

EPISTEMOLOGÍA E HISTORIA DE LA CIENCIA

SELECCIÓN DE TRABAJOS DE LAS XV JORNADAS

VOLUMEN 11 (2005)

TOMO II

Horacio Faas

Aarón Saal

Marisa Velasco

Editores



ÁREA LOGICO-EPISTEMOLÓGICA DE LA ESCUELA DE FILOSOFÍA
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE LA FACULTAD DE FILOSOFÍA Y HUMANIDADES
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons atribución NoComercial-SinDerivadas 2.5 Argentina



Antecedentes brunianos del descubrimiento de las manchas solares por Galileo

Ernesto Schettino M.*

Así, proporcionalmente, debe considerarse en distancias mayores, en cuerpos grandísimos y luminosísimos, de los cuales es posible que muchos otros e innumerables sean tan grandes y resplandecientes como el sol, y aun más. Siendo sus círculos y movimientos más grandes, no se ven; de donde, si en algunos de aquellos astros ocurre una variedad de proximidades, no se puede conocer sino mediante extensísimas observaciones; las cuales no han sido comenzadas, ni perseguidas, ya que tal movimiento no lo ha creído ninguno, ni buscado, ni presupuesto; y sabemos que el principio de la investigación consiste en conocer lo que la cosa sea, o sea posible y conveniente, y de ello se saque provecho.¹

Giordano Bruno constituye un antecedente esencial indudable -aunque nunca mencionado, en tanto autor prohibido por el *Index*- de las tesis sobre las manchas solares sostenidas por Galileo², así como de su marco cosmológico general y de muchos otros aspectos concretos³.

En realidad, el descubrimiento de las manchas tiene varias paternidades, aunque todas ellas resultado del éxito de las observaciones telescópicas de Galileo publicadas en el *Mensajero de los astros* y de las disputas en torno a ellas⁴, pues casi simultáneamente varios decidieron observar el Sol pese a los riesgos que implicaba. Además de alguna sugerencia para realizar algo al respecto, al menos desde septiembre de 1611 Galileo recibió el aviso de la observación de las manchas solares⁵ y seguirán enviándole noticias, instándolo a opinar sobre el fenómeno y las tesis de Schneider.

La respuesta galileana tendrá gran importancia, por varios motivos. primero, porque representaba la continuidad del debate de los 'novatores' contra la resistencia de conservadores, tanto aristotélicos como teólogos de diversas corrientes y otros sectores, entre otras razones porque el fenómeno ratificaba las consecuencias del *Mensajero*, sobre todo la negación de la inmutabilidad del cielo y su conformación por un solo elemento supralunar y perfecto (el éter), consolidando así las tesis copernicanas (en realidad de la cosmología bruniana); segundo, por el posicionamiento ideológico-político de diferentes grupos tanto al interior de la Iglesia católica como fuera de ella, en especial la Accademia dei Lincei encabezada por el príncipe Cesi; tercero, porque cedía Galileo a las presiones constantes, de buena (como las de Kepler) y mala fe (la mayoría) para que fundamentara y explicara sus hallazgos (expresara la 'theoria'), lo cual terminaría por desatar las campañas contra el copernicanismo y el pitagorismo, consolidadas en el famoso decreto de la Congregación del Índice del 5 de marzo de 1616; finalmente, deslindaba decisivamente la nueva ciencia de sus fuentes neoplatónicas en su idealización del Sol.

* Universidad Autónoma de México.

Epistemología e Historia de la Ciencia, Volumen 11 (2005)

...ed a me conviene andare tanto più cauto e circospetto, nel pronunziare novità alcuna, che a molti altri, quanto che le cose osservate di nuovo e lontane da i comuni e popolari pareri, le quali, come ben sa V. S., sono state tumultuosamente negate ed impugnate, mi mettono in necessità di dovere ascondere e tacere qual si voglia nuovo concetto, sin che io non ne abbia dimostrazione più che certa e palpabile; perché da gl'inimici delle novità, il numero de i quali è infinito, ogni errore, ancor che veniale, mi sarebbe ascritto a fallo capitalissimo, già che è invalso l'uso che meglio sia errar con l'universale, che esser singolare nel rettamente discorrere.⁶

Ahora bien, la cuestión de las manchas solares no era algo nuevo⁷. De hecho, desde la Antigüedad se habían planteado aspectos aislados con relación a la composición, corona y posibles manchas en el Sol⁸, incluyendo representaciones gráficas muy diversas.

En su *De la docta ignorancia*⁹, Nicolás de Cusa apunta filosóficamente la idea de partes oscuras en el Sol y da cierta vaga explicación del fenómeno, la cual es retomada por Giordano Bruno, quien sostiene desde *La cena de las cenizas*, su primer texto de contenido cosmológico¹⁰, la idea de la existencia de partes disímiles en el Sol, incluyendo partes opacas:

Smitho: Quisiera que agregaseis algo a lo que ya habéis dicho, siendo que pensáis que existen muchas tierras semejantes a ésta, más aún que son innumerables; y recuerdo haber visto que el Cusano, cuyo juicio sé que no reprobáis, opina que también el sol tiene partes disimilares, lo mismo que la luna y la tierra; por lo cual dice que, si fijáramos atentamente la vista al cuerpo de aquél, veríamos que en medio de su esplendor, más circunferencial que de otro modo, tiene notabilísima opacidad.

Teófilo: Dicho y comprendido divinamente por él, y por vos laudablemente aplicado. Si no mal recuerdo, hace poco señalé que -por cuanto el cuerpo opaco pierde su diámetro fácilmente y el luminoso difícilmente-, por la lejanía ocurre que la apariencia de lo oscuro se anula y desvanece, mientras la de lo diáfano iluminado, o de cualquier forma luminoso, llega como a unirse, formándose de las partes luminosas dispersas una visible luz continua.¹¹

Tesis que ratifica y desarrolla en obras posteriores: *Del infinito, universo y mundos*¹² y particularmente *De lo inmenso y los innumerables*¹³, obra donde retoma tesis previas y establece con cierto rigor las propias, entre las cuales está precisamente la de la existencia de partes oscuras en el Sol¹⁴, fundamentándolas con argumentos y determinadas pruebas empíricas. Si bien el tema también aparece, bajo distintas perspectivas, en otros textos¹⁵.

Por lo demás, no tiene nada de extraordinario ni casual que el Nolano llegue a esta conclusión¹⁶, puesto que deriva necesariamente de los principios cosmológicos a los que ha llegado y representa una consecuencia de su concepción del universo:

- a. El universo es infinito, porque cualquier limitación resulta física y metafísicamente (teológicamente) inconsistente y no hay ninguna 'sensata experiencia' ni razón que sustente lo contrario.

- b. Siendo infinito carece de centro o, si se prefiere, todo punto en él es centro y nada periferia. Todo lugar es centro relativo para los observadores situados en él.
- c. El universo es homogéneo. En todo se contienen los mismos principios ('luz' y 'tinieblas') y elementos (corpóreos: 'tierra' o 'árido', los átomos; 'agua' o 'húmedo', el aglutinante corpóreo; e incorpóreos o espirituales: 'aire' o 'éter' o 'espíritu', el espacio; y 'fuego' o 'luz', el principio motor y vital)¹⁷.
- d. El éter no es una quintaesencia, sino el espacio mismo y está en todo el universo, infinito y continuo, de modo que se puede decir que 'rodea' y 'penetra' todo cuerpo.
- e. A diferencia de las ideas preexistentes de 'elementos', para Bruno no tienen la misma estructura, de manera que todos los compuestos están formados o integrados [no son simple mezcla, sino estructuración, 'compleción'] por los cuatro elementos. Tienen en común ser eternos, inmutables, necesarios (de hecho divinos), imperceptibles -no sensibles- por sí mismos, en pureza; se manifiestan a nuestros sentidos mediante los compuestos, bajo distintas proporciones ['número'].
- f. Todo lo que percibimos como 'luz' o 'fuego' no es más que manifestación, en diversas formas y grados, de la luz sobre la materia de los compuestos¹⁸. Los efectos y manifestaciones de la luz (luminosidad, calor, fuego, etc.) son propiedades accidentales derivadas de la acción de la luz-fuego (principio elemento) en los compuestos, con base en lo húmedo que hay en ellos.
- g. La luz solar no es primigenia (principio válido para todos los soles), sino materia compuesta *enfocada*. Para destacar esto recurre al *Génesis*¹⁹ (Moisés), señalando que la luz es obra del primer día [como principio] y los fuegos del cuarto²⁰.
- h. En el universo existen dos especies de cuerpos celestes compuestos con los mismos elementos, pero predominando en unos agua y tierra: planetas o tierras (incluidos la Luna y los cometas), que son determinadamente opacos (su luminosidad es refleja) y fríos; y en otros el fuego: estrellas o soles, preeminentemente luminosos y cálidos.²¹
- i. Los soles y las tierras existen en conjuntos o 'sínodos' -sistemas solares- donde cada uno de aquéllos es centro para éstas, que giran en torno a ellos, complementándose entre sí, intercambiando materias.
- j. No siendo puros los cuerpos celestes²², tampoco están formados por un solo elemento²³ (lo que de por sí resultaría incongruente, pues el universo sería una enorme mole indiferenciada y continua), pues es absurdo que siendo de éter y puros tengan diferencias de densidades y capas, como serían las esferas celestes, mera imaginaria debida a la ignorancia y apariencias producto de las limitaciones de nuestros sentidos, las enormes distancias y a que la luminosidad supera en esos casos lo opaco²⁴.
- k. En su composición y a causa de su rotación los cuerpos celestes adoptan la forma esférica, pero ésta está constituida internamente por partes heterogéneas, redondeándolas su 'ambiente' o 'cielo' propio²⁵. No existen esferas celestes que transporten a los planetas y estrellas fijas.

- l. Si bien el universo, sus principios y elementos son eternos, en cambio los cuerpos celestes, en tanto compuestos, son perecederos²⁶, aunque con el reciclaje o intercambio de materias, particularmente entre cada Sol y sus tierras, como un macho con sus hembras, logran perpetuarse (o, según otra idea, permanecen por mucho tiempo a diferencia de sus criaturas).
- m. El Sol, como todo compuesto, necesita renovarse constantemente para no perecer; de no hacerlo con el tiempo se agotaría su materia al emitir su luz [luminosidad]²⁷.
- n. En dicho intercambio, los soles proporcionan a los planetas propiedades del elemento fuego, que es principio vital, de calor, de movimiento y derivados. Mientras las tierras otorgan a sus soles propiedades del elemento 'húmedo' que es el medio para producir fenómenos tales como la luminosidad, la llama, etc., además de permitir la aglutinación. Si el elemento fuego domina excesivamente disuelve los cuerpos compuestos en átomos.
- o. Todos los cuerpos celestes están permanentemente en movimiento, siendo el circular el natural por excelencia, aunque sin ser geoméricamente puro. Los soles tienen básicamente movimientos de rotación²⁸, mientras las tierras también el de traslación alrededor de su Sol.
- p. El movimiento de los cuerpos celestes contiene un principio motor intrínseco²⁹ (o sea, son semovientes, 'grandes animales', como les denomina Bruno siguiendo a Platón en el *Timeo*).
- q. Estando los cuerpos celestes integrados por partes disímiles, aunque predomine en ellos un elemento, poseen en realidad propiedades contrarias por sí mismos. Así las tierras, siendo cuerpos opacos y fríos predominantemente, tienen también partes intrínsecas calientes y luminosas, al lado de las partes calentadas e iluminadas por los rayos solares. Y, a la inversa, los soles tienen por sí mismas partes opacas y frías³⁰.
- r. A semejanza de lo que ocurre en la Tierra con el agua, que en parte se evapora, forma nubes y luego regresa a su estado líquido, en una especie de ciclo, de igual modo ocurre en el Sol, donde lo 'húmedo' es el medio necesario para que la luz se manifieste³¹.
- s. Lo más cuestionable de la tesis bruniana sería la habitabilidad del Sol, aunque sus moradores no pueden ser como los de la Tierra [plantea casos en que ignorábamos la existencia de otros habitantes terrestres, como los americanos, y que no por ello dejaban de existir]³². Tampoco en esto deja de tener influencia cusana y ejercerla a su vez sobre Galileo, pues éste señala en más de una obra y pasaje (aunque muy prudentemente por razones teóricas, metodológicas y prácticas), la posibilidad de habitantes en otros cuerpos celestes y su necesaria diferencia respecto a los de la Tierra³³.
- t. Los átomos, homogéneos en su materia y forma -esferas mínimas-, fluyen y refluyen al interior y exterior de todos los cuerpos celestes; aglutinándose gracias a lo 'húmedo' y disolviéndose por el 'fuego', permitiendo los cambios de formas, propiedades corporales, movimientos, etc., así como también haciendo posible el intercambio de materia entre los cuerpos celestes, su complementariedad y reciclaje.

- u. La continuidad en el cuerpo solar es tan sólo una apariencia, que se hace evidente por la propia emisión de rayos [su luminosidad, a diferencia de la luz como principio, no es eterna ni continua] y el cintilar, que para Bruno como para Galileo caracterizan a los cuerpos que emiten luz propia (soles) frente a los planetas de luz refleja.

Galileo no puede mencionar a Bruno, pues condenado como hereje pertinaz e impenitente, amén de posible heresiarca, su obra entera había sido prohibida y su memoria proscrita. Nosotros pensamos que por ello Galileo recurrió a referencias indirectas, utilizando los nombres de Copérnico y 'pitagórico' o sujetos sin nombre³⁴. Galileo no sólo no podía ignorar la obra bruniana³⁵, sino que el conjunto de su cosmología es más bruniana que copernicana y se encuentran semejanzas (en ocasiones muy estrechas) en muchas tesis ejemplos y expresiones, más allá de simples coincidencias y posibles fuentes comunes. "

Notas

¹ *Cena*, p.196 [BOeuC] II, p. 239.

² Expuestas fundamentalmente en *Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari e loro accidenti* de 1612, publicación de tres extensas cartas escritas a Marcus Welsler, en las cuales responde a las respectivas *Tres Epistolae de Maculis Solaribus* del jesuita Christopher Schneider, aparecidas el mismo año bajo el pseudónimo de *Apeles*.

³ Dado que no podemos desarrollar aquí nuestros argumentos al respecto, nos permitimos remitir a nuestros artículos: "Algunas determinaciones de la Inquisición sobre la ciencia moderna: Bruno-Galileo y Bellarmino" [edición en CD del XIV Congreso Interamericano de Filosofía, AFM, SIF, 1999] y "Trasfondos de cosmología bruniana en el *Diálogo de los dos máximos sistemas del mundo* de Galileo" [en Laura Benítez, Zuraya Monroy y José Antonio Robles (coordinadores): *Filosofía Natural y filosofía moral en la modernidad*, Facultad de Psicología, UNAM, México, 2003].

⁴ Los principales serían Galileo ("Fu il primo scopritore ed osservatore delle macchie solari... " *Dialogo*, p.412), Schneider, Harriot y Fabricius, siendo este último el primero en publicar resultados.

⁵ Carta de Lodovico Cardí a Galileo. *Opere*, V, XI, [582] p. 208.

⁶ *Istoria*, pp.327 y s.

⁷ El propio Galileo así lo maneja, aunque pone solo un ejemplo referido en una vida de Carlomagno, y menciona algunos de los inmediatos. Cf., por ejemplo, *Istoria*, p.369

⁸ Verbigracia en Teofrasto, Virgilio, textos orientales, particularmente chinos, y aún prehispánicos (cf. Arcangeli; Brody, cap.2). En reciente e interesante artículo de Curt Suplee "A Stormy Star" (*National Geographic*, July 2004, p. 2 a 33) donde resume distintos avances en el conocimiento del Sol, afirma: "Reliable references to sunspots date from first-century B.C. China. " p.21

⁹ Libro segundo, capítulo XII (*De conditionibus terrae*).

¹⁰ Desde el *De umbris idearum* aparecen algunas tesis metafísicas que apuntan al asunto.

¹¹ *Cena*, Diálogo Tercero, p.144 [BOeuC II, p. 155 y s.]

¹² *Del infinito, universo e mondi*, publicado en Londres (aunque por razones de prestigio o políticas diga Venecia) en 1584. Entre otros pasajes, éste basado en el Cusano es significativo: "per che se noi fussimo abitatori del sole, non vedremmo cotal chiarezza che in quello veggiamo da questa regione circumferenziale a lui. Oltre ch'al presente se noi ben bene fissaremo l'occhio in quello, scuopriremo ch'ha verso il suo mezzo quasi una terra, o pur come un umido et uno nuvoloso corpo che come da un cerchio circumferenziale diffonde il chiaro e radiante lume: onde non meno egli che la terra viene ad esser composto di proprii elemento" *Infinito*, BoeuC IV, p. 195

¹³ *De Immenso et Innumerabilibus*, publicado con el *De Monade* en Frankfurt en 1591 y que con el *De triplici minimo et mensura*, forman una trilogía concebida por Bruno como una nueva exposición de su filosofía natural y metafísica.

¹⁴ Destacan los capítulos VII a IX del libro IV. Ahí incluye un dibujo esquemático establecido especulativamente al respecto, que no deja de tener valor teórico.

¹⁵ Como el *Cameroacensis Acrotismus*, el *De imaginum compositione* y sus obras póstumas *Lampas triginta statuarum* y *De rerum principiis*

¹⁶ No como 'intuición', si con ello se pretende una casualidad, producto de una fantasía o de alguna capacidad irracional, sino como resultado de una lógica que lo impulsa constantemente a llevar las tesis hasta sus últimas consecuencias.

¹⁷ Cf. nuestro artículo "Innovaciones brunianas a la idea de elemento".

¹⁸ Aunque en latín se confunden también los significados de los términos 'lux' y 'lumen', Bruno los utiliza para distinguir la luz como principio al lado de las tinieblas; y, por otra parte, la luminosidad u otros efectos, que son manifestaciones o accidentes producidos por la acción de la luz sobre los cuerpos compuestos.

¹⁹ Gn I, 3-5 y 14-19.

²⁰ También Galileo retomará esta metáfora bíblica en defensa de sus concepciones.

²¹ "...che li altri globi, che son terre, non sono in punto alcuno differenti da questo in specie: solo in esser più grandi e piccioli, come ne le altre specie d'animali per le differenze individuali accade inequalità; ma quelle sfere che son foco come è il sole, per ora crede [el Nolano] che differiscono in specie, come il caldo e freddo: lucido per sé e lucido per altro." *Cena* [BOEU] II, D.III, p.163-165. "...ma che altrimenti si muovono gli soli, che son corpi dove predomina il foco; altrimenti le terre ne le quali l'acqua è predominante" "Infinito", *Proemiale epistola*, [BOEU] IV, p.25

²² "Ignis purus, simplex, et absolutus nusquam est, sicut et extra humidum nutrimentum nusquam est apud nos, et potius aqua absolvitur ab igne, quam hic ab aqua." "Camoer Acrot.", *Catalogus*, [BOL], V.I, P.I., p.76

²³ "Non erit, in medio naturam credere solis / Corpore diversis informatam esse elementis. / Quod vero varlo parteis siet ille colore / Sortitus, multo poteris comprehendere sensu, / ..." *De immenso*, IV, IX, [BOL], V.I., P.II, p.48 "Astra omnia ex quatuor vulgatis elementis sunt composita" "Camoer Acrot.", *Catalogus*, [BOL], V.I.P.I, p.76

²⁴ Como pruebas empíricas señala, entre otras, las manchas y fases de la Luna.

²⁵ O sea su atmósfera. Bruno distingue tres tipos de 'cielo': el propio a cada cuerpo celeste, el de cada síndodo o sistema solar y, finalmente, el general de todo el universo; mientras que los primeros son finitos, el último es infinito. Galileo llega a utilizar estos términos para decir algo semejante, especialmente en el caso del Sol para explicar que las manchas solares se dan a su interior y no al exterior, dadas las manifestaciones de las mismas.

²⁶ Bruno titubea respecto a si percen o no, siguiendo una tesis del *Timeo*.

²⁷ Galileo, casi en términos brunianos, señala: "...che alla restaurazione dell'immensa luce che da si gran lampada continuamente si diffonde per l'espansion del mondo, facesse di mestiere che continuamente fusse somministrato pabulo e nutrimento, ben'avrebbe non una sola, ma 100 e tutte l'esperienze concordemente favorevoli, nelle quali vediamo tutte le materie, fatte prossime all'incendiarsi e convertirsi in luce, ridursi prima ad un color nero e oscuro." *Istoria* p.400

²⁸ "Certum est Solis machinam ita circa proprium centrum converti, sicut et Tellurem converti nobis est certissimum" y más adelante añade que es propio de todas las estrellas. *De immenso*, IV, VIII, [BOL], V.I., P.II, p.45 Galileo dice: "... non par che alcun mobile possa aver repugnanza ad un movimento senz'aver propension naturale all'opposto (perché nell'indifferenza non è repugnanza), e perciò chi volesse por nel Sole renitencia al moto circolare del suo ambiente, pur vi porrebbe natural propensione al moto circolare opposto a quel dell'ambiente" *Istoria*, p.367

²⁹ Idea sostenida también por Galileo, por ejemplo: "Imperò che mi par di osservare che i corpi naturali abbino naturale inclinazione a qualche moto, come i gravi al basso, il qual movimento vien da loro, per intrinseco principio e senza bisogno di particular motore esterno, esercitato, qual volta non restino da qualche ostacolo impediti..." *Istoria*, p.365

³⁰ "Sicut vero non est sine suo calore luce et igne Tellus, ita neque omnino Sol sine sua opacitate, et frigore, cum accidentibus aliis circa aquam, quae communis est omnium substantia." *De immenso*, IV, VII, [BOL], V.I., P.II, p.42

³¹ "Ha questa terra le parti che appartengono a lei, ha quella terra le parti sue appartenenti a sé: così ha quel sole le sue parti che si diffondono da lui e cercano di ritornare a lui; et altri corpi similmente riaccoglieno naturalmente le sue parti. Tutta volta essendo l'universo infinito, e gli corpi suoi tutti trasmutabili, tutti per conseguenza diffondono sempre da sé e sempre in sé accoglieno, mandano del proprio fuora et accoglieno dentro del peregrino." *Infinito*, [BOEU] IV, p.143. Recordemos que para Galileo ésta es la explicación más razonable para las manchas solares, aunque no se atreva a afirmarlo categóricamente, tanto por no tener una prueba suficiente de su existencia, como por las implicaciones de ser acusado de bruniano; pero lo que sí resulta evidente es que no puede tratarse de un fenómeno ocasionado por causa externa al Sol (interferencia de lunas, defecto del telescopio o del método, etc.), sino algo intrínseco, lo que avala la tesis bruniana. Verbigracia: "... si perché l'esperienza del fatto per lo più, se non sempre, accade

in contrario, sì perché la rarefazione e condensazione, accidenti non negati alle macchie, son bastanti per render ragione di tale effetto. " *Istoria*, p.387 "Io le agguagliai alle nostre nügole o a fumi; " *Ibid.* P.400

³² "Non est tamen conveniens credere ullam mundi partem esse sine anima, vita, sensu et consequenter animal: stultum quippe et hoc vulgare est quod non alia credantur animalia, non alii sensus, non aliae intelligentiae, quam quae nostris obiciuntur sensibus. Proinde sicut specie differunt haec duo corpora, Tellus et Sol, oportet etiam secundum speciem accipere distinctionem omnium quae sunt in Tellure atque Sole" *De immenso*, IV, VII, [BOL] V.I, P.II, p.41

³³ Véase, por ejemplo, *Dialogo*, pp.76-77 y 102. Y crítica que los hombres suelen poner como criterio de posibilidad y realidad su propia estrechez.

³⁴ Como lo hace en varias de sus obras, incluyendo las cartas sobre las manchas solares, verbigracia. "Ora, per raccòr qualche frutto dalle inopinate meraviglie che sino a questa nostra età sono state celate, sarà bene che per l'avvenire si torni a porgere orecchio a quei saggi filosofi che della celeste sustanza diversamente da Aristotele giudicarono." *Istoria*, p. 370

³⁵ Pensemos simplemente que llega a Venecia en 1592, en pleno proceso inquisitorial; que frecuentó a muchos personajes tratados por Bruno (como Andrea Morosini y su círculo; Pinelli; etc); y que, por lo menos, los poemas frankfurtenses de Bruno eran asequibles en Venecia, además de que su obra aún no estaba en el Índice de los libros prohibidos.

Bibliografía:

- Arcangeli, Giovanni: *Sulla scoperta delle macche solari e delle facoli*.
- Bray, R.J. y Loughhead, R.E.: *Sunspots*. Dover, New York, 1979.
- Brody, Judit: *The Enigma of Sunspots*. Floris Books, Edinburgh, 2002.
- Bruno, Giordano: *Oeuvres Complètes [BoeuC] II*. "La cena de le ceneri", Les Belles Lettres, 1994
- Bruno, Giordano: [BoeuC] IV. "De l'infinito, universo e mondi" 1995
- Bruno, Giordano: *La cena de las cenizas*. Tr. Ernesto Schettino M. UNAM, México; 1972
- Bruno, Giordano: "De Immenso et Innumerabilibus". In (V.I, P.I y II) *Jordani Brunii Nolani Opera Latine Conscripta [BOL]*. Faksimile-neudruck... Friedrich Fromann Verlag Gunther H. Stuttgart-Bad Cann. 1962
- Bruno, Giordano: "Camoeracensis acrotismus" In *BOL*, V.I, P.I
- Galilei, Galileo: *Le opere di Galileo Galilei*. Nuova ristampa della Edizione Nazionale. G. Barbera. Firenze; 1968 20 vols.
- Galilei, Galileo: *Opere* A cura di Franz Brunetti. Unione Tipografico-Editrice Torinese. Torino, 1980. 2 vol.
- Galilei, Galileo: *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*. Giulio Einaudi Editore. Torino; 1970.
- Granada, Miguel Angel. "Voi siete dissolubili, ma non vi disolverete' Il problema della dissoluzione dei mondi in Giordano Bruno", in *Paradigmi. Rivista di critica filosofica*, anno XVIII, n.53 Nuova Serie Maggio-agosto 2000 pp.261-289
- Schettino, Ernesto: "The necessity of the Minima in the Nolan Philosophy", en Hilary Gatti (ed) *Giordano Bruno; Philosopher of the Renaissance*. Ashgate. London 2003 pp.299 a 325
- Schettino, Ernesto: "Innovaciones brunianas a la idea de elemento", en Laura Benítez y José Antonio Robles (compiladores): *La filosofía natural en los pensadores de la modernidad*. Instituto de Investigaciones Filosóficas de la UNAM. 2004.

La causalidad histórica en el diario de viaje de Charles Darwin y las contribuciones de otros viajeros científicos¹

Adriana Schnek*

1. Introducción

Hasta la primera mitad del siglo XVIII, la concepción del mundo natural ubica al naturalista como observador de los elementos que va a describir de acuerdo con su representación. Las ciencias de la naturaleza –o historia natural– centran sus objetivos en la recolección, la clasificación y la comparación, lo que resultaba en la construcción de inventarios enciclopédicos de la naturaleza. De acuerdo con este enfoque, los viajes científicos llevan a verificar la existencia de un orden en la organización de las plantas, los animales y los minerales a través de la construcción de herbarios, de parques zoológicos y de gabinetes de historia natural (Mayr, 1982; Reill, 1996; Bourguet, 1996, 1997).

A principios del siglo XIX, con la publicación del relato del viaje del naturalista alemán Alexander von Humboldt (1769-1859) a Sudamérica, surge un modelo de historia natural en el que el paisaje es a la vez la herramienta y el objeto de investigación. Humboldt releva los datos geológicos, la temperatura, las medidas de presión atmosférica, la higrometría, la latitud y la altitud. Así, el terreno se convierte en el laboratorio donde el naturalista compara y combina los hechos observados, reconstruyendo las formas de organización de la naturaleza. Humboldt analiza la naturaleza no sólo desde un punto de vista morfológico sino también a través de la dinámica de las interacciones de sus elementos e integrando la noción de tiempo (Minguet, 1969; Duviols, Minguet, 1994; Castrillon, 1992).

El naturalista inglés Charles Darwin (1809-1882), quien imprime un nuevo giro en la concepción del mundo natural, reconoce en sus notas, diarios y autobiografía el impacto que le había causado el esquema de análisis de Humboldt. En su Diario de viaje a bordo del *Beagle*, Darwin aplica este modelo como base de sus explicaciones pero, sobre algunos problemas que le plantean los fenómenos estudiados, va más allá: trata de encontrar las causas últimas –o históricas (Mayr, 1976)– de estos fenómenos. La cuestión de base en este tipo de análisis reside en considerar que la vida tiene una larga historia y que los fenómenos estudiados son consecuencia de procesos que ocurrieron durante millones de años.

A lo largo de su viaje, Darwin no pensaba en la evolución en el sentido en el que una especie puede dar lugar a otras. Sólo al final de su viaje considera esta posibilidad (Mayr, 1982; Becquemont, 1992). Al regresar de su viaje, en octubre de 1836, Darwin comienza a escribir su Diario de viaje destinado a todo público en el que vuelca no sólo sus ideas y observaciones recogidas durante el viaje sino los resultados de los análisis de los materiales recolectados. Darwin terminó de escribir la primera edición de su Diario en agosto de 1837 y un mes antes, en julio de 1837, anotó sus primeras ideas sobre la transmutación de las especies (Barret et al, *Charles Darwin's Notebooks, 1836-1844*). Un análisis de su Diario permite observar

* Universidad de Buenos Aires.

Epistemología e Historia de la Ciencia, Volumen 11 (2005)

cómo Darwin remonta las causas últimas de los fenómenos estudiados, estableciendo una relación profunda entre los seres vivos, que se extiende en el tiempo y el espacio (Handford, 1999). Así, su relato prefigura un análisis histórico, que será retomado y desarrollado en *El Origen de las Especies*

2. El Diario de Viaje de Darwin

2.1. Las fuentes de información

Junto con la influencia de Humboldt, Darwin reconoce en su autobiografía el papel que ejercieron las ideas del geólogo inglés Charles Lyell (1797-1875) sobre su concepción en geología, ideas que Darwin luego utilizó como marco para interpretar los cambios en las especies a lo largo del tiempo². Lyell propuso que los paisajes de la Tierra son consecuencia de procesos constantes que operan sobre su superficie durante largos períodos.

Darwin además utiliza varios datos de los trabajos de estos dos naturalistas y recurre también a otras fuentes de información, particularmente de otros relatos de viajes. Lo hace en forma explícita, en sus cuadernos de notas y en sus escritos, recurriendo al sistema de citas y referencias. Esta metodología, presente ya en algunos relatos de otros viajeros, se torna más rigurosa y sistemática a partir del relato de viaje de Humboldt³, que Darwin toma como modelo. A través de la correspondencia de Darwin, se observa el interés por revisar los relatos de viajeros que recorrieron la misma región o regiones semejantes. Un análisis de su narración permite inferir el modo en que Darwin utiliza los datos elaborados por otros viajeros; estos datos pueden considerarse como un conjunto de enunciados observacionales que Darwin acepta o rechaza en la elaboración de sus hipótesis, en una aproximación hipotético-deductiva (Gayon, 1992).

Las notas al margen de los libros leídos durante el viaje, su correspondencia, su enorme biblioteca personal –con listas de libros leídos y por leer– y sus comentarios en los numerosos cuadernos de notas reflejan su búsqueda sistemática de información preexistente. En su autobiografía⁴, Darwin escribe “...Como, en varios de mis libros, utilicé a fondo los hechos observados por otros, y como siempre he debido manipular al mismo tiempo varios temas diferentes, he debido utilizar permanentemente treinta a cuarenta grandes tarjetas, dispuestas en cajones etiquetados, donde anotaba inmediatamente toda referencia, todo comentario...”

2.2. La publicación del Diario de Viaje

Durante el viaje, Darwin escribía su diario día a día generalmente a bordo del *Beagle* pero no sobre el terreno⁵. Para el trabajo de terreno, Darwin usaba los libros de bolsillo (*Pocket books*) en los que anotaba sus observaciones. Durante los cinco años que duró el viaje, Darwin escribió también su *Zoological Diary*, su *Geological Diary*, así como catálogos de especímenes. También incluía información valiosa en cartas a su familia y a sus colegas (Tort, 1996).

Cuando Darwin retornó a Inglaterra, trabajó sobre sus notas diarias de viaje para transformarlas en un Diario destinado a todo público. En agosto de 1839, se publicó en tres volúmenes *Narrative of the Surveying Voyages of [...] Adventure and Beagle [...]* que incluía el viaje anterior de Fitz Roy a Sudamérica. El volumen III correspondía a los relatos de Darwin. La demanda de su volumen sobrepasó la de

los otros autores y ese mismo año, se lanzó una segunda impresión separada (*Journal of Researches*). Una tercera edición apareció en 1840. En 1845, Darwin realizó profundas revisiones en el texto, versión que se tradujo a varios idiomas con diferentes títulos (Browne, Neve, 1989).

2.3. Algunos aspectos del Diario de Darwin

A diferencia de las notas diarias escritas sobre el terreno, el Diario elaborado después del viaje modifica la estructura cronológica al describir los hechos observados en estrecha relación con sus hipótesis y al realizar comparaciones con otros datos. Las descripciones de Darwin conservan un estilo narrativo incluso cuando trata de encontrar las causas históricas de los fenómenos que describe. A lo largo de su relato se encuentran numerosas citas, de las cuales más de 70 corresponden a otros viajeros. La procedencia de estas referencias es muy variada: comunicaciones personales, diarios de viajes, artículos científicos, correspondencia, etc. Darwin no manifestó ninguna preferencia por la época o procedencia de los libros o artículos de otros viajeros sino que integró toda la información de la que podía disponer.⁶

Un análisis de la primera y la última versión de su Diario permite construir diversas categorías acerca del modo en que Darwin utilizó las referencias a otros viajeros: para reforzar sus hipótesis, para ampliar sus observaciones, para aceptar o rechazar otras hipótesis, como testimonio de un pasado reciente o de condiciones ambientales del presente en otra región, para inferir condiciones del pasado, entre otras variables. Algunas referencias le permiten extrapolar los hechos observados y encontrar causas comunes en diferentes lugares de la Tierra.

3. Causalidad histórica y citas a otros viajeros en el análisis de la región pampeana

A modo de ejemplo de la utilización de las fuentes de información de otros viajeros en la articulación del eje histórico, analizaremos muy brevemente algunos aspectos de los capítulos del Diario de viaje de Darwin referidos a la región pampeana.

a) Mamíferos gigantes, datación y ambiente del pasado

Al describir los fósiles de mamíferos gigantes presentes en los sedimentos de Punta Alta,⁷ Darwin establece una relación entre las evidencias encontradas –la datación las ubica en el período terciario– y el posible paisaje del pasado. Estos fósiles fueron, después de su viaje, identificados por el anatomista y paleontólogo inglés Richard Owen (1804-1892). La relación entre el gran tamaño de los animales, su alimentación herbívora –según los dientes fósiles encontrados– y el supuesto ambiente árido del pasado plantea a Darwin problemas a los que debe dar una explicación. Darwin encuentra una regla falsa preexistente que relaciona la necesidad de gran cantidad de vegetación para animales de gran tamaño, regla que se desprende de algunos relatos de viaje. Darwin sólo puede resolver este problema recurriendo a otros relatos de viajes a regiones donde existen animales semejantes en tamaño, como África meridional. Para ello, se vale de las explicaciones del médico y zoólogo inglés Andrew Smith (1797-1872) que Darwin encontró en Cape Town en junio de 1836. Este viajero le confirma que esos animales

herbívoros podían vivir en ambientes con pobre vegetación. También utiliza un caso inverso, exhibiendo un lugar como Brasil donde se encuentra una gran cantidad de vegetación pero ningún gran cuadrúpedo. Para desarrollar este contraejemplo, toma en cuenta los datos del explorador y naturalista inglés William John Burchell (1782-1863). Finalmente, Darwin recurre al médico y naturalista inglés John Richardson (1787-1865), al geógrafo danés Malte Brun (1775-1826) y a Alexander von Humboldt para referirse a regiones completamente diferentes: las regiones frías, donde se encuentran restos de grandes cuadrúpedos congelados en el hielo y cuya vegetación tampoco es abundante. Estas referencias le permiten afirmar que los mamíferos gigantes de la región pampeana pudieron haber vivido en un ambiente árido, con escasa vegetación.

Darwin moviliza, por lo tanto, un conjunto de información proveniente de otros viajeros para inferir el paisaje del pasado y discutir hipótesis erróneas: "Los grandes animales necesitan una vegetación abundante: esta es una frase hecha, que ha pasado de una obra a otra. Pues bien; no vacilo en declarar que este es un dato absolutamente falso que ha contribuido a extraviar el juicio de los geólogos acerca de algunos puntos de gran interés relativos a la historia antigua del mundo."⁸

b) Fósiles y distribución geográfica

Más adelante en su Diario de viaje, Darwin recurre a los datos más importantes sobre el descubrimiento de fósiles de otras regiones de América diferentes a la visitada por él. Se vale así de hallazgos de Charles Lyell y de los daneses Peter Wilhelm Lund (1801-1880) y Peter Clausen (1804-1855?). Darwin relaciona estos hallazgos con la existencia de dos provincias zoológicas bien características -la parte Norte y Sur de América- separadas por la barrera de la altiplanicie de México. Esta división había sido establecida por Humboldt, Richardson y otros naturalistas. Se apoya, además, en datos de viajeros como el naturalista alemán Adelbert von Chamisso (1781-1838), Richardson y en las descripciones de paleontólogos como Georges Cuvier (1769-1832) y William Buckland (1784-1856) para ampliar y documentar su relato. De estos datos, infiere que América septentrional y América meridional poseían en una época geológica reciente diversos géneros en común y se asemejaban entonces mucho más que hoy por el carácter de sus habitantes terrestres. Esta idea sobre la distribución geográfica de los animales del pasado se verá completada en *El Origen de las Especies*, donde Darwin propone la "ley de sucesión de tipos"¹⁰, por la que los habitantes de cada parte del mundo tienden a dejar descendientes estrechamente relacionados pero modificados en cierta medida. Después de largos intervalos y de cambios geográficos importantes seguidos de numerosas migraciones recíprocas, las formas más débiles ceden lugar a las formas más dominantes.

En las cavernas de Brasil exploradas por Lund y Clausen, había un gran número de especies fósiles que se aproximaban a especies actuales de América del Sur. Así, algunas de estas especies pueden haber sido los ancestros reales de las especies vivientes. El descubrimiento de Lund y Clausen -comunicado en 1840- le permite reforzar sus ideas que se insinúan desde la primera edición del Diario. Darwin reúne las piezas fundamentales, "lo muerto y lo vivo", en un esquema que integra la dimensión espacial y temporal.

c) Catastrofismo versus gradualismo

Otros relatos de viajeros le permiten encontrar regularidades en los fenómenos de la naturaleza. Al referirse a su viaje de Bahía Blanca a Buenos Aires¹¹, Darwin se vale del relato del misionero jesuita austríaco Martín Dobrizhoffer (1717-1791) que menciona una tormenta de granizo que mató a una gran cantidad de animales. Un fenómeno semejante había observado el médico escocés John Malcolmson (1803-1844) en India. El tema que llama la atención a Darwin es, precisamente, la muerte de gran cantidad de animales. Este tema se retoma en el capítulo VII¹² de su Diario, en relación con las grandes sequías periódicas. Darwin cita comentarios referidos a las sequías y su efecto sobre los animales provenientes de relatos del oficial de marina inglés William Owen (1774-1857), del Dr. Malcolmson, del naturalista inglés Woodbine Parish (1796-1882) y del geógrafo y naturalista español Félix de Azara (1742-1821). Estos relatos le permiten afirmar que los hechos climáticos estudiados no son fenómenos aislados. Sin embargo, para el caso de los fósiles de la región pampeana, Darwin, basado en las ideas de Lyell, propone una explicación original y diferente a la de otros viajeros y naturalistas¹³. Se opone al "catastrofismo" que sostenía una destrucción completa de los habitantes de la Tierra luego de cataclismos periódicos proponiendo la existencia de un proceso de extinción gradual. De esta manera, Darwin va delineando en su Diario la trama histórica que luego formará parte de *El Origen de las Especies*¹⁴.

d) Afinidad de grupos distintos

La descripción de ciertas especies, sus costumbres y su ambiente también lleva a Darwin a establecer comparaciones con relatos muy diversos. En la región pampeana, al describir el comportamiento reproductivo del ñandú (actual *Rhea americana*)¹⁵, los datos que proporciona el diario de viaje de Azara le permiten ampliar y confirmar sus observaciones¹⁶. La explicación de Darwin sobre la puesta de huevos de estos animales habría resultado incompleta sin la ayuda de otras observaciones, dado que el espacio que estudia es muy vasto y que era preciso realizar varias observaciones en diferentes momentos. A su vez, las informaciones provenientes de otros viajeros como Burchell y el explorador inglés Charles Sturt (1795-1869), que describieron otras especies semejantes en otras regiones, le permiten establecer analogías sobre las costumbres de estos animales. Un análisis interesante lo proporciona el hallazgo, gracias a datos de pobladores locales y de Dobrizhoffer, de otra especie de ñandú que se distribuye en regiones cercanas y que comparte una zona en común con *R. americana*. El naturalista francés Alcide d'Orbigny (1802-1857) había hecho todos los esfuerzos por encontrar esta segunda especie¹⁷, pero no lo logró. Más allá de la competencia que Darwin estableció con d'Orbigny, y del que tenía que obtener "lo mejor y más selecto"¹⁸ antes que él por recorrer la misma región en el mismo momento, Darwin estaba muy interesado en encontrar la segunda especie y elaboró con este hallazgo ideas que, más tarde, lo llevaron a establecer relaciones entre especies semejantes: "...la diferencia entre los habitantes de regiones distintas puede atribuirse a modificación mediante variación y selección natural..."¹⁹

Conclusión

La vasta explicación espacio-temporal propuesta por Darwin se apoyó en elementos organizados a partir de un sistema de referencias construido durante la redacción de su diario, lejos del terreno. Aunque sus ideas fueron originales, diferenciándose de otros científicos de la época, Darwin recurrió a todo un campo de conocimientos existentes que articuló con sus observaciones.

Los diarios y comunicaciones de otros viajeros constituyeron valiosas fuentes de información que aportaron datos sobre el vasto campo del mundo natural de varios rincones de la Tierra. Estos datos le permitieron elaborar sus explicaciones subordinadas a un esquema de causalidad histórica.

Este recurso a los datos observados por otros naturalistas se verá reforzado con los años. Un análisis de su correspondencia revela que Darwin escribió numerosas cartas a naturalistas de diversas regiones del planeta pidiendo las más variadas colaboraciones en la obtención de datos. En una carta a su primo W. D. Fox (27 de marzo de 1855) dirá "...He olvidado si te había comentado cuál es el objeto de mi actual trabajo; consiste en ver todos los hechos que puedo dominar [...] sobre Historia Natural (como distribución geográfica, paleontología, hibridación, clasificación, animales domésticos y plantas, etc., etc., etc.) para ver en qué medida favorecen o se oponen a la idea de que las especies silvestres son mutables o inmutables: mi intención es dar todos los argumentos más sólidos y pros y contras. Tengo una serie de personas que me ayudan en todos los aspectos y me proporcionan la asistencia más valiosa; pero a menudo dudo si el tema no me sobrepasará".

Notas

¹ Seminario de Democratización del Conocimiento. Maestría en Política y Gestión de la Ciencia y la Tecnología. UBA.

² Darwin, Charles, *Memoria y epistolario íntimo*, Buenos Aires, Editorial Elevación, 1946, págs. 71 y 80.

³ En la introducción de *Voyage aux régions équinoxiales...*, Humboldt se lamenta de que otros viajeros no hayan reunido en sus relatos de viaje otros conocimientos preexistentes.

⁴ Barlow, Nora (ed), Darwin (1809-1882). *Autobiographie. La vie d'un naturaliste à l'époque victorienne*, Paris, Belin, 1985, pág. 121 (la traducción es mía).

⁵ Estas notas fueron compiladas y editadas por su bisnieto, Keynes Richard Darwin.

⁶ Esta actitud se observa en sus cartas. Burkhardt Frederick, Smith Sidney (Eds), *The correspondence of Charles Darwin*, Cambridge, Cambridge University Press, 1985-2001, 12 vols.

⁷ Darwin, Charles, *Viaje de un naturalista alrededor del mundo*, Buenos Aires, El Ateneo, 1945, págs. 121-125.

⁸ Darwin, Charles, *Viaje de un naturalista alrededor del mundo*, op. cit. pág. 123.

⁹ *Ibid.* págs. 170-173.

¹⁰ Darwin, Charles, *El Origen de las especies*, Barcelona, Planeta-Agostini, 1992, pág. 465.

¹¹ Darwin, Charles, *Viaje de un naturalista alrededor del mundo*, op. cit. págs. 155-156.

¹² *Ibid.* págs. 173-175.

¹³ Aunque en este caso no los cita, Darwin se opone a ideas catastrofistas como las de Cuvier y d'Orbigny.

¹⁴ Darwin, Charles, *El Origen de las especies*, op. cit. págs. 440-445.

¹⁵ En sus diarios, Darwin dio diferentes nombres a esta especie (género *Strutho*). Posteriormente le zoólogo Gould le dio el nombre de *Rhea americana*.

¹⁶ Darwin, Charles, *Viaje de un naturalista alrededor del mundo*, op. cit. págs. 126-130.

¹⁷ El zoólogo Gould la denominó *Rhea Darwinii*.

¹⁸ Burkhardt Frederick, Smith Sidney (Eds), *The correspondence of Charles Darwin*, op. cit., carta a J. S. Henslow, 24 de Noviembre de 1832.

¹⁹ Darwin, Charles, *El Origen de las especies*, op.cit. pág. 477.

Bibliografía

- Barlow, Nora (ed), *Darwin (1809-1882). Autobiographie. La vie d'un naturaliste à l'époque victorienne*, Paris, Belin, 1985.
- Barret, P. H., Gautrey, P.J., Herbert, S., Kohn, D., Smith, S. (eds), *Charles Darwin's notebooks, 1836-1844. Geology, transmutation of species, metaphysical enquiries*, Cambridge, Cambridge University Press, 1987.
- Becquemont, Daniel, *Darwin, darwinisme, évolutionnisme*, Paris, Eds Kiné, 1992.
- Bourguet, Marie-Noëlle, "L'Explorateur", en Vovelle, Michel (dir), *L'homme des lumières*, Paris, Editions du seuil, 1996, pp. 285-346.
- Bourguet, Marie-Noëlle, "La collecte du monde: voyage et histoire naturelle (fin XVII^{ème} siècle - début XIX^{ème} siècle)" en C. Blanckaert et al (eds), *Le muséum au premier siècle de son histoire*, Paris; Muséum National d'Histoire Naturelle, Archives, 1997, pp. 163-196.
- Burkhardt Frederick, Smith Sidney (Eds), *The correspondence of Charles Darwin*, Cambridge, Cambridge University Press, 1985-2001, 12 vols.
- Castrillon, Alberto, "Alexandre de Humboldt et la géographie des plantes", *Revue d'Histoire des sciences*, Tome XLV- N° 4, 1992, pp. 419-433.
- Darwin, Charles, *El origen de las especies*, Barcelona, Planeta-Agostini, 1992.
- Darwin, Charles, *Memoria y epistolario íntimo*, Buenos Aires, Editorial Elevación, 1946.
- Darwin, Charles, *Viaje de un naturalista alrededor del mundo*, Buenos Aires, El Ateneo, 1945.
- Darwin, Charles, obra editada y abreviada con dir. de Browne Janet y Neve Michael, *Voyage of the Beagle. Journal of researches*, Londres, Penguin Books, 1989.
- Desmond, Adrian, Moore, James, *Darwin*, London, Penguin Books, 1992.
- Duviols, Jean-Paul y Minguet, Charles, *Humboldt, savant-citoyen du monde*, Paris, Gallimard, 1994.
- Gayon, Jean, *Darwin et l'après -Darwin: une histoire de l'hypothèse de sélection naturelle*, Paris, Eds Kimé, 1992.
- Handford, Paul, "Descifrando el pasado", *Ciencia Hoy*, Vol. 9 - N° 52 - Mayo/Junio 1999.
- Humboldt, Alexander von y Bonpland, Aimé, *Voyage aux régions équinoxiales du Nouveau Continent*, fait en 1799, 1800, 1801, 1802, 1803 et 1804, Paris, 1814-1825; 3 vol. Repr: Suttgarf: F. A. Brockhaus, 1970.
- Keynes Richard Darwin (Ed), *Charles Darwin's Beagle Diary*, Cambridge, Cambridge University Press, 1988.
- Mayr, Ernst, "Cause and effect in biology", in *Evolution and the diversity of life. Selected Essays*, Cambridge (MA), Harvard University Press, 1976.
- Mayr, Ernst, *The growth of biological thought. Diversity, evolution and inheritance*, Harvard, The Bellknap Press of Harvard University Press, 1982.
- Minguet, Charles, *Alexandre de Humboldt, historien et géographe de l'Amérique espagnole*, Paris, François Maspero, 1969, p. 693.
- Reill, Peter Hans, *Visions of empire: voyages, botany, and representations of nature*, Cambridge, Cambridge University Press, 1996, págs. 117-152.
- Tort, Patrick, *Dictionnaire du Darwinisme et de l'évolution*, Paris, Puf, 1996, 3 vols.