

EXPERIMENTACIÓN, INSTRUMENTOS CIENTÍFICOS Y CUANTIFICACIÓN EN EL MÉTODO DE FRANCIS BACON

SILVIA ALEJANDRA MANZO*

Universidad de La Plata
Calle 44 N° 394 Dto. M
1900, LA PLATA
ARGENTINA

silgas@sinectis.com.ar

Abstract: *Hace un tiempo G. Rees señaló la importancia del razonamiento cuantitativo en el programa de la renovación del saber propuesto por F. Bacon, renovando la imagen tradicional de su método. Con la intención de proseguir el replanteo iniciado por Rees de los conceptos centrales del método baconiano, me propongo reexaminar el significado de la experimentación y de los instrumentos científicos, lo cual implica al mismo tiempo considerar la relación entre razón y sentidos. Para ello, examinaré el significado de los sentidos como fuentes del conocimiento, la función de la experimentación y de los instrumentos para superar las limitaciones de los sentidos, la inserción de datos cuantitativos en el marco experimental, el concepto de sutileza de la naturaleza y el sentido metodológico de la anatomía baconiana. Como conclusión señalo que en el método baconiano los sentidos están subordinados a la razón, ya que tanto los experimentos como los instrumentos científicos están sujetos a la autoridad de la razón para alcanzar la verdad y evitar sus errores.*

Key-words: *Francis Bacon; Filosofía inglesa; método científico.*

* Esta publicación ha sido posible gracias a un subsidio de investigación otorgado por la Fundación Antorchas.

Francis Bacon (1561-1626)¹ ha sido reconocido como el “publicista” del nuevo movimiento experimental instalado en el siglo XVII. (Kuhn (1977), p. 42.) Fue quien con una profundidad sin precedentes puso de manifiesto el inmenso valor de la experimentación en el desarrollo de la ciencia. La propuesta de su método experimental transformaba la actividad científica en una confrontación constante con los hechos a lo largo de las distintas etapas de la investigación. El objetivo de Bacon era construir una ciencia que reflejara fielmente la naturaleza y que produjera obras conducentes al bienestar de la humanidad. La tarea del científico superaba así el ideal del saber contemplativo para convertirse en una empresa práctica y colectiva al servicio de los hombres. Todas estas innovaciones se convirtieron en

¹ En adelante todas las citas de Bacon referirán esta edición seguidas de número de tomo y de página. *The Works of Francis Bacon*, eds. James Spedding, Robert Leslie Ellis y Douglas Denon Heath, 14 vols., Londres 1867/1876. Para nombrar las obras se usarán las siguientes abreviaturas seguidas del número de tomo en números romanos y del número de página en números arábigos: ADV (*The Advancement of Learning*), CSH (*Cogitationes de Scientia Humana*), CV (*Cogitata et Visa*), DAU (*Augmentis Scientiarum*), DGI (*Descriptio Globi Intellectualis*), DIN (*Interpretatione Naturae Sententiae XII*), DSV (*De Sapientia Venterum*), FL (*Filum Labyrinthi*), PAR (*Parasceve*), PHU (*Phaenomena Universi*), PO (*De Principiis atque Originibus*), SS (*Sylva Sylvarum*), TC (*Thelma Coeli*), VT (*Valeirus Terminus*). El DVM (*De Viis Mortis*) se cita de *Oxford Francis Bacon*, edited with introduction, notes and commentaries by Graham Rees. Vol. VI, c. 1611-c.1619. (Oxford, Clarendon Press, 1996.) Las citas de ANN (*Abecedarium Novum Naturae*) corresponden al MSS Dupuy, Bibliothèque Nationale, Fond Français, fol. 24r.-52v. Las introducciones del *Novum Organum* (NO) y la *Distributio Operis* de la *Instauratio Magna* (IM) pertenecen a *La Gran Restauración* (1985) traducción, introducción y notas por Miguel A. Granada, (Madrid: Alianza.) El NO será citado consignando el libro y el aforismo, seguidos del número de página de la edición española. Las restantes traducciones son mías.

fuentes de inspiración de la Revolución Científica y marcaron para siempre el rumbo de la ciencia experimental.²

Algunos historiadores han contrapuesto el innegable progresismo del programa científico de Bacon con su actitud frente a las matemáticas. Se ha señalado que Bacon no llegó a valorar suficientemente las matemáticas, por lo cual no llegó a concebir que, además de la experimentación, la cuantificación de la naturaleza y sus cambios eran indispensables para lograr una verdadera renovación de las ciencias.³ Incluso se ha señalado que Bacon no quiso advertir el gran valor de las teorías innovadoras aparecidas en su época asumiendo una actitud sumamente conservadora.⁴ Sin embargo, estudios recientes han rectificado algunas de estas interpretaciones. En dos artículos de capital importancia Graham Rees ha dejado suficientemente en claro la posición de Bacon con respecto a las matemáticas, desmintiendo que su programa fuera totalmente ajeno y contrario al razonamiento cuantitativo, como tradicionalmente se ha sostenido.⁵ Por otra parte, Rees cuestionó muy acertadamente los estudios historiográficos que presuponen una distinción tajante entre ciencia y pseudo ciencia, como si en el siglo de la Revolución Científica hubiesen existido dos corrientes contrapuestas e irreconciliables: la de los científicos (rationales y cuantitativos) y la de los pseudo-científicos (irrationales y cualitativos). Lo cierto es que, cuando se las analiza profundamente como lo ha hecho Rees, las ideas de Bacon no se pueden encuadrar en

² Para captar la vigencia actual del experimentalismo baconiano vd. Hacking (1983) cap. 15.

³ Por ejemplo J. E. Dijksterhuis (1961) IV, pp. 189-192 crítica el método baconiano desde este punto de vista. Una extensa lista de autores que siguen esta línea se encuentra en Gemelli (1996), pp. 355-356, n86.

⁴ Estas críticas fueron ya recogidas y refutadas por Fowler (1898) 22-43.

⁵ Rees (1985) y (1986). En la misma dirección Hesse (1983) ha recalado la aproximación cuantitativa del proyecto baconiano. Jardine (1974), p. 110n1 no comparte esta interpretación.

un enfoque dualista de esa naturaleza, pues en ellas parecerían coexistir de manera incoherente y oscura ambas tendencias. Por un lado, el método inductivo las ubicaría entre las filas de los verdaderos científicos. Por otro, su supuestamente escaso aprecio por las matemáticas las vincularía con la primitiva clase de los magos irracionales. Esta dicotomía planteada por los historiadores, no contribuyó a entender los cambios que se suscitaron en las nuevas ideas que comunicaron la Edad Media con el Renacimiento y llegaron hasta la Modernidad. Por el contrario, distorsionó el pasado imponiéndole categorías ficticias.⁶ Precisamente porque tales categorías no existieron, Rees no se propuso reivindicar a Bacon como héroe de la verdadera ciencia racional. Su intención fue, por el contrario, poner de manifiesto la importancia de la práctica cuantitativa en su programa y mostrar la ausencia de una tajante oposición a las matemáticas.

Con la intención de proseguir el replanteo iniciado por Rees del verdadero alcance del método baconiano, me propongo reexaminar el significado de la experimentación y de los instrumentos científicos, lo cual implica al mismo tiempo considerar la relación entre razón y sentidos. Para hacerlo me detendré a considerar, en primer lugar, la función de los sentidos como medios de conocimiento y las causas aducidas para explicar sus limitaciones. En segundo lugar, analizaré la propuesta de Bacon para mejorar la capacidad de los sentidos a través de la experimentación y de los instrumentos científicos. Seguidamente destacaré la importancia de la cuantificación de la naturaleza y su articulación con la experimentación. Finalmente, señalaré algunas características concernientes a la relación entre razón y sentidos: el concepto de anatomía como recurso metodológico para superar las limitaciones de los sentidos para captar la “sutilidad” de la naturaleza.

⁶ Paolo Rossi (1990) fue el pionero en rechazar la dicotomía entre ciencia y pseudo-ciencia centrándose en el caso de la obra de Bacon.

1. LOS SENTIDOS Y LOS ÍDOLOS

Bacon se alineaba con una tradición habitual en su época cuando juzgaba la Caída adánica en el Paraíso como un episodio clave en la historia de la humanidad. Además de reconocer ortodoxamente las consecuencias de la Caída en lo tocante a la relación del hombre con Dios, señala sus implicancias en la naturaleza y en la ciencia, unificando de esta manera la historia cristiana de la salvación con la historia natural y científica. Al igual que el género humano, la naturaleza se vio profundamente alterada después de la Caída. Sus leyes perdieron perfección, sencillez y regularidad. En cuanto a la ciencia, los efectos no fueron menos negativos. Por bondad divina, el hombre había sido dotado de la privilegiada capacidad de reflejar en su mente el universo, con la fidelidad propia de un espejo de superficie uniformemente pulida. Sin embargo, el ingreso del pecado en el mundo desencadenó el forzado retiro del hombre como rey de la creación. Su conocimiento de las criaturas se desmoronó, al tiempo que el gozo de la contemplación de la naturaleza, del que alguna vez fuera beneficiario, se iba desvaneciendo.

Los ídolos del entendimiento humano constituyen uno de los signos más claros de la degradación del conocimiento adánico. Se trata de nociones falsas que están arraigadas profundamente en el entendimiento y lo asedian constantemente. De esta manera, el entendimiento se convirtió en un “espejo encantado”, distorsionando la naturaleza según sus propios prejuicios y tendencias innatas. La legítima actividad científica resulta perjudicada por los ídolos tanto porque dificultan el acceso a la verdad como porque molestan a las ciencias, una vez que han alcanzado la verdad con éxito.⁷ En el prólogo de la *Instauratio Magna*, con motivo de la presentación de su ambicioso programa de reforma de las ciencias, Bacon diagnostica que a causa de los ídolos el estado de las ciencias deja mucho que desear.

⁷ Sobre la doctrina de los ídolos vd. Brandt (1979).

Pero los impedimentos para el buen desarrollo de la ciencia no sólo provienen del entendimiento y sus ídolos. Los sentidos, que son la “puerta” por la cual las cosas externas ingresan al entendimiento, también presentan dificultades.⁸ De hecho, en la medida en que las leyes naturales perdieron su eficacia, el cuerpo humano, que como toda criatura es regido por ellas,⁹ también se vio perjudicado. El cuerpo comenzó a sufrir la enfermedad y la corrupción. Con ello, la capacidad de percibir por parte de los sentidos se redujo notablemente. Dos son las limitaciones principales de los sentidos. (IM, p. 67.)

1) La insuficiencia o el “abandono”. Los sentidos son insuficientes para acceder completamente a la naturaleza, pues hay partes de ella que escapan a su capacidad de percepción. Aún cuando exista alguna persona que se destaque del resto por su mayor agudeza perceptiva o que cuente con la mejor disposición perceptiva posible para el hombre, exenta de impedimentos por enfermedad circunstancial o por factores congénitos, el alcance de los sentidos llega a un punto más allá del cual una gran parte del mundo físico permanece desconocido. Hay varias causas objetivas de la restricción sensible: la pequeñez de todo el cuerpo, la pequeñez de sus partes, la distancia, la lentitud y la celeridad del movimiento, la familiaridad con el objeto, etc..

2) El engaño. El testimonio de los sentidos ocurre siempre según una *analogia hominis*, conforme al hombre y no conforme al universo. Por eso, es un error considerar que el sentido es la medida de las cosas tal como ellas son.

Si bien, como hemos visto, el entendimiento postlapsario tiende por sí mismo al error y en verdad es más proclive al error que los sentidos, las limitaciones de los sentidos favorecen más que cualquier otra circunstancia la formación de los ídolos. Tan importante son los

⁸ Cf. DAU, I, 594. Sobre el significado de “espejo encantado” en Bacon vd. Park (1984).

⁹ DIN, III, 785.

sentidos como puertas del entendimiento que el “principal y más aberrante” impedimento para conocer la verdadera naturaleza de las cosas “proviene, con mucho, del estupor, la incompetencia y los engaños de los sentidos” (NO, I, 50, 104). El entendimiento se deja dominar por lo que los sentidos le suministran. Pero ya que estos sólo le hacen llegar lo que pueden percibir inmediatamente por sí mismos, que es en verdad sólo una parte de la realidad, la investigación del entendimiento tiende a reducir todo a lo perceptible y a ignorar lo no perceptible – que es en verdad lo más importante. Incluso los llamados Idolos de la Caverna, que dependen de la formación y características de cada hombre, son en parte consecuencia de la degradación corporal. La caverna individual no sólo está determinada por las peculiaridades psicológicas, la educación recibida, las costumbres del medio y las circunstancias fortuitas de la vida, sino también por la impronta de la propia percepción sensorial, que puede diferir de la de otros individuos. Una vez más haciendo gala de su imaginería, Bacon afirma que, aún cuando los hombres no estén encerrados en la prisión de su mente y de su cultura, perdurará, sin embargo, la prisión del cuerpo.

Sin embargo, los sentidos no son sólo causa de desgracia para la ciencia. De hecho, son los principales medios para reparar, al menos en parte, los daños que ellos mismos causaron. En efecto, la exoneración de las culpas de los sentidos proviene de los sentidos mismos pues “indican sus errores”. Bacon sostiene que la recuperación de la ciencia perdida se hará proporcionándoles determinadas ayudas al entendimiento y a los sentidos. En cuanto al primero, las ayudas son la expurgación de los ídolos y la inducción. En cuanto a los segundos, la ayuda proviene del sentido mismo: el uso de instrumentos científicos y, sobre todo, la experimentación. Luego de criticar los métodos demostrativos hasta entonces implementados, Bacon asegura que “la mejor demostración con mucho es la experiencia”, siempre que se utilice el modo correcto de realizar experimentos (NO, I, 70, 122-124).

Así, la valoración de los sentidos por parte de Bacon es ambigua. Por un lado, sostiene que producen la mayor aberración epistemológica, pues ejercen gran dominio sobre el intelecto y lo hacen presa del engaño y de la omisión. Por otro lado, los considera el medio por excelencia para corregir los errores de la información sensible, que junto con la expurgación de los ídolos y la correcta aplicación del método inductivo, harán posible la construcción de una nueva ciencia de la naturaleza.

2. AYUDAS AL SENTIDO (I) – EL EXPERIMENTO

Es importante buscar el sentido preciso de “experiencia” en la obra de Bacon, para poder entender con mayor claridad esta doble valoración. Los términos *experientia* y *experimentum* solían ser utilizados como sinónimos durante el siglo XVI. Ambos denotaban cualquier tipo de observación de fenómenos, fueran naturales o artificiales, buscados o no. En los libros de texto utilizados en la época, “experiencia” denota una fuente de evidencia constituida por la confrontación ordinaria del hombre con el mundo natural. Frecuentemente, los manuales citaban descripciones de procesos naturales conocidos sólo por lecturas. En ninguna parte se informaba de observaciones obtenidas artificialmente, con el objeto de obtener un mejor acceso a la naturaleza. Más bien, con la evidencia sensible se procuraba corroborar una posición ya tomada. Por otra parte, si bien en algunas polémicas se argumentaba apelando a experimentos, de hecho se trataba de experimentos mentales conocidos a través de lecturas o de la transmisión oral pero no fruto de la experimentación personal directa. (Reif (1969), pp. 30-31.) La posición de Galileo se destaca entre de la de sus contemporáneos y de alguna manera insinúa la diferenciación que posteriormente Bacon profundizó y propuso explícitamente. Si bien Galileo no establece una distinción entre *experientia* y *experimentum*, en el *De Motu*, uno de sus primeros

escritos, introduce la expresión *periculum* para hacer referencia a las experiencias buscadas cuya finalidad sería poner a prueba una teoría.¹⁰

Bacon quiso dar un giro radical y sentó las bases de una importante transición que tiempo después sería culminada por científicos de la talla de Robert Boyle.¹¹ Su propuesta plantea una clara diferencia conceptual entre experiencia y experimento que se basa en el hecho de que la primera no es buscada y el segundo sí lo es. El sentido baconiano de “experimento” abarca lo que hoy denominamos “experiencia”. En efecto, los *experimenta* baconianos incluyen tanto las simples observaciones de los fenómenos que lleva a cabo la naturaleza por sí sola, como también los fenómenos ocurridos merced a la provocación artificial. (Jardine (1974), pp. 136-137.) La característica común de todos los experimentos baconianos reside en que son buscados deliberada y metódicamente por la investigación científica. En este punto, Bacon da un paso adelante con respecto a la tradición, por cuanto encuentra en la experimentación una fecunda e ineludible fuente de información que, por principio, ha de ser consultada no meramente para confirmar una proposición sino para llegar a ella con toda previsión. En ese sentido el experimento es lo contrario al azar: “resta la mera experiencia, la cual si simplemente sucede, es denominada azar; si fuera buscada se llama experimento” (NO, I, 82, 137).

Cabe agregar que, si bien en las historias naturales que Bacon llegó a escribir se encuentran instancias tanto naturales como artificiales, es manifiesta su preferencia por la manipulación artificial por sobre la simple observación del curso ordinario de la naturaleza. El testimonio obtenido como producto de la vejación experimental confiesa mejor que ningún otro los secretos de la naturaleza.

¹⁰ Schmitt (1969). Sobre la diferenciación entre experiencia y experimentos planteada por la tradición jesuita con la cual Galileo estaba en contacto vd. Dear (1987).

¹¹ Sobre el concepto de experimentación en Boyle vd. Sargent (1989) y (1994).

Del mismo modo que en los asuntos civiles, el temperamento, el ánimo oculto, el sentimiento y los afectos de una persona se sonsacan mejor cuando se la perturba que en otras circunstancias, las cosas escondidas de la naturaleza se manifiestan mediante las vejaciones de las artes mejor que cuando siguen su curso. (NO, I, 98, 156).¹²

Bacon elige la imagen mitológica de Proteo para transmitir algunas de sus ideas sobre la experimentación. Según la tradición, Proteo era un anciano dios, custodio de las focas de Neptuno, profeta del pasado, del presente y del futuro. Menelao acudió a él en busca de información sobre el paradero de sus compatriotas una vez finalizada la guerra de Troya.¹³ El dios comunicaba la preciada información sólo si había sido atrapado con cadenas por quienes lo interpelaban.¹⁴ De la misma manera, creía Bacon, se comporta la materia al revelar sus secretos. Cuando sigue su curso ordinario la materia se encuentra libre de toda constrictión y no permite ver su estructura interna. Otro es el estado de la materia en circunstancias experimentales, atrapada como Proteo. En tal circunstancia, la materia tiene la característica de transformarse en distintos seres como consecuencia de la vejación y la manipulación.¹⁵ A través de la violenta perturbación del estado ordinario de la materia, el experimentador somete los cuerpos a condiciones especiales que modifican su curso normal.¹⁶ Estaba seguro

¹² CSH, III, 197. Esta idea tuvo directa aplicación en los interrogatorios con torturas que en varias ocasiones Bacon en sus funciones como jurista presencié. Sobre la posición de Bacon con respecto a la tortura vd. Martin (1992), pp. 82-83, 102 y Coquillette (1992), pp. 145, 235.

¹³ Homero, *Odisea*, IV. También el pastor Aristeo consultó a Proteo, preguntándole la causa de la muerte de sus abejas. Vd. Virgilio *Georgias*, IV.

¹⁴ La asociación de Proteo con la materia era usual en los mitógrafos consultados por Bacon. La originalidad de Bacon reside en relacionar las peculiaridades de Proteo con su nueva concepción de la experimentación.

¹⁵ FL, III, 625; CNR, III, 20-21; DAU, I, 632.

¹⁶ La confianza baconiana en los resultados obtenidos después de una perseverante y provocadora perturbación se extiende al ámbito de la vida civil:

de que el experimento, ejecutado según sus reglas, es más sutil que el sentido para acceder a la naturaleza. El experimento es un juez que intermedia entre “a subjetividad del sentido y la objetividad de la cosa: no damos gran valor a la percepción propia e inmediata del sentido, sino que llevamos la cosa al punto de que el sentido juzgue sólo del experimento y éste de la cosa misma” (IM, 68).

Entre los experimentos, Bacon distingue dos clases. Existen por un lado los “experimentos del fruto o fructíferos”, que ofrecen un beneficio práctico inmediato – al estilo de los realizados por los mecánicos, quienes no se interesan por la información teórica. Por otro lado, están los “experimentos de la luz o lucíferos” que no son de utilidad por sí mismos, pero sirven de mucho para el descubrimiento de las causas y de los axiomas. Bacon exhorta a incorporar esta nueva clase de experimentos en la ciencia, ya que si bien los experimentos lucíferos no sirven para producir ningún efecto inmediato, revelan la causa natural de algo. Asimismo, estos experimentos tienen el especial mérito de que nunca engañan ni fracasan. Sea cual sea el resultado, responden igualmente al fin y solucionan el problema.

Los experimentos se deben ejecutar en las etapas por las que pasa una teoría (“axiomas” en el vocabulario de Bacon). Son necesarios en el periodo de la invención de la teoría y también una vez que la teoría ha sido establecida, para confirmarla o rectificarla. Recordemos que para Bacon el método de la interpretación de la naturaleza parte de los hechos para constituir la teoría (fase ascendente), luego la teoría debe ir nuevamente a los hechos para ser confirmada en su verdad y extendida en su nivel de generalidad (fase descendente). Así se implemente el proceso inductivo que conduce a teorías cada vez más

“la fábula de Proteo se aplica a los hombres prudentes, que cuando son obligados se transforman en todas las formas hasta que retornan a sus naturalezas cuando están libres” (CSH, III, 197).

generales, proceso conocido como “escalera de los axiomas”.¹⁷ La *experientia literata* constituye la primera parte de la etapa de descubrimiento. Parte de la ejecución de ciertos experimentos con la intención de hacer nuevos experimentos inspirados en los primeros. Bajo este nombre Bacon designa una clase muy especial de experimentación, la etapa práctica más intuitiva y creativa en todo proceso de investigación científica. Se trata de explorar cómo reacciona la naturaleza cuando se varían artificialmente sus circunstancias ordinarias. Si bien en esta etapa el científico debe recurrir a su propia sagacidad, Bacon brinda pautas generales para sugerir cómo ha de llevarse a cabo.¹⁸

Sin embargo, el gran optimismo y la confianza de Bacon hacia la experimentación no le impedían advertir que a veces el experimentador puede equivocarse, es decir que puede haber errores en las tablas de experimentos registradas en las historias naturales pueden haberse incluido experimentos “menos ciertos o falsos”. (Cf. NO, I, 118 y PAR, I, 401.) ¿Qué entiende Bacon por “experimento falso”? Al parecer no entiende estrictamente que el experimento en sí es falso, ya que en la medida en que el experimento existe – se ha realizado – es verdadero. La falsedad, entonces, se predica de la interpretación o reporte que el observador hace del experimento en la medida en que interpreta algo distinto a lo que realmente sucedió. Así, la falsedad depende siempre del componente subjetivo involucrado en la experimentación. Ahora bien, ¿en qué circunstancias se incorporan experimentos falsos en las historias naturales? Bacon parece estar pensando en dos posibilidades. Por un lado, puede ocurrir por un error en la percepción del experimentador, por dejarse llevar por sus sentidos engañosos, por

¹⁷ El mejor tratamiento de la “escalera de axiomas” propuesto por Bacon se encuentra en Pérez Ramos (1988), pp. 254-264.

¹⁸ DAU, I, 622-633. Algunos de los modos fueron llevados a la práctica por Robert Boyle, vd. Sargent (1994). Para una descripción de la *experientia literata* vd. Jardine (1974) 143-149.

“juzgar mal” el experimento (que en sí mismo es completamente objetivo). Por otro lado, cuando el experimentador recibe y cree en la veracidad del reporte de un experimento que él mismo no ha presenciado, corre el riesgo de aceptar como verdaderos, experimentos falsos, es decir hechos experimentales que han sido “mal juzgados.” Es por eso que Bacon advierte que se “deben examinar las cosas hasta el fondo y no darles crédito o rechazarlas por su improbabilidad, hasta que hayan pasado el debido examen.” (SS, II, 645.) Al mismo tiempo, propuso ciertas precauciones para evaluar los experimentos transmitidos por terceros.¹⁹

Existe una serie de instancias experimentales prerrogativas²⁰ que desempeñan una especial defensa contra los errores o el abandono de los sentidos. Con la denominación “instancias de la lámpara” Bacon se refiere a las cinco clases de instancias cuyo común denominador es ser auxilio de los sentidos. Las “instancias de la puerta” ayudan mediante instrumentos ópticos las acciones de la naturaleza inmediatas a la percepción sensible (NO, II, 39). Por su parte, las “instancias del camino” señalan gradualmente los movimientos de la naturaleza a partir de los cuales se obtiene información del proceso latente (NO, II, 41). En tercer lugar, se encuentran las “instancias cortantes” su función es llamar la atención del intelecto acerca de la sutilidad exquisita y admirable de la materia, pues la dividen señalando sus partes más exiguas (esquematismos latentes) (NO, II, 43).

Finalmente, nos queda por considerar un par de Instancias que funcionan como complementarias a los límites de los sentidos. Tenemos

¹⁹ Bacon dió algunas recomendaciones sobre el examen de reportes y la necesidad de testigos para la experimentación, en PAR, I, 401. Shapin (1995) *passim*, se ocupa de analizar la importancia de los testigos para la ciencia experimental en la Inglaterra del siglo XVII.

²⁰ Las instancias prerrogativas son casos que se destacan en un sentido u otro por la información que aportan sobre la naturaleza. Bacon distingue en el NO 27 clases de instancias prerrogativas.

por una parte a las “instancias citantes”. Tienen la propiedad de hacer conocer perceptiblemente lo no sensible y de superar los límites de la percepción ordinaria. Se trata de una de las instancias a las que Bacon dedica más páginas, lo cual nos indica su gran importancia para la investigación. Los tipos de reducción de lo no sensible a lo sensible son diversos según sean las diferentes causas de la no perceptibilidad (distancia, velocidad, pequeñez, etc.). Retomando aproximadamente las mismas distinciones que en la *Distribución de la Obra* (IM, 67), Bacon enumera las causas de los límites en la percepción y como novedad agrega la *reductio ad sensum* correspondiente (NO, II, 40):

Finalmente, las “instancias del suplemento” proveen de información al intelecto cuando la percepción es completamente incapaz. Hay dos clases de suplementos. Una consiste en la graduación de la misma virtud en los distintos cuerpos. Otra clase de substitución opera haciendo una analogía entre cuerpos sensibles similares (NO, II, 42).²¹ Bacon advierte que la substitución por analogía es sumamente útil, aunque ofrece menor certeza y exige mucha precaución a la hora de asegurar el resultado en un informe para no caer en el abuso de interpretar toda la naturaleza según la analogía con el hombre.

3. AYUDAS AL SENTIDO (II) – LOS INSTRUMENTOS CIENTÍFICOS

Los instrumentos científicos son entendidos como ayudas para mejorar la percepción. Si bien posibilitan que los órganos de los sentidos sean por momentos más precisos y más agudos en la captación de sus objetos, el uso de instrumentos no cambia el estado material de los órganos. En efecto, se trata sólo de agregados externos que no alteran los órganos sensibles en su naturaleza, ni provisoria ni definitivamente. Sin las ayudas artificiales, la capacidad sensible sigue

²¹ NO, II, 42. Este tipo de instancias prerrogativas formarían parte la experiencia letrada. Cf. Park (1984) 298.

siendo tan deficiente como comenzó a serlo a partir de la edad postlapsaria. Sin embargo, serían totalmente insuficientes para la ciencia si se aplicaran fuera del ámbito del experimento. Los instrumentos ayudan al sentido pero no alcanzan la sutilidad perceptiva de los experimentos: “no nos servimos tanto de instrumentos como de experimentos” (IM, 68). La debilidad de los sentidos es compensada en parte por los instrumentos pero necesita de los experimentos para alcanzar el mayor acercamiento a la realidad exterior al sentido mismo: “El sentido es de por sí algo débil y proclive al error; y los instrumentos destinados a amplificar y a hacer más agudos a los sentidos no sirven de mucho.” (IM, 69). (Cf. ADV, III; 325.)

En concreto, Bacon se refirió a varios instrumentos tanto de precisión como de medición. Por otra parte, tuvo al menos conocimiento y quizá contacto con dos de los instrumentos ópticos más famosos de su época: el telescopio y el microscopio. Además, en su afán por encontrar el medio eficaz para explicar los cambios cuantitativos, se interesó por los relojes, termómetros, astrolabios y hasta se ocupó personalmente en la confección de un instrumento para la medición del peso. (HDR, II, 257-258; PHU, III, 710-711.)

En primer lugar, debemos destacar su entusiasmo por los instrumentos ópticos. De hecho, son los únicos cuya importancia tematizó en su propuesta programática, con ocasión de exponer ejemplos de las “instancias de la puerta”. Esto se debe, probablemente a que asisten a la vista, el sentido que, siguiendo una larga tradición, consideraba más importante.²² Bacon agrupó estos instrumentos en tres clases: los que hacen posible ver lo que a simple vista no se puede ver (microscopios); los que permiten ver más lejos (telescopios) y los que permiten ver con más exactitud y precisión (astrolabios y similares) (NO, II, 39; 307-309).

²² NO, II, 39. Sobre la relación entre Bacon y Galileo vd. Rossi (1972).

Con respecto al primer grupo, Bacon entrevió las posibilidades técnicas de acceso empírico a los niveles microscópicos de la materia al conocer la invención del microscopio. Advirtió admirado la oportunidad de percibir “las minucias latentes e invisibles de los cuerpos y sus esquematismos y movimientos ocultos” (NO, II, 39, 291). Más aún, fue el primero en reconocer una asociación entre el microscopio y la resurrección del atomismo antiguo.²³ Imaginó la alegría que hubiera sentido Demócrito al saber que había sido inventado el modo de hacer visible el átomo. Veía limitada la utilidad del microscopio al descubrimiento de las sutiles texturas de las cosas pequeñas, como por ejemplo las partes de los cuerpos de pulgas y moscas, o las partes de las líneas de tinta aparentemente rectas y uniformes. Asimismo lamentó que el microscopio fuera incompetente para acceder a cuerpos de mayores dimensiones y propuso que se lo aplique para conocer las partes internas de la sangre, la orina, los líquidos y muchas cosas más. Esbozó, además, una defensa del supuesto perjuicio que el microscopio depararía para el arte, al develar las imperfecciones de sus productos. Si el microscopio revela que una línea trazada con la pluma no es perfectamente recta, tal como parece a simple vista, pone de manifiesto que la sutilidad de la naturaleza es mucho mayor que la del arte. Esto no implica, para Bacon, una degradación del arte sino un ensalzamiento de la naturaleza. Por otra parte, indica que el microscopio es un instrumento limitado sólo a la percepción de objetos muy pequeños. Prevé que si pudiera aplicarse a cuerpos mayores o a las partes pequeñas de los mismos (por ejemplo, paños, gomas, líquidos, etc.) entonces sería de gran beneficio.²⁴

Con respecto al telescopio, su primer entusiasmo manifestado en DGI se transformó con el tiempo en un cierto escepticismo. Bacon

²³ Cf. Lüthy (1996) 17-19 y SS, II, 384.

²⁴ Cf. DAU, I, 630-631 donde la lista de experimentos a realizar con el microscopio es más extensa. Los seguidores de Bacon en Inglaterra continuaron su interés por el microscopio. Cf. Meinel (1988) 82.

conoció, probablemente a través de Toby Matthew, Richard White o William Lower, las observaciones astronómicas que Galileo publicó en *Sidereus Nuncius*. (NO, II, 39. Rossi (1972).) En el momento de proponer la historia natural de los cuerpos celestes celebra la utilidad del telescopio y congratula a quienes lo diseñaron: “tanto en su ejecución como en su fin, es algo noble y digno del género humano” (DGI, III, 736). Además, en las páginas dedicadas a la astronomía incorpora las observaciones galileanas, considerándolas en general fidedignas.²⁵ En NO al tiempo que enumera varios de los recientes descubrimientos y señala su potencial valor para elaborar una teoría del sistema del mundo, manifiesta cautela a la hora de aceptar las observaciones como absolutamente ciertas: “todos son ciertamente descubrimientos nobles, en la medida que se puede dar fe segura a estas demostraciones. Lo que nos parece más sospechoso es que el experimento se limita a estas pocas cosas y no se han descubierto muchas otras cosas, igualmente dignas de investigación, por el mismo medio” (NO, II, 39, 292). Por otro lado, en TC dedicada a la astronomía, advierte que los errores de las teorías astronómicas pueden ser inducidos por los instrumentos, sin desconocer que también pueden ser causados por una falla de cálculo o de la percepción del ojo (TC, III, 778).

Al parecer, Bacon no estaba conforme con la actitud que los astrónomos tomaron a partir de los descubrimientos realizados con el telescopio y su entusiasmo por ellos fue disminuyendo. Creía que los astrónomos, lejos de profundizar sus observaciones con la ayuda de los nuevos instrumentos, se preocuparon más bien por crear teorías

²⁵ La excepción se encuentra en una de sus referencias a los satélites de Júpiter en la cual Bacon agrega “a Galileo (si fides constet) reperta” (DGI, III, 761). Tal agregado es llamativo, ya que en varios pasajes de DGI y TC, del mismo año, se refiere a estas observaciones sin ningún tipo de reserva, como absolutamente fidedignas. Vd. DGI, III, 746;747; TC, III, 770. La importancia de otros instrumentos como el astrolabio fue señalada en ADV, III, 325.

ficticias. Por otro lado, las teorías astronómicas que se apoyaban en estos descubrimientos (heliocentrismo) no eran de su completo agrado.²⁶ Además, en el mismo NO acota brevemente que a veces la praxis (producción de efectos), que necesita sin duda basarse en las “instancias matemáticas”, es demasiado trabajosa, entre otras razones, porque requiere una gran cantidad de instrumentos. Para aligerar esta tarea Bacon promete especificar en la sección “Deducciones a la Praxis” cómo es posible lograr un ahorro de instrumental, promesa que lamentablemente no cumplió.²⁷

En cuanto al tercer grupo de instrumentos, que nosotros denominaríamos de medición, incluye las varas que se usan para medir terrenos, al astrolabio y otros similares. Bacon se limita a señalar que rectifican y dirigen el sentido de la vista.

4. CUANTIFICACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN

Antes de abordar la cuestión de la medición, será necesario detenernos brevemente en la noción baconiana de “cantidad” y su rol en la indagación científica. Desde un punto de vista ontológico, la *quantitas* es una forma, la más abstracta y separada de la materia. Es el objeto de los dos partes en que se divide matemática (DAU, I, 576). (DAU, I, 576; NO, II, 96.) Por un lado, la matemática pura, constituida por la aritmética y la geometría, estudia la cantidad abstracta sin relación alguna con la materia. Por otro lado, la matemática mixta considera la cantidad en cuanto sirve de auxiliar para elucidar y demostrar los axiomas de la física, y también para operar de acuerdo con ellos. La matemática es una herramienta ineludible para el éxito de la ciencia. Las ciencias “ni comprenden con la sutilidad suficiente, ni

²⁶ Cf. la edición inglesa (cf. nota 1) de NO tomo I, p. 308, nota 2.

²⁷ NO, II, 44 y 49. En NO II, 21 Bacon programa una serie de tópicos metodológicos, entre ellos la Deducción a la Praxis, a tratar en la obra que aparentemente nunca fueron escritos.

pueden adaptarse al uso con la suficiente destreza y exactitud, sin la fuerza y la intervención de la Matemática” (DAU, I, 578). La investigación de las extensiones y los movimientos de la materia no pueden ser exitosamente aplicados a la práctica, sin una previa indagación cuantitativa de sus distintos componentes. En consecuencia, la ausencia de una correcta medición genera “ciencias quizá pulcras en cuanto a la especulación pero inactivas con respecto a las obras” (NO, II, 44, 309).²⁸

También a la matemática mixta parecen pertenecer lo que Bacon llama *mensura motuum*, que según DAU constituyen uno de los apéndices de la física abstracta. La ligazón con la matemática se hace explícita en ANN, un manuscrito inédito descubierto hace un par de décadas, donde las distintas clases de mediciones son presentadas como “matemática, o medidas y escalas de las movimientos.” Los aspectos cuantitativos a tener en cuenta para la producción de obras son diversos: la cantidad de materia, el grado de cohesión de un cuerpo, la distancia, el tiempo, etc.. Consideraremos cada una de ellas por separado.²⁹

La diversa cantidad de materia (*mensura quanti*) implica un diverso grado de efectos o virtudes. Hay virtudes que se producen gracias a una menor cantidad y otras gracias a una mayor cantidad de materia. En algunos casos la virtud se produce en proporción a una cantidad cósmica que guarda una “simetría con el universo.” Por ejemplo, la tierra en pequeñas porciones cae, pero en su totalidad permanece inmóvil, debido a su consenso cósmico; el agua concentrada en gran

²⁸ Esta misma crítica le mereció la filosofía de Telesio, quien sostuvo que no es posible hacer cálculos precisos de las relaciones entre el calor, el frío y la materia. Cf. PO, III, 107-108.

²⁹ DAU, I, 561; ANN, 55v; VT, III, 243-244. Bacon explica las clases de *mensura motuum* detalladamente en NO, II, 45-48 (agrupadas como instancias matemáticas) y en ANN, 55r, ss.. En DAU, I, 561 sólo las nombra. La clasificación no presenta diferencias conceptuales, sino más bien variaciones semánticas y de elaboración. Vd. cuadro comparativo en nuestro Apéndice.

cantidad en el mar está sujeta al movimiento de las mareas, pero en los ríos y lagos su menor magnitud hace que no siempre se mueva en consonancia con las mareas. (NO, II, 47; DGI, III, 762.) En ANN se propone como complemento de esta medición determinar también qué virtudes produce la materia en función de su grado de cohesión (*mensura vinculi*). Bacon no da ejemplos de los efectos de la diversa unión de las partículas, sólo se limita a indicar que “si el vínculo fuera fuerte, comunica más; si fuera débil, comunica menos” (ANN, 55r).

Otra variable de importancia es el espacio necesario para los movimientos y las virtudes (*mensura spatii*). En esto precisamente consiste lo que Bacon entiende por “orbe de la virtud” de un cuerpo: el área en que se extienden las virtudes de un cuerpo modificando a otros cuerpos contenidos en ella. Por ejemplo, la percusión recibida por un cuerpo a través de la impulsión; los efectos terapéuticos de ciertos emplastos medicinales que sólo se obtienen por contacto con la epidermis; los efectos producidos por imágenes táctiles y gustativas, que solo se producen por la contigüedad del objeto que las produce con los órganos sensibles correspondientes. En cambio, hay ciertas virtudes que operan siempre a través de una distancia exigua. Las burbujas, cuando están cerca unas de otras, se rompen mutuamente; el imán atrae al hierro sólo desde una pequeña distancia, etc..

Bacon presenta además, como meras suposiciones, ejemplos de virtudes que parecen operar a distancias cósmicas. La atracción magnética que el centro de la Tierra parece ejercer sobre los cuerpos pesados, las mareas atraídas quizá por el movimiento lunar, o el cielo de las estrellas fijas que aparentemente atrae los movimientos planetarios. Otro caso de acción de una virtud a través de distancias considerables, aunque no cósmicas, es por ejemplo la atracción del fuego por parte de la nafta, etc.. Una de las mediciones que más interesó a Bacon, es aquella mediante la cual se establece hasta qué distancia, o *terminus non plus ultra*, un cuerpo tolera ser condensado o dilatado. Por el momento, basta señalar que los límites de la extensión de la virtud pueden ser

consecuencia de la cantidad de materia, de la intensidad de la virtud o de las condiciones impuestas por el medio. Todos estos factores han también de ser sometidos a cálculos a la hora de determinar el término específico de cada cuerpo en sus circunstancias particulares.

El tiempo también constituye otro componente a ser medido (*mensura temporis*). Las virtudes llevan a cabo sus efectos en distintos lapsos de tiempo. A veces rápidamente, otras con lentitud y en ocasiones a intervalos. También en este caso las variaciones son consecuencia de una combinación de diversos factores. Los periodos temporales dependen de la naturaleza de cada cuerpo individual y del medio en el cual se producen los movimientos. Así, por ejemplo, la caída de los graves varía en velocidad de acuerdo al medio y al cuerpo mismo, pero no debe suponerse que el aumento de cantidad de materia implica mayor velocidad de caída.³⁰ Todas las mediciones han de ser tanto absolutas como comparadas. Es decir, ha de tenerse en cuenta, por ejemplo, no sólo cuánto tiempo tarda la pólvora en explotar sino que también ha de compararse cuánto tarda la explosión en llegar a ser oída y cuánto en llegar a ser vista. Bacon plantea una evaluación semejante con respecto a los fenómenos celestes y la percepción de ellos desde la Tierra. (NO, II, 46.) Con ello, se advierte cuán consciente era Bacon de las limitaciones de la percepción humana y de su capacidad de distorsionar la realidad cuando no es suficientemente controlada por la razón.

Finalmente, Bacon propone la cuantificación de la intensidad relativa de los distintos movimientos. En ANN divide esta tarea en dos clases de medición: por un lado, la determinación de la fortaleza (*mensura fortitudinis*) de un movimiento con respecto a otros; por otro

³⁰ Cf. DAU, I, 625, 636 donde Bacon es más explícito sobre su opinión con respecto a la caída de los graves. Sostiene que una esfera de plomo de una libra y una de dos libras arrojadas desde una torre caen aproximadamente con la misma velocidad. Sin embargo, no hace referencia alguna a Galileo quien ya había divulgado su teoría de la aceleración en 1590. Cf. *Works*, III, 511.

lado, las circunstancias que provocan la disminución o el acrecentamiento de la fortaleza de un mismo movimiento en virtud de los cuerpos amigos o enemigos que lo circundan (*mensura peristaseos*). En verdad, una correcta indagación de la medida de la intensidad de un movimiento debe tener siempre en cuenta las variaciones acaecidas por antiperístasis. En NO se ocupa de este tópico presentando su clasificación de los movimientos (instancias de la lucha). Allí establece una jerarquía de los apetitos que persiguen los movimientos, de la cual se sigue una regla para determinar cuál es el movimiento “más fuerte” (recordemos que lo que se mide en el caso de los movimientos es la *fortitudo*). El predominio de un movimiento sobre otro está en consonancia con el axioma general del predominio del bien común por sobre el bien privado establecido en la ética, la política y la teología: “cuanto más común es el bien que se apetece, tanto más fuerte es el Movimiento” (NO, I, 349). Así, evidentemente la *mensura* del movimiento tiene un sentido puramente cualitativo que responde a una concepción unificadora de los distintos campos del ser y del saber (filosofía natural, política, teología, ética) muy característica de Bacon.

Bacon insistió en que estas variaciones de espacio, tiempo, cantidad de materia o intensidad son determinadas y no un mero producto de la vaguedad o imprecisión de la naturaleza: no son “indefinidas ni fortuitas, sino finitas y determinadas” (NO, II, 45, 309). Por otra parte, estas variaciones son mensurables y pasibles de ser sometidas a cálculos. Por ejemplo, el predominio de las virtudes debe ser determinado “según proporciones y cálculos” (NO, II, 48, 321). También reconoce que las proporciones definidas existentes en la naturaleza no siempre son fáciles de conocer para el hombre. Así, por ejemplo, en su introducción a la “tabla de unión y expansión de la materia a través del espacio” señala que la masa absoluta (*quantum materiae*) de cada cuerpo puede sujetarse a cálculos, quizá aproximados en algunos, pero en otros definidos, ciertos, y “conocidos por la

Naturaleza” (PHU, III, 689). Es digno de notar que Bacon llevó a la práctica las inquisiciones cuantitativas prescriptas en su programa. Haciendo variaciones de la cantidad de materia en el contexto de la experiencia letrada, llegó a concluir que “por incremento de la Cantidad se aumenta más la *resistencia de la materia en un cuerpo paciente* que la *actividad de la virtud en un cuerpo agente*”, refutando así la común suposición de que cuando aumenta la cantidad de materia, aumenta *ipso facto* su virtud activa. (DAU, I, 625.)

La precaución de Bacon en pos de asegurar la corrección de la interpretación de los experimentos constituye una de las reglas para confeccionar la historia natural, directamente ligada a su convicción de la necesidad de cuantificar los resultados experimentales. En su preceptiva de la historia natural, es consciente de que está apelando a la utilidad que la matemática puede brindarle a la física, aún cuando prevé que no siempre es posible cuantificar las distintas variables de la naturaleza. La correcta medición de los cuerpos y de sus virtudes es su precepto fundamental. Es menester que “todas las cosas en la naturaleza, tanto los cuerpos como las virtudes, se expongan numerados, pesados, medidos y determinados – tanto cuanto sea posible –. La física y la matemática bien combinadas generan la práctica” (PAR, I, 400).³¹

Ahora bien, ¿la idea de mensura que Bacon profesaba puede ser asimilable a un modelo de ciencia cuantitativa? La respuesta es, naturalmente, no. Si por modelo cuantitativo de ciencia, entendemos que las magnitudes contenidas en una proposición científica deben poder ser expresadas exacta o aproximadamente sólo mediante cifras, es obvio que Bacon no tenía tal modelo en mente. Cuando sostiene que la intensidad de los movimientos debe ser calculada y medida, no está pensando en darle un valor numérico a la intensidad, sino a determinar si un

³¹ Cf. en DAU, I, 631 la aplicación de las tablas de gravedad específica para determinar la proporción de los metales de una aleación.

movimiento es más o menos fuerte que otros, de modo que se calcule cuál prevalecerá. En el contexto de su teoría del movimiento, arraigada en la tradición neoplatónica, no es extraño que el tratamiento de la intensidad y la máxima de la predominancia del movimiento consista en una aserción cualitativa, de la misma naturaleza que el axioma moral que expresa la misma relación de predominancia del bien común.

Sin embargo esta característica de la *mensura* de los movimientos, no debe hacernos concluir que el proyecto de Bacon excluía completamente un enfoque cuantitativo de la naturaleza. Pues en lo que atañe a la medida de la cantidad de la materia, del espacio y del tiempo, la ciencia ideal debe expresar las variables por medio de cifras. Ciertamente en los experimentos y teorías propuestas por Bacon casi no nos topamos con reportes que den cuenta de las variables de espacio y tiempo en términos numéricos exactos, si no tan sólo aproximados. Tampoco se nos presentan fórmulas matemáticas que den razón, por ejemplo, de las conclusiones a las que llegó a partir de sus supuestas observaciones de la caída de los cuerpos. Sin embargo, debemos tener en cuenta que Bacon llevó a cabo sólo una parte de los experimentos que propuso y no tenía formación matemática. Por otro lado, confeccionó sus historias naturales apurado y en una carrera contra el tiempo, convencido de que era mejor dejar a la posteridad un ejemplo de ellas incompleto e imperfecto antes que no dejar nada. Todos estos factores deben ser considerados a la hora de determinar si la falta de precisiones cuantitativas en los experimentos y teorías legados por Bacon responde a una convicción metodológica o más bien a una situación circunstancial. Todo parece indicar que la ciencia proyectada por Bacon no siempre coincide con la que él mismo llevó a la práctica. El caso de la medición es un ejemplo de ello. El tiempo, el espacio, la materia deben ser tratados cuantitativamente por la ciencia ideal, a pesar de que muchos de los experimentos y teorías baconianos *de hecho* no fueron tratados de esa manera debido a las circunstancias que hemos considerado.

5. SUTILIDAD Y ANATOMÍA DE LA NATURALEZA

Muchas veces nos hemos referido aquí a la “sutilidad” de la naturaleza. Es hora de explicar qué significa esta expresión tan cara a Bacon. La idea de sutilidad que tiene en mente Bacon es muy amplia. También lo es la sutilidad de la que habla Cardano en *De Subtilitate*, quien junto con la tradición alquímica y atomista probablemente influyeron en la descripción baconiana de la naturaleza como sutil. (PO, III, 110. Cf. Rees (1980) 568.) Según Cardano, la sutilidad es un proceso intelectual por medio del cual las cosas sensibles son percibidas con los sentidos y las inteligibles con el intelecto, pero con dificultad. La sutilidad existe tanto en las sustancias, como en los accidentes y en las representaciones (imágenes, especies, discursos, escrituras). En las sustancias materiales la sutilidad implica fineza, pequeñez, fluidez y divisibilidad, mientras que en las sustancias incorpóreas se relaciona con los secretos de Dios y el orden del universo. En cuanto a los accidentes causados externamente, la idea de sutilidad de Cardano era más variada e incluía máquinas artificiales sofisticadas. En cuanto a la sutilidad de las representaciones, los acrósticos, enigmas y problemas matemáticos son sus ejemplos. Las razones de la sutilidad se hallan tanto en el objeto como en el sujeto: la oscuridad de las cosas, la incertidumbre de la duda, el descubrimiento de las causas, la explicación de las cosas. Todas ellas están en los límites de la sensibilidad y de la inteligibilidad.³²

Muchos de los sentidos cardanianos de la sutilidad se pueden encontrar en la obra de Bacon. Por un lado, la sutilidad es un atributo objetivo que atañe a la naturaleza en general. De ahí, que atribuya sutilidad a las texturas y los esquematismos, a los movimientos y metaesquematismos. Lo mismo dice de los productos del arte, tales como los relojes, que pueden ser tan sutiles como los productos de la

³² Sobre la sutilidad en Cardano vd. Eamon (1994) pp. 279-281.

naturaleza. En fin, los más grandes resultados de las distintas artes liberales y de las ciencias son admirados por su gran sutilidad. Con respecto a los objetos la sutilidad significa para Bacon tanto pequeñez como tenuidad extrema. Para sintetizarla, se la puede definir como imperceptibilidad (esto es, invisibilidad e intangibilidad). La sutilidad abarca tanto a la materia tangible como a la pneumática, ya que ambas son imperceptibles a nivel corpuscular: “es evidente que las texturas y esquematismos más sutiles de las cosas (aunque el todo sea visible y tangible) no se ven ni se tocan” (NO, I, 311).

Por otra parte, Bacon hizo extensiva la sutilidad de la naturaleza a la metodología misma de la ciencia que la investiga y manipula. La sutilidad es un atributo intelectual altamente valorado en la nueva ciencia. Bacon propone una nueva manera de investigar la naturaleza, una mirada escrutadora y vejadora realizada en primer lugar por el intelecto mismo. El mejor procedimiento para conocer la sutilidad de la naturaleza es separarla en sus partes más sutiles. Tanto la disección de los atomistas como la anatomía médico – alquímica le parecían adecuadas a tal fin. De hecho, los más entusiastas juicios de Bacon sobre Demócrito se vinculan con su idea de seccionar la naturaleza en sus partes más sutiles, en contraposición al resto de las filosofías, especialmente al aristotelismo que promovía la abstracción. (NO, I, 51; PO, III, 86; DIN, III, 518.) En verdad, el Demócrito histórico nunca propuso un proceso que fuera análogo a la anatomía médica, pero se había instalado una tradición iniciada aproximadamente entre el siglo II y el siglo III que se basaba en una novela epistolaria cuyos personajes eran Hipócrates y (pseudo) Demócrito. En él se adjudicaba al atomista una defensa del método anatómico. (Cf. Rütten (1993) pp. 55-63.)

Por otro lado, el concepto de anatomía de la naturaleza propuesto por Bacon se inscribe en una amplia tradición alquímica. La idea de anatomía que aparece en los alquimistas tiene un sentido más amplio que la mera disección médica. No se la entiende sólo como una separación de las partes físicas mediante instrumentos mecánicos y

químicos, sino también como un conocimiento teórico de las fuerzas invisibles que actúan como transfondo.³³ La idea fundamental de la anatomía alquímica se concentra en la distinción de las partes más generales que develan las virtudes invisibles de la naturaleza. Así, Oswald Croll establecía como tarea de la alquimia “la anatomía del mundo”, lo cual nos remite casi literalmente a la “disección del mundo y muy diligente anatomía” propuesta por Bacon.³⁴

En la propuesta de Bacon el método anatómico tiene varios de sentidos al igual que en sus predecesores alquimistas: se refiere tanto al cosmos como a sus partes más diminutas. No rechaza la anatomía típica de la medicina que permite distinguir los componentes más íntimos de los cuerpos orgánicos. Al mismo tiempo, señala que su alcance es limitado, pues sólo llega a los componentes visibles. Por otra parte, acepta la anatomía química que se produce a través del fuego, el calor y los solventes, las destilaciones y las soluciones. Ya que los grandes procesos naturales tienen lugar en el mundo imperceptible, especial atención dedica a la anatomía a nivel corpuscular, que debe usar tanto el cuchillo de las disecciones como el fuego de las destilaciones. Esta práctica es eficaz si se la sabe conducir, pues devela cuáles son las partes homogéneas que constituyen los cuerpos macroscópicos.

Su alta estima por la anatomía iatroquímica no es óbice para su crítica. Bacon no se cansa de alertar que la sutilidad de la naturaleza

³³ Así dice por ejemplo R. B. (probablemente Richard Bostock): “For the right Anatomy consisteth not in cutting of the body, but in the knowledge of the Amities, concord and nature of all externe things”, citado en Debus (1960) 80.

³⁴ Cf. NO, I, 124. Esta idea de la separación química como recurso para conocer lo invisible es también muy característica de Petrus Severinus. Sobre este punto vd. Shackelford (1998) 20. Sobre la anatomía en Croll vd. Hannaway (1975) 23-25. Sobre la anatomía y sus clases en Paracelso vd. Pagel (1982) 136-138 e Eamon (1994) 157-158.

suele superar la mirada escrutadora del anatomista que sólo llega hasta lo visible y mecánicamente manipulable. Es por eso que en DVM, mediante un sutil juego de palabras, critica la escasa sutilidad de los médicos. A ella contraponen la gran sutilidad del experimento que pone a la naturaleza en situaciones extremas y más aún la contraponen a la sutilidad de la naturaleza misma:

Ya que como están las cosas los médicos y sobre todo quienes despliegan su diligencia en la anatomía, por haber puesto su confianza en la práctica mecánica y en la sutilidad de la vista, están acostumbrados a contemplar las acciones vitales aisladas y en sí mismas y a referir todas las acciones a ellas como si aquellas las afectaran a todas. Precisamente con respecto a esta sutilidad los hombres son crasos [*crasus*], ya que la sutilidad del experimento es mucho mayor que la de los sentidos, y mucho mayor es la sutilidad de los espíritus invisibles (...) que la de las venas de las fábricas visibles. (DVM, 29v).³⁵

Si el objetivo de la ciencia es conocer los verdaderos esquematismos de la naturaleza, y no tan sólo de sus partes visibles, la anatomía iatroquímica debe complementarse con la anatomía inductiva, pues la *inductio vera* conjuga en grado óptimo la razón con la experiencia. La anatomía, sea ocular, mecánica o química, debe estar guiada por la razón inductiva que hace una anatomía más general, comparativa y axiomática: “hay que hacer una separación y solución de los cuerpos, no ciertamente mediante el fuego sino mediante la razón y la verdadera Inducción, con experimentos auxiliares comparando con otros cuerpos y reduciendo las naturalezas simples y sus formas que coexisten y se combinan en los compuestos” (NO, II, 7, 196-197). La unidad última de la anatomía inductiva son las naturalezas simples, así como los cuerpos homogéneos son la unidad última de la anatomía médica y de las

³⁵ Nótese la cercanía a la crítica de Petrus Severinus, *Idea Medicinae*, 49: “Surda et coeca est omnis Philosophia, quae horum <seminum> contemplatione neglecta, privationes, informes materias, et mortuas qualitates sectatur.” Cf. Hooykaas (1933) 112.

destilaciones del laboratorio.³⁶ Bacon expresa la correcta investigación de la naturaleza en términos simbólicos como un paso de la separación mediante el fuego hacia la separación mediante la razón: “hay que pasar de Vulcano a Minerva” (NO, *ib.*).³⁷ Los alquimistas fracasaron en la correcta utilización de Vulcano (fuego) por haber subestimado la utilidad de Minerva (razón), es decir por no usar la razón como guía y verdadero instrumento para separar los componentes de la naturaleza en la labor experimental: “Ahora señalaré otro defecto, para el cual le pido ayuda a cierto alquimista” para exhortar a los hombres a “que vendan sus libros y construyan hornos, que abandonen a Minerva y las Musas (en tanto son como vírgenes estériles) y se dediquen a Vulcano” (DAU, I, 489). (Cf. ADV, III, 325.)

CONCLUSIÓN

Si bien los sentidos son en gran parte responsables de la existencia de los ídolos en la mente humana, en tanto transmiten información falsa, la *expurgatio* del intelecto no se basa en ellos. Bacon establece que las fallas de los sentidos son el engaño o el abandono. Propone como solución principal a la experimentación, y como

³⁶ Rees (1980), p. 569, parece entender que las tres clases de anatomía son excluyentes porque tienen distintos objetos. Creemos, sin embargo, que Bacon las ve como partes complementarios de un mismo proceso en el cual la inducción actúa como hilo conductor.

³⁷ El paso de Vulcano a Minerva cuando se trata de investigar las causas más profundas aparece en Oswald Croll, *Basilica Chymica*, 1-2 en términos similares a los de Bacon: “deinde Vulcani seu Anatomicis Cultelli opera industriosa erudam somnolenter et noxio praetereant silentio. Quas vero ex aliorum monumentis (...) sine signato Fundamento et separatione veri a falso, decriptas vires Heteroclitas complurimas, Herbis singulis apingunt, ipsa sola Rerum et unica magistra Experientia comprobant, ne decimam partem avidae medicorum, agrotorumque expectationi satisfacere. Magna Rationum deductione non egemus, si Experientia Veritatis Mater Fidem meretur. Perspicacioribus ergo, oculis altiori ingenio, subtilioribus inquisitionibus opus est...”.

solución secundaria al uso de instrumentos. Ambas soluciones no son intrínsecas a los sentidos mismos, sino tan sólo constructos, intelectuales o materiales, diseñados para superar las dificultades de la percepción. En efecto, el experimento es una experiencia buscada que forma parte de un método artificial de inquisición de la naturaleza. Bacon era consciente de que en la experimentación había una intencionalidad previa en la cual el investigador se preguntaba qué buscaba, de qué manera, dónde y para qué. Entre la percepción sensible y la realidad misma, se encuentra la intermediación artificial del experimento. Es así como debemos entender la fórmula baconiana “el sentido juzga al experimento y el experimento juzga a la cosa misma”. Es por eso, que los sentidos, a través de su lectura de los experimentos “muestran sus errores.”

La razón es la que tiene la última palabra cuando evalúa la confiabilidad, la veracidad y la coherencia de los reportes experimentales. La detección del error es parte de la función intelectual. Bacon de hecho la compara con el ejercicio de la lectura. Si en un texto impreso hay una letra mal colocada, el lector que sigue atentamente el sentido del escrito no tardará en advertir el error y será capaz de corregirlo. En el caso de la ciencia, el error puede ser erradicado merced al descubrimiento de las verdaderas causas y de los axiomas. Bacon parece haber tenido gran confianza en que cuando se compara un experimento que es falaz con las axiomas y las causas frutos de una tabla correctamente confeccionada, repitiendo y variando suficientemente las instancias experimentales, entonces su error saltará a la vista. Reconoció, sin embargo, que la historia puede estar llena de errores. En este, no hay salida posible del error. Pero, a través de un método adecuado, sería mucho más fácil no caer en tantos errores como los de las historias naturales conocidas (tales como las de Plinio y Aristóteles).

En verdad, Bacon tenía plena confianza en la capacidad de la razón y creía que su correcto uso develaría los grandes misterios de la naturaleza. En cambio, con respecto a los instrumentos, no contaba con

una confianza tan grande. En primer lugar, porque no le constaba que estos artificios fueran una solución completa y definitiva al problema de la percepción. Es decir, si bien reconocía el valor de algunos instrumentos, entendía que no aportaban toda la inmensa información a la que no accedemos directamente por nuestros sentidos. En segundo lugar, porque el uso de los instrumentos no elimina por sí solo la falibilidad. Puede haber interpretaciones erradas, desviaciones subjetivas o fallas en el instrumento mismo. En tercer lugar y consecuentemente, porque podrían llegar a constituir un nuevo freno para el desarrollo de la ciencia. En efecto, si toda nuestra capacidad escrutadora se reduce a lo que los instrumentos pueden brindarnos, se nos está imponiendo un nuevo límite a la investigación. Así como antes el estudio de la naturaleza terminaba allí donde la vista por sí misma no podía percibir más, ahora, terminaría allí donde los instrumentos no pueden seguir descubriendo lo oculto de la materia. En la prevención que Bacon añade a su entusiasta bienvenida a los instrumentos astronómicos expresada en DGI está claramente sintetizado el juicio sobre su integración en la práctica experimental: “Ahora sólo se necesita constancia con gran severidad de juicio para variar los instrumentos, aumentar la cantidad de testigos, experimentar con cada uno varias veces y con variaciones, y finalmente que los testigos o cualquier otra persona objeten todo lo que les parezca y no cedan al mínimo escrúpulo” (DGI, III, 736).

Bacon consideraba más importante una correcta actitud y práctica de la experimentación para superar la insuficiencia y falacia de los sentidos, que la utilización de instrumentos. De ahí su relativamente escaso conocimiento de los instrumentos que se utilizaban en su época. Esto no implica, como lo pretende Klein, (Klein (1977), p. 293.), que el énfasis de la experimentación baconiana no se encuentra en la observación más exacta y sistemática obtenible por medio de los instrumentos. Una conclusión tal, nos conduciría a inferir cierto desinterés por la cuantificación. Es cierto que Bacon no supo destacar en plenitud la fundamental necesidad de aplicar los recursos de la

matemática en la parte teórica de la ciencia. Sin embargo su juicio sobre el valor de los instrumentos no parece ser consecuencia de una subestimación de la matemática. Se debe, más bien, a la convicción de que por que más se usen instrumentos muy beneficiosos para mejorar la percepción, éstos no sirven de nada si la actitud del científico no esta guiada por la sabia Minerva. Sin duda para Bacon el intelecto, en tanto rector de los sentidos, puede avanzar más que ellos mismos y que los instrumentos coadyuvantes. Este parece el núcleo de su propósito de constituir un “un matrimonio verdadero y legítimo entre la facultad empírica y la facultad racional”. (IM, 58.) Su propuesta renovadora pretende inaugurar un modelo de investigación de la naturaleza donde el intelecto, liberado de los ídolos que tienden a deformar la realidad, guíe a la experiencia ateniéndose a las cosas mismas y hurgando imaginativamente los medios para dar a conocer su sutilidad.

***Abstract:** Graham Rees has, for some time, questioned the traditional image of Bacon's method by drawing attention to the importance of quantitative reasoning in Bacon's programme for the renewal of knowledge. I intend to continue the reevaluation begun by Rees of the central concepts of Baconian method through an examination of the role of experimentation and of scientific instruments and the relation between reason and the senses. In order to do this the following topics will be discussed: the role of the senses as sources of scientific knowledge, and the function of experimentation and scientific instruments in overcoming the limitations of the senses; the concept of the subtlety of nature, and the methodological sense of Baconian anatomy. In conclusion, I shall point out that in the Baconian method the senses are subordinated to reason, since both experiments and scientific instruments are subject to the authority of reason if they are to attain truth and avoid error.*

BIBLIOGRAFIA

BRANDT, R. (1979). “Francis Bacon: Die Idolenlehre” en *Grundprobleme der großen Philosophen*, hrgs. von J. Speck, (Göttingen: Vandenhoeck und Ruprecht), 9-32.

- COQUILLETTE, D. R. (1992). *Francis Bacon*. (Edinburgh, U.P., Melksham).
- CROLL, O. (Crollius). *Basilica Chymica continens philosophicam propria laborum experientia confirmatam descriptionem et usum Remediorum Chymicorum. Tractatus novus de Signaturis rerum internis*. (Hildesheim/Zürich/New York, Georg Olms), 1996. Reimpresión de la edición Frankfurt a.M., sin año (ca. 1611).
- DEAR, P. (1987). "Jesuit Mathematical Science and the Reconstitution of Experience in the Early Seventeenth Century", *Studies in History and Philosophy of Science*, 18(2), 133-175.
- . (1991). "Narratives, Anecdotes, and Experiments: Turning Experience into Science in the Seventeenth Century", *The Literary Structure of Scientific Arguments: Historical Studies*, ed. by P. Dear (Philadelphia, University of Pennsylvania Press), p. 135-163.
- DEBUS, A.G. (1960). "The Paracelsian Compromise in Elizabethan England", *Ambix*, VIII, 2, 71-97.
- DIJKSTERHUIS, J.E. (1961). *The Mechanization of the World Picture*, transl. by C. Diskshoorn. (Oxford, Oxford University Press). Primera ed. Amsterdam: Meulenhoff, 1950.
- EAMON, W. (1994). *Science and the Secrets of Nature, Books of Secrets in Medieval and Early Modern Culture*. (Princeton, New Jersey, Princeton University Press).
- FOWLER. *Bacon's Novum Organum*, [1878] 1889. Edited and commented by Thomas Fowler. (Oxford, The Clarendon Press).
- GEMELLI, B. (1996). *Aspetti dell' Atomismo Classico nella Filosofia di Francis Bacon e nel Seicento*. (Firenze, Leo Olschki).

- HACKING, I. (1983). *Representing and Intervening. Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science*. (Cambridge, Cambridge University Press).
- HANNAWAY, O. (1975). *The Chemists and the Word: the Didactic Origins of Chemistry*. (Baltimore/London, Johns Hopkins University Press).
- HESSE, M. (1983). *Revolutions and Reconstructions in the Philosophy of Science* (Bloomington, Indiana University Press).
- HOOYKAAS, R. (1933). *The Concept of Element. Its Historical-Philosophical Development*, Ph. Diss. Universiteit Utrecht. English translation by C. A. Russell.
- JARDINE, L. (1974). *Francis Bacon. Discovery and the Art of Discourse*. (Cambridge, Cambridge University Press).
- . (1985) “*Experientia literata* ou *Novum Organum*? Le delemme de la méthode scientifique de Bacon” en M. Malherbe y J-M. Pousseur (eds.) *Francis Bacon science et méthode*. (Paris, Vrin), 135-158.
- KLEIN, U. (1997). “Experiment, Spiritus und okkulte Qualitäten in der Philosophie Francis Bacons”, *Philosophia Naturalis*, 33(2) 289-314.
- KUHN, T. (1977). “Mathematical versus Experimental Traditions in the Development of Physical Science” en Kuhn, *The Essential Tension. Selected Studies in Scientific tradition and Change*. (Chicago, University of Chicago Press), 31-65.
- LÜTHY, C. (1996). “Atomism, Lynceus, and the Fate of Seventeenth – Century Microscopy”, *Early Science and Medicine*; I, 1, 1-27.
- MEINEL, C. (1988). “Early Seventeenth-Century Atomism, Theory, Epistemology, and the Insufficiency of Experiment”, *Isis*, 79, 68-103.

- PAGEL, W. (1982). *Paracelsus*, reedición revisada de la primera edición de 1958. (Basel/New York, Karger).
- PARK, C. (1984). "Francis Bacon's 'Enchanted Glass'", *Isis*, 85, 290-302.
- PÉREZ RAMOS, A. (1988). *Francis Bacon's Idea of Science and the Maker's Knowledge Tradition*. (Oxford, Oxford University Press).
- REES, G. (1980). "Atomism and 'Subtlety' in Francis Bacon's Philosophy", *Annals of Science*, 37, 549-571.
- . (1985). "Quantitative Reasoning in F. Bacon's Natural Philosophy", *Nouvelle de la Republique des Lettres*, V (1985-I) 27-48.
- . (1986). "Mathematics and Francis Bacon's Natural Philosophy", *Revue Internationale de Philosophie*, 40, 399-426.
- . (1996). "Bacon's Speculative Philosophy" en Pennolten ed. *op.cit.*, 121-145.
- REIF P. (1969). "The Textbook Tradition in Natural Philosophy: 1600-1650" *Journal of the History of Ideas*, 30, 30-31.
- ROSSI, P. (1990). "La historia de la ciencia y el surgimiento de los problemas" en *Las Arañas y las Hormigas*. Traducción Juana Bignozzi. (Barcelona, Crítica). Primera edición Bolonia, 1986. El artículo fue publicado por primera vez en A. Di Meo y S. Tagliagambe (eds.) *Scienza e Storia: Analisi Critica e Problema Attuali*. (Roma, Riuniti), 1980, 1-26.
- . (1972). "Galileo e Bacone", en *Saggi su Galileo Galilei*, Carlo Maccagni (ed.), Pubblicazioni del Comitato Nazionale per le manifestazioni celebrative del IV centenario della nascita di G.G., Vol. III, Tomo 2, pp. 248-296. (Firenze, G. Barbera Editore).
- RÜTTEN, T. (1993). *Hippokrates im Gespräch*, Selbstverlag der Universitäts-und Landesbibliothek und des Instituts für Theorie

und Geschichte der Medizin der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, Münster.

SARGENT, R.-M. (1989). "Scientific Experiment and Legal Expertise: the Way of Experience in Seventeenth-Century England", *Studies in History and Philosophy of Science*, 20, 19-45.

———. (1994). "Learning from Experience: Boyle's Construction of an Experimental Philosophy" en Michael Hunter (ed.) *Robert Boyle Reconsidered*, Cambridge, 57-78.

SHACKELFORD, J. (1998). "Seeds with a Mechanical Purpose. Severinus's Semina and Seventeenth-Century Matter Theory" en A. C. Debus and Walton (eds.) *Reading the Book of Nature*, 15-44.

SCHMITT, C. (1969). "Experience and Experiment: a Comparison of Zabarella's View with Galileo's *De Motu*", *Studies in the Renaissance*, 16, 80-136.

SEVERINUS PETRUS, *Idea Medicinae Philosophicae, Fundamenta continens totius doctrinae Paracelsicae, Hippocraticae, et Galenicae*, ad Federicum II. Daniae et Septentrionis Regis, Basileae, 1571.

SHAPIN, S. (1995). *A Social History of Truth. Civility and Science in Seventeenth-Century England*. (Chicago, Chicago University Press).

URBACH, P. (1987) *Francis Bacon's Philosophy of Science*. (La Salle, Illinois, Open Court).