

Galileo y las enfermedades de las plantas *

Gilles Denis

Traducción de Alberto Castrillón

CUANDO GALILEO SE INTERESABA EN ASUNTOS DIFERENTES A LA FÍSICA

Uno de los textos de los *Problemi* de Galileo, en apariencia una simple exposición de óptica, describe la forma que toman, en ciertas condiciones, las gotitas de lluvia sobre las hojas de los vegetales y la acción de los rayos del sol que las atraívesan. Galileo construye en este texto una explicación de los daños sufridos por las plantas expuestas a la intemperie. Inaugura también una tradición de explicación mecanicista de las enfermedades de las plantas que

tendrá validez hasta comienzos del siglo XIX.

Galileo es especialmente conocido por el papel que jugó, al comienzo del siglo XVII, en la constitución de la física clásica, proceso de constitución que puso fin a la cosmología heredada de la física Aristotélica. Para Galileo, "el vasto libro del universo" está redactado en "lengua matemática", idioma cuyos "caracteres son triángulos, círculos y otras figuras geométricas". Mientras que, según los aristotélicos, las propiedades cualitativas revelan la esencia de las cosas, Galileo sostiene que las relaciones cuantitativas son la verdadera clave para comprender la realidad. Para explicar las cualidades, la física clásica se apoya en la talla, la figura, el número y el movimiento de las pequeñas partes del cuerpo que atraen la atención de

* Artículo publicado en el número 281 de noviembre de 1995 de la revista *La Recherche*, que muy amablemente, nos autorizó su publicación.

nuestros sentidos dando nacimiento a diversas sensaciones ⁽¹⁾.

La revolución lograda en física y astronomía influenciará también el enfoque de las ciencias de la vida en el siglo XVII. En el espíritu de la física matemática que se elabora con Galileo y que se opone al finalismo aristotélico, se cuestionan los escritos de la antigüedad y se proponen nuevos modelos explicativos (salidos de esa física clásica) para comprender los fenómenos concernientes al viviente. Se concibe entonces al hombre, al animal o a la planta como una máquina compleja y se busca razonar de "manera geométrica", encadenando rigurosamente todas las proposiciones y aceptando solamente aquello que se ha comprobado. Para las ciencias de la vida se califica de mecanicista el enfoque científico de carácter materialista que se opone al finalismo o al vitalismo, según el cual, los fenómenos vitales pueden, o se podrán explicar, sin recurrir a la finalidad por el juego de las causas eficientes y son, bajo el mismo espíritu de la teoría cartesiana de los animales máquinas, reductibles a las propiedades fisicoquímicas de la materia. Con un poco de retraso, la misma evolución se hace sentir en los tratados de meteorología. Siguiendo a Aristóteles, después de la Antigüedad los

fenómenos meteorológicos son explicados por los desplazamientos en la atmósfera de los cuatro elementos (tierra, agua, aire y fuego) y por los efectos de cuatro cualidades elementales (caliente, frío, seco y húmedo). Inspirándose en un proceso mecanicista, ciertos autores (entre ellos Boerhaave ⁽²⁾, a comienzos del siglo XVIII) consideran que las variaciones de calor, de luminosidad, de humedad de un lugar al otro, y de un momento al otro, deben tener por origen la difusión, la refracción, la reflexión de los rayos solares detenidos desviados, concentrados o esparcidos por los espejos, los vidrios convexos o cóncavos que forman en la atmósfera concentraciones de pequeñas partes de agua en vapor.

* * *

**PARA TEOFRASTO, LA "ROYA"
DE LAS PLANTAS ES "UNA
ESPECIE DE PUTREFACCION
DEL LIQUIDO QUE SE ACUMULA
SOBRE LA SUPERFICIE DE LAS
PLANTAS"**

El texto de Galileo que presentamos aquí ⁽³⁾ fue dictado por éste a su hijo Vincenzo, alrededor de

1. Galileo Galilei, "Il saggiatore (Roma, 1623)" in *Le opere*, ed. A. Favaro, Florencia, G. Barbera, 1890-1909, t. VI, pp. 347-348.

-
2. H. Boerhaave, "Tratado del Fuego" in *Elementos de química*, París, Briasson, 1754, t. 2; cf. pp. 196-234.
 3. Galileo Galilei, *Opere*, tomo terzo, nuovo edizione, Firenze, Gaetano Tartini e Santi Franchi, 1718; cf. "Problemi varj di Galileo Galilei", Problema VII, p. 52.

1638. Para esa fecha Galileo había quedado ciego. El texto fue editado en 1718, es decir tres cuartos de siglo después de su muerte. Galileo propone en él una explicación mecanicista de un fenómeno a la vez meteorológico y fisiológico: los daños causados a las plantas por ciertas intemperies. Estos daños habían sido explicados hasta entonces siguiendo esencialmente a Teofrasto⁽⁴⁾, quien había sucedido a Aristóteles en la dirección del Liceo al final del siglo IV a. de C. Teofrasto escribió dos obras (todavía mencionadas entre los siglos XVI y XVIII sobre las plantas. Para él, la "roya" (es decir, el "orín de las plantas"; en la Antigüedad griega y latina la "roya"; "érusibé" en griego, "robigo" en latín; o sus equivalentes, designan manchas rojizas, cafés o negruzcas que afectan las plantas⁽⁵⁾) aparece en los lugares húmedos y sobre las partes de las plantas que retienen la humedad. De tal forma, los campos expuestos al viento y elevados

están poco o nada sujetos a esas intemperies, al contrario de los campos encerrados y al abrigo del viento. De igual manera, la parte más baja de una planta, la menos ventilada, es decir, la más húmeda, es la más tendiente a la "roya". Mientras más tendencia muestre una planta para retener el agua lluvia o el rocío más grande será su "susceptibilidad".

Galileo constata que las hojas son de hecho los lugares en donde el agua permanece durante más largo tiempo. Cuando la espiga se sitúa a proximidad de estas últimas es atacada rápidamente. Es por esto que la cebada está más sujeta a ser atacada por la "roya" que el maíz; también porque su espiga es más recta y de textura más cerrada. Así, el agua no chorrea fácilmente y, por el contrario, se estanca. La mayoría de las habas y de los guisantes están sujetos a la "roya" por tener muchas hojas. También porque las habas son sembradas muy cerca la una de la otra y sus frutos brotan cerca del suelo; los guisantes por su parte se ramifican en el suelo. Teofrasto indica además que la vid está sujeta a la "desecación" de las uvas que es una afección similar a la "roya" del maíz, y que aparece desde que el sol calienta con fuerza después de la lluvia⁽⁶⁾.

4. Theophrastus, *De causis plantarum*, editado y traducido por Benedict Einarson y George K. K., Link, Cambridge, Harvard University Press, 1990, cf. Book III, 22, Book IV, 14 y Book V, 10.

5. En nuestros días, la mayoría de las manchas observadas en las plantas son, con frecuencia, percibidas como los efectos del parasitismo de diferentes champiñones microscópicos, otras como aquellos de las diferentes bacterias. Generalmente, a estas manchas se hacen corresponder diferentes enfermedades. El calor y la humedad son considerados como circunstancias favorables o desfavorables al desarrollo de la enfermedad.

6. (Ver también cita 4). Theophrastus, *Enquiry into plants (Historia plantarum)*, traducción inglesa de Sir Arthur Hort, Cambridge, Harvard University Press, 1961, Book VIII, X.

El hecho de que las plantas que retienen el agua estén particularmente sujetas a la "roya" no intriga a Teofrasto. Según él, ésta es "una especie de putrefacción del líquido que se recoge sobre la superficie de las plantas". Precisa entonces que la "roya" no aparece después de una fuerte lluvia (el líquido no permanecería), sino después de la llovizna o de un fuerte rocío seguido de sol y en ausencia de viento. Y añade que una planta tiene más posibilidades de ser atacada por la "roya" en luna llena a causa del calor y del aire que es generalmente más húmedo. El líquido que se recoge y se pude sobre la hoja infecta la espiga si ésta se encuentra cerca. En griego antiguo, "hugros", (de donde deriva, en español "higrometría"), traducida aquí por "líquido"—cuando se habla de "putrefacción del líquido"—, designa lo húmedo, es decir, una de las cuatro cualidades elementales, y de una manera general, la humedad, el líquido (la palabra designa igualmente la savia de las plantas). Muchos autores del siglo XVII y XVIII considerarán el líquido retenido sobre ciertas partes de los vegetales —líquido que origina sus enfermedades—, ya sea como rocío, o como savia derramada o extraída de la planta, o bien, como una mezcla de los dos.

Afirmar que la roya es una especie de putrefacción del fluido que se recoge en la superficie de las plantas después de una pequeña lluvia o de rocío seguido de sol

particularmente durante la luna llena, es afirmar, siguiendo a Aristóteles, que el calor propio a dicho fluido es destruido bajo el efecto del calor del sol o de la luna llena, y que lleva finalmente al desecamiento de la parte putrefacta. En efecto, según Teofrasto y Aristóteles, la putrefacción es la destrucción del "calor propio y natural contenido en cada cuerpo húmedo, bajo el efecto de un calor extranjero", es decir, el del medio exterior, o bien de un enfriamiento propio del cuerpo atacado de putrefacción. Es por esto que la putrefacción lleva siempre a un desecamiento. Aristóteles precisa que toda corrupción natural comienza con una putrefacción. Tales son, la vejez para los animales y el desecamiento para los vegetales, lo que para Aristóteles es equivalente. El fin de la vida corresponde a un desecamiento y a un enfriamiento que llevan a la muerte⁽⁷⁾,⁽⁸⁾,⁽⁹⁾.

En resumen, la roya es un desecamiento local prematuro que aparece después de una putrefacción susceptible de extenderse. Dese-

7. (Ver también cita 4). Aristóteles, *Meteorológicas*, texto establecido y traducido por Louis, Paris, Les Belles Lettres, 1982; cf. tomo IV, 1.

8. Teofrasto, *Investigaciones sobre las plantas (Historia Plantarum)*, texto establecido y traducido por Suzane Amigues, Paris, Les Belles Lettres, 1988, libro I, 2.

9. Aristóteles, *Pequeños tratados de historia natural: De la juventud y de la vejez, y de la longevidad y la Brevedad de la vida*, texto establecido y traducido por René Mugnier, Paris, Les Belles Lettres, 1965.

camiento prematuro puesto que no es el efecto del desecamiento y del enfriamiento habitual e ineluctable el que define el envejecimiento que lleva a la muerte.

* * *

GALILEO ES EL PRIMERO QUE PROPONE UNA EXPLICACION NUEVA DE LAS "QUEMADURAS" DEL SOL SOBRE LAS HOJAS DESPUES DE LA NIEBLA O DEL ROCIO

La mayoría de los autores que retomarán de manera más o menos clara las explicaciones de Teofrasto, precisarán que la roya conlleva un desecamiento. Aquellos que propondrán algo diferente, por lo menos los primeros, incluirán en sus explicaciones tanto la putrefacción como el desecamiento que sigue representado para ellos la roya.

Plinio el Viejo, romano del siglo primero, muerto en la erupción del Vesubio en el año 79, escribió una Historia Natural en 37 libros; obra de referencia vigente todavía entre los siglos XVI y XVIII, y en la que se encuentran numerosos pasajes de Teofrasto. Se lee, por ejemplo, que las manchas coloreadas que se encuentran en los cultivos son daños celestiales ("caelestis iniuriae") y que son llamadas "robigo", (es decir "roya"), "uredo", (es decir, "quemadura"), o "cabunculus", (es decir, "carboncillo"). Para Plinio, ellas no pr-

vienen de un rocío quemado por el sol sino por el frío de una noche de luna antes de recibir el calor ardiente del sol⁽¹⁰⁾. Los naturalistas de los siglos XVI y XVII, como Jean Ruel, Jérôme Bock, Rembert Dodoens, Gaspard y Jean Bauhin o John Ray, citan a Teofrasto y a Plinio el Viejo, retomando sus concepciones (especialmente las de Teofrasto) sobre los daños sufridos por las plantas (a nivel de las hojas, de los tallos o de las espigas), así como los nombres que servían para designarlas. Dos palabras son añadidas en latín: algunas veces "oerugo", que designa primitivamente la "roya cobriza" o "verde-gris" y, la mayoría de las veces "ustilago", que significa "quemadura". En español se encuentra especialmente "ahornagamiento", "añublo", "tizón" o "roya"; en francés "brûlure", "nielle", "bruine" o "miellat"; en portugués, "queimadura", "alforra", "mangra" o "ferrugem"; en italiano "arsura", "annebbiato", "melume" o "rubigine", en alemán, "Brandt" o "Meltaw".

Galileo es, según nuestro conocimiento, el primero en haber intentado proponer una nueva explicación de las "quemaduras" observadas sobre las hojas golpeadas por el sol después de la niebla o el rocío. Según él, la niebla y el rocío están constituidas por "estrellas"

10. Plinio el Viejo, *Historia Natural*, texto establecido y comentado por Henri Le Bonniec; Paris, Les Belles Lettres, 1972; Libro XVIII, pp. 270- 280.

minúsculas de agua que descubrimos también alrededor de los setos, después de la niebla, o en las primeras horas de la mañana después del rocío de la noche y antes de que el sol las consuma. Estas telarañas son invisibles durante el día, cuando hace buen tiempo y al mediodía, debido à su extrema "sutiliza", pero se hacen visibles cuando están cargadas de estas menudas "estrellas de agua" ⁽¹¹⁾.

Galileo hace notar que estas "estrellas de agua tan menudas" se colocan también sobre las hojas de la vid o de otras plantas tomando una forma "perfectamente esférica". Cuando se disuelve la niebla y aparece el sol sus rayos golpean por "refracción" a través de estas pequeñas esferas, como a través de una "bola de cristal". Haciendo así desaparecer el agua que se encuentra sobre las hojas y desecándolas completamente. Todo esto a condición de que la niebla no dure mucho tiempo, pues en este caso el conjunto de gotitas producirá un "velo de agua" inofensivo en lugar de las "gotitas esféricas".

Se vuelve a encontrar entonces en Galileo la sucesión ya observada por Teofrasto: niebla o rocío y luego sol. Tanto en las consideraciones de Galileo como en las del autor griego, el sol interviene con su calor. Podríamos decir que la ex-

plicación se apoya en la acentuación del efecto del calor por la concentración de rayos en un punto, sin que por esto sepamos cómo actúa este calor que conlleva a un desecamiento, como en la explicación de Teofrasto. También como Teofrasto, Galileo observa que una cantidad muy grande de agua sobre la hoja evita el daño. Pero cuando Teofrasto habla del líquido que chorrea y abandona la hoja, Galileo por su parte, evoca el achamamiento de las gotitas de agua que no pueden entonces actuar como vidrios que hacen converger los rayos luminosos.

El texto de Galileo es el primero de una serie de escritos que apoyarán o rechazarán la explicación física de las enfermedades de las plantas inspirada en la óptica. Será citado así por varios autores. En 1759 por Francesco Ginanni ⁽¹²⁾, un naturalista de Ravena; en 1767, separadamente por Giovanni Targioni-Tozzetti ⁽¹³⁾ y Felice Fontana ⁽¹⁴⁾, respectivamente médico y físico del Duque de Toscana (estos autores no apoyan la explicación de Galileo); y en 1809 por Marc Pflüger ⁽¹⁵⁾, originario del cantón

-
12. F. Ginanni, *Delle Malattie del grano in erba*, Pesaro, Gavelliana, 1759; cf. p. 298-299.
 13. G. Targioni-Tozzetti, *Alimurgia*, Florence, Moücke, 1767; cf. p. 311 nota 11.
 14. F. Fontana, *Osservazioni sopra la rugGINE del grano*, Lucca, Jacopo Giusti, 1767; cf. p. 22.
 15. M. Pflüger, *Curso de agricultura práctica*, París, impremería de Dentu, 1809, p. 294.

11. Galileo Galilei, *Opere*, op. cit., Problema VI, p. 52.

de Vaud e instalado en París, donde escribió algunas obras de agricultura. Estos dos autores apoyan la explicación de Galileo parcialmente (también se encontrará mencionado el texto de Galileo en 1910, en la bibliografía de una obra sobre las enfermedades de los árboles firmada por el fitopatólogo italiano Savastano)⁽¹⁶⁾. Pflüger recuerda que Galileo ha examinado "este objeto en tanto que matemático", y considera que su presentación es aceptable en lo que a la vid se refiere. Pero constata, a propósito de la enfermedad del trigo candeal, llamada en francés "carie", (en español "tizón", palabra formada cincuenta años atrás para reemplazar el término francés de "nielle" y de "bruine"), que la explicación de Galileo no permite comprender porque se encuentran las espigas vacías. Es interesante notar que Pflüger habla de "lentes cáusticas", reinterpretando a Galileo bajo la influencia de modelos químicos, puesto que el término "cáustico", a comienzos del siglo XIX, designa una quemadura química, una corrosión.

EL INTERES DEL TEXTO DE GALILEO RADICA EN EL HECHO DE SER UNO DE LOS PRIMEROS TEXTOS QUE OFRECE UNA EXPLICACION MECANICISTA DE UN FENOMENO DE LA VIDA

16. L. Savastano, *Patologia Arborea Applicata*, Napoli, Francesco Giannini & Figli, 1910; cf. p. 546.

Bajo la pluma de Huet⁽¹⁷⁾, se encuentra una explicación semejante a la de Galileo, citada en la *Encyclopédia* de Diderot, en el artículo "enfermedades de las plantas". Pero el obispo de Avranches nombrado por Luis XIV, en 1670, vice-preceptor del Delfín, al lado de Bossuet, explica la forma esférica de las gotitas de agua. Esta forma presentaba un problema para Galileo, quien rehusaba reconocer en el agua "una viscosidad o un principio cualquiera de enlace"⁽¹⁸⁾.

Para Huet, en los días serenos del verano vemos recogerse sobre las hojas y las flores un poco de polvo. Al caer la lluvia sobre este polvo las gotas adoptan una "figura redonda" o aproximadamente redonda como se ve, por ejemplo, sobre el piso empolvado cuando se riega sobre éste agua para luego barrer. El bolo recogido sobre dichas hojas y flores actúa como "vidrios convexos", y produce el efecto que producirían estos vidrios si los acercáramos a las plantas. Basta con que la lluvia sea abundante y se prolongue para que el sol que aparece después no produzca esta "quemadura". La fuer-

17. P. D. Huet, *Huetiana o Pensamientos diversos*, París, Jacques Estienne, 1722; cf. artículo XCII: "Causa del efecto que produce el sol en el verano sobre las hojas y los frutos después de una lluvia relativamente suave", pp. 232-234.

18. Galileo Galilei, *Discorsi e dimostrazioni matematiche, intorno a due nuove scienze*, Leida, Elsevir II, 1638; cf. "Diálogo primo", pp 114-116.

za y la duración de la lluvia arrastran el polvo que redondeaba las gotas de agua perdiendo su "figura ardiente". Estas se extienden y se esparcen sin provocar ningún efecto particular.

El Abate Pluche retoma una explicación idéntica a la de Galileo, pero sin citarla; esto a propósito de la "nielle" ("añublo") del trigo en la edición de 1737 de su **Espectáculo de la Naturaleza**, así como en una carta publicada en las **Transacciones Filosóficas** de Londres en 1740. Para el abate, esta enfermedad se declara después de una lluvia extremadamente fina seguida de un sol brillante. Las gotitas se detienen en el tallo para convertirse allí en "vidrios ardientes" (término que se utilizaba en la época para designar los lentes convergentes) cuyo foco se encuentra en ellas y que, de esta forma, la "queman, la perforan y la ennegrecen". Esta acción sobre el tallo, que impide el movimiento ascendente de la savia, explica el hecho de que las espigas permanezcan vacías⁽¹⁹⁾.

El botánico francés Michel Adanson rechaza, en un capítulo sobre "las enfermedades de las plantas"⁽²⁰⁾ editado en 1763 —sin

nombrar los autores que la defienden—, la opinión según la cual la "brûlure" ("quemadura") o el "blanc" ("blanco") se debe a la acción de los rayos del sol orientados hacia el foco de las gotas de agua esféricas extendidas sobre las hojas. Expone tres dificultades por las cuales no acepta esta opinión. Explica, primero, que las gotitas son achatadas por debajo y tienen, por consecuencia, su foco más allá de la superficie de la hoja; luego, que aunque se siga suponiendo su forma esférica, y su foco tocando la hoja, su acción sería nula debido a su pequeñez y, finalmente, que la quemadura se produce más frecuentemente cuando el agua está esparcida como un barniz sobre las hojas que cuando está dispersa en gotitas.

El fisiólogo inglés Stephen Hales, apoyándose en la meteorología mecanicista de Boerhaave⁽²¹⁾, retoma una idea cercana a la de Galileo, pero alejando las lentes de las hojas debido a que observa pequeñas partículas flotando en el aire por encima de los cultivos. Son "pequeñas partículas de vapores", transparentes, mucho más densas que el aire que las rodea y que toman, entre todas las otras figuras posibles, la de un "hemisferio" o de un "hemicilindro", y por esto, hacen converger los rayos del sol sobre las plantas y así las queman, "en razón de sus más

19. Abate Pluche, *El Espectáculo de la Naturaleza o Conversaciones sobre las particularidades de la Historia Natural*, París, Veuve Estienne, 1737, segunda parte, t. 2, 12^a Conversación: "El maíz y las otras semillas", p. 314.

20. M. Adanson, *Familia de Plantas*, Paris, Vincent, 1763; cf. ch. 9: "Enfermedades de las plantas", p. 42.

21. H. Boerhaave, "Tartado del fuego", in *Elementos de Química*, Paris, Briasson, 1754, t. 2, p. 196-234.

grandes o más pequeñas convergencias". Hales concluye que la enfermedad de "blight" ("ahornagamiento"; traducida en la versión francesa de Buffon por "bruine"), puede ser ocasionada tanto por las reflexiones de los nubarrones como por la refracción de los vapores densos y transparentes⁽²²⁾.

En la definición de las palabras "ahornagarse" y "arroyarse" se reconoce la explicación de Galileo en el **Diccionario castellano con las voces de ciencias y artes**, editado en 1786, —sin que se haya citado al autor italiano:

"Ahornagarse el trigo, dicen los labradores cuando por razón de las goticas de agua que quedan de la niebla, saliendo después el sol, quema el tallo del trigo", y

"Arroyarse el trigo, atizonarse, quemarse el tallo o la caña, lo

cual sucede con algunas nieblas o heladas, que dejando unas gotas de agua de figura esférica, es cada cual como un espejo lustroso en llegando a darla el sol".

El interés del texto de Galileo radica en que inaugura una tradición de explicación física, aunque otras tradiciones para explicar las enfermedades de las plantas (química y naturalista), conocerán un éxito mucho más grande. También su importancia estriba en el hecho de que se trata en nuestra opinión, de uno de los primeros textos que ofrece una explicación mecanicista de un fenómeno patológico y de un fenómeno meteorológico. Además, este texto muestra que Galileo se interesaba en asuntos que sobrepasaban el dominio de la física propiamente dicha y que aplicaba a estos otros campos de interés, el proceso que caracteriza la física-matemática⁽²³⁾.

22. S. Hales, *La Estática de los Vegetales y Análisis del Aire*, traducción por M. de Buffon, Paris, Debure, 1735, p. 32-33.

23. G. Denis, *Las enfermedades de las plantas de 1755 & 1807, controversias y dominancias*, Paris, Universidad de Paris, I, Panteón Sorbona, 1994; cf. p. 213-216.