiamos tener un promedio como de 100 observaciones, hechas bajo distintas condiciones de hora, de temperatura, de presion atmosférica y estado higrométrico del aire, por el cambio sobre todo de estacion.

Así hemos logrado hacerlo con pequeñas alteraciones inevitables, habiendo comenzado el 15 de Enero de 1879, y terminado el 22 de Diciembre del mismo año.

Entremos, pues, en algunos detalles de cálculo. Es bien sabido que cuando la luz pasa de un medio á otro de distinta densidad, sufre un desvío en su direccion primitiva, que es lo que constituye el fenómeno de la refraccion. Si la transicion tiene lugar de un medio menos denso á otro más denso, el rayo luminoso se refracta acercándose á la perpendicular llevada por el punto de incidencia á la superficie del medio. La física tambien enseña que la densidad de la atmósfera no es igual en todas sus partes, sino que va decreciendo sucesivamente de abajo hácia arriba, lo que hace que un rayo luminoso no solamente se refracte al llegar al límite atmosférico, sino que el desvío vaya aumentando sucesivamente hasta llegar á la tierra, formando una curva en lugar de una línea quebrada, cuya concavidad quedará hácia la tierra. De aquí resulta que el rayo luminoso desprendido de un astro que está sobre nuestro horizonte, llegando á nuestra retina nos hará ver el astro un poco más alto de lo que realmente está, proyectándolo sobre la esfera celeste segun la tangente á la curva; por consiguiente, á una distancia zenital tomada habrá que añadirle el ángulo formado por las dos rectas que, partiendo del ojo observador, terminan en el astro real y en el astro ficticio á que se refiere la vision del ojo.

Si el objeto observado está sobre la superficie de la tierra, en B por ejemplo, el rayo luminoso que trasmite su imágen al ojo A del observador, formará tambien una curva cuya cuerda A B y la tangente A B′ formarán el ángulo de refraccion. Aunque realmente no se conozca la naturaleza de la trayectoria A B, atendiendo á la pequeña extension que siempre tiene, puede considerarse, sin error sensible, como un arco de círculo, y es fácil comprender entonces que el ángulo de refraccion es proporcional al arco de la trayectoria.

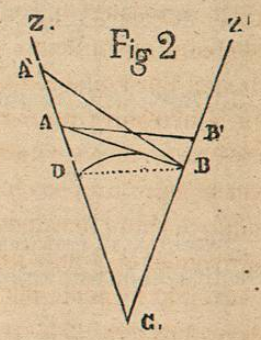


Por otra parte, siendo C el centro de la tierra, A C y B C las verticales de los puntos A y B, m n el arco que mide el ángulo en C, si fijamos los puntos D D′ D″, sus verticales respectivas dividirán el arco m n en partes sensiblemente proporcionales á las en que quede dividida la trayectoria A B; por consiguiente podemos sentar que la refraccion, que llamaremos r, será proporcional al ángulo C que forman las verticales de los extremos de la curva de refraccion; principio que expresado analíticamente será

$$r = c.\ C \ldots\ldots (1).$$

La determinacion del coeficiente c es lo que forma el objeto de esta parte de mi Memoria.

Sean A y B dos puntos sobre la superficie de la tierra á una distancia tal que sus verticales Z C y Z′ C no puedan considerarse como paralelas: sea A′ el punto en que por la refraccion seria visto el punto A desde B, y B′ aquel en que lo seria B visto desde A. Llamaremos Z y Z′ respectivamente las distancias zenitales, aparentes Z A B′ y Z′ B A′; r el ángulo de refraccion B A B′ y r′ el ángulo A B A′.



Las distancias zenitales verdaderas serán

$$Z\,A\,B = z + r$$
$$Z'\,B\,A = z' + r'$$

de donde

$$Z\,A\,B + Z'\,B\,A = z + z' + r + r'$$

Mas por otra parte tenemos

$$Z\,A\,B = 180 - B\,A\,C$$
$$Z'\,B\,A = 180 - A\,B\,C$$

de donde

$$\begin{aligned} Z\,A\,B + Z'\,B\,A &= 360 - (B\,A\,C + A\,B\,C) \\ &= 360 - (180^\circ - C) \\ &= 180^\circ + C. \end{aligned}$$

Por consiguiente

$$r + r' = 180^\circ + C - (z + z')$$

Esta ecuacion nos indica que si dos observadores colocados en A y B toman simultánea y recíprocamente las distancias zenitales z y z′, las refracciones r y r′ pueden considerarse iguales, por ser iguales las circunstancias atmosféricas y comun la distancia A B; en tal virtud la última ecuacion se convierte en

$$r = 90^\circ + \tfrac{1}{2} C - \tfrac{1}{2} (z + z')$$

Sustituyendo este valor en la ecuacion (1) y despejando c se tiene

$$c = \frac{90^\circ + \frac{1}{2} C - \frac{1}{2} (z + z')}{C} = 0.5 - \frac{\frac{1}{2} (z + z') - 90^\circ}{C.} \ldots\ldots (2).$$

El valor de C se puede calcular por la siguiente fórmula:

$$C = \frac{k}{R \operatorname{sen} 1''}$$

Siendo k la distancia B D y R el radio medio de la tierra. Sustituyendo este valor en la fórmula (2) tendremos por último

$$c = 0.5 - \frac{\frac{1}{2} (z + z') - 90^\circ}{k} R \operatorname{sen} 1''$$

Debemos advertir que R representa el radio correspondiente á la latitud média aumentado con la altitud del lugar, siendo en nuestro caso el primero de 6.379755^m y la segunda de 2283^m; resultando por consiguiente $R = 6.382038^m$. Además, $k = 5.429^m3$, confundiéndose sin error sensible con el arco.

Sumando los logaritmos de R y sen 1″ y restando el de k, la fórmula se convierte para nuestro caso particular en la siguiente:

$$c = 0.5 - (7.75579) \frac{z + z' - 180^\circ}{2} \ldots\ldots (3).$$

La siguiente tabla contiene los datos z y z′ á la vez que las fechas y las horas en que se hicieron las observaciones.

Observaciones simultáneas y recíprocas hechas en los Observatorios Astronómico Nacional de Chapultepec y Central de México, para determinar el coeficiente de refraccion.

FECHAS	HORAS	Distancias zenitales observadas en Chapultepec = z	Distancias zenitales observadas en México = z′
15 de Enero de 1879.....	11h 00m A. M.	90°22′59″2	89°39′25″9
15 „ „	7.45 P. M.	„ 22 44.8	„ „ 19.5
20 „ „	11.00 A. M.	„ 22 53.8	„ „ 46.9
20 „ „	7.30 P. M.	„ 22 51.2	„ „ 24.9
29 „ „	10.40 A. M.	„ 22 48.4	„ „ 37.1
29 „ „	8.20 P. M.	„ 22 54.7	„ „ 27.5
12 de Febrero de 1879....	11.15 A. M.	„ 22 58.3	„ „ 32.5
12 „ „	7.00 P. M.	„ 22 39.3	„ „ 0.5
19 „ „	10.20 A. M.	„ 22 56.6	„ „ 43.6
19 „ „	7.00 P. M.	„ 22 56.6	„ „ 30.4
24 „ „	10.30 A. M.	„ 23 03.4	„ „ 43.6
24 „ „	6.50 P. M.	„ 22 53.0	„ „ 27.5
5 de Marzo de 1879.....	10.20 A. M.	„ 23 2.3	„ „ 36.8
5 „ „	7.00 P. M.	„ 22 54.6	„ „ 33.6
12 „ „	1.00 P. M.	„ 23 5.8	„ „ 47.6
12 „ „	7.30 P. M.	„ 22 52.6	„ „ 40.4
19 „ „	10.30 A. M.	„ 22 59.5	„ „ 58.7
19 „ „	7.00 P. M.	„ 22 48.9	„ „ 20.1
26 „ „	11.00 A. M.	„ 23 0.3	„ „ 42.4
26 „ „	7.00 P. M.	„ 22 51.5	„ „ 24.9
2 de Abril de 1879.....	11.30 A. M.	„ 23 5.9	„ „ 38.5
2 „ „	7.00 P. M.	„ 22 53.0	„ „ 15.0
9 „ „	11.00 A. M.	„ 23 4.8	„ „ 38.4
14 „ „	7.00 P. M.	„ 22 48.3	„ „ 23.9
16 „ „	11.00 A. M.	„ 22 58.8	„ „ 26.4
16 „ „	7.00 P. M.	„ 22 52.0	„ „ 22.6
23 „ „	10.45 A. M.	„ 22 59.7	„ „ 51.1
23 „ „	7.10 P. M.	„ 22 50.9	„ „ 37.1
30 „ „	11.00 A. M.	„ 22 57.7	„ „ 44.4
30 „ „	7.30 P. M.	„ 22 52.6	„ „ 31.9
7 de Mayo de 1879.....	10.30 A. M.	„ 23 3.1	„ „ 43.2
7 „ „	6.30 P. M.	„ 22 54.7	„ „ 23.0
21 „ „	11.20 A. M.	„ 23 0.8	„ „ 44.2
21 „ „	7.50 P. M.	„ 22 54.6	„ „ 25.7
27 „ „	10.25 A. M.	„ 23 4.1	„ „ 38.2
28 „ „	7.00 P. M.	„ 22 54.9	„ „ 34.7
6 de Junio de 1879.....	10.40 A. M.	„ 22 57.3	„ „ 54.2
6 „ „	7.30 P. M.	„ 22 49.4	„ „ 21.0
11 „ „	10.50 A. M.	„ 23 00.2	„ „ 50.2
11 „ „	7.10 P. M.	„ 22 54.1	„ „ 30.7
18 „ „	11.30 A. M.	„ 22 58.6	„ „ 39.7
20 „ „	7.20 P. M.	„ 22 50.8	„ „ 30.4
25 „ „	10.40 A. M.	„ 22 59.2	„ „ 57.7
25 „ „	7.00 P. M.	„ 22 50.2	„ „ 37.4
2 de Julio de 1879.....	10.50 A. M.	„ 22 59.6	„ „ 42.5
2 „ „	7.30 P. M.	„ 22 53.5	„ „ 33.6
8 „ „	0.30 P. M.	„ 22 55.8	„ „ 50.0
10 „ „	7.30 P. M.	„ 22 50.3	„ „ 37.8
16 „ „	10.40 A. M.	„ 23 2.9	„ „ 58.2
16 „ „	7.30 P. M.	„ 22 50.4	„ „ 37.0

FECHAS	HORAS	Distancias zenitales observadas en Chapultepec = z	Distancias zenitales observadas en México = z'
23 de Julio de 1879.....	$11^h\ 30^m$ A. M.	90°23′ 1″0	89°39′42″9
23 „ „	8.00 P. M.	„ 22 50.3	„ „ 33.6
30 „ „	11.20 A. M.	„ 23 1.1	„ „ 38.1
30 „ „	7.40 P. M.	„ 22 56.0	„ „ 32.6
6 de Agosto de 1879.....	0.10 P. M.	„ 22 54.1	„ „ 50.8
6 „ „	7.20 P. M.	„ 22 55.8	„ „ 39.1
13 „ „	11.30 A. M.	„ 22 55.6	„ „ 56.4
13 „ „	7.30 P. M.	„ 22 55.9	„ „ 22.9
20 „ „	11.30 A. M.	„ 22 55.3	„ „ 38.2
20 „ „	7.45 P. M.	„ 22 50.8	„ „ 34.4
29 „ „	11.30 A. M.	„ 22 59.2	„ „ 47.3
29 „ „	7.30 P. M.	„ 22 46.6	„ „ 19.9
3 de Setiembre de 1879..	0.30 P. M.	„ 22 56.4	„ „ 44.4
3 „ „	7.30 P. M.	„ 22 55.6	„ „ 38.7
10 „ „	11.20 A. M.	„ 22 57.5	„ „ 53.6
10 „ „	7.10 P. M.	„ 22 50.7	„ „ 34.2
17 „ „	11.30 A. M.	„ 22 52.5	„ „ 54.2
17 „ „	6.30 P. M.	„ 22 51.9	„ „ 33.4
24 „ „	11.00 A. M.	„ 22 57 2	„ „ 44.9
24 „ „	7.30 P. M.	„ 22 53.7	„ „ 37.4
7 de Octubre de 1879....	11.00 A. M.	„ 23 1.5	„ „ 57.6
7 „ „	6.30 P. M.	„ 22 53.8	„ „ 35.7
8 „ „	11.20 A. M.	„ 22 59.1	„ „ 44.9
8 „ „	7.00 P. M.	„ 22 55.5	„ „ 36.1
9 „ „	11.00 A. M.	„ 23 0.3	„ „ 52.2
9 „ „	6.50 P. M.	„ 22 53.7	„ „ 29.6
10 „ „	11.15 A. M.	„ 23 1.1	„ „ 48.1
10 „ „	6.30 P. M.	„ 22 53.6	„ „ 29.6
20 „ „	11.00 A. M.	„ 22 59.9	„ „ 38.6
20 „ „	6.50 P. M.	„ 22 46.5	„ „ 30.0
29 „ „	11.00 A. M.	„ 23 2.3	„ „ 45.5
29 „ „	645. P. M.	„ 23 4.9	„ „ 35.7
5 de Noviembre de 1879..	11.30 A. M.	„ 22 54.8	„ „ 57.1
5 „ „	7.00 P. M.	„ 22 52.8	„ „ 40.7
12 „ „	10.00 A. M.	„ 22 58.2	„ „ 49.4
12 „ „	7.00 P. M.	„ 22 52.9	„ „ 34.0
22 „ „	11.30 A. M.	„ 22 58.2	„ „ 48.5
22 „ „	6.30 P. M.	„ 22 47.7	„ „ 28.4
26 „ „	11.15 A. M.	„ 22 58.1	„ „ 49.2
26 „ „	6.20 P. M.	„ 22 42.4	„ „ 37.7
2 de Diciembre de 1879..	11.00 A. M.	„ 22 59.1	„ „ 26.6
3 „ „	7.00 P. M.	„ 22 34.6	„ „ 11.8
10 „ „	11.30 A. M.	„ 23 00.1	„ „ 42.7
10 „ „	7.00 P. M.	„ 22 48.8	„ „ 16.2
17 „ „	10.30 A. M.	„ 22 55.2	„ „ 52.1
17 „ „	7.00 P. M.	„ 22 49.4	„ „ 28.4
19 „ „	11.00 A. M.	„ 22 55.6	„ „ 53.5
19 „ „	7.00 P. M.	„ 22 40.0	„ „ 16.2
22 „ „	11.00 A. M.	„ 22 57.6	„ „ 46.5
22 „ „	7.00 P. M.	„ 22 39.6	„ „ 45.2

Las distancias zenitales anteriores fueron tomadas de la manera siguiente: Poniéndonos de acuerdo por medio del teléfono (que de paso diré nos ha prestado eminentes servicios en nues-

tros estudios recíprocos), nos preparábamos á la observacion, dirigiendo convenientemente nuestros anteojos.

Con el fin de que nuestras visuales fueran dirigidas exactamente al eje del telescopio, nos serviamos, en la mañana, de unos reverberos hechos de hojadelata, de forma circular, cuyo diámetro era de 0^m30 con una perforacion circular en el centro, para que, colocados á la altura y en la direccion convenientes, los rayos luminosos llegasen al objetivo, pasando la prolongacion del eje óptico del anteojo por el centro de la perforacion hecha en el reverbero. Puesta la superficie de este en la posicion conveniente, la imágen reflejada del sol, ó una gran parte de sus rayos, llegaban al objetivo del anteojo de la otra estacion, viéndose desde esta el reverbero como una señal muy luminosa y correspondiendo su centro, segun hemos dicho antes, al eje del anteojo. En la noche colocábamos una lámpara á la altura del anteojo, desviándose un poco de la direccion de su eje y moviéndola convenientemente hasta que se veia con entera claridad desde la otra estacion. Todo esto lo haciamos con extraordinaria prontitud, gracias á nuestro admirable auxiliar el teléfono, sin el cual habriamos tenido, como se comprende, grandes y sérias dificultades, tanto para que nuestras observaciones hubiesen sido exactamente simultáneas, como para que nuestras señales hubiesen quedado convenientemente puestas, y las observaciones no hubiesen sido muy prolongadas. Con el teléfono todo lo allanábamos perfectamente bien, dando por medio de él una atencion y un *up* para el momento de tomar la distancia zenital.

Raras veces tuvimos que repetir alguna observacion por algun incidente cualquiera; pero como con el teléfono nos daba el mismo resultado que si un observador no distara del otro más que dos pasos, ó lo mismo que si los dos hubiesen estado en un mismo observatorio, las observaciones las haciamos con cuanta calma, exactitud y perfeccion pueden desearse, llegando hasta disminuir la desconfianza que siempre ha acompañado al que esto escribe, en vista de su tan limitado saber. ¡Gloria al genio inventivo del hombre que tantos prodigios ha alcanzado!

Cada una de las distancias zenitales de la tabla anterior, ha resultado de dos observaciones: una en la posicion directa del

instrumento y otra en la inversa, corregidas además por nivel. Tomábamos tambien las indicaciones del barómetro y termómetro, aunque estas me ha parecido más conveniente ponerlas al lado de los resultados para facilitar la discusion á que pudiesen dar lugar.

Recogidos los datos de la manera explicada antes, nos encontramos ya en aptitud de aplicar la fórmula (3).

El Sr. Jimenez se ha encargado de hacer todos los cálculos, y los resultados obtenidos son los que se ven en la tabla siguiente:

Fechas.	Horas.	Coeficiente de refraccion c.	EN CHAPULTEPEC.		EN MÉXICO.	
			Barómetro reducido á cero.	Term? centíg?	Barómetro reducido á cero.	Term? centíg?
15 Enero 1879...	11h 00m A. M.	0.087	582mm52	17°5	586mm10	18°0
15 „ „	7 45 P. M.	0.146	581.93	14.6	585.50	16.0
20 „ „	11 00 A. M.	0.042	585.23	11.5	589.50	7.8
20 „ „	7 30 P. M.	0.112	583.22	10.5	587.82	11.5
29 „ „	10 40 A. M.	0.085	586.78	16.5	589.53	15.2
29 „ „	8 20 P. M.	0.095	583.78	14.8	587.59	15.6
12 Febrero 1879.	11 15 A. M.	0.070	586.62	16.9	589.22	13.1
12 „ „	7 00 P. M.	0.216	584.42	14.6	586.99	17.5
19 „ „	10 20 A. M.	0.043	586.76	16.5	589.13	15.5
19 „ „	7 00 P. M.	0.081	584.64	16.2	587.39	16.8
24 „ „	10 30 A. M.	0.024	584.74	16.1	585.44	15.2
24 „ „	6 50 P. M.	0.100	582.36	13.6	584.69	13.5
5 Marzo 1879...	10 20 A. M.	0.047	587.08	15.4	587.77	12.8
5 „ „	7 00 P. M.	0.078	585.31	15.3	586.84	15.2
12 „ „	1 00 P. M.	0.006	584.53	20.4	586.31	20.8
12 „ „	7 30 P. M.	+ 0.064	584.75	14.4	586.23	15.2
19 „ „	10 30 A. M.	— 0.008	586.26	20.0	586.60	19.7
19 „ „	7 00 P. M.	+ 0.133	584.64	17.6	589.90	18.7
26 „ „	11 00 A. M.	0.036	584.90	20.8	586.21	18.8
26 „ „	7 00 P. M.	0.111	582.88	17.1	584.85	17.5
2 Abril 1879...	11 30 A. M.	0.032	584.87	20.0	585.41	20.2
2 „ „	7 00 P. M.	0.135	582.74	18.2	483.51	19.0
9 „ „	11 00 A. M.	0.035	584.77	24.2	585.28	25.8
14 „ „	7 00 P. M.	0.141	581.62	20.2	583.82	20.0
16 „ „	11 00 A. M.	0.086	581.56	25.2	583.87	24.0
16 „ „	7 00 P. M.	0.112	581.54	20.2	582.33	20.0
23 „ „	10 45 A. M.	0.011	583.94	22.9	584.72	23.2
23 „ „	7 10 P. M.	0.135	583.38	18.8	584.27	21.6
30 „ „	11 00 A. M.	0.038	584.82	20.9	586.40	20.8
30 „ „	7 30 P. M.	0.088	583.00	18.3	585.11	19.2
7 Mayo 1879...	10 30 A. M.	0.025	585.29	24.9	585.37	23.7
7 „ „	6 30 P. M.	0.108	583.00	22.0	584.88	23.2
21 „ „	11 20 A. M.	0.030	582.62	24.0	585.11	23.6
21 „ „	7 50 P. M.	0.100	582.68	21.8	585.56	20.4
27 „ „	10 25 A. M.	0.037	584.75	21.0	589.19	20.8
28 „ „	7 00 P. M.	0.074	583.27	20.1	584.82	21.0
6 Junio 1879...	10 40 A. M.	0.014	584.85	20.8	586.20	19.8
6 „ „	7 30 P. M.	0.127	583.37	17.6	584.01	18.9
11 „ „	10 50 A. M.	0.014	583.25	22.8	584.52	23.0
11 „ „	7 10 P. M.	0.087	583.42	23.3	584.21	19.2
18 „ „	11 30 A. M.	0.005	584.73	20.6	585.30	20.3
20 „ „	7 20 P. M.	+ 0.098	583.13	18.0	583.20	18.3

Fechas.	Horas.	Coeficiente de refraccion c.	EN CHAPULTEPEC.		EN MÉXICO.	
			Barómetro reducido á cero.	Term? centíg?	Barómetro reducido á cero.	Term? centíg?
25 „ „	10h 40m A. M.	— 0.004	584mm47	22°1	584mm51	20°6
25 „ „	7 00 P. M.	+ 0.079	582.62	18.4	584.31	18.4
2 Julio 1879...	10 50 A. M.	0.036	584.47	20.7	584.31	20.2
2 „ „	7 30 P. M.	0.082	582.71	20.4	584.35	16.8
8 „ „	0 30 P. M.	0.028	584.13	20.5	588.39	21.7
10 „ „	7 30 P. M.	+ 0.078	584.02	18.3	586.60	18.6
16 „ „	10 40 A. M.	— 0.014	583.56	19.5	586.09	18.7
16 „ „	7 30 P. M.	+ 0.080	585.04	17.0	585.50	17.3
23 „ „	11 30 A. M.	0.033	584.02	21.5	584.61	20.3
23 „ „	8 00 P. M.	0.096	583.30	17.3	583.70	17.7
30 „ „	11 20 A. M.	00.46	584.52	17.0	586.39	19.4
30 „ „	7 40 P. M.	0.077	583.69	16.0	584.95	16.3
6 Agosto 1879..	0 10 P. M.	0.030	585.09	22.0	585.71	20.9
6 „ „	7 20 P. M.	+ 0.059	583.70	17.0	585.90	18.0
13 „ „	11 30 A. M.	— 0.036	583.71	21.1	584.61	22.0
13 „ „	7 30 P. M.	+ 0.104	582.73	19.0	584.70	18.4
20 „ „	11 30 A. M.	0.063	583.28	22.4	584.30	18.3
20 „ „	7 45 P. M.	0.086	581.72	15.6	583.60	17.4
29 „ „	11 30 A. M.	0.026	583.02	19.9	583.70	18.4
29 „ „	7 30 P. M.	0.140	582.31	15.5	583.40	17.2
3 Setbre. 1879.	0 30 P. M.	0.031	585.96	20.5	587.89	18.5
3 „ „	7 30 P. M.	0.060	584.97	15.5	587.09	15.8
10 „ „	11 20 A. M.	0.012	583.93	23.0	585.20	18.7
10 „ „	7 10 P. M.	0.087	582.98	16.5	584.90	17.5
17 „ „	11 30 A. M.	0.025	584.99	20.0	585.99	18.0
17 „ „	6 30 P. M.	0.086	582.57	15.5	585.00	17.7
24 „ „	11 00 A. M.	0.038	583.20	18.9	585.19	17.8
24 „ „	7 30 P. M.	0.069	585.66	14.5	585.99	16.3
7 Octbre. 1879.	11 00 A. M.	0.010	583.25	21.5	584.10	19.0
7 „ „	6 30 P. M.	0.074	581.65	16.3	583.80	18.2
8 „ „	11 20 A. M.	0.033	583.19	22.9	584.51	19.5
8 „ „	7 00 P. M.	0.068	581.54	17.5	583.71	18.1
9 „ „	11 00 A. M.	0.006	583.36	21.4	584.40	17.2
9 „ „	6 50 P. M.	0.092	581.49	14.5	583.80	10.0
10 „ „	11 15 A. M.	0.018	583.25	20.1	584.09	17.0
10 „ „	6 30 P. M.	0.092	581.97	16.9	583.79	15.0
20 „ „	11 00 A. M.	0.048	585.51	12.5	586.27	12.4
20 „ „	6 50 P. M.	0.111	583.14	10.6	585.53	13.0
29 „ „	11 00 A. M.	0.022	585.16	17.1	585.89	16.6
29 „ „	6 45 P. M.	0.042	583.23	16.9	585.30	17.5
5 Novbre. 1879.	11 30 A. M.	0.010	585.80	18.9	586.65	18.2
5 „ „	7 00 P. M.	0.062	584.38	16.5	586.15	17.0
12 „ „	10 00 A. M.	0.022	585.32	18.2	585.50	18.4
12 „ „	7 00 P. M.	0.081	582.57	17.2	584.80	18.5
22 „ „	11 30 A. M.	0.025	585.77	9.8	586.46	9.4
22 „ „	6 30 P. M.	0.112	582.70	10.5	585.87	12.0
26 „ „	11 15 A. M.	0.023	584.20	17.7	587.10	16.1
26 „ „	6 20 P. M.	0.100	582.75	19.7	586.60	15.6
2 Dicbre. 1879.	11 00 A. M.	0.085	582.96	15.4	587.40	14.5
3 „ „	7 00 P. M.	0.197	583.75	12.5	589.70	14.6
10 „ „	11 30 A. M.	0.036	584.60	16.0	586.20	18.5
10 „ „	7 00 P. M.	0.144	581.17	15.2	585.70	16.4
17 „ „	10 30 A. M.	0.024	585.30	16.0	590.40	14.5
17 „ „	7 00 P. M.	0.107	584.50	14.2	588.80	17.3
19 „ „	11 00 A. M.	0.018	586.87	16.3	589.40	15.4
19 „ „	7 00 P. M.	0.169	585.39	14.5	588.90	16.3
22 „ „	11 00 A. M.	0.033	586.00	16.3	589.20	16.5
22 „ „	7 00 P. M.	0.087	583.90	14.5	588.70	18.5

Para poder entrar en una, aunque sea ligera, discusion sobre los resultados anteriores, voy á poner separadamente los coeficientes obtenidos en la mañana y en la noche, con las fechas más notables, sobre las que deseo llamar la atencion.

MESES.	Mañana. c	Noche. c
Enero.....	0.087	0.146
	42	112
	85	95
Febrero.....	70	216
	43	81
	24	100
Marzo.....	47	78
	6	64
	008—	123
	36	111
Abril.....	32	135
	35	141
	86	112
	11	135
30 Abril.....	38	88
Mayo.....	25	108
	30	100
	37	74
Junio.....	14	127
	14	87
	5	98
	4—	79
Julio.....	36	82
	28	78
	14—	80

MESES.	Mañana. c	Noche. c
Julio.....	0.033	0.096
	46	77
Agosto.....	30	59
	36—	104
	63	86
	26	140
Setiembre...	31	60
	12	87
	25	86
	38	69
7 Octubre?...	10	74
	33	68
9 Octubre....	6	92
	18	92
	48	111
	22	42
Noviembre...	10	62
	22	81
	25	112
	23	100
Diciembre...	85	197
	36	144
	24	107
	18	169
	33	173

Lo primero que se observa en la tabla anterior es que el coeficiente de refraccion ha sido constantemente menor en la mañana que en la noche.

De desear seria hacer observaciones á horas anteriores á las que fijamos, para conocer mejor la ley que sigue el fenómeno de la refraccion; yo fijaria las 7 A. M. y las 3 P. M., lo que nos pro-

ponemos hacer, aunque no sea precisamente en el órden y con la extension con que hasta aquí lo hemos hecho. Si recorremos en seguida las indicaciones del barómetro y del termómetro, descubrimos tambien que casi constantemente á mayor presion y mayor temperatura ha correspondido menor coeficiente de refraccion.

Si atendemos á las distintas épocas del año observamos tambien lo siguiente: en los meses de Enero, Febrero, Marzo y Abril, no se advierte variacion notable, refiriéndonos sobre todo á los resultados de en la noche; los meses de Mayo y Junio se presentan como una época de transicion con tendencia notable á disminuir el coeficiente; en Julio, Agosto y Setiembre, es decir, precisamente en nuestra estacion de aguas, tiene su mínimo la refraccion de en la noche, comenzando á notarse tendencia á aumentar en el mes de Octubre, de tal manera, que su máximo corresponde precisamente al invierno.

En vista de las consideraciones anteriores he dividido el año en cinco épocas, á las cuales corresponden los coeficientes medios siguientes:

	Mañana c =	Noche c =
De Enero á Abril inclusive.....	0.0425	0.1178
„ Mayo y Junio.....	0.0199	0.0951
„ Julio hasta principios de Octubre.....	0.0241	0.0831
„ Octubre y Noviembre.....	0.0217	0.0865
„ Diciembre.....	0.0392	0.1580
Promedios.....	0.0295	0.1081

Generalizando más nuestros resultados, podemos sentar que el coeficiente de refraccion correspondiente al invierno es 0.041 en la mañana y 0.138 en la noche, promedios de los valores de la 1ª y última línea; y el correspondiente al estío será 0.022 en la mañana y 0.088 en la noche.

Por último, los promedios correspondientes á todo el año se ven al fin de la tabla anterior, y el promedio general de todas las observaciones, sin hacer la division de épocas ni de horas, resulta ser de 0.6624, ó sea simplemente $c = 0.66$.

Algunos de los resultados obtenidos en la mañana tienen signo negativo, lo que prueba que en circunstancias excepcionales

la convexidad de la trayectoria de la luz puede dirigirse hácia la tierra, sin que de esto pueda aparecer algun indicio, ni en el barómetro, ni en el termómetro, ni en el estado higrométrico del aire.

Hasta ahora no podemos atribuir aquel fenómeno extraño á la ley general más que á causas completamente accidentales que perturban cerca de la superficie de la tierra el órden de las capas atmosféricas en cuanto á su densidad.

El problema que hemos intentado resolver se presta todavía á experiencias y estudios tan variados como extensos; creemos, sin embargo, poder ofrecer á nuestros compañeros de profesion los primeros resultados en nuestro suelo bajo las mejores condiciones que se han podido conseguir hasta hoy entre nosotros, aguardando serán de alguna utilidad práctica.

METEOROLOGÍA

El impulso y desarrollo que, merced al buen deseo del Gobierno y á los esfuerzos y reconocida ilustracion del que tan dignamente desempeñó la Secretaría de Fomento, general Riva Palacio, han adquirido en estos últimos años los estudios meteorológicos en nuestro país, hacia de todo punto importante ampliar hasta donde lo permitiera el reducido personal del Observatorio, el registro de aquellas observaciones, que sin duda serán vistas con interes por todos los que se dedican á ese importante ramo de la ciencia moderna.

Con el desprendimiento, dedicacion y claro talento que caracterizan al Sr. Romo, y con el auxilio eficaz del inteligente telegrafista Sr. Giron, se logró regularizar las observaciones meteorológicas de la manera que se ve en las tablas que van al fin de esta