

## La concepción del Ciclo Hidrológico desde sus orígenes

**Ronnie Torres Hugues**

E-MAIL: torresymas79@gmail.com

Compañía Contratista de Obras para la Aviación (CCOA)

**Yudeimys Ymas Dávila**

E-MAIL: ymastorres79@gmail.com

Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT)

### RESUMEN

El presente trabajo describe la visión que tuvieron filósofos y científicos acerca de cuestiones fundamentales sobre el ciclo hidrológico. Se muestran las principales concepciones según la periodización de la historia en tres etapas: Antigua, Edad media y Edad moderna. Se destacan las figuras más prominentes que aportaron desde un punto de vista científico a la concepción moderna.

### PALABRAS CLAVES:

ciclo hidrológico, científicos, evolución histórica, hidrología, teorías.

### Conception of Hydrologic Cycle from its beginning

### ABSTRACT

This work describes vision of philosopher and scientific about main aspects of hydrological cycle. Shows principal conceptions order take into account history periodization in three moments: Old, Middle Age and Modern Age. Highlight figures more significant that contribute from a scientific point of view to actual conception.

**KEYWORDS:** hydrologic cycle, Scientifics, historical evolution, hydrology, theories.

## 01 INTRODUCCIÓN

Desde tiempos remotos las comunidades humanas han buscado sustento y refugio en el agua. La explotación de este recurso desde hace más de 10 000 años garantizó el desarrollo de la agricultura y la crianza de animales, pasando de nómadas a sedentarios, lo cual conllevó a un cambio significativo en el estilo de vida. En consecuencia, y con el evidente asentamiento el agua se fue convirtiendo en un elemento central en la creencia y filosofía nacientes para explicar el mundo circundante.

El uso y estudio del agua dio paso a la Hidrología como ciencia. La cual, con el posterior desarrollo tecnológico ha ido ganando terreno. Se reconoce como aplicaciones de esta ciencia la selección de fuentes de abasto, el diseño y construcción de obras hidráulicas, control de inundaciones y riego, entre muchas otras.

En su más amplio sentido, comprende el estudio de todos los fenómenos relacionados con el ciclo del agua en la naturaleza, denominado también ciclo hidrológico. Esta ciencia estudia todo lo referente al agua, su origen, sus propiedades, distribución y circulación, específicamente en la superficie de la tierra, en el suelo, en las rocas y en la atmósfera. Su carácter complejo ha requerido que su estudio se divida en diversas ramas según donde se encuentre el agua.

En la actualidad es común encontrar a niños que con menos de 12 años expliquen los procesos de este ciclo, así como la correcta consecución de estos. Sin embargo, el conocimiento que se posee se debió a un largo proceso de estudio científico, ya que hasta el siglo XVII se explicó totalmente diferente, siguiendo el dogma establecido en el 700 a.C por Tales de Mileto.

Motivado por lo educativo y trascendental de los acontecimientos es que se propone dar a conocer de forma cronológica la evolución del concepto del ciclo hidrológico, así como los procesos que están involucrados.

## 02 DESARROLLO

### FORMACIÓN DEL AGUA EN LA TIERRA

En la actualidad aun no queda claro el origen de los océanos en el planeta, pero todas las teorías coinciden en que provino del espacio exterior. Algunas plantean que el agua llegó por el impacto de asteroides y cometas o por una nube de polvo y gas. Se especula que tanto el impacto de cuerpos como los fenómenos volcánicos liberaron grandes masas de vapor de agua (único estado en que se encontraba) y otros gases hacia la atmósfera, que se encontraba aun en formación, lo que causó que se fuera enfriando, así como la corteza terrestre.

Durante miles de millones de años esto estuvo ocurriendo produciendo la condensación de la envoltura de vapores y gases, que se precipitaron en forma líquida, junto con el vapor que salía de su interior. Las lluvias diluvianas caían cada vez menos calientes y fueron anegando las hondonadas de la litosfera. Así nacieron los cuerpos de agua que dieron origen a los océanos hace aproximadamente unos 4 500 millones de años (Colectivo de autores, 2017).

### CONCEPTUALIZACIÓN EN LA HISTORIA ANTIGUA

La ciencia del agua y la tecnología asociada a esta, tuvo una evolución histórica, que al igual que otros campos de la ciencia, la aplicación precedió al conocimiento, como en el caso de la presión atmosférica (Torres y Ymas, 2022). Un buen ejemplo de esto es lo que ocurrió en Grecia, que desde el 2000 a.C ya disponían de aplicaciones tecnológicas, sobre todo en las civilizaciones minoica y micénica, mientras que el entendimiento del agua en la naturaleza vino a ocupar el centro de atención prácticamente 1500 años después. Siendo la primera civilización en la que los procesos del

ciclo hidrológico fueron concebidos de forma organizada desde la teoría, combinando el razonamiento con la observación, sin involucrar intervenciones divinas (Koutsoyiannis and Angelakis, 2003).

En cuanto a este aspecto de la naturaleza otras culturas que abordaron el tema fueron la romana y la china. Las ideas teorías surgidas se pueden agrupar en dos categorías: Transmutacionistas y Conservacionistas. En la primera el agua se crea o se destruye, mientras que en la segunda la masa se conserva. Además, esta se divide en subterránea, donde intentan explicar que el agua del mar se filtra en la tierra en el subsuelo y surgen las fuentes y aérea, en la que el agua del mar se evapora y las precipitaciones el infiltrarse en la tierra alimentan las fuentes. En esta última se enmarca la actual.

A continuación, se exponen los principales argumentos exhibidos en las tres civilizaciones. Los filósofos y científicos presentados dentro de cada una aparecen por orden cronológico.

## ANTIGUA GRECIA

Homero de Smyrna (VIII a.C), el famoso escritor de la *Iliada* (Figura 1) constituye el punto de partida de la conexión entre las aguas del planeta, lo cual hizo partiendo del océano, al escribir en *La Iliada* que "de sus profundidades surgen cada río y mar, cada vertiente y fuente que fluye".

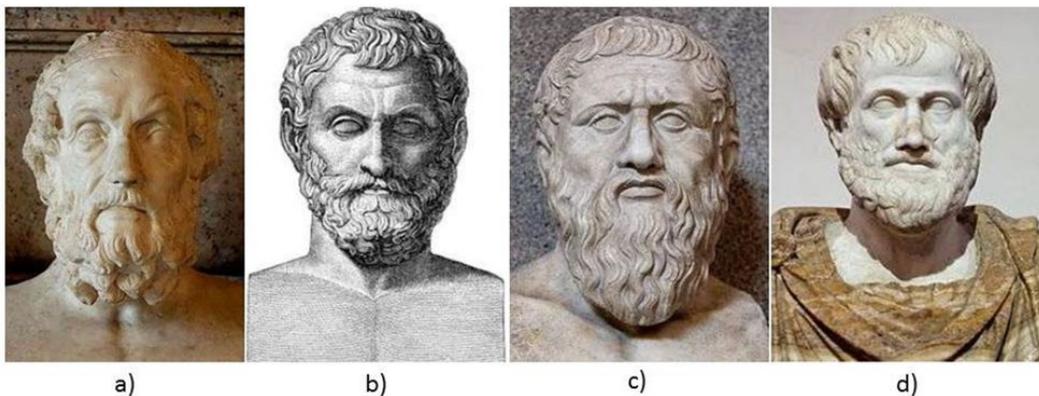


Figura 1. Busto de a) Homero de Smyrna, b) Tales de Mileto c) Platón d) Aristóteles de Estagira.

Es imprescindible mencionar siglos después a Tales de Mileto (624 – 546 a.C), (Figura 1b), considerado como el primer filósofo de la Historia, puesto que introdujo la investigación racional sobre el origen del universo y la naturaleza que hasta entonces los griegos explicaban con un conjunto de mitos y leyendas. A partir de sus análisis estableció que el agua era el origen de todas las cosas que existen.

Relacionado con el movimiento de las aguas en el planeta, tiene el mérito de haber sido el primero en hablar de esto de manera filosófica y científica, alrededor del 580 a.C, aunque en un sentido inverso al real. Planteaba que los manantiales y los ríos eran alimentados por las aguas del océano, las cuales se introducían en las entrañas de la tierra debido a la diferencia de presiones, siendo mayor en el océano. Luego, bajo la acción de la temperatura y las presiones de las rocas, ascendían hasta la superficie, dando lugar a los manantiales (Figura 2) (Martínez,2015) (Dooge,2003) (Dooge,2011).

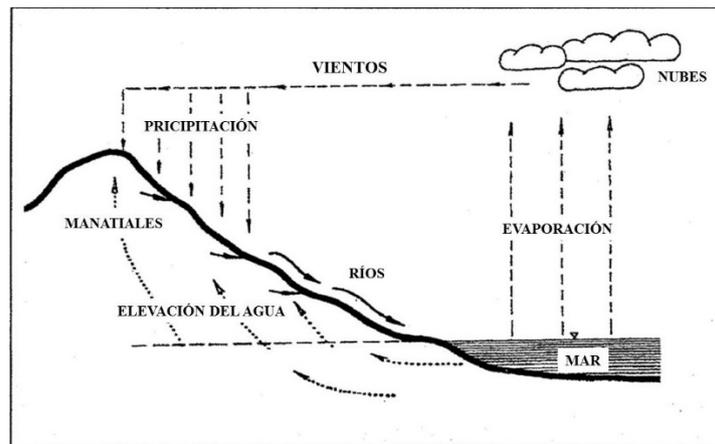


Figura 2. Concepto antiguo del ciclo hidrológico (Tomado de (Dooge,2011)).

También estableció la evaporación como el proceso mediante el cual las aguas se mueven desde el océano hacia las nubes. Su discípulo Anaximandro de Mileto (610 – 545 a.C) también apoyó esta teoría [6]. Estas ideas van a persistir durante veinticuatro siglos, hasta el siglo XVII.

Por su parte, Anaxímenes de Mileto (585 – 525 a.C), discípulo de Tales, a diferencia de este, consideraba que el principio de todas las cosas, es el aire. Estudió varios fenómenos meteorológicos y presentó una explicación razonable para la formación de las nubes, el granizo y la nieve, así como la causa de los vientos y el arcoíris (Koutsoyiannis and Angelakis, 2003).

Un pupilo de Anaximandro, Jenófanes de Colofón (570 - 475 a.C), dio también un gran impulso a la investigación de la naturaleza fundada en la experiencia, la memoria y la técnica. Estableció que las nubes se forman por la evaporación de las aguas del océano, que estas transportan el agua hacia la tierra para producir las lluvias que alimentan los manantiales y ríos (Dooge,2003) (Dooge,2011). Este planteamiento fue compartido también por Diógenes de Apolonia (460 – 390 a.C) años más tarde (Dooge,2011).

De origen turco, Anaxágoras de Clazomene (500-428 a.C), fue el primer pensador extranjero en establecerse en Atenas. Concibió que los distintos procesos naturales del agua constituían un ciclo cerrado, aunque basó sus teorías en la visión de Homero. Creía que el Sol evaporaba el agua del mar hacia la atmósfera, desde donde caía la lluvia, y formaba las reservas subterráneas, las cuales alimentaban los caudales de los ríos (Koutsoyiannis and Angelakis, 2003) (Dooge,2003) (Dooge,2011).

Al mismo tiempo, Heródoto de Halicarnaso (480 – 430 a.C), historiador y geógrafo griego, tradicionalmente considerado como el padre de la Historia en el mundo occidental, explicó el ciclo hidrológico y sus mecanismos en el sentido correcto (Koutsoyiannis and Angelakis, 2003).

El filósofo griego seguidor de Sócrates y maestro de Aristóteles, Platón (427 – 347 a.C), , ver figura 1c, que en 387 fundó la Academia, institución que continuaría su marcha a lo largo de más de novecientos años, revisó el trabajo de sus predecesores y mantuvo la idea de la existencia de una gran caverna (Tártaro), que era alimentada por el agua del océano, desde donde provenían las aguas superficiales que ascendían por las venas de las rocas, agregando el concepto de percolación al ciclo (Koutsoyiannis and Angelakis, 2003) (Dooge,2003) (Dooge,2011). De igual forma, el agua de lluvia pasa a los ríos y estos van vuelven a Tártaro o al mar, retornando posteriormente a la caverna por otra serie de conductos subterráneos. Estos planteamientos aparecen en su diálogo titulado "Fedón" (Martínez,2015). El mecanismo que hacía moverse esta agua no era tratado. Por su parte, explicó la formación de la precipitación por medio de la condensación y del congelamiento.

Por su parte, Aristóteles de Estagira (384 – 322 a.C), ver figura 1d, gran observador de la naturaleza. Difirió de su maestro en la existencia de un gran reservorio de agua, ya que entonces este tendría que ser más grande que la tierra o, al menos no mucho más pequeño. La pérdida de la salinidad fue lo que le dio pie a suponer que el agua de los manantiales no debía proceder probablemente del mar. En su lugar supone que el agua de las fuentes (manantiales y ríos) procede de un conjunto de oquedades y conductos del terreno, ya que este es una especie de esponja. En estos conductos, el agua fluye por capilaridad y, principalmente, por convertirse en “aire” (vapor de agua) condensándose y pasando a estado líquido cerca de la superficie (Koutsoyiannis and Angelakis, 2003), (Dooge,2003) (Dooge,2011). Señala que parte del agua que circula por el interior de la tierra procede de la infiltración del agua de lluvia.

También explico lógicamente que la acción del sol transforma el agua líquida de los océanos en vapor, que cuando se condensa da lugar a las nubes. Así se producía la lluvia que originaba los ríos y éstos, a su vez, alimentaban los océanos. Siendo uno de los primeros en articular la noción de un ciclo para estos procesos hidrológicos (Koutsoyiannis and Angelakis, 2003). Indirectamente reconoció el principio de conservación de la masa a través del ciclo hidrológico (Koutsoyiannis and Angelakis, 2003). Estas explicaciones acerca del ciclo hidrológico las mostró en su tratado “Meteorología”, alrededor del 350 a.C.

Sin embargo, encontraba imposible creer que solo la lluvia es el suministro de manantiales y ríos al preguntarse ¿cómo el agua podía continuar fluyendo semanas después que cesara la lluvia? (Karterakis *et al.* 2007). Esta creencia prevaleció hasta el siglo XVII, ya que se consideraba que las precipitaciones eran cuantitativamente insuficientes y, en segundo lugar, que la superficie de la tierra era demasiado impermeable como para permitir una infiltración y percolación masivas, profundas, de las aguas de lluvia y demás aguas meteóricas (Martínez,2015).

Por último, se encuentra Teofrasto de Ereso (372 – 287 a.C), que inicialmente estudió en la escuela de Platón, pero después de la muerte de este se relacionó con Aristóteles, el cual le legó sus escritos, y lo designó como sucesor en el Liceo. Es considerado el padre de la botánica. Este adoptó y completó las teorías de Anaxímenes y de Aristóteles para la formación de la precipitación a partir de la condensación del vapor y del congelamiento. Su contribución al entendimiento de la relación entre el viento y la evaporación fue significativa (Koutsoyiannis and Angelakis, 2003).

## ANTIGUA ROMA

El poeta y filósofo romano Tito Lucrecio Caro (99 – 55 a.C) (Figura 3a) en el libro VI de su "De Rerum Natura" describe ya la idea de un ciclo hidrológico en la naturaleza en el que el agua se evapora desde la superficie de la tierra y del mar y a ellas torna en forma de precipitaciones. Sin embargo, en el libro V opinaba que el origen de las aguas subterráneas es el mar, desde donde caminan por el interior de la tierra hasta alcanzar los manantiales (Martínez,2015).

Más adelante, el arquitecto, escritor, ingeniero y tratadista romano del siglo I a. C Marcos Vitrubio (80 – 15 a.C) (Figura 3b) en su obra “De Architectura Libri Decem” dedica el capítulo VII al agua; en él se trata de los medios de localizar nuevas fuentes de agua, de las formas de captar esas fuentes y de su distribución urbana; incluye también una disertación sobre las posibilidades de encontrar agua en los distintos tipos de suelos y de las relaciones entre los tipos de suelos, las plantas y la calidad del agua. Por su parte, Casiodoro en el siglo VI ofrece también en sus escritos una larga lista de plantas indicadoras de agua.

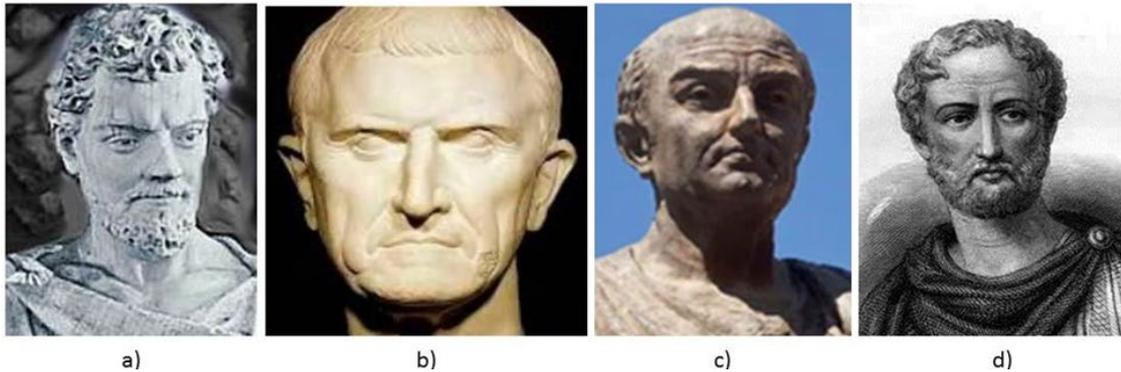


Figura 3. Busto de a) Tito Lucrecio, b) Marcos Vitrubio c) Séneca "el Joven" d) Plinio "el Viejo".

Vitrubio, respecto al ciclo hidrológico, se centró en el agua subterránea, postulando que esta es, en su mayor parte, derivada de la lluvia y de la nieve que por infiltración desciende desde la superficie del suelo y provoca corrientes y brotes en las tierras bajas. Sus explicaciones se aproximan mucho a lo que hoy es aceptado (Martínez, 2015). Sus teorías, sin embargo, tuvieron poco eco.

Llamado Lucius Annaeus Séneca "el Joven" (4 a.C – 65 d.C) (Figura 3c) fue un filósofo, político, orador y escritor romano conocido por sus obras de carácter moralista. Llegó a ser uno de los senadores más admirados, influyentes y respetados. Al igual que Aristóteles, consideraba inadecuado que solo la lluvia fuera el suministro de los ríos y manantiales. Reconoció el papel fundamental de la evaporación y creyó que la coexistencia del agua y el aire es la fuerza principal que dirige el agua a fluir desde el interior de la tierra para formar ríos y manantiales (Karterakis *et al.* 2007).

Por su parte, el célebre naturalista Gayo Plinio Segundo "El Viejo" (23 – 79 d.C) (Figura 3d) que murió en la erupción del Vesubio, era seguidor de la idea de que el agua del mar era la fuente directa primordial que alimentaba a los grandes manantiales. Cita también en sus escritos una serie de plantas y procedimientos de la época para buscar aguas subterráneas (Martínez, 2015).

En los últimos periodos de la era romana, las explicaciones sobre estos fenómenos que aparece en la Biblia fueron ganando terreno gradualmente. Uno de los mayores promotores de estas enseñanzas fue Basilio de Cesárea (330 – 379), obispo de Cesárea y uno de los cuatro principales Padres de la Iglesia Griega. Este citaba para ello el pasaje Eclesiastés 1:7 "Todos los ríos van al mar y el mar nunca se llena; al lugar donde los ríos van, allá vuelven a fluir." Explicaba así que por medio de una orden divina las aguas escurrían y se concentraban en un único lugar: el mar, el cual estaba encerrado en sus fronteras. Además, era considerado como la fuente de toda el agua en el planeta, ya que pasaba por minúsculas aberturas invisibles hasta emerger a la superficie, perdiendo su amargor por la fuerza de la percolación.

## CHINA

En la civilización china hubo científicos y filósofos que atendieron este asunto. En sentido general también consideraban a la tierra como un elemento flotante en el océano primigenio (Dooge, 2011). En el texto Chi Ni Tzu, por el 320 a.C se estableció los procesos del ciclo hidrológico a partir de un enfoque filosófico propio del Taoísmo. Planteó que el viento es la energía del cielo y la lluvia es la energía de la tierra. El viento sopla de acuerdo a las estaciones y la lluvia cae como respuesta al viento. La energía del cielo desciende y la de la tierra sube (Dooge, 2011).

Ochenta años después de lo planteado en el Chi Ni Tzu, es compilado el texto "Crónica de la Primavera y el Otoño del Señor Lü", alrededor del año 239 a.C., bajo el patrocinio de Lü Buwei, Canciller de la Dinastía Qin. En este se establecieron ideas más claras. Se escribió que las nubes van en dirección oeste indefinidamente, sin importar la estación del año. Los ríos fluyen hacia el este y

nunca paran su movimiento sin importar que sea de día o de noche. Las pequeñas corrientes se vuelven grandes y el agua pesada de los mares se hacen ligeras y montan las nubes. Esto es parte de la Rotación del Tao (ciclo) (Dooge,2011).

## CUESTIONES PENDIENTES

A partir de estas teorías había tres cuestiones que no quedaban claras y que fueron objeto de muchas especulaciones: la pérdida de la sal, la causa del ascenso del agua de mar y el no desbordamiento de los océanos.

En la Grecia Antigua, y en sentido general hasta el siglo XVII se aceptó la idea establecida por Tales de Mileto. Por lo que el centro de atención lo ocuparon los procesos por medio de los cuales el agua del mar podría perder su salinidad y ascender hasta las cotas de los manantiales.

La pérdida de la sal se justificó con procesos similares a la destilación o la infiltración. Mientras que para explicar la elevación del agua desde el mar hasta las cotas de los manantiales se recurrió a la intervención de diferentes procesos, entre los que los más destacados fueron: 1) la evaporación, ascensión del vapor y posterior condensación del agua subterránea procedente del mar, por efecto del calor interno de la tierra; 2) las presiones ejercidas por las rocas; 3) el efecto de succión del viento; 4) la presión ejercida sobre la superficie del mar por los vientos; 5) la acción del oleaje; 6) la acción capilar de las rocas, y 7) la curvatura de la superficie de la tierra, por la cual el mar estaría más alto que ciertos manantiales a los que transmitiría su carga hidráulica (Martínez,2015).

Respecto al no desbordamiento de los océanos Aristóteles lo asociaba con que existía una compensación entre lo que aportaban los ríos, que se expandía en una gran área, y lo que era extraído por el sol. Por su parte, y en contraste con este último, Lucrecio planteaba que además de la evaporación y que los vientos barren y secan la superficie del mar, parte de esta se infiltraba en la tierra por conductos subterráneos y subía para salir y fluir como agua dulce (Brutsaert,2022).

## CONCEPTUALIZACIÓN EN LA EDAD MEDIA

Por su parte Isidoro de Sevilla (560 – 636), venerado como santo por la Iglesia católica y contado entre los Padres de la Iglesia, escribió una obra enciclopédica de veinte volúmenes en los que compiló el conocimiento humano de la época. Respecto al movimiento del agua en la naturaleza se inclinó por la teoría de Tales. De esta manera, los conceptos de la filosofía griega naturalista fueron propagándose por toda Europa occidental (Brutsaert,2022), hasta que, a principios del siglo XIII, los trabajos filosóficos de Aristóteles llamaron la atención de los pensadores de Europa Occidental.

La cuestión del ascenso de las aguas subterráneas siguió siendo tratada y apareció una explicación alternativa para los mecanismos de elevación del agua basados en una analogía sobre la sangre de los organismos vivos, en donde el calor impulsaba el agua salada por las venas de la tierra y la excretaba dulce en las montañas. Esta fue enunciada por primera vez por Bartolomé de Inglaterra (1203 - 1272), que luego aparece en 1481 en la primera enciclopedia en inglés (Dooge,2003) (Dooge,2011).

## CONCEPTUALIZACIÓN EN LA EDAD MODERNA

Alrededor del año 1500 Leonardo da Vinci (1452 - 1519) sostiene la idea anterior, ya que era un fiel creyente de que había similitud entre el flujo de los ríos en la superficie terrestre y el sistema circulatorio del organismo (Brutsaert,2022).

También fue capaz de explicar, a través de la observación, el resto del ciclo de forma muy similar a la visión actual: evaporación, condensación, precipitación y escurrimiento, reconociendo que el agua

fluye a través de los principales sistemas fluviales incontables veces, aportando volúmenes mucho mayores que los contenidos en los océanos del mundo (Pfister et al. 2009).

Las erróneas y antiguas ideas de Tales de Mileto sobre el ciclo hidrológico siguieron ganando terreno siendo aceptadas por ilustres científicos como Johannes Kepler (1571-1630), el padre jesuita Atanasius Kircher (1602-1680) y el propio René Descartes (1596-1650), que lo reflejó en "Principios de la Filosofía" de 1644. Estos, además, las ilustraban y divulgaban con aportaciones suyas (Martínez,2015).

Sin embargo, el padre jesuita Jean Francois, maestro de Descartes, no estaba de acuerdo con su discípulo a pesar de la admiración que le profesaba y lo hizo constar por escrito casi 20 años después. Alegaba que las lluvias y las nieves fundidas que penetran en la tierra salen y dan lugar a nuevos manantiales (Martínez,2015).

Bernard Palissy (1510-1590) (Figura 4a) el famoso ingeniero hidráulico francés, refutó la antigua teoría y demostró con simples observaciones de campo que los ríos y manantiales se originan de las precipitaciones. Creyó que el sol causaba el ascenso del agua formando nubes, que caían en forma de lluvia en las montañas infiltrándose en el suelo. Luego esta encuentra una apertura y fluye como un río (Dooge,2003) (Dooge,2011) (Karterakis *et al.* 2007).

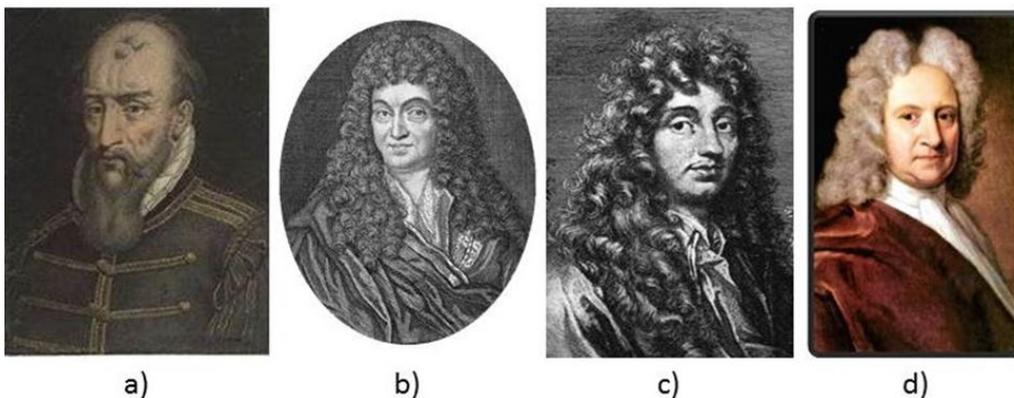


Figura 4. Retrato de a) Bernard Palissy, b) Pierre Perrault c) Edme Mariotte d) Edmond Halley.

Robert Hooke (1635 - 1703), uno de los científicos experimentales más importantes de la historia de la ciencia, es un caso interesante. Cabe señalar que inventó el manómetro doblado (Torres y Ymas,2022). En un inicio afirmaba, al igual que Descartes, que era el mar el origen de todas las aguas y que ascendían hasta las fuentes y perdían la sal por capilaridad. A partir de mediciones realizadas por él y por Henry El principio de la hidrología científica, así como la interpretación moderna del ciclo (Figura 5) se debe al naturalista y abogado francés Pierre Perrault (1608 - 1680), ver figura 4b, hermano de Charles y Claude. Midió el escurrimiento y encontró que solamente era 1/6 de las precipitaciones (lluvia y nieve). Por tanto, esta era una fuente para el escurrimiento y el resto de la precipitación se perdía por transpiración, evaporación y escurrimiento, le quitaba importancia a la percolación (Martínez,2015) (Dooge,2011).

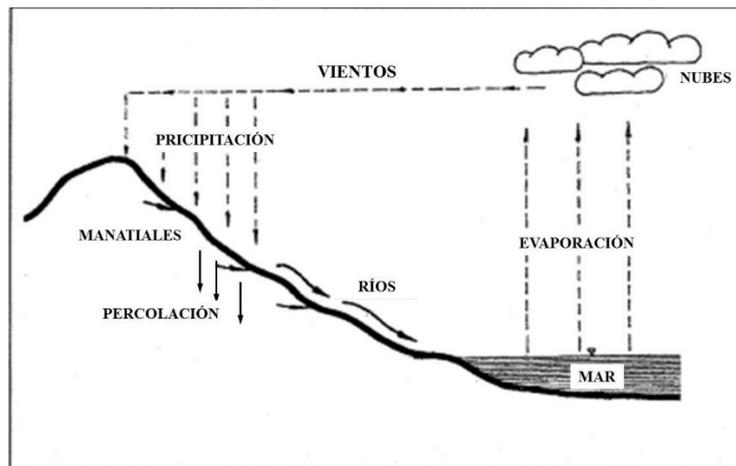


Figura 5. Concepto moderno del ciclo hidrológico (Tomado de (Dooge,2011)).

Las mediciones realizadas en el río Sena por él le permitieron estimar el balance hídrico de la cuenca de este río. Sus análisis y conclusiones fueron publicados en su trabajo científico más significativo “El origen de las fuentes”, de 1674. Con este hecho se refutaban las antiguas teorías propuestas (Dooge,2011) (Karterakis *et al.* 2007).

Respecto a este trabajo, se puede considerar como un ejemplo de arduo trabajo investigativo. Dedicó las primeras 146 páginas en hacer una revisión y discusión de las principales teorías existentes en la época, correspondientes a 22 autores (Platón, Aristóteles, Epicuro, Vitrubio, Séneca, Plinio, Tomás de Aquino, Escaligero, Cardano, Agricola, Dobrzanski, Van Helmont, Lydiat, Davity, Descartes, Papin, Gassendi, Du Hamel, Schottus, Rohault, François y Palissy). En la página 148 contrasta lo que llamó Opinión Común, compartida solo por Vitrubio, Gassendi, François y Palissy con la suya propia y a partir de las páginas 150 a 152 establece las principales dificultades de esta. En las páginas siguientes describe su experimento. Los resultados se oponen a la Opinión Común y retoma la teoría de Aristóteles.

Prosigue con un interesante análisis comparativo entre las mediciones realizadas de precipitación y escurrimiento y formula su propia visión acerca del origen de los manantiales, el punto central de su obra. Algunas de sus ideas sobre procesos específicos fueron erróneas, pero sus errores estaban basados de manera lógica (Brutsaert,2022).

Poco después aparece Edme Mariotte (1630 - 1684), abad, físico y químico francés, que repite los experimentos de Perrault pero ampliando la cuenca hasta Paris. Con lo que demuestra que el origen del caudal de los ríos es la lluvia y también el de las fuentes que los alimentan por la existencia de lechos geológicos impermeables. Incluso construyó un manantial artificial con un lecho de arcilla y capas de arena. De esta forma demostró la importancia de la infiltración como una de las ramas del ciclo hidrológico (Dooge,2003) (Dooge,2011).

Respecto a la teoría para el ascenso de las aguas por el calentamiento de estas, las descartó y rechazó con fuerza planteando que entonces el agua manaría por debajo de las capas impermeables, y no al contrario, como ocurre realmente. No obstante, a la claridad de sus ideas, muchos siguieron aferrados a las ideas antiguas. No fue hasta que se construyó el túnel de Simplón, que une Italia con Suiza a través de los Alpes, cuando acabó la polémica, ya que a medida que excavaban se dieron cuenta que el agua surgía del techo, y no ascendía desde el suelo (Martínez,2015) (Karterakis *et al.* 2007).

La solución experimental al problema del ciclo hidrológico fue presentada por Edmond Halley (1656 - 1742), conocido por el cálculo de la órbita del cometa Halley. Haciendo observaciones entre 1677 y

1678 en la isla de Santa Helena se percató que a partir de la cota 700 y tan pronto anochecía, comenzaba a condensarse humedad en el suelo, e incluso en sus aparatos, lo que le ocasionó más de un problema. Allí vio experimentalmente que el proceso de condensación, tenía que llevar aparejado una de evaporación.

En 1686 la Sociedad Real de Londres le encarga un informe sobre la teoría de Mariotte. Un año más tarde la amplía con la demostración de la evaporación del agua del mar y presenta un informe donde hace un balance hidrológico de la cuenca del Mediterráneo. Para ello midió la precipitación con tanque de evaporación que mete en una habitación calentada a la temperatura estival de la región en estudio y estimó la evaporación del mar Mediterráneo a partir de estos datos. Estableció que la evaporación era tres el caudal de todos los ríos conocidos. Por primera vez se demostraba experimentalmente que la evaporación es capaz de dar sobradamente el volumen de agua en las nubes y, por lo tanto, cuando precipite, el caudal de los ríos.

Aunque ya el ciclo hidrológico quedaba explicado científicamente la influencia de los autores griegos y romanos era aún muy fuerte, así como las concepciones establecidas en la Biblia (Martínez,2015) (Dooge,2011). Años más tarde, John Dalton (1766 - 1844), naturalista, químico, matemático y meteorólogo británico, introdujo los principios que rigen la teoría moderna de la evaporación (Dooge,2003) (Brutsaert,2022).

### 03 CONCLUSIONES

El concepto sobre el movimiento del agua en la naturaleza establecido por Tales, que primó por más de 1700 años, estuvo basado más principios filosóficos que en la observación y la experimentación, por lo que sus deducciones fueron incorrectas.

Los filósofos de la Antigua Grecia tuvieron un papel preponderante en el estudio y conceptualización de aspectos fundamentales como la fuente de todas las aguas, el origen de los manantiales, la pérdida de sal, el movimiento general del agua y el no desbordamiento de los océanos, la mayoría de los cuales pasó a la cultura romana.

La religión cristiana jugó un papel importante en la trasmisión de los conceptos griegos y romanos, así como que perduraran tanto en el tiempo, sobre todo aquellos que más se ajustaban a sus explicaciones del mundo.

Cuando la conciencia humana se encontró en un estadio superior respecto al papel de la ciencia en la interpretación del mundo, en donde las mediciones tomaron el centro de los análisis, fueron retomadas otras visiones y nuevos elementos aparecieron para llegar al conocimiento actual sobre el tema. En este sentido se destacan como figuras cimeras: Pierre Perrault, Edme Mariotte y Edmond Halley, considerados los padres de la hidrología científica.

### 04 REFERENCIAS

**Colectivo de autores** (2017). "Conozcamos al mar". Editorial Científico Técnica, La Habana. 153 p. 2017.ISBN 978-959-05-0987-2 [Citado: 11 de noviembre de 2024] Disponible en <https://www.amazon.com/Conozcamos-mar-Cient%C3%ADfico-T%C3%A9cnica-Spanish-ebook/dp/B07RD44QNH>.

**Torres R. y Ymas Y.** (2022). "La presión atmosférica y los protagonistas del cambio de percepción". Memoria Investigaciones en Ingeniería 2022 (23), pp. 106-117. ISSN 2301-1106 [Revisado: 14 de octubre de 2024] Disponible en: <https://doi.org/10.36561/ING.23.9>

- Koutsoyiannis D. and Angelakis A.** (2003). "Hydrologic and Hydraulic Science and technology in Ancient Greece. Encyclopedia of Water Science". Marcel Dekker Inc., New York, 1076 p. 2003. ISBN 978-0824742416. [Citado: 16 de octubre de 2024] Disponible en <https://doi:10.13140/RG.2.1.1333.5282>
- Martínez F.** (2015). "Aspecto histórico y evolutivo de las ideas acerca de las aguas subterráneas desde los tiempos más remotos hasta el nacimiento de la Ciencia Hidrogeológica". Universidad de Salamanca, Salamanca, 10 p. 2015. ISBN sin número. [Citado: 16 de octubre de 2024] Disponible en <https://hidrologia.usal.es/Complementos/historia.pdf>
- Dooge J.C.I.** (2003). "Fresh Surface Water Vol 1. Encyclopedia of Life Support Systems". UNESCO, Roma, 315 p. 2003. ISBN 978-92-3-103859-1. [Citado: 20 de octubre de 2024] Disponible en <https://www.eolss.net/sample-chapters/c07/E2-07.pdf>
- Dooge J.C.I** (2011). "Background to modern hydrology, in The Basis of Civilization - Water Science?" UNESCO, Roma, 312 p. 2011. ISBN 1-901502-57-0. [Citado: 20 de octubre de 2024] Disponible en <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:199499929>
- Karterakis S., Karney B., Singh B. and Guergachi A.** (2007). "The hydrologic cycle: a complex history with continuing pedagogical implications" Water Supply 7(1), pp. 23 -31. ISSN 1607-0798 [Revisado: 16 de noviembre de 2024] Disponible en: <https://doi.org/10.2166/ws.2007.003>
- Brutsaert W.** (2022) "Hydrology: An Introduction". Cambridge University Press., Cambridge. 650 p. 2022. ISBN 978-110-71-3527-7. [Citado: 16 de noviembre de 2024] Disponible en: <https://www.nhbs.com/hydrology-an-introduction-book>
- Pfister L., Savenije H. and Fenicia F.** (2009) "Leonardo Da Vinci's Water Theory: On the origin and fate water". IAHS, Oxford, 92 p. 2009. ISBN 978-1-901502-34-3. Citado: 16 de noviembre de 2024] Disponible en: <https://research.tudelft.nl/en/publications/leonardo-da-vincis-water-theory-on-the-origin-and-the-fate-of-water>

#### CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses

#### CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

**Ronnie Torres Hugues** <https://orcid.org/0000-0002-7206-6346>

Realizó contribuciones en la interpretación de los datos. Participó en el diseño de la investigación, análisis de los resultados y en la revisión y redacción del informe final.

**Yudeimys Ymas Dávila** <https://orcid.org/0000-0002-0899-3241>

Trabajó en el procesamiento de los datos haciendo contribuciones en su análisis e interpretación. Participó en la búsqueda de información y en la redacción final.