

El Universo no puede desprenderse de su energía, y al irse igualando los potenciales de sus elementos, ella misma se ahoga en su masa; y en el nivel único, en el nivel general, está el reposo absoluto, lo inconcebible, lo indiferenciable, la nada, el infinito...

* * *

Todos los fenómenos del Universo radican en una diferencia de potencial. Ahora bien, la ley de la Naturaleza es borrar esa diferencia, anularla por completo.

Un sistema en un estado de estabilidad cualquiera tiende a pasar a otro más estable aún, y esto lo hace desprendiendo de su energía útil o transformable o perdiendo la forma útil de su energía, pues dicho se está que si se queda sin aptitud para transformarse, el sistema será lo más estable posible.

Las mismas formas de energía son unas más estables que otras; la más estable es la calorífica; por eso se transforman todas ellas en calor al fin de su proceso.

La Naturaleza tiene su camino trazado, un solo sentido en su evolución, el que marca su caída de potencial, y si se realiza algún fenómeno en sentido contrario, una marcha a contravapor o de regresión, una elevación de potencial, es siempre a expensas de una caída en otro lado.

De esas transformaciones de energía, de esas caídas de potencial de la naturaleza marchando al equilibrio universal, se aprovecha nuestra industria poniendo a su paso momentáneo las máquinas que encauzan la fugaz energía y dirigen su trabajo.

Vamos a aclarar con el ejemplo de Joule lo que va expuesto. Cojamos dos recipientes iguales, unidos por un tubo provisto de una llave de paso e introduzcámoslos en una vasija de agua que hará de calorímetro. Uno de los recipientes está lleno de aire comprimido; el otro vacío. Abramos la llave y la presión se iguala en los dos recipientes sin que se haya calentado ni enfriado el agua de la vasija; el sistema de los dos recipientes no ha recibido ni perdido calor, y como no ha absorbido ni realizado ningún trabajo exterior, su energía ha permanecido la misma en cantidad total o absoluta, pero no en forma utilizable. Antes de abrir la llave podríamos disponer del sistema de referencia, para realizar un trabajo; después ha quedado inútil la energía, y para poder disponer otra vez de ella, para volver a diferenciar el potencial, necesitamos degradar energía en otro lado, aprovecharnos de otra caída.

En una palabra, y repitiendo otra vez las mismas ideas, en el Universo hay una porción de diferencias de potencial. Donde se presenta una caída, un desnivel, la energía cae espontáneamente haciéndose cada vez más intransformable, más estable. Cuando por el contrario se pretende pasar energía de un potencial menor a otro mayor, sólo puede hacerse a expensas de una caída en sentido directo, es decir, siempre, en total, degradando energía, bajando el centro de gravedad del Universo, teniendo a su inmovilización.

* * *

Esa tendencia al equilibrio del potencial, tan parecida a la del equilibrio de temperatura, aunque mucho más general, puesto que aquí partimos de formas de energías distintas; esa tendencia a la máxima estabilidad, es la nueva ley de la Energética.

Al aplicarla a la química, nos da la clave del misterio perseguido por espacio de todo este siglo y parte del pasado; el por qué de la preferencia de unas reacciones a otras. En ella se basa hoy la estática química.

Las antiguas *Tablas de afinidades*, las *leyes de Berthollet*, la *escala electroquímica* de Berzelius, el *principio termodinámico* de Thomsen, el del *trabajo máximo* de Berthelot, el del *equilibrio móvil* de Vau t'Hoff y el del *potencial termodinámico* de Duhem iban tras la solución de ese gran problema químico de poder predecir las reacciones posibles y las que de necesidad se verificaban antes que otras.

El principio de Duhem, el *potencial termodinámico de todo*

sistema en equilibrio estable es un mínimo en el orden de sus valores, es el del mínimo potencial de Mecánica o sea el mismo citado de la Energética.

La preferencia en las reacciones será, pues, para aquellas que abandonen más energía; como la regla general es que ésta sea en su mayor parte la calorífica, se dice que *todo cambio químico tiende a producir el cuerpo o cuerpos que desprendan mayor cantidad de calor* y que *toda reacción química que desprenda calor, se produce necesariamente*; bien entendido, que todo ello es bajo el supuesto de no intervenir energías extrañas.

Ese principio general de la Energética, de que nos hemos ocupado hoy, se enuncia sucintamente en esta forma:

La Entropía de un sistema aislado tiende a un máximo.

En el artículo próximo nos ocuparemos de ese nuevo concepto.

En Termodinámica, la Entropía es una noción tan esencial que sin ella no se puede marcar el enlace del calor y del movimiento; tiene tanta importancia como la idea de fuerza o de trabajo en mecánica.

La Entropía desempeña un papel esencialísimo en toda clase de fenómenos naturales que caen bajo el dominio de las distintas ciencias antiguas; como que, es un concepto que pertenece a la ciencia única que las abraza a todas, a la Energética o ciencia del porvenir.

MANUEL MALUQUER.

(Se continuará.)

SANEAMIENTO DE POBLACIONES

(Continuación.)

Aprovechamiento de las aguas sucias.

Las aguas negras de una población, las que podemos llamar deyecciones de la urbe, tienen un valor en el comercio bastante grande y que no debe perderse.

De los términos medios calculados por Wolff, dedúcese que por individuo y año se producen:

| DEYECCIONES | Peso. Kilogramos. | Nitrógeno. Kilogramos. | Acido fosfórico. Kilogramos. | Potasa. Kilogramos. |
|---------------|----------------------|---------------------------|---------------------------------|------------------------|
| Sólidas..... | 48,5 | 0,750 | 0,500 | 0,250 |
| Líquidas..... | 422,0 | 4,000 | 0,850 | 0,750 |
| Totales.... | 470,5 | 4,750 | 1,350 | 1,000 |

Estas cantidades equivalen a 1.100 ó 1.200 kilogramos de estiércol de establo, y, por lo tanto, las deyecciones de 20 personas bastan para abonar una hectárea.

Si tomamos, con Heidem, la media de los números dados por un gran número de autores, encontramos por año e individuo:

| | Deyecciones sólidas. Kilogramos. | Deyecciones líquidas. Kilogramos. | TOTAL. Kilogramos. |
|----------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| Cantidad..... | 41,50 | 438,00 | 486,50 |
| Materias fijas..... | 11,00 | 23,30 | 34,40 |
| Nitrógeno..... | 0,80 | 4,40 | 5,20 |
| Acido fosfórico..... | 0,60 | 0,63 | 1,26 |
| Potasa..... | 0,26 | 0,81 | 1,7 |

Valuadas las deyecciones de un individuo conforme a los cálculos de Wolff y a los precios corrientemente atribuidos a las materias fertilizantes del abono de estiércol, resulta:

| | Kilogramos. | | Pesetas. |
|----------------------|-------------|--------|----------|
| Nitrógeno..... | 4,750 | á 1,50 | 7,12 |
| Acido fosfórico..... | 1,350 | á 0,50 | 0,67 |
| Potasa..... | 1,000 | á 0,40 | 0,40 |
| Total..... | | | 8,19 |

Way, evaluando el amoniaco contenido en las aguas negras de Londres, las atribuye un precio de 10,49 pesetas al año; la Comisión nombrada en Turin para estudiar el problema de la evacuación, supone que dicho valor es variable entre 7 y 11 pesetas y Arnould la fija en 10 pesetas, pudiendo tomarse como un término medio aceptable el de 9 pesetas.

Muchos sistemas se han ideado, como dejamos dicho, para utilizar las aguas negras, fabricando con la parte sólida abonos como la conocida *poudrette* y extrayendo los productos químicos que contiene la líquida, que es la de más valor.

Ningún procedimiento ha resultado práctico, arruinándose las Sociedades formadas para explotarlos de Londres y muchas poblaciones inglesas y en Paris de la *voirie de Bondy*.

Sólo queda el sistema del aprovechamiento agrícola de las aguas de las alcantarillas, complemento del de depuración por filtración intermitente, con el que se devuelve á la tierra la materia fertilizante que dió en forma de productos alimenticios. Las plantas absorben para su nutrición los elementos de abono en que la nitrificación transforma las materias impuras y putrescibles y devuelve á la atmósfera por evaporación la casi totalidad del líquido que los ha servido de vehículo. De este modo la depuración y la utilización agrícola se completan.

Bajo el punto de vista del aprovechamiento agrícola, se crearon en otro tiempo en Milán, Edimburgo y varias ciudades españolas esos sistemas de riego, cuyos resultados son tan maravillosos y que se han tomado hoy como modelos para el empleo de las aguas de las alcantarillas, pero viendo la cuestión bajo el aspecto de la salubridad pública, hasta que se ha llegado á comprender la identidad de los dos, resolviendo por completo el problema.

El riego constituye, en efecto, un excelente modo de depuración, se vierten las aguas negras con la regularidad deseable, las labores de cultivo impiden el colmataje de la capa superficial y renuevan el aire que encierra, y la vegetación absorbe la mayor parte de las sustancias sólidas y líquidas completando el ciclo de evolución.

Las praderas artificiales, el cultivo hortícola, dan excelentes resultados con los riegos á altas dosis, con las aguas negras, y aunque se ha hecho la objeción de que los productos de las huertas pueden producir enfermedades, llevando los microbios de las aguas de las alcantarillas, ya hemos demostrado que es infundada; y además, para mayor seguridad, el riego se practica siempre colocando las plantas en caballones fuera del contacto del agua. Los productos de las huertas de Madrid, Valencia, Granada, Gennevilliers, etc., se venden con mucha estima en los mercados, sin que afecten en lo más mínimo á la salud pública.

Otra objeción se ha hecho, suponiendo que el riego solo no llene por completo el fin de la depuración, porque en invierno, por ejemplo, la tierra, no pudiendo absorber tanta agua como en verano, aquélla se paraliza y el saneamiento resulte incompleto.

Pero el remedio es fácil: al lado de los campos de riego se puede conservar, como en Berlín, en extensos depósitos de depuración, propiamente dicho, que reciban las aguas en la estación fría por capas sucesivas de 0,30 á 0,50 de espesor, retenidas entre diques, enriqueciéndose así la tierra con productos minerales y llegando el buen tiempo se deja desecar, se labra y se hacen plantaciones de cereales, remolachas, etc., que dan excelentes rendimientos.

Por otra parte, los prados Marceyas de Milán se riegan todo el año, y en muchos países se practica en grande el riego de invierno, lo que prueba que no es nocivo para las plantas; de modo

que no hay que suspender la depuración en ninguna época, y hasta puede hacerse en tiempo de nieves, pues teniendo las aguas negras una temperatura de 6 grados centígrados, deshielan el suelo.

Los resultados obtenidos en este sistema bajo el punto de vista económico, no pueden ser más notables.

En los campos de gran número de ciudades inglesas se dan 4 y 5 al ray-grás, consiguiendo de 100 á 200 toneladas inglesas de hierba por hectárea. Los cereales han producido en Longe-Farm 43 á 46 hectolitros de trigo por hectárea, 50 de avena y 15 de centeno. En Bretons-Farm las coles daban de 40 á 100 gramos, las zanahorias 41.000 y las cebollas 56.000 kilogramos.

En Gennevilliers los rendimientos por hectárea de los diversos cultivos son los siguientes.

Alcachofas, de 35 á 50.000, y aun 80.000 kilogramos.

Coliflores, de 20.000 á 30.000, con un peso de 35 á 10.000 id.

Ajos, 37.000 id.

Zanahorias, de 60 á 80.000, y hasta 132.000 id.

Apio y apio-navo, más de 100.000 id.

Coles, hasta 100.000 id.

Cebollas, 60 á 80.000 id.

Puerros, 60.000 id.

Guorxoneva, 25.000 id.

Patatas, de 30 á 40.000 id.

Calabazas, de 120 á 140.000 id.

Remolachas, 120.000 id.

Menta, de 40 á 50.000 idem, en dos siegas.

Ajenjo, de 110 á 120 idem id. id.

Angélica, 28.000 idem id. id.

El producto, pues, obtenido por los cultivadores en la hectárea es de 3 á 10.000 francos.

El valor en renta de los terrenos, que era antes de 90 á 150 francos la hectárea, es hoy de 45 á 50 francos, y el valor en es de 10.000 á 12.000 francos la hectárea, y en algunas transacciones ha llegado á 20.000 francos.

En Berlín se da á las praderas regadas hasta siete cortes en algunas líneas que miden desde 40 á 70.000 kilogramos de hierba por hectárea. La renta que se paga por la hectárea sube con el riego desde 100 á 200 francos.

La aplicación del sistema de depuración por filtración intermitente y aprovechamiento agrícola, es fácil de llevar á la práctica, y no exige grandes ni costosas obras. Lo primero que hay que determinar es el poder depurador del terreno que se va á utilizar, es decir, la cantidad de agua de alcantarilla que pueda depurar en un cierto tiempo, y por tanto la que deberá verterse por hectárea, para que permanezca en el interior de la capa filtrante el tiempo necesario para la combustión de todos los elementos orgánicos.

Este poder depurador es muy variable, y se conoce por experiencias directas hechas, vertiendo aguas negras en un tubo de 2,00 metros de altura y de 0^m,25 á 0,30 de diámetro, en el que se colocan capas de tierra que va á analizarse, y en el mismo orden que existen en el terreno.

Hay que tener en cuenta, que la aplicación en grande modifica siempre los resultados de la experiencia, porque no se encuentran en la práctica las condiciones de regularidad que en el laboratorio, y por tanto, deben reducirse en cierta proporción las dosis máximas calculadas.

La superficie necesaria para la depuración completa de las aguas sucias de una población varía mucho, según el poder depurador de los terrenos elegidos, y según el sistema que se adopte. Para los riegos, una dosis de 10.000 metros cúbicos por hectárea y por año, corresponde á un buen abono; pero, sin embargo, en Paris se ha llegado, en Gennevilliers, á un consumo durante el año 1893 de 43.000 metros cúbicos, y en cambio en Berlín, en que la capa filtrante es de poco espesor, la evaporación menos activa, los terrenos menos permeables y las aguas más concentradas, no ha pasado de la dosis de 14.000 metros cúbicos por hectárea.

Debe siempre elegirse tipos bajos, acercándose á la dosis mínima de 10.000, tanto para asegurar una completa depuración, cuanto que, salvo condiciones especiales del terreno y de la capa acuifera subterránea, no hace falta, vertiendo el agua con prudencia, avenar el terreno, pues basta la vegetación casi sola para dar salida á las aguas blancas.

En el Jardín municipal de Gennevilliers se hacen continuamente pruebas y ensayos con las aguas negras, y se ha llegado á riegos intermedios de 80 á 130.000 metros cúbicos por hectárea y año, sin que estos copiosos riegos perjudiquen ni á la depuración perfecta ni á los cultivos.

Cuando se trate sólo de la depuración, es indispensable el avenamiento; las dosis pueden elevarse hasta 100.000 metros cúbicos por año y hectárea, y en algunos terrenos de condiciones especiales hasta 240.000 metros cúbicos; pero, repetimos, debe huirse en la práctica corriente de estos límites tan altos.

Para llevar las aguas á la superficie de los campos de riego, en la mayor parte de los casos hay que elevarlas á una altura suficiente por medio de bombas y de potentes motores. En pocos casos puede conseguirse con la sola acción de la gravedad, por la pendiente del terreno.

Una vez elevadas, se conducen al punto más alto de la zona que se va á fertilizar por medio de una gruesa cañería de fundición, y si el terreno presenta inflexiones, se divide ésta en ramales, constituyendo una red de primer orden.

La distribución general á las diversas fincas, ó sea la red de segundo orden, puede hacerse, ó por cañerías generalmente de hormigón, de cemento ó de barro, en que las aguas llevan cierta presión, ó por regueros revestidos ó no de fábrica en que el agua corre merced á la pendiente y provistos de compuertas para dirigir á voluntad las aguas á los regueros de último orden de tierras, y de éstos á las simas para regar filtrándose ó á las praderas para regar extendiéndose en forma de manto.

Este es el sistema que podemos llamar económico y que conviene á una explotación en pequeña escala.

Pero cuando se trata de regar una gran extensión y hay necesidad de que recorran las aguas negras largas extensiones, atravesando caminos y repartiéndose en parcelas numerosas y á veces aisladas, es muy conveniente ejecutar la red secundaria con cañerías que puedan plegarse á las inflexiones del terreno y pasar en sifón los obstáculos que presenten; la red terciaria se forma siempre con regueros ó cauces de tierra.

El segundo sistema tiene además una ventaja muy importante. En los casos de pequeña pendiente se acumulan los depósitos sólidos en cantidad á veces tan considerable que su remoción es difícil, desagradable y costosa; pero el sistema tubular, al contrario, transporta y divide el depósito sólido en cada ramal y lo pone así más fácilmente al alcance de los cultivadores.

Las cañerías secundarias son siempre de hormigón de cemento, y las bocas de distribución ó de salida de las cañerías á los regueros de gres cerradas por un disco de madera ó de fundición, que se aplica á la abertura y se mantiene por medio de un tornillo de presión. Debe procurarse siempre que estos aparatos sean lo más sencillo posible.

En párrafos anteriores hemos descrito con algún detalle las disposiciones adoptadas en los campos de riego y depuración de París y Berlín, que pueden tomarse como tipo de los dos sistemas, el económico y el perfecto.

(Se continuará.)

AFLUENCIA DE AGUAS EN LOS TÚNELES

CONDICIONES EN QUE SE PRODUCE

Régimen hidrológico subterráneo.—La corteza terrestre presenta á menudo terrenos más ó menos porosos, como las arenas, ú otros de naturaleza sólida, pero hendidos ó resquebrajados en

todos sentidos. No es, pues, de extrañar que, al ejecutar un túnel, se encuentren aguas en mayor ó menor abundancia.

Por lo que concierne á su origen se pueden distinguir las *aguas superficiales* y las *aguas interiores*. Las primeras tienen un origen cercano, debido á la lluvia, al derretimiento de las nieves ó á las filtraciones de las corrientes de agua próximas al sitio donde se construye el túnel, siendo las fallas del terreno el camino por donde pasan más fácilmente dichas aguas, pues por ellas atraviesan los mantos impermeables que separa á veces la extratificación de los terrenos, y sin su existencia no llegarían las aguas tan directamente al punto donde se reúnen.

Las aguas interiores tienen en definitiva el mismo origen descendente que las superficiales, pero siguen un camino más largo para llegar desde la superficie hasta el sitio donde se las encuentra, pudiendo á veces venir de muy lejos en el sentido horizontal, y hasta surgir de grandes profundidades en chorros de presión.

Independientemente de las filtraciones en la masa, á través de innumerables canales, los terrenos presentan á veces verdaderos ríos ó lagos subterráneos, siendo varios los túneles en que se han encontrado venas de agua de un caudal ó sección extraordinaria; más adelante daremos á conocer algún ejemplo.

Afluencia variable de aguas, según las circunstancias.—La cantidad de agua que *tiende á afluir* en los trabajos de un túnel, así como la que *realmente afluye*, es variable entre los más extensos límites. Así, por ejemplo, y refiriéndonos sólo á pozos, mientras que ha habido varios de éstos, cuya perforación ha tenido que abandonarse, pues salía más agua que la que pudiera agotarse con todas las bombas susceptibles de instalar en el pozo, otros muy profundos se han perforado sin encontrar una gota de agua, habiendo sido preciso bajar al fondo de los mismos la necesaria para la apertura de los barrenos.

En general, el examen de los terrenos, por lo que se refiere á su naturaleza y topografía y al estudio hidrológico de la comarca, puede dar alguna idea respecto á la afluencia más ó menos grande de aguas que se encontrará en un túnel; pero no hay que tener gran confianza en los resultados de este estudio, que siempre es el más aleatorio ó dudoso de los que se deben hacer al emprender la construcción de un túnel. Hay que observar, además, que las consecuencias que se deducen de semejante estudio tienen un carácter más bien positivo que negativo; es decir, que si como resultado de dicho estudio se prevé que se encontrarán aguas abundantes, es casi seguro que éstas no faltarán; pero si por el contrario las previsiones son de que no se encontrarán aguas, ya no es tan seguro que éstas no se presenten. Bastaría para que esto sucediera, que, con el pozo ó galería del túnel, se fuese á una profundidad suficiente para encontrar una capa permeable que llegue al exterior en sitios convenientemente colocados para la filtración de las aguas superficiales, ó que se atravesase con el pozo ó galería una falla ancha ó importante: ambas circunstancias dan lugar á la entrada de aguas procedentes de muy largas distancias, y es evidente que un examen local del terreno, por muy atento que haya sido, no podrá presumir la afluencia de dichas aguas.

La afluencia de aguas puede, pues, ser debida á una de las tres causas siguientes:

- 1.^a Aguas provenientes de terrenos acuiferos superiores.
- 2.^a Aguas provenientes de fallas que se encuentren al ejecutar los trabajos.
- 3.^a Aguas de filtración.

Aguas provenientes de terrenos acuiferos superiores.—*Necesidad de evitar estos terrenos.*—Siempre que sea posible se debe procurar no atravesar estos terrenos, aunque sea introduciendo alguna variación en el trazado (si con esto se consigue); porque dichos terrenos dan cantidades de agua tan extraordinarias, que muchas veces se hace imposible el agotamiento. Pero si por su extensión es forzoso atravesarlos, es preciso hacerlo con ciertas precauciones:

- 1.^a No abrir pozos para la ejecución del túnel, por lo menos en toda aquella parte en que se cruza esta clase de terrenos.