

# Ensayo de carta isogónica de la Cordillera de los Andes, entre los paralelos 17° i 52° de latitud sur

POR

**LUIS RISO PATRON S.**

(Presentado al 4.º Congreso Científico (1.º Pan-Americano), reunido en Santiago el 25 de diciembre de 1908).

En el año de 1600 Gilbert anunció al mundo que la tierra era un gran iman i treinta i cuatro años mas tarde Gellibrand descubrió los cambios que experimentaba la variacion o declinacion de la aguja magnética (1).

Poco antes de reunirse el Sexto Congreso Internacional de Jeografía, de 1895, los especialistas habian declarado que sin esploraciones minuciosas en las rejiones antár-

(1) *Geographical Journal*, octubre de 1903 (artículo del capitán ETRICK W. CREAK).

Este autor señala, en la parte suroeste de la Tierra del Fuego, la existencia de un foco de cambio secular máximo en la inclinacion de la aguja, a razon de +11' de cambio anual, es decir, que la punta norte de la aguja se mueve hácia abajo. Por este punto pasa la línea que une los lugares donde no se ha notado cambio secular de la declinacion, línea que sigue, mas o ménos, una direccion paralela a la costa o sea a la de las cadenas de montañas.

A la derecha de esta línea, la aguja magnética se mueve sin cesar hácia el oeste, i a la izquierda hácia el este, mientras que pasa lo inverso a uno i otro lado de la línea donde no se anota cambio secular en la costa occidental del África, línea que pasa por un foco de movimiento máximo de inclinacion, de -15', es decir, en que la punta norte de la aguja se mueve hácia arriba.

En 1890, un oficial ruso encontró en Rapakivi, cerca de Wiborg, una discrepancia de 180', es decir, que la punta norte de la aguja se dirijia al sur; conviene tambien hacer notar que el «Challenger», obtuvo en Madeira una inclinacion de 48 46' N a un pié de altura i 56 18' N a tres pies de altura.

El basalto desvía la aguja de su declinacion e inclinacion, de suerte que por medio de una aguja imantada pueden ser descubiertas masas ocultas de estas rocas.

No hai sino cuatro o cinco observatorios magnéticos en el hemisferio austral (véase O. DOERING, *Observaciones magnéticas efectuadas en 1895, 1896 i 1897, fuera de Córdoba*).

ticas, no sería posible un adelanto de consideracion, en la teoría del magnetismo telúrico (2).

Desde entonces, en todos los países del orbe, se han proseguido atentamente las observaciones, acerca de los valores de la declinacion, inclinacion, cambios anuales i seculares etc, así como de las rejiones en las que se constata una accion anormal.

Estados Unidos de América ha podido presentar en 1906, una carta magnética del país, que es el resultado de 3 500 observaciones de instrumentos especiales (3).

El presente ensayo de carta isogónica de la cordillera de los Andes, es el producto de las operaciones de levantamientos de planos llevadas a cabo por el personal de las comisiones chilenas de límites, en el trazado de las líneas fronterizas con la República Argentina primero i con Bolivia despues.

No son el resultado de observaciones especiales, sino las diferencias entre los azimutes astronómicos de las diversas líneas traspasadas entre las distintas estaciones de observacion directa i los rumbos magnéticos respectivos, es decir las lecturas de los teodolitos, despues de orientar las declinatorias magnéticas.

Con respecto a la precision de los resultados conviene recordar lo que dijimos sobre esta materia en 1903 (4):

#### « c ) MAGNETISMO TERRESTRE

«Las observaciones que tenemos acerca de este punto son solo derivadas de nuestras trabajos jeodésicos. Como orientábamos nuestros teodolitos con el meridiano magnético por medio de declinatorias,—cuyas agujas alcanzaban hasta 172 milímetros de largo,—pudimos deducir mas tarde la declinacion magnética de cada estacion, al determinar el azimut jeodésico de las líneas poligonales. Cuando las estaciones con el teodolito se hacian con tiempo bonancible i sin viento, la coincidencia de la punta norte de la aguja con el cero del declinatorio, podia hacerse con algun cuidado, pero cuando estas estaciones se verificaban en malas condiciones, esa coincidencia era defectuosa. En estas circunstancias creemos no haber podido hacer estas determinaciones sino dentro de una tolerancia de medio grado.

«A pesar de estos defectos, hemos tratado de construir aproximadamente la curva isógona de los 14° de declinacion oriental. A este efecto, hemos empezado por aprovechar la buena voluntad del señor Alfredo Krahnass, del Observatorio Astro-

(2) NORDENSKJÖLD, *Viaje al Polo Sur*.

En las operaciones llevadas a cabo últimamente en el Ecuador i Perú, referentes a la medicion de un arco de meridiano, dirigidas por el *Service Géographique de l'Armée*, se han hecho 48 estaciones magnéticas entre 74 estaciones jeodésicas (*Comptes-rendus de la quinzième conférence générale de l'Association Géodésique Internationale*, 1908).

(3) *Report of the Superintendent of the Coast and Geodetic Survey, showing the progress of the work*.

(4) *La cordillera de los Andes entre las latitudes 30-40° i 35° S.*

nómico, quien se me ofreció para verificar la exactitud de las indicaciones de las declinatorias de los teodolitos. Por el resultado que vamos a esponer se verá que esta resolucion fué mui acertada, pues las diverjencias observadas fueron de mucha consideracion. Los teodolitos comprobados fueron los siguientes:

«1). Teodolito Troughton, Simms, de 15 centímetros i lecturas de 10". Largo de la aguja 172 milímetros. Por de pronto se vió que los extremos de la aguja no podian quedar en la direccion norte-sur, sino que quedaban en una paralela a aquella línea, i apartada como un quinto de grado al oriente. En estas condiciones las declinaciones magnéticas resultaban mas chicas en 11'.

«Pero si se hacia coincidir la punta norte de la aguja con la division cero, la correccion se reducía solamente a 2'.

«2). Teodolito Troughton, Simms, de 20" de lectura; largo de la aguja 172 milímetros. La correccion para las declinaciones magnéticas resultó ser de +35'.

«3). Teodolito Salmoiraghi de 10", en dos cajas; largo de la aguja 94 milímetros. En esta declinatoria la aguja está colocada en el interior de un tubo, el que en un extremo tiene un pequeño ocular, i en el otro un vidrio dividido, donde se proyecta la punta norte de la aguja, cuyo extremo ha sido doblado hacia arriba.

«Por de pronto resultó que esta declinatoria tenia juego en su colocacion, que se podia estimar entre  $\frac{1}{3}$  i  $\frac{1}{2}$  de division del vidrio trasparente; como cada division resultase ser de 35', el juego alcanzaba hasta 12'. La correccion en este caso para las declinaciones encontradas resultó enorme: +1°20'.

«4). Dos teodolitos Troughton, Simms, de 7,5 cm, con lecturas de un minuto i con agujas de 106 milímetros.

«Uno de ellos, que tenia una guía suelta, dió, despues de apretada, una correccion de +13'; i el otro, que tenia un poco de juego, dió -13'.

«Hemos aplicado estas correcciones a las determinaciones hechas con el teodolito Salmoiraghi i a las del teodolito de 20", que dan respectivamente +1°20' i +35', pues las demas son menores que la exactitud que hemos creído alcanzar.

«Hemos colocado entónces en los planos, los valores de la declinacion en cada estacion, i en vista de su persistencia, hemos separado por una curva las declinaciones mayores de 14' de las menores de esta cifra.»

Como no ha sido posible hacer análogas investigaciones respecto a todos los valores que hemos aprovechado para la carta que presentamos, solo nos toca declarar que en ella los valores de la declinacion magnética están afectados de los errores provenientes de las declinatorias.

Las curvas isogonas han sido trazadas en vista de los resultados de 3 900 valores de la declinacion, i un exámen sucinto de ellas nos lleva a presentar las observaciones que pasamos a esponer.

\*  
\* \*

Entre los paralelos 17 i 19° las declinaciones aparecen con tendencia de crecer desde los flancos hacia el centro, lo mismo que pasa en los siguientes trechos: 23-24°, 31-34°, 38-43° i 49-50°, sucediendo lo contrario, es decir, mostrándose una tendencia de aumento desde el centro hasta los flancos, en los trechos siguientes (5): 19-23°, 26-27°, 29-30°, i creciendo del este al oeste entre los 24-26°, 28-29°, 30-31°, 35-37° i 50-51°, no mostrándose francamente entre los 27-28°, 34-35°, 37-38°, 43-49° (6) i 51-52°; en ninguna parte se ve un crecimiento jeneral inverso a este último, es decir, del poniente al oriente, lo que demuestra que en sus rasgos jenerales, estos resultados pueden ser tomados en cuenta con cierta prudencia.

\*  
\* \*

Entre las principales anomalías podemos anotar las que observamos a continuación.

Parece existir una zona de declinaciones bajas en los alrededores del paralelo 18, que está localizada, en el poniente por los cerros Huancure i Quisquisine, siguiendo al S. E. hasta pasar la latitud 18°, para dirigirse en seguida hacia el N. E.

Al norte de esta zona, las declinaciones siguen la lei inversa de la tendencia jeneral, es decir, aumentan de valor del sur al norte ¿hasta dónde?. Solo nuevas operaciones, que se lleven a cabo en la cordillera peruana, podrán decirlo.

En la parte oriental de esta rejion se presentan declinaciones menores de 7° (7) i en las vecindades de los cerros de Ancomarca parece existir un núcleo de declinaciones altas (9°22' i 9°27') (8).

Entre los 19 i 22 hai una faja central de declinaciones bajas (entre 8° i 9°) (9), que vuelve a presentarse en la parte oriental entre 23° i 24° 10'.

Un poco al norte del paralelo 30° se encuentra una zona de declinaciones bajas (menores de 13°) que hace abrirse i cortarse la curva isógona de este valor.

Notamos tambien seis declinaciones menores de 13°, en las vecindades de Illapel, entre los 71° i 71°20' O. de G.

Una mancha de declinaciones superiores a 15° es cortada por el paralelo 32, al sur del cual se encuentra una mancha mas grande de valores análogos.

(5) Conviene advertir que las curvas trazadas entre los paralelos 17 i 27 se refieren solo a una de las ramas (la occidental) de la cordillera de los Andes, que en este trecho adquiere un gran ancho.

(6) Entre los 41 i 52 los datos recojidos,—que son mas bien escasos,—se refieren a la parte oriental de la zona montañosa.

(7) Son siempre orientales.

(8) En la estacion H, al sur-oeste del volcan Tacora se ha determinado 9°28'.

(9) En los 23°30' hai un punto (N.º 540) con 7'07', teniendo 8°38' el que sigue (539), hacia el norte i 9°32' el subsiguiente (538).

En los 24°45' se presentan dos nuevas estaciones (272 i 273) con valores inferiores a 9° (8°54' i 8°58').

Parece diseñarse una zona de gran atracción al sureste de Curicó ( $35^\circ$  de latitud), con valores comprendidos entre  $17$  i  $18^\circ$  (10).

I por fin, una mancha de valores menores de  $18^\circ$  aparece en los  $46^\circ$  de latitud, i en el paralelo  $50^\circ$  se encuentra una mancha con seis valores mayores de  $20^\circ$ .

Entre los paralelos  $49$  i  $50^\circ$  la isógona de  $19^\circ$  sigue el contorno del lago Viedma, pero este resultado debe tomarse mas bien como producido por las condiciones de poca precisión de las observaciones, pues, la curva sigue a la poligonal que contornea el lago por el norte, oriente i sur.

\*  
\* \*

A fin de jeneralizar, he apartado, por nuevas curvas, los grupos de curvas isogonas, notándose entónces claramente que este resultado está de acuerdo, en jeneral, con la disposición predominante de las curvas de declinación en la parte sur-poniente de la América del Sur, a saber, que tienen una dirección, digamos, al sur-este.

Es así como separamos entre los  $18$ - $19^\circ$  las curvas de  $8$  i  $9^\circ$  con una línea que sigue en jeneral al S. E., aunque se encorva un poco al norte, i las curvas de  $9$  i  $10^\circ$ , con una línea que tiene al principio la misma dirección, pero que la faja longitudinal de declinaciones bajas, de que ya hemos hablado, lleva enseguida al sur, para ir despues al este i norte i salir al oriente, a la misma altura de su entrada (paralelo  $21^\circ$ ).

Un poco al norte de la latitud de  $24^\circ$  hemos empezado a construir la curva final que separa las isogonas de  $10$  i  $11^\circ$ , la cual va primero al oriente i sigue despues en esa dirección, pero mui pegada al sur; en esa misma altura nace la curva que separa las de  $11$  i  $12^\circ$ , la que despues de empezar dirigida al oriente, como la anterior, despues de muchas inflexiones, aun al *sud-este*, sale al sur por los  $27^\circ 30'$  de latitud.

La curva que separa las de  $12$  i  $13^\circ$ , queda trazada por las vecindades del paralelo  $19^\circ$ , con dirección jeneral al E. S. E., mientras que la de  $13$ - $14^\circ$ , nacida por los  $30^\circ$  de latitud, va al sur, i despues de una inflexión hacia el oeste, sale por el paralelo  $31^\circ$ .

La curva de los  $14$ - $15$ , entre los  $34$  i  $35^\circ$  de latitud no ofrece observación.

La línea que separa las curvas  $15$ - $16$ , se dirige al oriente, para seguir despues al sur i doblar al S. E. encima del paralelo  $39^\circ$ .

La curva de los  $16$ - $17^\circ$ , ofrece una gran anomalía: aparece por los  $41^\circ$  de latitud i va, en jeneral, hacia el norte, para pasar mui cerca de la anterior (paralelo  $39^\circ$ ) i dirigirse en seguida al sur, para salir al sur del paralelo  $42$ ; es una ampliación a la inversa de la curva  $9$ - $10^\circ$ , veinte grados mas al norte.

La línea de  $17$ - $18^\circ$ , entre los paralelos  $44$  i  $45^\circ$ , sigue una dirección al E. N. E.

La curva de  $18$ - $19^\circ$  aparece encima de la latitud  $48^\circ$  para encorvarse hacia el sur i salir al oriente por el paralelo  $50^\circ$ , mientras, que  $30'$  mas al sur, nace la curva  $19$ - $20^\circ$ , que con la dirección jeneral al S. E. sale un grado mas al sur.

(10) Hai un punto (el  $12^\circ$ ) con  $18^\circ 28'$

\*  
\* \*

Para terminar, copiamos del *Anuario del Observatorio Astronómico Nacional de Santiago, para el año de 1906* (página 143) los elementos magnéticos que se conocen, de algunos puntos de Chile, determinados con instrumentos especiales.

| LOCALIDAD              | AÑO  | DECLINACION<br>ESTE | INCLINACION<br>SUR | AUTORIDAD   |
|------------------------|------|---------------------|--------------------|-------------|
| Angol .....            | 1883 | 17° 16'             | 38° 53'            | Bernardière |
| Antofagasta .....      | 1883 | 11 29               | 20 53              | »           |
| » .....                | 1889 | 12 2                | 24 29              | Obrecht     |
| Arica .....            | 1703 | 8 0                 | .....              |             |
| » .....                | 1821 | 10 25               | .....              | Hall        |
| » .....                | 1827 | 10 45               | .....              |             |
| » .....                | 1835 | 11 0                | .....              |             |
| » .....                | 1858 | 10 53               | 13 40              |             |
| » .....                | 1883 | 10 0                | 12 46              | Bernardière |
| » .....                | 1893 | 9 52                | 11 46              | Mottez      |
| Caldera .....          | 1883 | 13 43               | 25 25              | Bernardière |
| » .....                | 1889 | 13 38               | 28 18              | Obrecht     |
| Cauquenes (Baños)..... | 1882 | 16 48               | .....              | Bernardière |
| Concepcion .....       | 1709 | 10 20               | .....              | Feuillé     |
| » .....                | 1710 | .....               | 55 30              | »           |
| » .....                | 1792 | 14 52               | .....              |             |
| » .....                | 1794 | 14 52               | 52 11              |             |
| » .....                | 1821 | 15 30               | .....              | Hall        |
| » .....                | 1823 | 16 16               | 44 42              | Duperrey    |
| » .....                | 1824 | 15 0                | .....              | Kotzebue    |

| LOCALIDAD        | AÑO    | DECLINACION<br>ESTE | INCLINACION<br>SUR | AUTORIDAD     |
|------------------|--------|---------------------|--------------------|---------------|
| Concepcion ..... | 1825   | 16°49'              | .....              | Beechey       |
| » .....          | 1826   | 16 47               | .....              | Fitz Roy      |
| » .....          | 1827   | 17 2                | 45°33'             | Luetke        |
| » .....          | 1829   | 16 47               | 45 11              | King          |
| » .....          | 1835   | 16 48               | 43 15              | Fitz Roy      |
| » (Nueva).....   | 1882   | 17 14               | 37 58              | Bernardière   |
| » » .....        | 1893   | 16 45               | 36 40              | Mottez        |
| Copiapó.....     | 1889   | 12 35               | 28 52              | Obrecht       |
| Coquimbo .....   | 1700   | 8 32                | .....              | Feuillé       |
| » .....          | 1710   | .....               | 47 25              | »             |
| » .....          | 1712   | 10 0                | .....              |               |
| » .....          | 1791,3 | 11 46               | 40 27              | Malaspina     |
| » .....          | 1821   | 14 0                | .....              | Hall          |
| » .....          | 1828   | 14 24               | .....              | Beechey       |
| » .....          | 1834   | 14 24               | .....              | Fitz Roy      |
| » .....          | 1853   | 14 35               | .....              |               |
| » .....          | 1868   | .....               | 29 55              | Navío «Nasau» |
| » .....          | 1870   | 14 40               | .....              |               |
| » .....          | 1882   | 14 21               | 29 24              | Bernardière   |
| » .....          | 1883   | 13 42               | .....              | Hanfor        |
| » .....          | 1889   | 13 35               | 31 55              | Obrecht       |
| » .....          | 1891   | 13 38               | .....              | Moser         |
| Huasco .....     | 1883   | .....               | 27 45              | Bernardière   |
| Iquique.....     | 1883   | .....               | 15 35              | »             |
| Los Andes.....   | 1883   | 15 14               | 33 9               | »             |

| LOCALIDAD         | AÑO     | DECLINACION<br>ESTE | INCLINACION<br>SUR | AUTORIDAD          |
|-------------------|---------|---------------------|--------------------|--------------------|
| Puente Inca.....  | 1883    | 14° 56'             | .....              | Bernardière        |
| Punta Arenas..... | 1886    | 21 52               | 54° 57'            | Harkness           |
| » » .....         | 1876    | .....               | 53 4               | Navío «Challenger» |
| » » .....         | 1883    | 21 11               | 52 46              | Com. Brasileira    |
| » » .....         | 1893, 3 | 20 10               | 51 20              | Mottez             |
| San Felipe.....   | 1899    | 14 2                | 30 2               | Taulis             |
| Santiago.....     | 1883    | 15 49               | 33 47              | Bernardière        |
| » .....           | 1892    | 14 50               | .....              | Varios             |
| » .....           | 1896    | 14 58               | .....              | Kralmass           |
| » .....           | 1896    | 15 2                | .....              | Taulis             |
| » .....           | 1898    | 15 4                | .....              | Kralmass           |
| » .....           | 1899    | 14 55               | .....              | »                  |
| » .....           | 1900    | 14 48               | .....              | »                  |
| » .....           | 1901    | 14 44               | .....              | »                  |
| » .....           | 1902    | 14 40               | 30 55              | »                  |
| » .....           | 1903    | 14 35               | 30 55              | »                  |
| » .....           | 1904    | 14 29               | 30 32              | »                  |
| » .....           | 1905    | 14 27               | 30 25              | »                  |
| Sercna.....       | 1889    | 12 21               | 34 53              | Öbrecht            |
| Talcahuano.....   | 1882    | 17 14               | 37 58              | Bernardière        |
| Taltal.....       | 1883    | 12 31               | 22 53              | »                  |
| Valparaiso.....   | 1709    | 9 30                | .....              | Feuillé            |
| » .....           | 1744    | 12 30               | .....              |                    |
| » .....           | 1790    | .....               | 44 58              | Malaspina          |
| » .....           | 1793    | 14 49               | .....              |                    |

| LOCALIDAD       | AÑO  | DECLINACION<br>ESTE | INCLINACION<br>SUR | AUTORIDAD          |
|-----------------|------|---------------------|--------------------|--------------------|
| Valparaiso..... | 1802 | 14° 55'             | .....              |                    |
| » .....         | 1821 | 14 43               | .....              | Hall               |
| » .....         | 1823 | 15 41               | .....              | Morell             |
| » .....         | 1825 | 15 52               | .....              | Beechey            |
| » .....         | 1827 | .....               | 39° 6'             | Luetke             |
| » .....         | 1831 | 15 0                | 40 11              | King               |
| » .....         | 1835 | .....               | 38 3               | Fitz Roy           |
| » .....         | 1835 | 15 18               | .....              | Laplace            |
| » .....         | 1836 | .....               | 37 5               | Beechey            |
| » .....         | 1837 | 14 35               | .....              | »                  |
| » .....         | 1838 | 15 36               | 38 43              | La Venus           |
| » .....         | 1852 | .....               | 36 48              | Esp. Sueca         |
| » .....         | 1859 | 15 40               | 35 40              | Esp. «Novara»      |
| » .....         | 1866 | 15 51               | 35 23              | Harkness           |
| » .....         | 1868 | .....               | 34 23              | Navío «Nassau»     |
| » .....         | 1875 | .....               | 33 11              | Navío «Challenger» |
| » .....         | 1882 | 15 26               | 33 41              | Bernardière        |
| » .....         | 1883 | 15 15               | .....              | »                  |
| » .....         | 1884 | 15 41               | .....              | Carlin             |
| » .....         | 1893 | .....               | 31 50              | Mottez             |

Santiago, 22 de diciembre de 1908.

LUIS RISO PATRON S.  
Injenero jeógrafo i civil.

## ANEXO

**Reseña de la sesion inaugural de la Seccion de Matemáticas Puras i Aplicadas  
del 4.º Congreso Científico (1.º Pan-Americano)**

*26 de diciembre de 1908*

Se abrió la sesion a las 3¼ de la tarde, bajo la presidencia provisoria del señor Domingo Victor Santa María, sirviendo de secretario el doctor R. Poenisch.

Hizo en seguida uso de la palabra el señor don Luis Riso Patron, dando un resumen de su trabajo: «Ensayo de una carta magnética en la cordillera andina, entre los paralelos 17 i 52», i llegando a formular el siguiente proyecto de acuerdo: «Se encarece a las naciones americanas que aun no lo han hecho, establecer cuanto ántes observatorios geo-físicos.»

El señor Obrecht formula la siguiente proposicion: «En vista de la importancia del trabajo presentado por el señor Riso Patron, es de desear que en todos los países donde se hace el levantamiento jeneral de la carta, se recojan al mismo tiempo datos magnéticos tan completos como sea posible.»

Tanto el proyecto de acuerdo del señor Riso Patron, como la proposicion del señor Obrecht, fueron aprobados despues de algunas observaciones hechas por distintos miembros de la seccion.



