

hojas, son igualmente pardas, cubiertos de un bello corto i abundante de color amarillento, que cae despues, i espinosas. Las espinas son axilares, nacen al lado de una yema (por lo comun una pequeña hoja abortiva ocupa el otro lado de la yema), alcanzan a 6 líneas i llevan de vez en cuando una mui pequeña hoja abortiva. Las hojas son mui tupidas, altemas, oblongo-lanceoladas, igualmente adelgazadas; cortamente pecioladas, mui enteras i lampiñas, de un verde cargado en el lado derecho, mas pálidas en el reverso, i peninerviosas; las mayores miden 14 líneas de largo sobre 9 de ancho. Los pedúnculos son axilares, solitarios, unífloros, erguidos, de dos líneas de largo, mui velludos como igualmente el cáliz i la corola; i rodeados en su base de pequeñas escamas aovadas. El cáliz es de tres líneas de largo en la flor, pero de seis líneas cuando el fruto está maduro. La corola es larga de 16 líneas, de un color morado mui hermoso. La baya tiene el tamaño de una cereza regular i es de color verde, tirante al amarillo. Las semillas son negras i miden casi una i media líneas.



LEJISLACION AGRÍCOLA DE CHILE. Sobre el *regador* o módulo de agua: *unidad de medida que se usa en Chile en las compras i distribuciones de las aguas de regadío. Insuficiencia de la lei que para tales casos rije actualmente, i proyecto para la redaccion de una nueva, la cual es de urgente necesidad.*—Trabajo ejecutado en el seno de la *Facultad de Ciencias Matemáticas i Físicas.*

Se suscitó, hace cuatro años, en el seno de la Facultad de Ciencias Físicas i Matemáticas, una cuestion de suma importancia para la Agricultura de Chile, cuestion relativa a la *unidad* de medida llamada *regador*, que se usa en la práctica i en todas las transacciones judiciales en Chile cuando se trata de las compras, ventas, o de las distribuciones de las aguas para el riego de nuestros campos. Sábese mui bien que esta *unidad* se halla determinada por la lei en todos los códigos modernos, i todo lo relativo a ella sirve de base a la industria agrícola en un pais como Chile, donde el riego da vida a esta industria i multiplica prodijiosamente sus productos. Llamado un ingeniero a decidir en cualquier caso práctico, en cualquiera causa o disidencia relativa a la distribucion de las aguas, tiene que ocurrir a la lei i tomar en consideracion lo que en ella vale un *regador*, determinándolo del modo mas exacto posible, lo que no siempre es fácil, atendidos sus términos. Es pues una de las cuestiones mas importantes para la riqueza principal de Chile, la definicion i apreciacion exacta del *regador*; i a esta cuestion dió motivo la siguiente carta dirigida al Secretario de la Facultad de Ciencias, don Ignacio Domeyko, en

1855, por el ingeniero don Augusto Charme, Miembro de esta Facultad, a quien el país debe grandes servicios i a quien una muerte prematura arrebató el año pasado, privando a la Universidad de uno de sus mas instruidos i laboriosos Miembros.

Hé aquí la mencionada carta del señor Charme.—“Talca, 1.º de agosto de 1855.

“Sírvasse Ud. someter, al juicio de la Facultad de Ciencias Físicas i Matemáticas de la Universidad, una cuestion, cuya resolucion exacta es, segun mi modo de ver, de mucha importancia para el país.

“Siempre que se trata en Chile de algun asunto relativo al riego de los terrenos, se cita la palabra *regador* como unidad o módulo de agua. He hecho todo lo posible para obtener de este término una definicion matemática, i estoi léjos del convencimiento de haberla hallado. Casi siempre se me ha citado el *regador de Maipo* como tipo o modelo de tal unidad, pero nadie me ha podido dar una descripcion exacta de esta medida. La mas probable de todas las definiciones me ha parecido la siguiente: un *regador* es “la cantidad de agua que se derrama en un segundo por un orificio rectangular, en pared delgada, cuya base tendria 9 pulgadas, la altura 6 pulgadas, i la distancia vertical del nivel del agua, encima del centro del orificio, 15 pulgadas (medida española.)”

“He calculado el valor de esta unidad para ponerla en relacion con la *pulgada de agua*, llamada *pulgada de los fonteneros*, medida francesa, o bien con el módulo de agua de Prony. El cálculo me ha dado, para el volúmen de agua corrida en circunstancias i tiempo arriba señalados, un metro cúbico 0.0462246 igual a 46 litros, 225 por segundo, tomando por el coeficiente m en la fórmula de la velocidad del derrame $v = m \sqrt{2gh}$, $m = 0.6095$.

“Repito que no estoi seguro de la exactitud del valor numérico que acabo de señalar para el derrame de agua en un l”, pues que no estoi seguro de la exactitud de los datos. Deseo saber si existe alguna lei para el arreglo de esta cuestion tan importante. En caso de alguna duda o de la falta absoluta de lei relativa al *regador de agua* para toda la República, seria mui útil que la Facultad de Ciencias Físicas i Matemáticas se ocupase en una definicion matemática de esta *medida*, i suministrase datos mas claros i exactos para un proyecto de lei, cuya adopcion cortaria sin duda infinidad de pleitos i disenciones entre los vecinos. Con frecuencia he oido a las personas, mui versadas en esta clase de negocios en Chile, dar una definicion mui absurda del *regador*, diciendo que es la cantidad de agua que se necesita para regar 25 *cuadras de terreno*. Nadie ignora que los terrenos varian mucho de naturaleza, desde las margas mui compactas hasta las arenas mas porosas i absorbentes; i por otra parte la cantidad de agua que se necesite para el riego de un mismo terreno, pende de la latitud en que éste se halla:

de manera que esta definicion no podria en ningun caso adoptarse en Chile, cuya estension, en el sentido de los meridianos, es tan grande. Si esta definicion fuera admitida sin desechar la anterior, fundada en las dimensiones del orificio i en la presion que sufre el líquido, resultaria que, para cada cuadra, término medio, se gastaria un litro en riego, 1 litro 84 de agua por 1". Nedault des Buffon, el mejor autor que se conoce i el mas acreditado en esta materia, en una obra recién publicada, sostiene que el terreno estaria suficientemente regado, gastando cuando mas 1,56 litro por cada cuadra de terreno ordinario, cantidad que corresponde a 29 cuabras, 45 por cada 46 litros, o un *regador* de agua.

“En fin, señor Secretario, someto estas consideraciones al exámen de la Facultad Universitaria de Ciencias Físicas i Matemáticas, convencido de que este cuerpo hará un gran servicio al pais, si, en consecuencia de un exámen detenido i un cálculo fundado sobre datos mas positivos i exactos que pueda recojer, resuelve esta cuestion i da una definicion mas precisa, la cual deberia servir de lei i regla para los riegos artificiales en Chile.

“Sírvasse Ud. admitir la seguridad del aprecio etc.—*Augusto Charme*.—Al señor Secretario de la Facultad de Ciencias Físicas i Matemáticas de la Universidad de Chile, don Ignacio Domeyko.”

A consecuencia de esta carta, la Facultad de Ciencias acordó dirijir la siguiente nota al señor don J. Santiago Tagle, Miembro de esta Facultad, el cual ha tenido mas práctica en esta especie de operaciones, como ingeniero del canal de Maipo, para que se sirviera informar sobre un asunto de tanta trascendencia.—Hé aquí la nota.

“La Facultad de Ciencias Físicas i Matemáticas, reunida en sesion el 25 de mayo de 1856, acordó comunicar a Ud. la carta que acompaño, dirijida al Secretario de esta Facultad por el ingeniero don Augusto Charme, relativa a la necesidad de adquirir datos legales i mas positivos posibles sobre lo que es el verdadero *regador*, o medida de agua que lleva este nombre en Chile. La Facultad desea que Ud., a quien se considera mui competente para juzgar en esta materia, nos suministre nociones mas exactas posibles sobre el verdadero regador de agua, tal como se mide en todas las transacciones legales, i averigüe al mismo tiempo si la misma medida está determinada por una lei especial de nuestros códigos, si esta misma medida se usa en todas las provincias de Chile o varia de un lugar a otro, i si, a mas de las dimensiones que se suele dar a la abertura i la presion que corresponden a un regador, se conoce en el pais el modo de avaluarlo en *cantidad de agua*.—Dios guarde a Ud.—*Ignacio Domeyko*.—Al señor don Santiago Tagle, Miembro de la Facultad de Ciencias Físicas i Matemáticas.”

Hé aquí la contestacion del señor don J. Santiago Tagle a la nota que precede.

“Contestando la nota de Ud., relativa a la consulta que hace el señor ingeniero don Augusto Charme, sobre la necesidad de obtener datos legales i positivos: 1. ° sobre lo que se entiendo por un regador de agua en Chile; 2. ° cómo se mide en las transacciones legales; 3. ° si la misma medida está determinada por una lei especial de nuestros códigos; 4. ° si esta misma medida se usa en todas las provincias de Chile; 5. ° si, a mas de la abertura i la presion que corresponde a un regador, se conoce en el país el modo de avaluarlo en cantidad de agua; i en fin se me pide una noticia de todo lo demas que sepa sobre el particular.

“1. ° —En primer lugar copiaré la lei de nuestros códigos, en que se marcá el regador de agua en Chile.

Lei de 18 de noviembre de 1819.

“Conformándome con lo acordado por el Exmo. Senado en cinco del corriente, vengo en declarar por regla jeneral: que el regador, bien sea del canal de Maipo, o de cualesquiera otros rios, se compondrá en adelante de una sesma de alto (o 6 pulgadas españolas) i de una cuarta de ancho (9 pulgadas españolas), con el desnivel de 15 pulgadas, el que se aprecia en 750 pesos, cuya venta solo se verificará a dinero de contado; previniéndose que, así como al que necesitare mas cantidad de agua que la que compone un regador se le puede vender en mayor número los regadores, así al que necesitase ménos, nunca podrá bajar de la mitad, i que los marcos i boca-tomas serán de cuenta del comprador, quedando al cuidado del Gobierno el nombrar persona de su satisfaccion, que señale el lugar donde debe fijarse el marco i abrirse la boca-toma con el declive insinuado. Tambien se declaran libres los rasgos o tránsitos de las aguas por cualquier terreno que pasen o sean convenientes al comprador, a no ser por aquellos donde hayan plantales, en cuyo caso éstos podrán convenirse con los propietarios. I para que llegue a noticia de todos, insértese en la *Gaceta Ministerial*.—*O'Higgins*.—*Cruz* (a).”

“Por esta lei, que es la única que nos rige, sin haber otra en nuestros códigos, se vé que un regador de agua en Chile, es la cantidad de agua que arroja una seccion hecha en paredes gruesas a cielo descubierto, manteniéndose el agua a la misma altura de la seccion, teniendo esta 6 pulgadas de altura i 9 de ancho, i; pasado el derrame, camine con una velocidad de 15 pulgadas por cuadra; cuya seccion tiene 54 pulgadas cuadradas.

(a) Coleccion de leyes i decretos, pág. 215.

“La construcción de un marco lo manifiesta el croquis que acompaño.

“2. ° —En las transacciones legales se mide del modo siguiente. Se construye un plano perfectamente horizontal del ancho del canal, i de ocho varas de largo. En medio de éste, i en una dirección perpendicular a la corriente, se hace la demarcación como lo representa el croquis (a), dejando el canal pasante o el canal distribuidor en línea recta, i que sale o se separa en una línea un poco oblicua, que forme en su punta partidora un pequeño ángulo de 15°. Esta pequeña inclinación que se le da al canal saliente (que así se llama el que se separa del principal), es para que el agua, en su choque con la punta partidora, robe una pequeña parte al saliente, para compensar a los últimos la pérdida de agua que va sufriendo en el tránsito el canal pasante, por las filtraciones, evaporaciones, trasporaciones, i la que se chupan los vegetales, que nunca faltan en las orillas de los canales. En la parte anterior al plano horizontal de que he hecho mérito, se construye un plano inclinado de 50 varas de largo con un desnivel de 12 pulgadas, que viene a ser 36 pulgadas en cuadro, en línea recta a la demarcación, para que quede libre de todo estorbo, i venga el agua a partir con igualdad. Este es, pues, el modo de partir legalmente las aguas corrientes en nuestro país; es el mas económico i legal que hemos adoptado en la Sociedad del canal de Maipo, por el cual se rijén todos en sus transacciones legales.

“3. ° i 4. ° —Por la misma lei verá Ud. que ella ha sido dictada para toda la República, sin escepción de ningún río.

“5. ° —En cuanto a si se reconoce en Chile el modo de avaluar un regador en cantidad de agua, diré a Ud. que no lo conocen. Con el fin de que en la Sociedad del canal de Maipo se conociese i supiese apreciar la cantidad de agua que es un regador, les trabajé, hace muchos años, un método práctico, cuya copia tambien acompaño a Ud., para que, tanto los socios como los aguateros repartidores de agua, que carecen de los conocimientos hidráulicos, se fuesen acostumbrando a medir prácticamente por un método bastante aproximado. Pero desgraciadamente no se puso en práctica, sino puramente para decidir.

“En ese mismo tiempo, en que la demarcación estaba construida con arreglo a la lei, hice varias observaciones en varios canales, i el resultado de ellas es el siguiente :

“1. ° Que un regador de agua, arreglado a la lei, arroja en un segundo de tiempo 2527,8830 pulgadas cúbicas de agua, o lo que es lo mismo, 1 i medio piés cúbicos de agua por 1”, que hacen mas de 32 litros por 1”. En un minuto arrojaba 87,6660 piés cúbicos de agua.

(a) Tanto este Croquis, como el del señor Charne, se acompañan litografiados en una lámina.

“Para sacar este resultado, me he valido de las fórmulas de M. Prony, de las de Mr. Eytelwein i de otros sabios que tanto han adelantado los conocimientos hidráulicos, pero modificando sus fórmulas jenerales, porque estos señores consideran en ellos la fuerza de la gravedad, como una, constante i absoluta, i no puede ser ; para que esté suficientemente demostrado, i con la mayor evidencia, que por ningun título se puede considerar la fuerza de la gravedad como una, constante i absoluta, sino para localidades que disten poco en latitud, i en que la diferencia de altura sobre el nivel del mar no sea de mucha consideracion ; i que por lo mismo las fórmulas que se vean en los autores, cualquiera que sea la celebridad i reputacion de éstos, que no contengan indeterminada la fuerza de la gravedad, no pueden ser aplicables a paises distantes como el nuestro, de aquellos en que se han formado los cálculos, i que para dichas localidades es indispensable hacer uso de las fórmulas reformadas; en las cuales la fuerza de la gravedad ha de ser indeterminada, siendo indispensable, al hacer las aplicaciones, determinar ante todas cosas la fuerza de la gravedad en el lugar donde se opera, segun su latitud i altura sobre el nivel del mar, para sustituirlas en las fórmulas jenerales.

“En este concepto, tomé por altura sobre el nivel del mar en las inmediaciones de Santiago 2042,096049 piés españoles, por latitud 33° 26' con corta diferencia, i hechos los cálculos necesarios resultó: que la fuerza centrífuga disminuye a la fuerza de la gravedad en esta localidad, atendiendo a su latitud i altura sobre el nivel del mar 0,0846 piés españoles.

“Calculé tambien la fuerza de la gravedad en esta localidad, atendida su latitud i altura sobre el nivel del mar, i a lo que la fuerza centrífuga, disminuye a la de la gravedad, i encontré que la fuerza de la gravedad en Santiago i sus inmediaciones, era en 39,0593 piés españoles, o 39, 1 despreciando los decimales.

“Como el radio medio de una seccion es $R = \frac{s}{p}$, o lo que es lo mismo,

es igual a la superficie de la seccion partida por el perímetro mojado ; en nuestro caso la superficie de la seccion es de 54 pulgadas cuadradas, el perímetro mojado es $6 + 6 + 9 = 21$ pulgadas, que son la suma de las dos alturas, i la base de la seccion, dividiendo 54 por 21 da 2, 57 pulgadas españolas, valor del radio medio.

“Como la velocidad media segun la fórmula es $V = \frac{0,0509107306 + \sqrt{0,0025319025 + 302,1351325 \times g \times R}}{2}$ — cuya fórmula traducida en regla nos dice que, para encontrar la velocidad media, conocido que sea el declive, el radio medio i la gravedad en el paraje en que se opera, se multiplicará el núm. 302,1351325, por la fuerza de la gravedad en dicho paraje, por el radio medio i por el declive (que en en nuestro caso es $\frac{1}{190}$ de pulgadas, o lo que es lo mismo, que en 190 pulgadas hai una

de desnivel); a lo que resulte se le añadirá el núm. 0,0025919025; i de la suma se extraerá la raíz cuadrada; de la cual se restará el número 0,0509107306; con lo que se tendrá la velocidad media que encontré de 48,6645 pulgadas españolas.

“Conocida pues la velocidad media en un canal o marco, i la superficie de la seccion, multiplicando la una por la otra, me dió por resultado, que un marco de un regador de agua arreglado a la lei da 2527,8830 pulgadas cúbicas de agua por 1” o 1,4661 piés cúbicos de agua por 1”.

“Estos cálculos no los he podido ratificar ahora, porque los canales están secos, i porque la demarcacion actual se haya desorganizada. En el verano, cuando los canales, tengan sus dotaciones de agua, i construyendo un marco a propósito, se podrán ratificar.

“Si, como he dicho, se ratifican estos cálculos, i resultasen exactos, se puede dar una definicion matemática al regador de agua en Chile del modo siguiente:

“Un *regador de agua* en Chile es “la cantidad de agua que arroja una seccion hecha en un canal a cielo descubierto, que tenga 15° de oblicuidad a la direccion de la corriente, i construida en un plano horizontal, cuya seccion será rectangular, teniendo 6 pulgadas de alto i 9 de ancho, i que arroje 1 i $\frac{1}{2}$ piés cúbicos de agua en un segundo de tiempo, manteniéndose éste constantemente lleno.”

“En cuanto a la cantidad de terreno que se puede regar en Chile con un regador de agua, soi de opinion que, adoptando el riego mas esmerado, empleando el dia i la noche, no se pueden regar con un regador mas de 16 cuadras de terreno cada ocho dias; en cuyo riego se consume una vara cuadrada, 0,5577 piés cúbicos de agua; pero talvez parecerá exagerado este cálculo, en comparacion de la cantidad que saca el señor Charme: para esto he hecho infinitas pruebas en los llanos de Maipo, cuyo terreno se compone en la actualidad de:

5 $\frac{1}{4}$	partes de arcilla.
3 $\frac{1}{4}$	id. de arena.
1 $\frac{1}{2}$	id. entre vegetal i caliza.
10	

“Supera pues todavía la arena en 1 $\frac{1}{2}$ parte para que sean de 1.ª calidad; a lo que se agrega que su fondo es de arena gruesa i cascajo, que dan demasiada filtracion a las aguas, con mas los desniveles, tan crecidos que tienen en dos direcciones, i sus muchas desigualdades; lo jeneral es diez regadores de agua para 100 cuadras, o diez cuadras por regador.

“No dudo que hai terrenos en Chile que consumen ménos agua; que

su fondo sea ménos filtrante, mas parejo, en climas mas húmedos, i de una naturaleza distinta de las en que he hecho mis esperiencias.

“Es cuanto puedo informar por ahora a la Facultad sobre el particular. —Dios guardé a Ud. muchos años.—Julio, 18 de 1850.—*J. Santiago Tagle.*—Señor Secretario de la Facultad de Ciencias Matemáticas i Físicas.”

Adicion de que el señor Tagle acompaña su contestacion anterior.

DISTRIBUCION.

“Claro está que no se puede sangrar un canal con el fin de beneficiar con el riego de sus aguas las tierras de los accionistas, sin saber 1.º qué número de regadores debe llevar el canal principal para hacer su distribucion, porque habrá casos en que deberá ser limitada la cantidad de agua por muchos inconvenientes etc.

“Antes de todo, señalaremos la medida con que avaluaremos la cantidad de agua que lleva el canal; llamémosla *cubo*, cuyo nombre le daremos a la cantidad de agua que arrojará una boca de un pié cúbico castellano, con una velocidad que camine, por ejemplo, mil varas por hora, en un canal de buque proporcionado i libre de todo estorbo.

“Importa, pues, averiguar esta velocidad, para cuyo fin servirá el nadador. Póngase el nadador en el filon de la corriente, i siguiéndole con un reloj en la mano todo el tiempo necesario, se verá si el agua anduvo las mil varas en una hora. Si las anduviese, servirá dicho número de raíz respecto de todos los marcos, porque llevará el agua con la velocidad que ha de servir de norma. Pero al tiempo de hacer esta averiguacion, será preciso, siempre que el aire u otra causa cualquiera arrime el nadador a la orilla, ponerle otra vez a toda prisa en el filon de la corriente. Este método, solo es mui bueno respecto a todos los canales i acequias que tienen en línea recta sus cauces, por lo ménos, las distancias de las mil varas u otras distancias que con mas meditacion adoptemos, i que sus lados sean paralelos; porque si el cauce tuviese recodos, el nadador se arrimaria con frecuencia a las orillas; i con sus choques haria perder mucha velocidad, i por consiguiente saldria algo incierta la operacion, etc.

“Si acaso, por algun evento, el agua que arroja el orificio no anduviese las mil varas por hora, se le dará al orificio, o mas anchura, o mas alto; con el fin de que su área o luz corresponda al intento.

“Cuando se quisiere hacer mayor el ancho del orificio, se multiplicará el que tuviere, espresado en pulgadas, por las mil varas; se partirá este producto por el número de varas que el agua anduviere en una hora, el cociente determinará en pulgadas las que habrá de tener el ancho del orificio; teniendo siempre mucho cuidado que el agua se mantenga

siempre a una misma altura del orificio, para que la que despidе el boquete ande las mil varas por hora.

EJEMPLO.

“Supongamos, v. g., que siendo de doce el ancho del orificio, el agua que arroja, manteniéndose constantemente a una misma altura, camine 800 varas en una hora; el producto de 12 por 1000 que es 12000, partido por 800, dará el cociente de 15 pulgadas, i éstas serán las que conveindrà tenga el ancho del orificio. Si el agua caminase 1300 varas por hora, se sacaría, practicando lo propuesto, que el ancho del orificio solo deberá tener 9 pulgadas $2\frac{3}{4}$ líneas de ancho, etc.

“Es igualmente fácil dar al orificio la luz correspondiente, con variar su altura, levantándole la compuerta si la tiene, sin tocarle su ancho: para cuyo fin se multiplicará el ancho por la raíz cúbica del cuadrado de 1000, se partirá este producto por la raíz cúbica del número de varas, que, por lo observado, anduviere el agua en una hora; i el cociente señalará las pulgadas i líneas que habrá de tener el alto del orificio.

EJEMPLO.

“Supongamos, como antes, que el agua camine 800 varas por hora; el cuadrado de 1000, es 1000000, cuya raíz cúbica es 100; el producto de esta raíz por 12 es 1200; el cuadrado de 800 es 640000, cuya raíz cúbica es 86; 1200 partido por 86 da al cociente 14, cuyo número espresa las pulgadas que debe tener de alto el orificio, para que ande con una velocidad de 1000 varas por hora, etc.

“Si el agua corriere 1300 varas en una hora, sacáramos, practicando lo mismo, que se le deberán dar 10 pulgadas de altura al orificio; por este método se sabrá con fijeza cuánto se han de subir o bajar las compuertas.

“Del mismo modo se practicará la operación si la luz del orificio tuviese 2, 3, 4 o mas piés de ancho, tanto para variar su ancho como para variar la altura; toda la diferencia estaría en que, en vez de multiplicar 1000 por 12 pulgadas, se multiplicaría por 24, 36, 48 pulgadas, etc., según los casos.

“Como la determinación que aquí nos ocupa es de la mayor importancia, propondremos otro modo de ejecutarla, ya para precaver las equivocaciones que se puedan padecer con el nadador, ya con el fin de ser igualmente fácil, mas acomodado, seguro i adaptable a cualquiera cantidad de agua que quiera sacarse, sea su conducto recto, sea torcido, etc.; también servirá este segundo método para comprobar el resultado que

se sacare por el anterior. Para esto, nos valdrémos del instrumento que se llama el cuadrante, cuya descripción es la que sigue :

“Hágase una bola de una pulgada de diámetro, de madera pesada i mui seca, por ejemplo, de nogal; se le hará un agujero de tres líneas de diámetro, que cale desde la superficie hasta el centro, llenándole éste de plomo derretido; esta bola ha de tener una sortija para afianzarla. Téngase a mano un cuadrante de madera (como la figura 1. ^a) dividido en 90 grados, i a su centro se atarán dos hebras de seda fuertes, de la una C P ha de colgar un peso o plomo P, i de la otra, mas larga que la primera, colgará la bola. Cuando se quiera medir con este instrumento la velocidad de una corriente, se le pondrá mui a plomo, de modo que el cordon C P esté mui arrimado i enrasede con su canto interior; se echa la bola al agua, cuya corriente se la llevará, quedando entre la hebra C P i la hebra donde está atada la bola un arco AD, o AE, cuyo ángulo se llama ángulo de desvío, i sirve para medir la velocidad conforme vamos a declarar.

“Se pondrá una puentecita de tabla portátil en dirección perpendicular a las corrientes, se le dividirá en tres partes iguales (con señales), se aplicará el cuadrante en cada una de las tres divisiones, i se apuntarán los tres ángulos de desvío. Pero como no es una misma la velocidad del agua a distintas alturas de la sección de un canal, ni tampoco a distancias desiguales de las orillas, será preciso explorar la velocidad en tres partes de cada sección, es a saber, a flor de agua, en medio de su altura, i cerca del suelo.

EJEMPLO.

“Supongamos que los tres ángulos de desvío del medio sean 10, 8, 6, los tres de la orilla derecha 8, 7, 6, i los tres de la orilla izquierda 7, 5, 3; se sumarán unos con otros los tres ángulos de cada operación i saldrán las tres sumas 24, 21, 15; se partirán estas sumas por tres números de las inmersiones, i saldrán los cocientes 8, 7, 5; éstos serán los ángulos medios de desvíos, cuya suma 20 se dividirá por 3, número de las estaciones, i el cociente $6^{\circ} 40'$ será el ángulo medio de desvío. Esto quiere decir que, un canal o acequia del mismo ancho, i con la misma altura de agua que el propuesto, cuya agua corre en todas sus partes, de modo que aparte o desvíe la bola de la perpendicular $6^{\circ} 40'$, llevará en tiempos iguales la misma cantidad de agua que el canal del caso figurado.

“Una vez determinado el ángulo de desvío, se sacará la raíz cuadrada de su tangente, cuya raíz espresará la velocidad de la corriente. Por cuyo motivo se pondrá a continuación una tabla de las raíces cuadradas de las tangentes de los ángulos, desde 1 hasta 70, que es el mayor a que puede desviarse la bola, etc.

Tabla de las velocidades correspondientes a los diferentes ángulos de desvío.

Grads.									
1	41+	15	163—	29	236+	43	305—	57	392—
2	50—	16	169—	30	240—	44	311+	58	400—
3	72—	17	175+	31	245—	45	315—	59	408+
4	84+	18	180—	32	250+	46	322+	60	416—
5	93—	19	185—	33	255+	47	328+	61	425+
6	102—	20	191+	34	260+	48	333—	62	434+
7	111+	21	196+	35	264—	49	339—	63	443+
8	118—	22	201—	36	269—	50	345—	64	452—
9	126+	23	206—	37	274—	51	351—	65	463—
10	133+	24	211+	38	279—	52	358+	66	474+
11	139—	25	216+	39	285+	53	364—	67	485—
12	146+	26	221+	40	289+	54	371+	68	497—
13	152+	27	226+	41	295+	55	378+	69	510—
14	158+	28	230—	42	300—	56	385+	70	524—

“Despues de averiguado el ángulo de desvío, que suponemos de 6.º 40', se medirá la altura de la seccion que, supongamos, sea de 6 piés 4 pulgadas, siendo el ancho del canal por ejemplo de 20 piés; se multiplicará este ancho por la altura hallada i saldrá el producto 127, con corta diferencia; hecho esto, se acudirá a la tabla, por la cual se verá que a los 6.º corresponde el número 102, i a los 7.º el número 111, cuya diferencia es 9. Lo que toque a los 40' se hallará diciendo: si por un grado de diferencia señala la tabla 9, por 40' cuanto dará, i se hará la proporcion como sigue :

$$1.º = 60' : 9 :: 40' : x = 6,$$

cuyo cuarto término se sumará con 102, cuyo número en la tabla corresponde a 6.º, i su suma 108, espresará la velocidad del agua. Multiplicando finalmente 108 por 127, el producto 13,716, espresará la cantidad o cuerpo de agua que lleva un canal, etc.

«Esplorese despues con el nadador de 10 o 20 minutos la velocidad de la corriente, i suponiendo que caminase 900 varas en una hora; de aquí inferirémos que no lleva los 127 piés cúbicos de agua, conforme se saca multiplicando el ancho del canal o acequia por la altura media, o por la altura del boquete del marco; i como el ancho del canal no se puede equivocar, será evidente que la altura determinada no será la verdadera, i que el cuerpo de agua que lleva el canal no es de tantos piés

cúbicos de agua como hemos hallado ántes. Es, pues, indispensable hacerle a la altura media la debida correccion.

«Para cuyo fin multiplicaremos 1,000 por 20, ancho del canal, por el producto 20,000; partirémos 114,300, producto de las 900 varas que anda la corriente por el boquete hallado de 127; el cociente 5 piés 8 pulgadas i media, espresará otra altura media del canal o acequia. El producto de esta altura por 20 será 114, número de los piés cúbicos de agua que lleva el canal, es a saber, 13 piés cúbicos ménos de los que se sacaron por el método comun, i se podrá pues decir con certeza que el canal lleva 114 piés cúbicos de agua.

«Supongamos ahora que de éstos se le quiere quitar al canal seis piés cúbicos de agua; al boquete, que será un regulador variable, se le darian en este caso 6 piés de ancho i 1 de alto; se echará el agua, i se ratificará despues la medida. En seguida se averiguará con el nadador si en el canal que se va a distribuir, el agua anda las 1,000 varas por hora, o mas o ménos, con el fin de mudar la altura o ancho del boquete o marco, segun mas acomode, por los métodos anteriormente propuestos; i luego que sea el área de la luz o del marco cuál conviene para que el agua que arroje ande las 1,000 varas por hora, habrá certeza de que dará los 6 piés cúbicos de agua.

«Este punto es de tanta importancia, como hemos dicho anteriormente, que proponemos otro modo de ratificar la opinion para que se le saquen a un canal cualquiera un número cabal de piés cúbicos de agua, por ejemplo, de los mismos seis regadores de agua que en el caso anterior.

«Supongamos que la altura media de un canal sea de 6 piés $\frac{1}{2}$, i su ancho de 20 piés. Se multiplicará este ancho por la altura, i saldrá el producto 127, con corta diferencia; multiplíquese este producto por 108, número correspondiente a la velocidad media, i saldrá el producto 13,716; multiplíquese por 6, número de los regadores o piés cúbicos de agua que queremos sacar, i saldrá el producto 82,296, que llamaremos *A*.

«Sea ahora 93 el número de la tabla, correspondiente a la velocidad media, la cual por lo mismo será de 5 grados. Multiplíquese 93 por una altura de la luz, saldrá el producto 93; multiplíquese este producto por 114, número de los piés cúbicos de agua que lleva todo el canal ántes de la sangría, i saldrá el producto 10,509, que llamaremos *B*.

«Ultimamente, pártase el producto *A* por *B*, el cociente 7 piés 10 pulgadas manifestará que la luz del marco ha de tener 7 piés 10 pulgadas de ancho, i que por lo mismo será preciso ensancharlo 1 pié 7 pulgadas para sacar con mas exactitud la cantidad da agua que se desea.

CÁLCULO.

Altura de la luz o del marco.....	6½	Velocidad media.....	93
Multiplicado por el ancho del canal...	20	Multiplicada por la altura de la luz..	1
	<u>127</u>		
Multiplicada por la velocidad media	108.	producto.....	73
	<u>13716</u>	Multiplicado por los piés cúbicos efec-	
		tivos de agua que lleva el canal que	
Multiplicado por el número de re-		se quiere sangrar.....	113
gadores o piés cúbicos que se			
quieren sacar.....	6		<u>B = 10509</u>
	<u>A = 82296</u>		

partiendo $\frac{A}{B}$

$$\frac{A}{B} = \frac{82296}{10509} = 7 \text{ piés } \frac{8733}{10509} = 7 \text{ piés } 10 \text{ pulgadas.}$$

«Si acaso la velocidad media del agua que sale por el boquete fuese mayor que la del canal pasante, i fuese v. g. de 9 grados, el cálculo se hará del mismo modo, sin mas diferencia que sustituir, en lugar de 93, el número 126 que corresponde a 9 grados en la tabla; en cuyo caso se sacaria que el ancho habria de ser, no de 6 piés, sino de 5½ piés 9 pulgadas i 4 líneas de ancho, como se verá en el cálculo que sigue :

Ancho.....	20	Velocidad media.....	126
Altura.....	6½	Altura.....	1
	<u>127</u>		<u>126</u>
Velocidad media.....	108	Agua efectiva.....	113
	<u>13716</u>		<u>B = 14238</u>
	6		
<u>A = 82296</u>			

$$\frac{A}{B} = \frac{82296}{14238} = 5 \text{ piés } 9 \text{ pulgadas } 4 \text{ líneas de ancho.}$$

«Los ejemplos propuestos enseñan lo que debe practicarse para hacer a un canal cualquiera la sangría que se quiera; todo estará en mudar en los ejemplos el número que espresa su cantidad. Pero no deberá contentarse el facultativo con la primera operacion; será necesario que la ratifique con sumo cuidado, etc.

«Tambien se sabrá por este método si el agua está repartida con igualdad; porque, en sabiendo las cantidades de agua que le tocan a cada accionista, i el cuerpo de agua que lleva el canal o cauce de que se trate,

con tomar aquel o alguno de éstos por fundamento de la operacion, se averiguará fácilmente si el reparto se ha hecho con igualdad, o si alguno de los accionistas tiene mas o ménos agua que la que le toca.—*J. Santiago Tagle.*»

Habiéndose comunicado al señor Charme el precedente informe de don J. Santiago Tagle, la Facultad de Ciencias recibió la siguiente nota, en que trata de dar una resolucion definitiva a esta cuestion, i un proyecto para la redaccion de una nueva lei en Chile.

“Señor don Ignacio Domeyko.—Muy apreciado señor i amigo.—He leído con sumo interes i detenida atencion el informe que el señor don Santiago Tagle ha dado para esclarecer la cuestion promovida por Ud. a peticion mia, relativa a la medida usada en Chile bajo la denominacion de *regador de agua*. Esta lectura me ha dejado convencido de que la lei única que establece el valor del regador, no solo es oscura, sino que no tiene nada de fijo i es del todo incompleta en su redaccion. De suerte que una cuestion judicial suscitada a este respecto, daria lugar a dificultades interminables, i diré mas, sin solucion racional posible. Voy a probarlo.

“El testo de la lei es el siguiente: “el *regador de agua* se compone de seis pulgadas españolas de alto, i nueve pulgadas tambien españolas de ancho, con el *desnivel* de quince pulgadas.” Basta leer esta definicion para conocer desde luego que no es científica, ni de aplicacion práctica. En efecto, cuando aun para interpretar la letra de la lei, se quisiera ver en las seis i las nueve pulgadas que constituyen el regador las dimensiones de un marco, o, como opina el señor don Santiago Tagle, las de un canal rectangular de nueve pulgadas de ancho, en el que el agua tuviera una profundidad *constante* de seis pulgadas, quedaria todavía la palabra *desnivel*, la cual, aislada como es, no tiene absolutamente sentido alguno, i se presta a cuantas interpretaciones se quiera, todas perfectamente admisibles.

“Persuadido de la imperfeccion de la redaccion de la lei de 18 de noviembre de 1819, el señor don Santiago Tagle ha tratado de explicarla; i ha sacado, por consecuencia de ella, una definicion que, si bien es racional i establece fijamente un volúmen determinado de agua, me parece muy distante de ser un corolario del testo de la lei, i mas bien, una definicion nueva, propuesta por él para la apreciacion del valor de un regador de agua. Esta definicion es la siguiente: “un *regador de agua*, es la cantidad que arroja una seccion hecha *en paredes gruesas* a cielo descubierto, manteniéndose el agua a la misma altura de la seccion, teniendo esta 6 pulgadas de altura i 9 de ancho, i pasado el derrame *camine con una velocidad de 15 pulgadas por cuadra.*” Basta la lectura de las líneas que preceden, para probar que, entre el regador de la lei i el del señor Tagle, no hai otra analogía mas que las cifras 6, 9 i 15. La palabra *desnivel* la

interpreta don Santiago Tagle por un declive de 15 pulgadas por cuadra, miéntras que la lei deja indeterminada la longitud del canal, en la cual deberia estar uniformemente repartido el desnivel de 15 pulgadas.

“Puede sin duda admitirse la definicion que da el señor don Santiago Tagle del regador de agua, porque permite calcular el valor exacto del volúmen de agua derramado en la unidad de tiempo. Creo, sin embargo, que seria útil modificar las palabras sublineadas, porque no me parece que se espresa con exactitud, en ellas, el pensamiento del señor Tagle. En cuanto al método indicado por dicho señor para medir en las transacciones legales un volúmen de agua, confieso que no la entiendo bien. En primer lugar, no veo que en la citada definicion del señor Tagle, a que aludo, se trate precisamente de un método exacto para medir aguas, sino mas bien de un método para repartirlas o sacar de una acequia madre, distribuidora, una ramificacion. Pero en tal caso pregunto, en primer lugar: 1.º ¿por qué se establece la ramificacion en el medio de una parte del canal distribuidor, *horizontal* i de 8 varas de largo, separada del canal distribuidor por una punta de diamante, cuyo ángulo es 15º? 2.º ¿por qué va, la parte horizontal del canal distribuidor, precedida por un canal de 50 varas de largo con 12 piés de declive? De todo lo sublineado no he podido hallar teóricamente la esplicacion. Sin embargo, puede ser que la práctica justifique este método de repartir las aguas; i en este caso la relacion de los esperimentos hechos para llegar al resultado indicado, ofreceria un gran interés.

“Un regador de agua arreglado a la lei arroja, por segundo, dice el señor Tagle, 2527, 883, pulgadas cúbicas, o sea mas de 32 litros de agua. Siguiendo a la letra, no la lei de 1819, sino la definicion del regador propuesta por el señor Tagle, he calculado el valor de un regador de agua, i he llegado a un resultado distinto del que presenta dicho señor: la razon de ello es la siguiente.

“Admito, como don Santiago Tagle, la fórmula dada por Prony, pero sin hacerle correccion ninguna. En efecto, miéntras el señor Tagle cree que “Prony comete un error grave en considerar la gravedad como una, constante, absoluta” yo considero que en la fórmula:

$$R = 0.0000242651 V + 0.000365543 V^2,$$

la cual, segun M. de Prony, espresa la relacion existente entre la velocidad *media* V que toma el agua en un cauce, el declive por metro I del canal, i el *radio medio* R de éste, o la superficie de la seccion de agua partida por el perímetro mojado; considero, digo, que la influencia de la gravedad es del todo insignificante, i no se puede tomar en cuenta en la espresion de la velocidad media que tome el agua en el canal indicado. Consideremos, en efecto, cuál es la diferencia entre las espresiones de la

gravedad en Santiago i en Paris, en donde M. de Prony repitió los experimentos que habia hecho mui numerosos en las Lagunas Pontinas, que sirvieron de base a su fórmula.

“El largo del péndulo simple que da los segundos en Santiago (latitud 33° 26') es de 0.^m 9926, i en Paris este mismo péndulo tiene un largo de 0.^m 99384.

“De allí se deduce por medio de la fórmula bien conocida $T = \pi \sqrt{\frac{s}{g}}$

el valor de $g = 9.^m 7966$, mientras en Paris $g = 9.^m 8088$, número apenas distinto del primero.

“La fórmula $R l = av + bv^2$, sustituyendo a R su valor

$$\frac{6^{\text{pls.}} \times 9^{\text{pls.}}}{9 + 6 + 6} = 0.^m 06035 \text{ i a } l \text{ su valor } \frac{15^{\text{pls.}}}{150 \times \times 12^{\text{pls.}}} = \frac{1}{360} = 0.002777$$

(i no $\frac{1}{150}$ como dice el señor Tagle); a a su valor 0,0000242651, i tam-

bien a b su valor 0.000365543 me da

$$V = \frac{-a + \sqrt{a^2 + 4bRl}}{2b} = 0.^m 6447$$

“De donde resulta por el volúmen Q de agua, arrojado en un segundo por el regador . . .

$$Q = 0.211^{\text{m}} \times 0.141^{\text{m}} \times 0.6447^{\text{m}} = 0.019180469 = 19,180469^{\text{lit.}} = 894,862800^{\text{plg. cúb.}}$$

mientras que el señor don Santiago Tagle, por medio de cálculos, llega a estos resultados tan en extremo distintos:

$$V = 48,6645^{\text{pls. españolas}} \quad Q = 2527,883^{\text{pies}} \text{ pulgadas cúbicas.}$$

“El señor don Santiago Tagle concluye su informe proponiendo un método para medir la velocidad media del agua en un cauce, que no es del todo exacto. Resulta en efecto de los experimentos practicados por los ingenieros hidráulicos, Dubuat i de Prony, que la velocidad media en la superficie del agua, que es la que don Santiago Tagle admite por velocidad media del líquido, no es sino *aproximadamente* los 0,80 centésimos de ésta, i su espresion exacta V seria con respecto a U , velocidad media en la superficie.

$$V = \frac{u(u + 2,37187)}{u + 3,15312}$$

“Encuanto a la superficie de terreno que se podria regar con un regador de agua, ya he dicho en mi nota anterior que, segun lo admitido jeneralmente en el sur de Chile, un regador basta para regar 25 cuadras áreas, miéntras que en el medio dia de Francia, se considera que un metro cúbico de agua basta para regar 1000 hectáreas, o sea, un litro por hectárea, o 1,^{lit.} 5625 por cada cuadra área.

“De allí, i tomando por espresion de un regador 46,^{lit.} 2246, que me dieron cálculos basados sobré una definicion del regador que se me habia indicado en Talca mismo, sacaba esta consecuencia: “que con un regador se podian regar 29, cuadras 45.”

“El señor don Santiago Tagle deduce, de esperiencias hechas con cuidado, que un regador de 32 litros puede regar solo 16 cuadras, dando los riegos abundantes cada ocho dias, o sea, por 46 litros, 23 cuadras. Si se nota que en el sur, la atmósfera es jeneralmente ménos seca que la de Santiago; que por otra parte los terrenos regados por el canal de Maipo son jeneralmente inclinados, como lo espresa el señor Tagle, i de una composicion mui arenosa, i por consiguiente poco idóneas para aprovechar bien un riego; se puede, sin apartarse mucho de la verdad, considerar que 25 cuadras en el sur serán bien suficientemente regadas con 46 litros por segundo, o sea, que un litro riega 0, cuadras 54, como parece haberlo demostrado la práctica en estas rejiones.

“Como conclusion de esta discusion se puede sacar esta consecuencia: que, si bien se usa a cada instante la palabra *regador*, cuando se trata en Chile de cuestiones relativas a riego, está mui léjos de ser conocida esta medida. La confusion e incertidumbre que reinan respecto del volúmen de agua correspondiente a un regador, provienen sin duda de la redaccion, no solo oscura, sino tambien absurda, de la lei que rije en la materia. Seria ciertamente de gran utilidad, tanto para la solucion de las cuestiones que se refieren a la cuestion de riego, que son de tan vital intores para la Agricultura chilena, como para la solucion de las cuestiones judiciales que se promueven frecuentemente en la reparticion de las aguas, que la Facultad de Ciencias de la Universidad se ocupase de la redaccion matemáticamente exacta de una lei, que fijase bien el valor de un *regador*.

“Si me fuera permitido emitir, en esta cuestion importante, mi humilde opinion, propondria la siguiente definicion, que a un tiempo seria conforme con el método usado en todas las naciones de Europa, i en todos los libros científicos sobre la materia, para espresar la unidad de volúmen de agua; i reproduciria las cifras i muchas espresiones contenidas

en la lei de 1819: “un *regador* es el volúmen de agua que arrojaría un orificio rectangular de 6 pulgadas de altura con 9 pulgadas de ancho, *abierto en una pared delgada* (una lámina de fierro por ejemplo), sumerjida en el agua, de tal modo que el centro del orificio, suponiendo la base de éste horizontal, se halle constantemente a 15 pulgadas debajo de la superficie del agua.” El cróquis adjunto explicará mi idea i la construccion del regador. Su espresion en medidas decimales es de 0.^m 0462246, o sea 46,^{lit} 2246. Admitida esta definicion, fácil sería la reparticion de uno, uno i medio, dos, etc., regadores. El orificio abierto en la lámina de fierro tendrá para esto de base 9, $13\frac{1}{2}$, 18, etc. pulgadas, i de altura las 6 pulgadas deberian mantenerse *constantemente* en la posicion i hondura prescritas. En cuanto a conseguir un nivel constante en este canal distribuidor, la ciencia indica varios métodos, todos de muí fácil i sencilla construccion. Propondré el de una válvula que atravesaría el canal i por encima de la cual podría derramarse el exceso de agua, proporcionando así un nivel horizontal i de altura constante en la parte superior. (Lámont).

“Espero que el señor don Santiago Tagle se servirá dispensarme la libertad que he tomado al discutir sobre el informe que ha tenido la bondad de redactar. Los esperiméntos que puede verificar en gran escala, teniendo a su disposicion el canal de Maipo, le permitirán dilucidar estas cuestiones i rectificar errores que quizás haya yo cometido en lo que antecede.

“Sírvasse U., señor Domeyko, aceptar las seguridades del aprecio i afecto con que soi de Ud. mui adicto servidor i amigo.—*Augusto Charme.*”

METEOROLOGIA.—Datos relativos a las Auroras polares aparecidas en los dos hemisferios, a un tiempo, en la noche del 2 de setiembre de 1859, comunicados a la Facultad de Ciencias Físicas i Matemáticas.

Las Auroras polares son sin duda los fenómenos meteorolójicos que, desde el descubrimiento del electro-magnetismo, llaman mas la atencion de los sábios que se ocupan en la física del globo terrestre. Estos fenómenos, en que nuestro planeta luce con su propia luz en las largas noches polares, son mas frecuentes, segun parece, en el hemisferio boreal que en el nuestro; i si son jenerales, es decir, si es que al mismo tiempo aparecen en los dos polos, como la Aurora de que se trata i cuya memoria se quiere conservar en estos *Anales*, deben ser ménos visibles i de luz mas pálida en nuestro polo, que en aquel. Puede tambien atribuirse la frecuente observacion de ellas en el hemisferio boreal i lo escasa que es en el nuestro, a lo poblada que se halla en algunas partes la rejion polar de