TOMO IX 15 de Mayo Núm. 64

# ANALES DEL INSTITUTO DE INJENIEROS

SUMARIO.—Estudio técnico acerca de las líneas naturales, definidas i contínuas a propósito de la demarcacion del límite en la cordillera de los Andes.—Informe a la Direccion Jeneral de Obras Públicas, sobre el estudio practicado en el ferrocarril de Serena a Valleuar en diciembre de 1890.—Bibliografía.—Sesiones.

## ESTUDIO TÉCNICO

### ACERCA DE LAS LÍNEAS NATURALES, DEFINIDAS I CONTÍNUAS A PROPÓSITO DE LA DEMARCACION DEL LÍMITE EN LA CORDILLERA DE LOS ANDES.

#### Orografía e hipsometría

Los estudios relacionados con la física del globo terrestre, como sucede con los estudios científicos de cualquiera categoría, adquieren de dia en dia un carácter de precision de que antiguamente carecian.

Para responder a este carácter, la terminolojía correspondiente ha tenido que concretar el significado de cada una de sus espresiones, dentro de cada rama especial en que se empleen, de tal manera que hai un esfuerzo constante para que los términos que tenian ántes una significacion mas o ménos vaga i elástica, se ciñan, en cuanto lo permita la índole de la ciencia en que se les emplea, a una clasificacion racional o natural (1).

(1) *Clasificacion natural*, segun Larousse, es aquella que se basa en el *conocimiento de las leyes naturales* i de la *naturaleza íntima* de los objetos a que se aplica. Por el contrario es *clasificacion artificial* cualquiera que se funde sobre un mero convenio, o sobre el órden aparente de las cosas, o sobre la manera como se presentan a nuestros sentidos.

No todas las ramas de una misma ciencia son susceptibles de la misma precision. Por ejemplo, tratándose de los relieves terrestres, se podrá siempre precisar el punto de separacion entre una *subida* i una *bajada*, pero nó el límite entre una planicie i un cerro.

A disipar la confusion que suele hacerse acerca del alcance que se da a algunos términos usados con relacion a las montañas i cordilleras, van encaminadas las siguientes nociones jenerales al respecto.

La *orografía* moderna, el estudio completo, razonado de los relieves del globo, se divide en tres ramas bien distintas: la *orojenética* u oríjen de las montañas, estudio basado esclusivamente en el de las causas jeolójicas; la *oroplástica* (2), que se refiere a las formas esteriores i típicas de las montañas; la *orohidrografía*, que es el estudio de los declives terrestres en sus relaciones con la circulacion de las aguas por su superficie.

Las causas *orojénicas* son las que han producido las formas *plásticas*, i éstas a su vez son modificadas constantemente por la erosion *ácuea*. Por esto mismo el órden de secuencia de estos estudios debe de ser necesariamente inverso al de produccion de las causas, para ceñirse al precepto científico de ir siempre de lo conocido a lo desconocido, i de estudiar las causas en sus manifestaciones.

Las investigaciones *orojénicas* tienen, pues, que basarse en el conocimiento de las formas *plásticas* del suelo, i éste a su vez no podrá adquirirse a fondo sin disponer de un buen plano *orohidrográfico*. Ahora bien, la base primordial de un trabajo de esta clase es el estudio de la *hipsometría*, cuya forma práctica en el dia es el plano

(2) Modelé du sol, topographic forms.

*hipsométrico* (3), última espresion de la topografía, i única representacion matemática del terreno.

En el plano *hipsométrico* se indican los niveles por medio de líneas contínuas que representan las horizontales del terreno i se llaman *líneas de nivel* (4).

Es mui sencillo, aun para las personas ajenas al estudio de la topografía, comprender bien el significado de las curvas de nivel, pues tiene ejemplos prácticos de ellas en las riberas de los mares i lagos. Basta suponer que el agua hubiera cubierto por completo el terreno, i que al retirarse, fuera dejando marcada en el suelo *la línea de playa* a ciertos intervalos; esas líneas de playa serán las curvas de nivel, i los intervalos espresados en altura, la *equidistancia* de dichas curvas.

Creemos que bastan estas breves esplicaciones para que se comprenda que las tres ramas en que hemos dividido la *orografía,* no tienen sino *una* base absolutamente *matemática,* la *hipsometría;* pues para caracterizar las formas *plásticas* del terreno i averiguar su oríjen hai que dejar ancho campo a la apreciacion i a la hipótesis.

Efectivamente, la *tecnolojía* de estos tres ramos de estudio no nos suministra definiciones precisas sino en lo que se refiere a la *hipsometría.* Las líneas hipsométricas son: las *curvas de nivel;* las líneas de *máxima* i *mínima pendiente;* las *vaguadas* o *recojidas* (5); las *divisorias de aguas* (6).

---

(3) Con mas propiedad debiera llamarse *hipsográfico;* pero conservamos la voz *hipsométrico* por ser la universalmente adoptada. El primer mapa hipsométrico nacional es el de la Suiza, casi terminado a la fecha.

(4) Courbes de niveau, contour lines, iso-hypsen.

(5) Thalweg.

(6) En frances *ligne, faite,* ou *arête de partage des eaux,* o simplemente *ligne de faite* o *ligne de partage;* en ingles, *water-parting* i mas propiamente *divide;* en aleman, *wasserscheide.*

Todas estas líneas se definen i caracterizan matemáticamente, considerándolas como lugares jeométricos o intersecciones de las superficies hipsométricas que son el *saliente* o relieve (7) i el *entrante* o valle, i sus combinaciones; en jeneral, las *vertientes* (8). Asimismo se definen i determinan con toda precision sobre un plano hipsométrico los *puntos singulares* de las líneas de divisoria o de vaguada: las *cumbres* (9) i los *pasos* o puertos (10); las *confluencias* i las *simas* (fondos). En hipsometría la *union* de los relieves se hace por medio de las *divisorias de aguas* en los *pasos o puertos* i las *soluciones de continuidad*, por medio de las *vaguadas*.

De tal manera que la *continuidad* de un encadenamiento de cerros consiste en no ser *cortado* por ningun valle o rio, así como la *continuidad* de un rio o valle consiste en no ser cortado por una serranía.

La base de division i clasificacion hipsométrica del terreno es la *cuenca* u hoya hidrográfica (11) cuyos contornos pueden definirse i fijarse matemáticamente.

Miéntras tanto el estudio de las *formas plásticas* del terreno, si bien de un interes mucho mas inmediato i pintoresco que su hipsometría, no nos ofrece en su tecnolojía nada de semejante. Desde la *loma, collado, colina* (12), el *cerro, monte* (13), hasta la *montaña, sierra* (14), las *cadenas, encadenamientos* i *cordilleras* (15),

(7) Croupe.
(8) Versant, watersheds.
(9) Sommets.
(10) Cols, ensellements.
(11) Bassin.
(12) En frances, *colline, butte;* en aleman, *bühelu;* en ingles, *hillock, hummock.*
(13) *Mont; hügel, berg; hill, mount.*
(14) *Montagne; mountain; gebirge.*
(15) *Chaines; ranges.*

la nomenclatura *orográfica* no tiene espresion precisa ni obedece a una clasificacion rigurosa. En balde los autores alemanes dividen los terrenos montañosos en *inferior, medio* i *superior* (16): donde termina el uno i principia el otro, no lo dice nadie.

En vano se trata de clasificar las formas-tipos en agrupamientos *paralelos* (o cadenas) en *trasversales* (nudos i contrafuertes), *macizos irregulares*, etc; la naturaleza se ciñe tan mal a esta clasificacion artificial, que en la práctica da resultados que varían enormemente con la apreciacion de cada observador.

Con la *orojenética* pasa algo mas vago todavía. Se admite que existen dos causas jeneradoras de los relieves terrestres: el *solevantamiento* jeneral (movimiento de intumescencia, lento i persistente hasta que termina con fenómenos volcánicos) que determina relieves jenerales, i cuya accion se hace sentir especialmente en ciertos *centros de levantamiento;* i el movimiento *orojénico* propiamente tal (de naturaleza espasmódica) que produce fracturas de larga estension, las *cadenas* de montañas. Estudiadas estas causas en sus efectos, se comprende que es imposible deslindar con precision ni unos ni otros. Fácil será decir en jeneral que la mayor elevacion de los Andes en Bolivia que en el sur de Chile será debida a la accion de un *solevantamiento* jeneral, i que el cordon occidental andino es una arista de fractura debida a una accion *orojénica* mas o ménos moderna; pero seria vano intento tratar de localizar los efectos de estas causas en cada pliegue del terreno (17).

---

(16) *Niederes, Mittel* und *Hochgebirge*. SONKLAR.—Allgemeine Orographie, Wien, 1873.

(17) A aquellas personas que, sin profundizar la materia, deseen formarse idea de las dificultades que envuelve un estudio de esta clase, acon-

Se concibe que aumentarán de punto las dificultades si se quieren localizar los efectos de varias causas *orojénicas*, como lo pretendia Pissis con la prematura aplicacion en Chile de la hermosa teoría de las *cadenas estratigráficas* de Elie de Beaumont. Si es difícil distinguir entre los efectos de dos causas diferentes, ¿cuánto mas no será analizar la superposicion de varias causas semejantes?

Dedúcese de todas estas consideraciones que las únicas líneas *definidas* o definibles del terreno son las líneas hipsométricas, sean *curvas de nivel*, *divisorias* o *vaguadas*, tan fáciles de señalar en el terreno como de trazar en un plano hipsométrico. Por complicada que sea una rejion montañosa, es siempre posible dividirla en cuencas hidrográficas con arreglo a reglas tan seguras que no se podria efectuar de dos modos diversos. Miéntras tanto, habrá muchas opiniones acerca de si esas montañas forman *nudos*, *macizos* o *cadenas*, o combinaciones de éstos, así como para discernir las *uniones plásticas* i las *soluciones de continuidad* de las diversas partes, o para determinar el órden de precedencia e importancia de dichos macizos o cadenas.

Obsérvese bien que no influye para nada en la determinacion de las líneas hipsométricas del terreno, la existencia actual de su causa meteórica determinante, que es la caida de las aguas; importantísima como causa, no tiene mas intervencion en esa determinacion, que el facilitarla, revelando con su curso el trazo material de las vaguadas. En su ausencia ese trazo se determina sin

---

sejamos la lectura de la interesantísima *Crónica científica* que acerca de los trabajos jeolójicos de D'Orbigny i de Pissis en la América del Sur, publicó don Ignacio Domeyko en el tomo I de la *Revista de Ciencias i Letras* de Santiago, en 1856, pp. 358 a 389.

dificultad por unas cuantas medidas hipsométricas o golpes de nivel.

En efecto, desde que las curvas de nivel indican con su trazo el que ocuparian las aguas en la cuenca, cuando alcanzaran a la altura o cota de cada una de ellas, es evidente que la primera curva (contando de abajo para arriba) que se sale de la cuenca indica en su punto de salida el local del desagüe, sea que éste tenga o no lugar materialmente. No cabe, pues, duda alguna acerca de la ubicacion de ese punto, sino en el caso de que la tal curva salga de la cuenca por varias partes diferentes. En ese caso, si el desnivel entre dos curvas sucesivas es grande, habrá lugar a estudiar las curvas intermedias, o en otros términos, hacer una nivelacion entre los dos *umbrales* de salida, nivelacion que revelará cuál es el mas bajo i verdadero desagüe topográfico.

En resúmen, vemos que el estudio *hipsométrico* de un terreno puede practicarse con rigor i precision así en su conjunto como en cada uno de sus detalles, miéntras que el estudio *plástico* de las fragosidades de las montañas depende necesariamente del primero, i dista mucho de poderse someter a una clasificacion tan razonada. En cuanto al estudio *orojénico* de las causas orijinarias de esos relieves, de las épocas en que se han producido i de su materia química, está todavía en la infancia.

Solo la *hipsometria*, parte de la orografía que nos es mas accesible, es tambien la que nos puede suministrar líneas naturales, contínuas i perfectamente definidas i fáciles de ubicar en virtud de reglas jenerales.

ALEJANDRO BERTRAND