

TECNOLOGÍA POPULAR TRADICIONAL DE LOS SISTEMAS DE RIEGO EN CANARIAS

P O R

JOSÉ MANUEL GONZÁLEZ RODRÍGUEZ

1. INTRODUCCIÓN

El agua, bien escaso en Canarias, ha concitado la popularización de ciertas figuras y tradiciones características de las islas. Los Repartimientos de la Conquista, los Heredamientos o Heredades, las Comunidades de Regantes o las Comunidades de Aguas representan formas de organización que han gobernado la distribución de los caudales de los nacientes, pozos o galerías. Suponen a su vez modos diferentes de administrar la explotación de los acuíferos, donde su dominio público se entremezcla y entra en conflicto con intereses particulares y privados. En todo caso, el reparto, aprovechamiento y usufructo del agua ha quedado tradicionalmente regulado por alguno de estos organismos o entidades jurídicas.

Correspondiéndose con cada una de estas entidades se han dado al propio tiempo distintos sistemas de riego y diferentes técnicas en el uso y explotación de las gruesas. La distribución de los caudales y el reparto de éstos han venido siendo organizados por mecanismos varios que en cada época han caracterizado el modo de explotación. Los instrumentos y técnicas de reparto, los mecanismos y artilugios utilizados en la medi-

ción de caudales y gastos y las unidades de medida usadas conforman un entramado que forma parte de nuestro más característico acervo histórico.

En el trabajo que presentamos analizamos todos estos mecanismos, sistemas y procedimientos aglutinadores de un amplio compendio de conocimientos científicos tradicionales.

En concreto, sabemos que los sistemas de riego y la distribución de las aguas han propiciado el uso de numerosas técnicas populares que buscan un acertado reparto del caudal que se extrae de nacientes, manantiales, pozos o galerías. Ya desde la época de la conquista se introdujeron principios racionales para gobernar el reparto del agua. La forma en que se miden los caudales de las gruesas en las acequias, o el modo en que se distribuyen éstas de modo tal que cada usufructuario reciba la parte que le corresponde proporcional a su participación por acciones reguladas en la *dula*, nos ofrecen ejemplos de conocimientos científicos que, no por dejar de ser populares, desconocen un elevado nivel de complejidad.

Así, en ambas técnicas se utilizan rutinariamente principios mecánicos como los que se derivan de los teoremas de Bernouilli y de Torricelli, conocimientos específicos de hidrodinámica y fundamentos sofisticados de construcción y de albañilería. Justamente, el fruto de tales saberes lo constituyen diversas estructuras de cemento, argamasa o metal que salpican nuestra geografía agraria: *pesadores* de agua, *arquillas* de reparto, *cantoneras*, etc.

De todo esto hablaremos en nuestro trabajo: de las técnicas y sistemas de riego, de los aparatos utilizados en el reparto de gruesas y en la medición de caudales, y de las unidades de medida usadas en la valoración de éstos. Comenzando con un breve resumen de la historia de los Heredamientos y Comunidades, organismos que han gobernado el uso del agua de riego, nos adentramos en las características de cada una de las etapas que podemos reconocer, acabando con una justificación científica elemental que explica la funcionalidad y el acertado uso de las técnicas descritas.

2. HISTORIA DE LAS AGUAS DE RIEGO EN CANARIAS: DESDE LOS PRIMEROS HEREDAMIENTOS A LAS COMUNIDADES DE AGUAS

Los modelos de regadío y los mecanismos utilizados en la medición de los caudales de las aguas de riego han variado en Canarias a medida que ha transcurrido su historia. Tanto en los primitivos repartimientos de tierra y agua efectuados por los primeros conquistadores como en las modernas técnicas de obtención de agua que se apoyan en la perforación de galerías y pozos podemos anotar distintos elementos que determinarán con detalle estas técnicas tradicionales. Hagamos, pues, un breve repaso de la historia del aprovechamiento del agua en Canarias.

A partir de su arribo y asentamiento en el siglo XV, los españoles extendieron e intensificaron los sistemas de riego indígenas y desarrollaron otros nuevos. Distintas reales cédulas y decretos varios regularon con precisión tanto la concesión de derechos sobre el agua como el modelo según el cual ésta debía de ser utilizada. Ya el 4 de febrero de 1480 los Reyes Católicos, aún sin terminar la conquista, dieron a su gobernador, Pedro de Vera, la autorización para repartir tierras y aguas entre los que hubiesen contribuido a dicha conquista. Tales repartimientos fueron confirmados por Real Cédula de 20 de enero de 1487.

Esto en lo que se refiere a la isla de Gran Canaria; para La Palma, don Alonso Fernández de Lugo recibió de los Reyes una Real Cédula dada en Burgos el 15 de noviembre de 1496 en la que se le facultó para repartir tierras y heredamientos en dicha isla. Por lo que hace a Tenerife, por Real Cédula de 5 de noviembre de 1496 se regulaba los repartimientos de tierras y aguas, quedando reformados éstos más tarde gracias a la facultad que se le otorgó al licenciado Ortiz de Zárate en 1506.

La naturaleza de los repartos y la constitución de los consiguientes heredamientos o heredades fueron regulados por distintas ordenanzas que acabaron de aprobarse por la Real Audiencia de Canarias hacia el año 1531. En estas ordenanzas se recogía toda la legislación necesaria para la regulación del

reparto de las aguas y contenían algunos principios que hubieron de caracterizar el modelo de aprovechamiento de los acuíferos en siglos posteriores. La misión de vigilar su cumplimiento se encomendó a los Alcaldes de Aguas, designados por el Cabildo y Regimiento de la isla, y el derecho a participar en el reparto propio de un heredamiento quedaba supeditado al cumplimiento de ciertos requisitos tales como la obligación de residir en la isla por espacio de más de cinco años o la exigencia de formar una familia estable.

En las primeras concesiones a los colonos el agua no podía separarse de la tierra que regaba. Años más tarde se inició un proceso que tendía a especificar esos derechos y a una lenta pero progresiva privatización de los derechos de agua, con escasos resultados prácticos hasta el siglo XIX. En particular, en Gran Canaria las concesiones especificaban el número de suertes que se repartía entre los colonos *con el agua de su riego*. En Tenerife se aplicaba, en cambio, la fórmula inversa: *concesión de agua con todas las tierras que con su agua podáis regar*¹.

El origen de los heredamientos y del modelo de aprovechamiento del agua habremos de buscarlo según Glick entre los sistemas medievales, pues según este autor:

El «Repartimiento», que había sido el procedimiento típico de distribución de tierras en la repoblación del este y del sur de España se aplicó en las Islas Canarias y más tarde se extendió al Nuevo Mundo².

El mismo autor opina en este sentido que:

Muchas de las semejanzas entre los sistemas de riego del Levante Español y Canarias pueden atribuirse a la aceptación general de los conceptos sobre los derechos del agua que prevalecieron en la Baja Edad Media, así como a reacciones análogas ante situaciones semejantes. Pero el

¹ Th. F. GLICK-M. DÍAZ MARTA: «Versión española del estudio: The old world background of the irrigation system of San Antonio, Texas», periódico *El Día*, 20 de abril de 1988, p. 1.

² Th. F. GLICK-M. DÍAZ MARTA: «Versión española del...», p. 1.

conjunto de elementos que configuran las instituciones y su articulación del mismo modo hacen creer en una relación directa. Los sistemas de riego canarios recuerdan a los de Alicante, Elche, Novelda, Lorca y Moratalla, pero no a los de Granada y otros lugares del este y el sur de la Península³.

No dudamos que el doctor Glick esté en lo cierto; mas, no obstante, en los sistemas de riego canario hubieron de influir de manera más directa los modelos de la isla de Madeira. El sistema de *levadas* que en dicha isla rige la ordenación de los riegos y los repartimientos de agua contiene un buen número de similitudes con el de los Heredamientos canarios. En particular, la división de la gruesa en diferentes hilos de agua o *lanços* es idéntica a la primitiva de Canarias; existe, asimismo, un *almotacé* o *Juiz da água* con autoridad enteramente equivalente a la de los Alcaldes de Agua isleños; el riego se divide en turnos o *giros* de duración variable entre diez o quince días, al modo del sistema de dulas del norte de Tenerife; el mismo nombre dado a la comunidad que aprovecha una *levada*: *heréus* (heredeiros) coincide con la denominación canaria; en fin, los instrumentos utilizados en la medición del caudal y las unidades de medida se asemejan a los nuestros.

En todo caso, en opinión del geógrafo portugués Orlando Ribeiro⁴:

Tudo isto evoca o ambiente de regadio do Noroeste e da Cordilheira Central em Portugal⁵,

y habremos de asociar por tanto los precursores medievales de los heredamientos con un buen número de zonas de la Península Ibérica⁶.

³ Th. F. GLICK-M. DÍAZ MARTA: «Versión española del...», p. 2.

⁴ O. RIBEIRO: *A ilha de Madeira até meados do século XX*, Instituto de Cultura e Língua Portuguesa, Ministerio de Educação, Lisboa, 1985.

⁵ O. RIBEIRO: *A ilha de Madeira...*, p. 68.

⁶ En opinión de Glick, en la Península se estableció un modelo de regadío de procedencia oriental, muy extendido por todo el Mediterráneo, y que, en sus fueros jurídicos, se fundamentaba según tres principios bien definidos. A saber:

Como ya hemos indicado, la historia de los Heredamientos posterior a la conquista se encuentra guiada por dos motivos principales: por un lado, la adecuación de los modelos de aprovechamiento del agua a las leyes que se dictaban para todo el Estado español; y, por otro, por el paulatino y tenaz esfuerzo de aquellos que mayoritariamente se benefician del uso de las gruesas por conseguir la titularidad privada de las aguas. En los primeros años se fue perdiendo la asignación del agua a la tierra que debía de regar, permitiéndose la enajenación de caudales separados de la propiedad de los cultivos y la compra-venta unívoca de éstos.

Con los Decretos de las Cortes españolas de 6 de agosto de 1811 y de 19 de julio de 1813 quedaron abolidos los señoríos jurisdiccionales, y aunque dichas leyes no modificaron el criterio de propiedad comunal que regía sobre las aguas, sí tuvieron trascendencia en cuanto al régimen interior de los Heredamientos y a las disposiciones legales que regulaban sus actos y amparaban sus derechos. En particular, éstos se quedaban sin el amparo de la Audiencia y sin la autoridad que le daban los Alcaldes de Aguas y pasaron a ser meras asociaciones de intereses sin organización alguna.

Más tarde, otras muchas disposiciones sobre aguas se sucedieron en España, hasta la publicación de las Leyes de 1866, 1870 y 1879..., y muchas heredades interpretaron la última creyendo que debían adoptar ciertas formalidades en sus cuadros de mando y en su régimen interior. A tal efecto, aprobaron unos estatutos y denominaron y eligieron a sus directivos conforme prescribía la Ley⁷.

Ya por entonces se venía insistiendo en la titularidad privada de la propiedad de las aguas, así como en el hecho de que su

⁶ a) El concepto de distribución proporcional de las aguas.

b) El reconocimiento de la responsabilidad individual dentro de la comunidad de regantes; y

c) La idea de que el control y la vigilancia en el cumplimiento de las normas debía asignarse a miembros del propio sistema de regantes.

⁷ J. HERNÁNDEZ RAMOS: *Las Heredades de Aguas de Gran Canaria*, Madrid, 1954, pp. 52 y 53.

aprovechamiento se encontraba segregado de la posesión de la tierra⁸. Con todo, lo verdaderamente destacable de este proceso en cuanto al interés que nos ocupa se refiere a la aparición simultánea de las comunidades modernas.

Afirma Guimará Peraza que:

Las Comunidades de Aguas nacieron en el siglo XIX. Fueron solicitadas por el diputado canario don Pedro Gordillo en las Cortes de Cádiz.

Tal propuesta tuvo el acierto..., de sostener la necesidad de la investigación de las aguas subterráneas en el sur de la isla de Gran Canaria... (y) debieron nacer poco después de la petición de Gordillo, en el primer tercio del siglo XIX, y antes que en ninguna otra isla del archipiélago⁹.

Sigue al autor explicando que:

Las modernas Comunidades se constituyen para alumbrar agua; bien mediante pozos..., bien mediante galerías...

Son aguas privadas e independientes de la tierra a la que riegan...

El agua no está alumbrada —a diferencia de las Heredades—, sino que tienen por fin el alumbrarla. Y se trata de aguas subterráneas que hay que sacar del subsuelo de la tierra a la luz, por medios mecánicos¹⁰.

La aparición de las modernas Comunidades significó una notable amenaza para las Heredades y Heredamientos, entrando en colisión sus respectivos intereses. Si bien la Real Orden especial para Canarias de 27 de noviembre de 1924 intentó salvaguardar los derechos de las Heredades, respetando, al mismo tiempo, los nuevos alumbramientos; con la Orden ministerial de Obras Públicas de 23 de mayo de 1938 comienza una etapa decisiva en la historia de las Heredades que culmina con su

⁸ Ver M. GUIMERÁ PERAZA: *Tres estudios sobre aguas en Canarias*, Aula de Cultura, Santa Cruz de Tenerife, 1970, pp. 114-119.

⁹ M. GUIMERÁ PERAZA: *Tres estudios sobre...*, p. 120.

¹⁰ M. GUIMERÁ PERAZA: *Tres estudios sobre...*, pp. 126 y 127.

desaparición casi efectiva, según se desprende de la Ley especial para Canarias de 24 de diciembre de 1956¹¹.

En todo caso, la aparición y posterior popularización de las Comunidades de Agua introdujo un nuevo modelo de aprovechamiento del agua, aportando nuevos sistemas de regadío, nuevas unidades de medida del caudal, así como nuevas técnicas e instrumentos de medición. Coinciden en el tiempo con la generalización del cultivo del plátano en todas las zonas costeras de las comarcas noroccidentales de las islas mayores, y conforman un modelo de organización que gobierna la utilización de las aguas de regadío casi en exclusiva. Solamente la organización de las Comunidades de Regantes que prevalece aún hoy en día en La Gomera parece contradecir la exclusividad del modelo de las Comunidades de Agua.

Las Comunidades de Regantes de La Gomera

...son organismos administrativos que actúan como delegados de la Administración... No son, pues, cuerpos intermedios, sino Estado actuando por delegación... los comuneros son titulares «ob rem», es decir, en tanto en cuanto ellos son dueños de las tierras que con las aguas comunes se riegan¹².

Su origen data de la Ley de Aguas de 1879, que en su artículo 228 dispone que los aprovechamientos colectivos de aguas públicas, destinadas a riegos, deberán constituirse necesariamente en Comunidad de Regantes. Su sistema de organización sirvió como modelo para algunas Heredades seculares que se transformaron con la introducción de la Ley. Y comportan métodos de aprovechamiento, técnicas y unidades de medida del caudal específicos, aunque muy parecidos a los que habremos de detallar en el caso de los Heredamientos.

Heredamientos, Comunidades de Agua y Comunidades de Regantes son tres ejemplos de modelos utilizados en Canarias para regir y ordenar el aprovechamiento del agua de regadío; im-

¹¹ F. QUIRANTES: *El regadío en Canarias*, Ed. Interinsular Canaria, S. A., Santa Cruz de Tenerife, 1981, p. 192.

¹² M. GUIMERÁ PERAZA: *Tres estudios sobre...*, p. 129.

plican técnicas y estructuras diferenciadas en los sistemas de regadío que habremos de estudiar separadamente en los párrafos que siguen.

3. TÉCNICAS Y SISTEMAS DE RIEGO EN LOS HEREDAMIENTOS POSTERIORES A LA CONQUISTA

En el sistema de riego establecido en Canarias inmediatamente después de que fuera culminada su conquista se reconocen unas características que definen por completo el modelo utilizado. De procedencia medieval ibérica, se fundamentaba en la utilización pública de las aguas que estaban asociadas a las tierras que regaban, de tal modo que en los repartimientos se distribuían conjuntamente las tierras con el agua necesaria para regarlas. En principio, el agua se repartió de forma equitativa entre los participantes que más destacaron en la conquista, más premiando las concesiones de agua para aquellos que construyeron ingenios de azúcar, cultivo que se expandió rápidamente en las zonas bajas de las islas occidentales, y cuya producción constituyó la principal fuente de riqueza en los primeros años de la historia de Canarias.

La relación que se estableció entre la tierra y el agua necesaria para su riego variaba de unas zonas a otras. Representaba una equivalencia de *una suerte de tierra y cinco horas de agua*¹³ en Gran Canaria en 1520 y 1530, o bien *una suerte de tierra de seis fanegadas (cuadrado de cincuenta por cincuenta varas) con una azada de agua* en los repartimientos de 1505 en La Orotava¹⁴. Mas en todo caso estableció una serie de principios que hubieron de gobernar la distribución del agua en los primeros años. Así, dio origen tanto a un sistema de repartimiento del caudal de riego, conocido como adulamiento, como a un complicado modelo de unidades de medida y arti-

¹³ Th. F. GLICK-DÍAZ MARTA: *Versión española del...*, p. 1.

¹⁴ J. PERAZA AYALA: «El Heredamiento de Aguas de Orotava», *Estudios de Derecho Administrativo Especial Canario, III (Curso 1967-68)*, Aula de Cultura del Excmo. Cabildo Insular de Tenerife, 1969, pp. 41-94; p. 52.

lugios de medición del caudal de las gruesas. Analicemos con detalle cada una de éstas.

Según Glick¹⁵:

La palabra *dula*, derivada del vocablo árabe «*daula*», significa rotación o turno de riego, y por extensión, medida de agua. En las islas Canarias adulamamiento es el proceso por el cual la gruesa de cada canal se divide en partes proporcionales a las que se asigna un valor determinado expresado en ciertas unidades de medida o tiempo.

De conformidad con la *dula*, los regantes de un Heredamiento otorgado toman agua por orden, de acuerdo con el número de horas a que tienen derecho. En los Heredamientos premodernos de Gran Canaria la *dula* se establece por un número determinado de días, normalmente quince días para 37 heredamientos y diez para 30 y 31. Los turnos se especifican de tal manera que el regante sabe qué día y a qué hora le ha de llegar su turno.

Encontramos en la descripción hecha por Glick un modelo preciso de distribución temporal del caudal del agua que se asignaba completo (toda la gruesa) durante un intervalo de tiempo prefijado a cada regante. El sistema se usa aún en la actualidad en el modelo de las *levadas* de la isla de Madeira y en algunas localidades de La Gomera. Tal sistema se reconoce también, según Glick, entre las técnicas de riego romanas de posible origen norteafricano.

Siguiendo a Glick, nos encontramos que:

El caudal se controla dividiéndolo en partes alícuotas por medio de las llamadas *cantoneras*...

La *cantonera* era una caja semielíptica de mampostería que dividía el agua en porciones iguales. Cada boca representaba una azada, aunque podían ser de media o doble capacidad; pero la idea general era que todas las bocas desaguaran el mismo caudal para facilitar la vigilancia¹⁶

¹⁵ Th. F. GLICK-DÍAZ MARTA: *Versión española del...*, p. 1.

¹⁶ Th. F. GLICK-DÍAZ MARTA: *Versión española del...*, p. 2.

Este utensilio, que servía como aparato de medida del caudal, fue largamente utilizado durante los siglos posteriores, y aún en la actualidad encontramos un artilugio similar en el Heredamiento de Arucas y Firgas¹⁷. Cuando la cantonera se encuentra encerrada en una casilla se denomina *caja de agua*¹⁸ y bajo esta forma fue muy utilizada tanto en Canarias como en algunas localidades americanas¹⁹.

Diversos documentos nos informan de otros recipientes utilizados también en la medición del caudal del agua y sabemos del uso de *arcas de agua*, pequeños artilugios del tipo del recogido en un concierto establecido entre Antón Martín y Francisco Calderón, hacendados de la comarca de Daute, por el cual el primero se obligaba a darle al segundo tanta agua

... a la puerta de los gloriosos Reyes en un arca de 1 1/2 palmo de altura y otro tanto de largura y anchura, de modo que el agua entrase por arriba. La caja estaría siempre llena y se le haría un barreno en la tabla de abajo, del grosor de un dedo pulgar de Calderón²⁰.

Instrumentos varios que tienen precursores en los modelos utilizados en los sistemas de riego peninsulares como podemos apreciar en la siguiente descripción que A. Alsina nos hace de un recipiente catalán utilizado en la valoración del caudal del agua en Cataluña²¹:

¹⁷ F. QUIRANTES: *El regadío en Canarias*, p. 93.

¹⁸ L. DE LA ROSA OLIVERA: «Antecedentes históricos de los Heredamientos y Comunidades de Aguas de Canarias», *Estudios de Derecho Administrativo Especial Canario, III (Curso 1967-68)*, Aula de Cultura del Excmo. Cabildo Insular de Tenerife, 1969, pp. 9-40; p. 36.

¹⁹ F. DOMÍNGUEZ COMPAÑY: *Ordenanzas Municipales Hispanoamericanas*, Asociación Venezolana de Cooperación Intermunicipal, Instituto de Estudios de Administración Local, Madrid-Caracas, 1982, pp. 116 y 154.

²⁰ J. M. RODRÍGUEZ YANES: *El agua en la Comarca de Daute durante el siglo XVI*, Aula de Cultura del Excmo. Cabildo Insular de Tenerife, Santa Cruz de Tenerife, 1988, p. 25.

²¹ MUSEU DE LA CIENCIA: *Pesos, Mides y Mesures*, Obra Social de la Caixa de Pensions, Barcelona, 1981, p. 32.

Existia una gran diversitat de recipients, metàl·lics destinats a mesurar, en la unitat dita *ploma*, els cabals d'aigua. El recipient acostumava a tenir forma cilíndrica i era dividit en diverses parts mitjançant separacions metàl·liques comunicants. A la base inferior del recipient existien diversos forats circulars de diàmetres variables i una col·lecció de taps que s'acoblaven als dits forats. A mesura que l'aigua anava omplint el recipient, s'anaven tapant i ombrint els diversos forats de la base fins que s'aconseguia que amb la continua entrada d'aigua per la part superior i la contínua sortida d'aigua pels forats, el nivell d'aigua interior del recipient quedés reposat en el nivell marcat. Aleshores els forats oberts donaven la quantitat de plomes d'aigua que queia de la font... Aixó era possible gràcies al fet que la distància entre el centre dels forats i el nivell de repòs de l'aigua dintre del recipient era construïda amb precisió (normalment 3/4 de pam). Aquets recipients per a mesurar en plomes eren portàtils i de poc pes, i a Catalunya presentaven la característica de tenir els centres dels forats alineats²²

y que guardan un parecido evidente con los *clepsidros* o relojes de agua de la Antigüedad²³.

²² Existía una gran diversidad de recipientes metálicos destinados a medir, en la unidad llamada ploma, los caudales de agua. El recipiente acostumbraba a tener forma cilíndrica y estaba dividida en diversas partes con separaciones metálicas comunicantes. En la base inferior existían diversos agujeros circulares de diámetros variables y una colección de tapones que se acoplaban a dichos agujeros. A medida que el agua iba llenando el recipiente, se iban tapando y abriendo los distintos agujeros de la base de tal forma que se conseguía que la entrada continua de agua por la parte superior y la continua salida de agua por los agujeros el nivel del agua interior en el recipiente quedaba reposado en el nivel marcado. De esta forma los agujeros abiertos daban la cantidad de plomas de aguja que manaba por la fuente. Esto era posible gracias al hecho de que la distancia entre el centro de los agujeros y el nivel de reposo del agua dentro del recipiente era construida con precisión (normalmente 3/4 de palmo). Estos recipientes para medir en plomas eran portátiles y de poco peso, y en Cataluña presentaban la característica de tener los centros de los agujeros alineados.

²³ Ver J. MARIANO VALLEJO: *Tratado sobre el movimiento y aplicaciones de las aguas*, Imprenta de D. Miguel de Burgos, Madrid, 1833, p. 76.

Estos recipientes permitían la medición del agua valiéndose de rudimentarias técnicas hidrodinámicas. Las unidades de medida de dicho caudal estaban entonces relacionadas con el mecanismo de medida y comprendían un conjunto estructurado de unidades varias.

Encontramos en primer lugar la *fanega de agua*: gasto de agua necesario para regar una fanegada de tierra con el sistema de adulamamiento ya descrito. Esta unidad la encontramos en las primeras datas de los repartimientos, y así sabemos que en 1543 todavía se regulaba el reparto de agua por fanegadas²⁴. En todo caso la fanega de agua quedaba relacionada con otra unidad denominada *azada de agua* que permitía valorar el caudal de cada gruesa, y, por tanto, el gasto total correspondiente a una fanega. Según el mismo autor, en el Heredamiento del Río de La Orotava:

En la distribución del 26 de mayo de 1543 se dice que habían 1203 fanegas de agua, igual a 4 azadas, ...a razón de 300 fanegas y 9 almudes cada azada²⁵.

Esta equivalencia nos habla de un sistema de medidas del caudal y el gasto de los repartimientos, bien extendido en todas las islas y que contaba con la azada como patrón principal. Según Glick²⁶:

La medida normal de volumen era la azada, término que equivale a un chorro del grosor de una azada de mano durante medio día o un día. El sistema de Teyde, por ejemplo, disponía de 6 azadas de agua para regar durante un día en un turno de 27 días, que es la duración de la dula. La azada se divide en cuatro *cuartas*, las que a su vez se dividen en *surcos*. Donde la azada dura 24 horas, las cuartas duran 6 y el surco 2 horas.

Reconocemos de este modo las unidades: azada, cuarta y surco, que junto a la fanega de agua debieron componer un

²⁴ J. PERAZA DE AYALA: *El Heredamiento de Aguas...*, p. 47.

²⁵ Ídem, íd., p. 47.

²⁶ F. Th. GLICK-M. DÍAZ MARTA: «Versión española del...», p. 1.

sistema de medidas bien estructurado. En este sentido podemos relacionar las mediciones del caudal de los Heredamientos premodernos canarios con las unidades o medidas de hidromensura que recoge Carrera Stampa en el México colonial. Nos habla este autor que tales medidas:

Fueron necesarísimas para regular la práctica de tomar el agua con fines de irrigación y prácticas industriales. La medida fundamental era el *buey*, derivado del cuerpo de un buey, equivalía a 1.296 pulgadas cuadradas.

El *surco* o *sulco* era el hueco que dejaba el arado en la tierra para que corriera el agua: seis dedos de lado y ocho de profundidad. Era la unidad fundamental en las distribuciones de aguas rústicas. La *naranja* era un orificio de dos por ocho dedos. El *real de agua* o *limón* constaba de 18 pajas y se usaba en repartimientos de casas en pilas públicas.

La *paja* se consideraba como unidad fundamental en la medida de las mercedes o reparticiones urbanas, así como en manantiales y abastos públicos; un *cuartillo* por minuto, o sea, aproximadamente 648 litros por día.

El autor establece entonces el siguiente cuadro en el que se aprecia lo bien estructurado que queda el sistema:

MEDIDAS DE HIDROMENSURA

<i>Nombres</i>	<i>Equivalencia</i>	<i>En letras</i>
Buey	1.926 pulgadas cuadradas (48 surcos)	9.831,20
Surco	27 pulgadas cuadradas (3 naranjas)	194,40
Naranja	2 pulgadas cuadradas (3 limones)	64,80
Limón o Real	1 pulgada cuadrada (18 pajas)	8,10
Merced	2,25
Paja	0,45 ²⁷

En el cuadro encontramos dos unidades que admiten comparación con el modelo canario. La valoración del caudal de

²⁷ M. CARRERA STAMPA: «El sistema de pesos y medidas colonial», *Memorias de la Academia Mexicana de la Historia*, México, 1967, p. 23.

un hilo de agua que fluye a través de un orificio de dimensiones prefijadas también se encuentra en los primeros aprovechamientos isleños, y encontramos de este modo que, según Glick²⁸, en Tenerife:

El sistema de medidas se refería al orificio de salida: *real* o *tostón* (relacionados con diámetros de monedas) o *pipa*²⁹.

En definitiva, las dimensiones del orificio determina con exactitud el caudal de agua que fluye por la caja o arca (como veremos en el apartado 7). En épocas remotas reconocemos caudales correspondientes al hilo que corre a través de un tostón, un real, un medio real, una paja o un dedo, estipulándose que:

El medio real, como el tostón, consistía en la cantidad de agua que pasaba por un orificio que tuviese el mismo diámetro de las monedas indicadas, y la *paja* medía una pipa (12 barriles de 40 cuartillo) por hora³⁰.

No sabemos de un sistema jerarquizado, al modo del encontrado por Carrera Stampa, que unificase las medidas anteriormente señaladas: azada, cuarta y surco, con estas otras nuevas. Cabe reseñar que los principios que rigen las definiciones de unas y otras no son relacionables entre sí, y muy bien pudieron coexistir simultáneamente sin que exigieran coordinación alguna.

²⁸ Th. F. GLICK-M. DÍAZ MARTA: «Versión española del...», p. 2.

²⁹ En este modo se medía el caudal del agua en los riegos modernos de Castilla.

En el valle de La Orotava una unidad tradicional del caudal es la *paja*, entendiéndose que dicha unidad mide el caudal de agua que mana por un orificio con una sección igual a las de una paja de trigo, equivaliendo a un litro cada tres minutos, es decir, una *pipa* (480 litros) al día.

³⁰ J. PERAZA AYALA: *El Heredamiento de Aguas...*, p. 54.

4. TÉCNICAS Y SISTEMAS DE RIEGO EN LOS HEREDAMIENTOS MODERNOS

Ya hemos visto que, con el paso de los siglos, se modificó sustancialmente el primer modelo de aprovechamiento de aguas característico de los repartimientos, de tal modo que, por un lado, se fue perfeccionando el sistema de aduamiento y las técnicas de medición de los caudales, y, por otra parte, las ordenanzas que regulaban los Heredamientos se transformaron para conseguir su adaptación a los nuevos derechos. En el período que estudiamos los aspectos más característicos de los sistemas de riego pueden resumirse en:

1) El agua pierde su vinculación con la tierra, y se hereda o transmite separadamente de la posesión de ésta.

2) Se va perfilando la idea de la propiedad privada del agua y de los derechos particulares en su uso y enajenación. Numerosos litigios se suceden en distintas comarcas de las islas cuando entran en colisión los intereses particulares de los hacendados con los derechos consuetudinarios públicos.

3) El modelo de distribución más usual sigue siendo el aduamiento, que, poco a poco, va perfeccionando su estructura. En particular, el Heredamiento del Río de La Orotava establece en 1780 los días, dulas o acciones que en número de 174 lo integraban. Estas acciones, o derechos particulares sobre el caudal de 22.854 pipas diarias (en 1892), se inscribieron en el Registro de la Propiedad de La Orotava en 1891. Por lo demás, siguiendo a Leopoldo de la Rosa, entenderemos por:

dula... el período de cierto número de días en que todos los Herederos han regado, cada uno por su turno, con la porción (acción) de agua que le corresponde... Los días de dula se componen, generalmente: cada uno de 24 horas de 60 minutos, más los hay también en que un día artificial y una noche componen dos de dula. Las horas de agua en todos los Heredamientos no son las mismas: en algunos, una hora de agua es igual a una de reloj; en otras, a 12 del mismo³¹.

³¹ L. DE LA ROSA: *Antecedentes históricos de los...*, p. 36.

Como modelo de adulamamiento de esta época podemos anotar el correspondiente al Heredamiento de las haciendas de Argual y Tzacorte. Éste

constituye un ejemplo de la pervivencia de organizaciones tradicionales. Este Heredamiento aprovecha el agua de los manantiales de La Caldera de Taburiente, cuyas aguas forman un arroyo que discurre continuamente y que se distribuye de la forma siguiente: el agua es captada por tomaderos y llevada hasta lugares en que se hace la primera división del caudal en dos mitades, una para cada hacienda, continuando por los canales particulares de éstas para ser distribuida entre sus hacendados.

La distribución del agua de cada hacienda entre sus hacendados se hace entregando a cada uno de ellos todo el caudal que conduce la hacienda durante un tiempo determinado, proporcionado a la cuota de su participación, que se repetirá cíclicamente cada diez días.

Las participaciones de los hacendados en el Heredamiento se determinan por el tiempo de aprovechamiento cíclico del agua que a ellas corresponde. Cada hacienda está dividida en diez derechos de un día cada uno, llamados *décimos*. Cada décimo se divide en veinticuatro *horas*, y cada hora se divide en sesenta *minutos*, que son las fracciones mínimas.

El agua que corresponde a estas participaciones se ha de entregar a sus titulares dentro de las veinticuatro horas del décimo a que pertenecen, con las circunstancias de tiempo y lugar que convenga al orden de riego de la hacienda según un turno en que se vayan rotando equitativamente para cada hacendado las circunstancias menos deseadas. Esto no impide el cambio de turno que entre sí hagan particularmente los hacendados³².

4) Encontramos en este último modelo un nuevo mecanismo que se utiliza en la distribución de las gruesas: el *fiel* o *arquilla*, instrumento de características similares a los utilizados para dividir en *lanços* las *levadas* de Madeira o al *partidor* usado en Levante del que conocemos un ejemplo que se encuentra detrás de la iglesia de la Concepción de La Orotava.

³² F. QUIRANTES: *El Regadío en Canarias*, pp. 222 y 223.

5) Las unidades de medida del caudal en esta época son de tipo temporal: día, hora, décimo, minuto..., que van desplazando paulatinamente las primitivas de tipo espacial: azada, surco, etc. Como reconoce José Peraza de Ayala en su estudio del Heredamiento de La Orotava:

Por los años 1543 todavía se regulaba el reparto de aguas por fanegadas, pero ya en 1617 en la cartilla que dio al alcalde de aguas Francisco Hernández Miñol a Juan Francisco de Ponte se hace dicha distribución por días y horas³³.

Estas nuevas unidades de medida valoran el gasto o volumen total de agua que discurre por una «artajea» durante un período de tiempo determinado, cuando son conocidas las dimensiones de éstas y el caudal total de la gruesa que se distribuye. Forman un sistema bien jerarquizado de unidades, que comenzando en el minuto de agua (e incluso en el segundo) recorre todo el intervalo de tiempo de la dula.

Según esto, y basándonos en los datos recogidos de las Heredades de Gran Canaria y de las investigaciones de Glick, podríamos estipular que la denominada azada de agua debió corresponder con un número exacto de horas de riego de la gruesa propia. Se establecería así una equivalencia directa con el modelo valenciano de regadío, en el que una *hila* de agua designa el caudal correspondiente a una hora de flujo en cada canal, y encontraríamos entonces un sistema completo perfectamente jerarquizado de unidades de medida de los caudales de las gruesas de Canarias.

5. TÉCNICAS Y SISTEMAS DE RIEGO EN LAS COMUNIDADES DE REGANTES CANARIAS

El fundamento legal y el origen de las Comunidades de Regantes sabemos que se encuentran en la Ley de Aguas de 1879. El modelo de explotación de las aguas de dichas Comunidades

³³ J. PERAZA DE AYALA: *El Heredamiento de Aguas de...*, p. 47.

no encontró buena acogida en Canarias, ya que la propiedad comunal del agua, principio de su reglamentación legislativa, se enfrentó de lleno con el carácter privado que ésta había adquirido en los siglos anteriores. Solamente en La Gomera reconocemos estas figuras jurídicas, pues se ha adaptado óptimamente a su modelo histórico de aprovechamiento de los nacientes.

Éste se llevaba a cabo históricamente mediante el sistema de dulas, según el cual el agua estaba asignada a la tierra que habría de regar, de tal modo que cada propietario recibía todo el caudal de la gruesa, regando todas sus propiedades, tanto las de zonas altas como las de zonas costeras, durante el tiempo necesario, de modo que el terreno quedase enteramente anegado. Cuando un regante terminaba le correspondía regar a otro propietario utilizando el mismo procedimiento. El agua no se podía almacenar, y si sobraba o si bien se renunciaba a la opción de riego, ésta se dejaba correr por los barrancos hasta el mar.

Este modelo primitivo hubo de variar ligeramente con la introducción de los cultivos del plátano y del tomate.

La adscripción del agua a la tierra impedía controlar el agua para regar cuando el cultivo lo necesitara, había que regar cuando el turno llegara. Incluso si el turno llegaba a un terreno con excesiva frecuencia, había que tomarlo o dejarlo. La platanera es un cultivo al que el stress de agua perjudicaba, y el desabastecimiento también³⁴,

y se hizo necesario entonces la modificación del sistema de regadío. En lugar del modelo de dulas se optó por el sistema denominado de *turno*. Éste estaba basado en un turno de riego consecutivo por parcelas, no por propietarios, y con tiempo limitado —normalmente 15 minutos por fanega (equivalente a 400/3 metros cuadrados en Agulo)—. Como consecuencia de este nuevo método, y como ventaja adicional, regando de arriba

³⁴ A. REYES AGUILAR: *Estrategias hidráulicas en la isla de La Gomera: Hermigua, Agulo y Valle Gran Rey*, Aula de Cultura del Excmo. Cabildo de Tenerife, Museo Etnográfico, Santa Cruz de Tenerife, 1989, p. 97.

a abajo los bancales inferiores se beneficiaban de los escurres de los superiores.

La unidad de medida del caudal en este modelo es la *hora macho*, que equivale a 200 pipas por hora, de modo que cada *pipa* afora 500 litros. Mas para poder compaginar esta unidad con las necesidades de riego de la platanera y con el gasto necesario para cumplimentar 15 minutos de agua por cada fanega los canaleros establecen un reparto de la «madre» o gruesa, de forma que cada regante recibe un caudal estimado en 125 ó 140 pipas por hora.

Desconocemos los instrumentos o mecanismos que se utilizan en la medición del caudal o del gasto de las corrientes, aunque nos arriesgamos a afirmar que pueden coincidir con aquellos que describiremos en el próximo apartado.

6. SISTEMAS DE REGADÍO Y TÉCNICAS DE MEDICIÓN DE CAUDALES EN LAS COMUNIDADES DE AGUA

La propiedad privada del agua y la desvinculación de ésta de la tierra quedan legalmente reguladas en este siglo en los reglamentos de las Comunidades de Agua. Constituidas a mediados del siglo pasado para ordenar la extracción subterránea de agua, dominan en la actualidad los modelos canarios de aprovechamiento de los acuíferos. Su organización y estructura de funcionamiento varían entre las distintas islas, e incluso de una comarca a otra; mas todas se rigen por una sociedad de accionistas, de modo que a cada participante le corresponde un volumen fijo y estipulado del agua alumbrada acorde a la proporción de su participación en la sociedad.

Los sistemas de distribución de los caudales alumbrados por cada Comunidad tampoco son iguales en todos los casos, pues adoptando métodos tradicionales de reparto cada Comunidad se adaptó de particular manera al modelo que imperaba en su comarca. Entre los sistemas podemos destacar los tres siguientes más significativos.

Encontramos en primer lugar el sistema más común utilizado por la mayor parte de las Comunidades que perforan ga-

lerías en el norte de la isla de Tenerife. Estas comunidades se fundamentan en la asociación de un número determinado de socios, de forma que cada uno de ellos participa con un número de acciones variable en el reparto del caudal extraído.

El número de acciones o participaciones de cada comunidad es variable. Tradicionalmente este número se ha establecido en función de la periodicidad de los riegos y particularmente del riego de la platanera por la prioridad que desde principios de siglo ha tenido éste con respecto a otros cultivos de regadío y sobre todo por su condición de cultivo permanente frente al carácter estacional de los otros. Así, lo más frecuente es que el número de acciones sea de 360, número que resulta de multiplicar el número de horas del día por los quince de cada mes. De esta forma el poseedor de una de estas acciones tiene derecho a disfrutar, para el riego de sus tierras, de todo el caudal proporcionado por la galería o pozo, durante una hora cada quince días, que es el período normal entre uno y otro riego en la platanera.

Ahora bien, este número puede duplicarse o triplicarse en función de la importancia del caudal de la comunidad, o bien se puede ser poseedor de 1/2 ó 1/4 de acción. Lo que, en definitiva, busca este sistema es una simplificación de la distribución y reparto del agua³⁵.

El sistema utilizado se corresponde con un modelo de distribución temporal del caudal, de forma que la dula o turno de riego se repite cada quince días. Dicha distribución temporal suele ir acompañada de otra de tipo espacial, de tal forma que el caudal total que mana del pozo o de la galería, en numerosas ocasiones muy abundante, se subdivide hasta alcanzar un caudal continuo de 100 ó 110 pipas a la hora³⁶. Este caudal es el que se reparte a cada accionista durante el período de tiempo que se corresponde con el total de sus acciones. Con ello se consigue un flujo constante de agua que permite un adecuado uso en el riego de la platanera, ya que el agricultor

³⁵ F. QUIRANTES: *El Regadío de Canarias*, p. 217.

³⁶ Actualmente la pipa es una medida de capacidad equivalente a 480 litros.

se maneja muy bien con este caudal (entrevista personal a don Juan Manuel Díaz de la Fuente, ingeniero de minas). En el valle de La Orotava se ha convenido en llamar *dula* al valor del caudal idóneo en el riego de la platanera; esto es, 110 ó 100 pipas a la hora.

Un sistema similar al descrito, característico de la Federación de Comunidades de Agua de la Isla Baja (Tenerife), se fundamenta igualmente en el reparto mediante acciones de las aguas alumbradas, y se diferencia del primero en que se realiza a partir de una división de la gruesa de la Comunidad entre el número de participaciones de que dispone. Según Quirantes:

Dicha Federación cuenta con un caudal global de 2.940 pipas por hora y un número de participaciones de 5.747, por lo que a cada participación le corresponde un caudal de 0,512 pipas por hora; hay que descontar, no obstante, una cierta cantidad en concepto de pérdidas por filtración y evaporación, etc., por lo que en definitiva le corresponde a cada acción 0,417 pipas por hora, es decir, 10 pipas al día.

A partir de esta división el reparto se hace por el sistema de aduamiento, es decir, los accionistas no reciben el agua permanentemente, sino cada 14 días..., de tal forma que cada dicho número de días cada acción recibirá 140 pipas.

Naturalmente, junto a esta distribución temporal, se produce una distribución espacial, ya que el caudal global lo permite y el número de acciones lo exige. En efecto, el caudal global de la Federación se divide en chorros de 100 pipas por hora aproximadamente cada uno, de tal forma que cada participante recibirá sus 140 pipas cada catorce días durante una hora y 24 minutos aproximadamente. El caudal global puede sufrir modificaciones de tal forma que cada participación le corresponda una mayor o menor cantidad de agua, por lo que, en principio, el tiempo durante el cual se recibe su porción correspondiente a cada acción podría modificarse; no obstante, no se modifica, para no alterar el ciclo de los catorce días. De esta forma las variaciones del caudal global de la Federación se traducirán en un aumento o una merma del cho-

rro correspondiente, pero no en el tiempo durante el cual lo recibe³⁷.

El último modelo que vamos a describir corresponde más a la etapa de los Heredamientos que a la actual de las Comunidades de Agua, pero se sigue utilizando en el norte de la isla de Gran Canaria en la explotación de los caudales de superficie y subterráneos. El ejemplo tipo corresponde al Heredamiento de Arucas y Firgas, pero en todos los casos la distribución del agua ocurre tal como lo describe Quirantes:

Cada Heredamiento organiza la distribución del agua; ésta se lleva a cabo por medio del llamado adulamiento. Éste consiste simplemente en la división del riego en períodos de tiempo, variables según el número y la importancia de las fincas, así como de las condiciones climáticas particulares que pueden exigir una mayor o menor frecuencia en los riegos.

Casi todos los grandes Heredamientos están divididos en cierto número de azadas, según el caudal de sus aguas, si bien dicho tipo es variable. En la mayoría de los Heredamientos no se encuentran albercones, y así éstos se riegan *de hilo*, es decir, el agua corre día y noche a los terrenos sin previo albernocaje. Donde tal sucede suele dividirse la azada en tres piezas, la primera desde el amanecer hasta el medio día, la segunda hasta ponerse el sol y la tercera que comprende cada noche.

En las Heredades cuyo caudal permite dividirlo en azadas, o bien se hacen divisiones que se llaman surcos, o bien, fijado el número de días de la dula, cada heredero riega toda el agua en los días que ellos le tocan, o las horas del día que le correspondan según las subdivisiones... midiendo el tiempo en horas y minutos³⁸.

Estos tres modelos de distribución del agua de regadío describen a la perfección los sistemas de aprovechamiento del preciado líquido vigentes en la actualidad en las islas del archipiélago que cuentan con tradición en este sentido. Los mecanismos utilizados en la medición de los caudales y gastos se

³⁷ F. QUIRANTES: *El Regadío en Canarias*, p. 221.

³⁸ Ídem, *íd.*, p. 93.

adaptaron a los nuevos tiempos, y, junto a cantoneras, arquillas y fieles, encontramos ahora *tanquillas* o *pesadores de agua* y *caudalógrafos*.

Las tanquillas o pesadores de agua

constan, esquemáticamente, de un recipiente que recibe el agua y que se comunica con otros recipientes, por su parte inferior, de tal forma que en éstos el agua asciende lentamente hasta desbordar por una o varias escotaduras con una escala vertical que mide la cantidad de agua. El lento ascenso del agua permite que por todas las escotaduras situadas al mismo nivel se desborde igual cantidad³⁹,

a la vez que, al «amansarse» el líquido al chocar contra las paredes del primer recipiente, éste llega «reposado» al segundo (y tercero, si lo hubiere), con lo cual se posibilita la medición acertada del caudal que fluye. Estos pesadores de agua se encuentran bien extendidos en todas las comarcas plataneras de las islas de La Palma, Tenerife y Gran Canaria y se han convertido en elemento esencial de nuestro paisaje agrícola. Recientemente han venido siendo sustituidos por unos nuevos artilugios: los caudalógrafos, que se usan igualmente en la valoración del caudal que discurre por las acequias.

Tales aparatos se encuentran instalados en pequeñas casillas colocadas encima de una tanquilla o albaconera. El caudalógrafo registra sobre un papel ceñido a un tambor cilíndrico metálico las variaciones en el caudal que detecta en el paso del agua que fluye por debajo. Los registros dibujados semejan secuencias propias de un sismógrafo, de tal forma que el caudalógrafo se nos muestra al mismo tiempo como el más exacto de los aparatos que miden el caudal y el más extraño para la sencilla comprensión del agricultor isleño.

En lo que se refiere a las unidades de medida utilizadas en los modelos que hemos descrito habremos de hablar de varios patrones diferenciados. Propios del primer modelo son la *pipa* por hora, caudal equivalente a 480 litros por hora y la *dula*,

³⁹ Ídem, íd., p. 220.

entendida ésta como el caudal que supone un flujo de 100-110 pipas a la hora.

En el segundo de los modelos encontramos de nuevo la pipa por hora como unidad de medida, unidad de carácter espacial. Por contra, en el último de los sistemas se entremezclan las unidades espaciales: *azada, surco...*, con las de origen temporal: *hora, minuto...* Aunque parecen medidas de procedencias dispares sabemos que todas ellas se encuentran perfectamente estructuradas, de tal forma que componen un sistema de medidas perfectamente jerarquizado. Así, reuniendo los datos de Juan Francisco Martín ⁴⁰ con los de Dolores de la Coba ⁴¹ hemos encontrado que en el noroeste de Gran Canaria una azada de agua equivale a un caudal de ocho litros por segundo. Cada azada se subdivide en *cuartas*. Cada cuarta se corresponde con tres horas, entendiendo la hora como el gasto que supone un caudal de ocho litro por segundo que fluye durante una hora. Por último, la hora se divide en 60 minutos de gasto continuo.

Apreciamos de esta forma un acertado compromiso entre las mediciones de los caudales de origen espacial con los propios del tipo temporal, que relacionan gasto y caudal de forma adecuada hasta constituir un sistema completo al estilo de aquel que nos aportaba Carrera Stampa.

7. CONOCIMIENTOS FÍSICOS UTILIZADOS EN LA MEDICIÓN DE CAUDALES

Las cantoneras, arcas, cajas de agua, fieles, pesadores de agua y caudalógrafos, además de instrumentos utilizados en el reparto de las aguas de riego, también sirven para medir el caudal del flujo. Desde épocas cercanas a la conquista hasta nuestros días se hizo necesario la valoración de esta magnitud física por cuanto significaba la precisa evaluación de la equi-

⁴⁰ J. F. MARTÍN RUIZ: *El Noroeste de Gran Canaria*, Ediciones del Cabildo Insular de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria, 1989.

⁴¹ D. DE LA COBA: «Pesas y medidas utilizadas en Canarias», revista *Números*, vol. 1, núm. 2, 1982.

tatividad de los repartos efectuados. La asignación de un caudal determinado o la participación en un repartimiento concreto quedan plenamente legitimadas cuando se conoce con exactitud la dimensión de dicha magnitud.

En esencia, los principios físicos en que se fundamenta la medición del caudal en cada uno de los mecanismos enumerados son idénticos, y nosotros los estudiaremos en el caso de las tanquillas o pesadores de agua. En estos pequeños estanques el agua llega a «reposarse» notablemente, consiguiéndose un punto de remanso del líquido, lo que permite la aplicación del teorema de Torricelli. La idea base de reposar el agua para que la velocidad de flujo no incida en la medida del caudal la hallamos igualmente en el mecanismo del fiel o en el «amansamiento» del agua que se da en arcas y cajas de aguas, por donde ésta fluye a través de orificios de dimensiones previamente determinadas. En definitiva, se trata de provocar unas condiciones lo más idóneas posibles de forma que puedan aplicarse las leyes fundamentales de la Hidrodinámica. Tratemos, pues de describir éstas.

Partimos de la base de que estamos estudiando un fluido *incomprensible*, esto es, un fluido en el que las variaciones o cambios de volumen se consideran despreciables incluso cuando se encuentra sometido a presiones muy altas. Entendiendo por línea de corriente o línea de flujo la trayectoria descrita por una partícula determinada del fluido en movimiento, diremos que el *flujo es estacionario* cuando en una superficie cerrada de líquido entran tantas líneas de flujo como salen; esto es, cuando es nulo el flujo del campo de velocidades del fluido a través de una superficie cerrada. Admitiremos también que el fluido estudiado es *no viscoso*; es decir, la velocidad es la misma para todas las partículas de la misma sección transversal del tubo de corriente. Por último, debemos considerar el movimiento del agua por atarjeas y acequias en *régimen laminar*; es decir, la velocidad del fluido no rebasa ciertos límites y el movimiento se realiza por capas superpuestas que no se en-

tremezclan, siguiendo las líneas de corriente caminos aproximadamente paralelos a las paredes⁴².

Suponiendo que se dan todas las condiciones anteriores, podemos proceder al estudio del líquido en movimiento siguiendo las leyes de la Hidrodinámica. Entenderemos por *caudal* al volumen de fluido que atraviesa por unidad de tiempo una sección transversal del tubo de corriente. Esto es, si lo denotamos por Q , quedará: $Q = S \cdot V_m$, siendo S el área de la sección transversal y V_m la velocidad media que llevan las partículas del fluido. *Gasto* es la magnitud física que supone el volumen total de líquido medida, y se calcula multiplicando el caudal por un tiempo determinado; es decir, $Gasto = Q \cdot t$. Si aislamos un elemento infinitesimal de un tubo de corriente las fuerzas exteriores que actúan sobre él son la fuerza de volumen del tipo gravitatorio y las fuerzas superficiales de presión, normales a la superficie. Entonces la ecuación fundamental de la Dinámica permite obtener el teorema de Bernoulli, que expresa que la suma de las alturas geométricas: distancia desde un extremo al otro del tubo; piezométrica: originada por la presión que se ejerce sobre el líquido; y dinámica: debida a la velocidad del fluido, se mantiene siempre constante. Esto es, en fórmulas físicas:

$$h = \frac{p}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} = \text{cte.}$$

donde h denota la altura; p , la presión; ρ , la densidad del líquido; g , la constante de la gravedad, y v , la velocidad del líquido.

Entonces, si trabajamos en un recipiente de capacidad suficientemente grande, al que se le ha horadado un orificio en su extremo inferior por donde fluye el líquido con una velocidad v , el teorema de Bernoulli aplicado en las dos superficies del fluido en el interior del recipiente y en el orificio nos indicará que:

$$h + \frac{p_{at}}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} = 0 + \frac{p_{at}}{\rho g} + \frac{v^2}{2g} (*)$$

⁴² Ver J. MARIANO VALLEJO: *Tratado sobre el movimiento...*, y R. D. CARRIL-J. PRIETO-J. R. MENÉNDEZ: *Física General*, Ediciones Júcar, Barcelona, 1986.

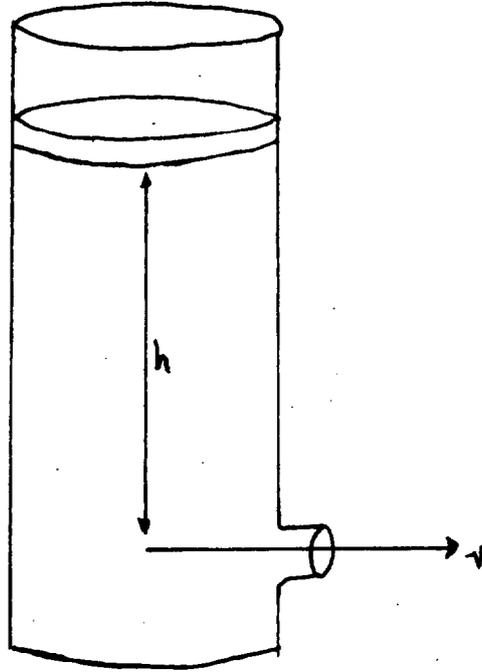
donde p_{at} es la presión atmosférica, único tipo de presión que actúa sobre ambas secciones, y v' es la velocidad de descenso del líquido en el recipiente.

Podemos despreciar el valor de v' , pues resulta muy pequeña comparada con v . Esto es, $v' = 0$, quedando la fórmula (*) en la forma:

$$h = \frac{v^2}{2g} \quad \text{es decir:}$$

$$v = \sqrt{2gh}$$

fórmula que se conoce como teorema de Torricelli, y que establece que:



Bajo la acción solamente de la gravedad la velocidad de salida de un líquido por un orificio de sección pequeña es igual a la que adquiriría un sólido cayendo libremente en el vacío desde la superficie del líquido al centro del orificio⁴³.

Podemos apuntar entonces que el caudal Q que fluye por el orificio, supuesto de sección transversal S , será:

$$Q = S \cdot \sqrt{2gh}$$

⁴³ Torricelli, científico italiano del siglo xvii, formuló por primera vez el teorema que lleva su nombre en 1643 en su tratado «*Motu gravium naturaliter accelerato*», y en él recogió algunos conocimientos anteriores. En particular Galileo, maestro de Torricelli, hubo de conocer algún resultado semejante, pues ya a Sexto Julio Frontino se le atribuyen las primeras nociones un poco exactas que se han tenido acerca de las leyes del movimiento de los fluidos.

es decir, sólo depende de la altura alcanzada por el líquido y de la superficie del orificio de salida.

La medición del caudal en pesadores se consigue intentando reproducir lo más fielmente que pueda ser posible las condiciones del teorema de Torricelli. Por eso se «amansa» o aquieta el agua, de tal modo que se mantenga una situación en la que la velocidad de salida del líquido sólo dependa de la altura alcanzada en la tanquilla, y no de imponderables externos como pueden ser la fuerza de presión con la que ésta es bombeada desde el estanque repartidor, el pozo o la galería, o bien de la velocidad alcanzada por la corriente al precipitarse el líquido desde zonas altas a otras de altitud inferior.

El pesador consta de dos o más estanques de pequeñas dimensiones intercomunicadas entre sí por orificios horadados en la parte inferior de las paredes colindantes. En el primero de los estanques se recoge el agua, que suele llegar con gran velocidad. Al pasar a la segunda de las tanquillas atravesando la abertura que existe en la pared que la separa de la primera el agua pierde velocidad y se remansa. Este proceso se repite cuantas veces sea preciso, con el uso de tantas tanquillas como se necesitare, hasta conseguir que el líquido se eleve en la última de las tanquillas como si sólo estuviera influido por la fuerza de la gravedad. En esta tanquilla el agua fluye lentamente por una escotadura o reborde perforada en el borde superior de la pared no interconectada con las otras tanquetas. Quedan entonces reproducidas las hipótesis subyacentes en el teorema de Torricelli, y el caudal se podrá evaluar tan sólo con la medición de la altura que se alcanza en la tanquilla.

La medición se realiza de dos formas distintas. O bien se utiliza unas láminas de metal a modo de regletas graduadas en las que se mide el caudal en pipas por hora. Estas regletas, distribuidas en Tenerife por «Talleres Quintana», admiten intervalos de variación distintos y han de adaptarse a las dimensiones del pesador y al número de tanquillas que lo compone.

En otros pesadores el caudal se mide también en pipas por hora, anotando la altura que alcanza el agua en un tubo de cristal incrustado en la parte superior derecha de la última de las tanquilla y en su exterior, comunicado en su extremo infe-

rior con el interior de ésta. En este caso se utiliza un nuevo concepto hidrodinámico propio del fundamento que gobierna el principio de los tubos comunicantes. En todo caso, en ambos modelos, la aplicación precisa del teorema de Torricelli aporta el soporte conceptual necesario para que se dé la correcta valoración del caudal.

Anotemos, por último, que el pesador de agua nos propone una versión refinada de otros aparatos conocidos en siglo pasados que servían para medir la velocidad (y, por último, el caudal) de las aguas. Recordemos a modo de ejemplo el tubo de Pitot y la Caja de P. Guido Grandi entre otros.

BIBLIOGRAFÍA

1. ÁLVAREZ ALONSO, A.: *La organización del espacio cultivado en la comarca de Daute*, Instituto de Estudios Canarios, 1976.
2. AGUILERA KLINK, F.-CHRISTOPHER NUNN, S.: *Problemas en la gestión del agua subterránea en Arizona, Nuevo Méjico y Canarias*, Universidad de La Laguna, Secretariado de Publicaciones, La Laguna, 1989.
3. ARAVACA Y TORRENT, A.: *Balanza métrica o sea igualdad de las pesas y medidas legales de Castilla*, Imprenta de José Domenech, Valencia, 1867.
4. BENÍTEZ PADILLA, S.: *Gran Canaria y sus obras hidráulicas*, Excmo. Cabildo Insular de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria, 1959.
5. CARRERA STAMPA, M.: «El sistema de pesos y medidas colonial», *Memorias de la Academia Mexicana de la Historia*, México, 1967.
6. CARRIL, R. D.-PRIETO, J.-MENÉNDEZ, J. R.: *Física General*, Ediciones Júcar, Barcelona, 1986.
7. DE LA COBA, D.: «Pesas y medidas utilizadas en Canarias», revista *Números*, vol. 1, núm. 2, 1982.
8. DE LA ROSA, L. (1): «Antecedentes históricos de los Heredamientos y Comunidades de Aguas en Canarias», *Estudios de Derecho Administrativo Especial Canario, III (Curso 1967-68)*, Aula de Cultura del Excmo. Cabildo Insular de Tenerife, 1969, pp. 9-40.
9. DE LA ROSA, L. (2): *El agua en Canarias: Factor polémico. Modalidades de los repartimientos de aguas en Canarias*, Cuadernos de Economía Canaria, Ministerio de Industria y Energía.
10. DOMÍNGUEZ COMPAÑY, F.: *Ordenanzas Municipales Hispanoamericanas*, Asociación Venezolana de Cooperación Intermunicipal, Instituto de Estudios de Administración Local, Madrid-Caracas, 1982.

11. DOMÍNGUEZ, E.: «El Realejo de Arriba y las aguas del Barranco Godínez», suplemento dominical de *El Día*, 11 de julio de 1990, p. 10.
12. GLICK, Th. F. (10): «Levels and levelers: surveying irrigation canals in Medieval Valencia», *Technology and Culture*, vol. 9, núm. 2, abril 1968, pp. 165-180.
13. GLICK, Th. F. (2): *Irrigation and Society in Medieval Valencia*, The Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1970.
14. GLICK, Th. F. (3)-DÍAZ MARTA, M.: Versión española del estudio: «The old world background of the irrigation system of San Antonio, Texas», periódico *El Día*, 20 de abril de 1988.
15. GUIMERÁ PERAZA, M.: *Tres estudios sobre aguas en Canarias*, Aula de Cultura de Santa Cruz de Tenerife, 1970.
16. HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ, J.-NIEBLA TOME, E.: «Los sistemas de regadío tradicionales en Hermigua y Agulo», *Canarias Agraria y Pesquera*, agosto de 1990, núm. 10, pp. 23-27.
17. HERNÁNDEZ RAMOS, J.: *Las Heredades de Aguas de Gran Canaria*, Madrid, 1954.
18. MARIANO VALLEJO, J.: *Tratado sobre el movimiento y aplicaciones de las aguas*, Imprenta de D. Miguel de Burgos, Madrid, 1833.
19. MARTÍN RUIZ, J. F.: *El Noroeste de Gran Canaria*, Ediciones del Cabildo Insular de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria, 1989.
20. MUSEU DE LA CIENCIA: *Pesos, Mides y Mesures*, Obra Social de la Caixa de Pensions, Barcelona, 1981.
21. PERAZA DE AYALA, J.: «El Heredamiento de Aguas de Orotava», *Estudios de Derecho Administrativo Especial Canario, III (Curso 1967-68)*, Aula de Cultura del Excmo. Cabildo Insular de Tenerife, 1969, pp. 41-94.
22. QUIRANTES, F.: *El Regadío en Canarias*, Ed. Interinsular Canaria, S. A., Santa Cruz de Tenerife, 1981.
23. REYES AGUILAR, A.: *Estrategias Hidráulicas en la Isla de La Gomera: Hermigua, Agulo y Valle Gran Rey*, Aula de Cultura del Excmo. Cabildo de Tenerife, Museo Etnográfico, Santa Cruz de Tenerife, 1989.
24. RIBEIRO, O.: *A ilha de Madeira até meados do século XX*, Instituto de Cultura e Língua Portuguesa, Ministerio de Educação, Lisboa, 1985.
25. RODRÍGUEZ YANES, J. M.: *El agua en la Comarca de Daute durante el siglo XVI*, Aula de Cultura del Excmo. Cabildo Insular de Tenerife, Santa Cruz de Tenerife, 1988.