

### XIII

#### CIENCIAS NATURALES

*Lugar de las ciencias naturales en los programas de enseñanza de las escuelas.*—Debemos advertir aquí que acerca del asunto de esta lección no tenemos experiencia alguna en la enseñanza que nos autorice para hablar magistralmente. Sin embargo, son claras las razones que hay para incluir estas materias en un programa de enseñanza. Un maestro hábil debe fijar su atención en el vasto campo de las ciencias inductivas, que dependen de la observación y la experiencia, y ver cómo se relacionan con su obra. Hasta hace poco estos estudios eran considerados muy rara vez ó nunca como parte necesaria de una buena educación, y ahora mismo van ganando terreno lentamente y á pesar de cierta oposición. La base obligada de la instrucción escolar y universitaria ha consistido hasta nuestros días en el estudio del idioma y de las ciencias puras, ó sean las matemáticas y la lógica. Una gran parte de los hombres educados en Inglaterra según este sistema, profesan el principio de que toda enseñanza intelectual debe basarse en los estudios que merecieron en su tiempo los honores de la preferencia; pero es innegable que se han descubierto y explorado nuevos y fértiles campos de investigación. La geología ha revelado hechos maravillosos respecto á la historia del globo; la electricidad y el magnetismo

se han aplicado como no se esperaba á la comodidad y conveniencia del hombre; la biología ha investigado las condiciones y recursos de la vida; la astronomía ha descubierto por el análisis espectral la naturaleza y aun la composición química de los cuerpos celestes; la química, la física, la botánica nos han revelado á su vez fuerzas ocultas en la naturaleza, y nos ha enseñado cómo pueden aprovecharse para enriquecer y ennoblecer la vida del hombre en la tierra.

*Los triunfos de la ciencia no se deben, en gran parte, á la enseñanza escolar y universitaria.*—Hay que confesar que estas investigaciones deben poco á la influencia directa de nuestras escuelas y colegios; por regla general, no son las personas de educación académica las que han hecho los grandes descubrimientos físicos. Los que han hecho tales descubrimientos no llevaban la vida tradicional del estudiante ó del sabio, sino que habían abandonado el estudio de los libros y se habían consagrado al estudio de las cosas. Han mirado cara á cara las realidades de la vida, han visto y manejado los materiales de que se compone el mundo visible, y han formulado un cuerpo de conocimientos enteramente nuevo, muy diferentes en calidad de aquellos que se hallan en los libros que se llaman eruditos. De aquí proviene que haya habido á veces un antagonismo aparente entre los sabios y los grandes descubridores é inventores del mundo físico. Siglos há enseñaba Sócrates que los únicos estudios de interés real para el hombre eran los que se relacionaban con su naturaleza y su destino, con sus deberes como miembro de la familia ó del estado, con el cultivo de sus propias facultades y con sus deberes para con los dioses y para con sus semejantes. En cuanto á las investigaciones en el orden de las cosas celestes y en la naturaleza de las leyes físicas, ense-



ñaba que eran presuntuosas y estériles: las primeras, decía, las han ocultado intencionalmente los dioses á los hombres; y en cuanto las segundas, que pueden contribuir á la comodidad material del hombre, las desechaba como bajas é innobles, propias sólo del comerciante ó el mecánico, pero indignas del filósofo. De igual sentir, al menos en parte, son algunos de los hombres ilustrados de nuestro tiempo, como se ve en la sentencia aquella "El estudio propio de la humanidad es el hombre," y también en la grande importancia que se da á la metafísica, la filología y la lógica, á las especulaciones intelectuales, morales y teológicas, á las ciencias puras y á las deductivas, en todos los sistemas de instrucción; y en la poca confianza que tienen muchos en las ciencias experimentales, por considerarlas como materiales y algo como comerciales y vulgares.

*Posición de las ciencias naturales.*—De las recientes investigaciones hechas acerca de la marcha de las mejores escuelas de segunda enseñanza elemental, resultó clara la posición de completa inferioridad que ocupaba el estudio de las ciencias naturales, aun en los raros casos en que se las incluye en el plan. En ellas el director era lo que se llama un humanista, y naturalmente consideraba como la mejor prueba de las aptitudes de un niño el buen éxito obtenido en las humanidades. El maestro de ciencias naturales era un profesor pobremente remunerado y poco considerado, y los niños que dedicaban mucho tiempo á ese ramo de estudios, se consideraba en cierto modo que habían errado la vocación y que no correspondían al ideal que la escuela se había formado respecto de sus alumnos. No hay, pues, que maravillarse de que los hombres ilustrados sintiesen alguna repugnancia en colocar las ciencias naturales en buena categoría como parte integrante del plan de es-

tudios. Los profesores de esas ciencias eran comunemente meros especialistas, desprovistos por completo de aquella educación general que hace que el profesor vea su asignatura en sus verdaderas proporciones y perspectiva y la enseñe de la manera más adecuada. Una serie de lecciones ilustradas con un aparato planetario sobre "la sublime ciencia de la astronomía" en las escuelas de señoritas, ó algunos experimentos divertidos de química en las de varones, han representado frecuentemente la enseñanza de la ciencia, y han sido mirados con razón, por los principales maestros, con algún desprecio. "Sírvase decirme," preguntó Lord Taunton, como presidente de la comisión encargada de visitar las escuelas, á un maestro que con su informe y maneras estaba dando claro testimonio del interés que mostraban los niños en las ciencias naturales, "¿qué ramo de la ciencia interesa más á los alumnos?" "Creo, contestó, que es la química de las sustancias explosivas." Por supuesto, una luz viva y algo de ruido divierten á los muchachos, pero su interés en tales fenómenos no es prueba concluyente de que estén aprendiendo ciencia en ningún sentido ni con ningún fin provechoso.

*Opinión moderna en cuanto á los títulos de las ciencias naturales.*—Hay ahora un número considerable de pensadores y estudiantes que, no faltándoles aquellos conocimientos generales que se adquirían por el antiguo sistema mediante los clásicos y las matemáticas, han entrado en los vastos dominios de las investigaciones físicas y las han hallado más útiles de lo que esperaban. Ellos dicen á los que viven en el mundo académico, en el mundo de los libros y de las tradiciones escolásticas: "Estáis equivocados al suponer que ésta sea una región puramente material y práctica, y la vuestra esencialmente intelectual. Hay aquí, es cierto, un



cuerpo de verdades de la más alta utilidad práctica, pero al propio tiempo del mayor valor para los fines de la educación. Las leyes y principios según los cuales se pueden explicar y coordinar los hechos del mundo material, son tan uniformes, tan bellos y tan tangibles como cualquiera de las leyes del lenguaje ó de las verdades matemáticas. Además, el proceder que el pensamiento exige en estas materias es tan riguroso y estimula tanto y conserva tan estrecha relación con las necesidades intelectuales de todo hombre instruído, como el que requerían los antiguos estudios. Podéis hacer la enseñanza de las ciencias naturales tan útil y tan disciplinal para todos los altos fines á que se dirige toda buena educación, como la enseñanza del griego y de la geometría, con tal que reconozcáis la posibilidad de hacerlo, estimuléis á hombres hábiles y competentes á tomar á su cargo ese ramo de instrucción y estéis prontos á concederles la misma posición que concedéis á los maestros de filología ó de historia. Ensanchad vuestro concepto de lo que significa una educación cumplida. Haced que ese concepto incluya alguna relación con la constitución material del mundo en que vivimos, de las fuerzas que nos rodean, de la parte material de nuestros propios cuerpos, de las leyes de la materia y de la vida; proveos de todas estas cosas, así como de los hechos y especulaciones que sólo existen en los libros, y que han usurpado hasta ahora el nombre de ciencia.”

*Razones en su favor.*—Sin duda alguna hay gran fuerza en estas afirmaciones, y ninguno de los que tienen influencia en la educación de la juventud puede despreciarlas. Por nuestra parte, habríamos deseado que un Huxley ó un Tyndall hubiese emitido estas opiniones antes de que nosotros fuéramos á la escuela, pues así podríamos discutir con gran ventaja las exigencias

de las ciencias físicas y el lugar que deben ocupar en las escuelas. En cuanto á la legitimidad de tales exigencias no hay duda, y en tal virtud convendrá que tratemos de analizarlas.

*Utilidad de las ciencias físicas.*—Hay que considerar en primer lugar la inmensa utilidad práctica del conocimiento de las ciencias naturales y el gran número de inesperadas aplicaciones para uso y servicio de la humanidad que surgen no sólo de cada nuevo descubrimiento sino de cada honrado esfuerzo por someter los antiguos descubrimientos al crisol de la nueva observación y de la experiencia. Un hombre estudia cuidadosamente la naturaleza de la luz, prueba los experimentos por medios refractores y con instrumentos de reflexión, separa los rayos y precisa el efecto de ciertos rayos sobre ciertas sustancias. Quizá hace todo esto por puro deseo de descubrir alguna nueva verdad y no sospecha que los experimentos especulativos de esa clase puedan conducir á ningún objeto práctico inmediato; pero pronto resulta que lo que él ha hecho nos habilita para descubrir un nuevo sistema de iluminación, ó que de ello surge el arte de la fotografía con todos sus maravillosos desarrollos, y su poder para perpetuar lo bello, para representarnos una figura querida, para registrar los fenómenos de la naturaleza y aun para ayudarnos en las indagaciones judiciales. No sería difícil probar que casi toda nueva y preciosa invención, desde la máquina de coser hasta el telescopio, que ha aumentado el poder del hombre sobre la naturaleza, ahorrado tiempo ó agregado comodidad á la vida, ha sido producto de conocimientos científicos, y frecuentemente de experimentos é investigaciones que se hicieron, al principio, no teniendo por mira la utilidad práctica sino el puro y simple objeto de descubrir y revelar una verdad. No hay una sola lec-



ción por medio de la cual no se pueda inculcar al niño un grande interés en cada uno de los ramos de las ciencias naturales, y que, germinando en su mente, no pueda dar resultados y descubrimientos de inapreciable valor y aumentar considerablemente los recursos y los goces de la humanidad.

*Su belleza y su atractivo intelectual.*—La segunda razón que debe tener en cuenta todo hombre educado para adquirir algún conocimiento de la naturaleza y de las leyes que rigen sus fenómenos, es la extrema belleza de sus verdades en sí mismas. Aunque nada útil se ganase con el estudio de la ciencia, sería vergonzoso pasar la vida en este ordenado y armónico mundo, sin percibir siquiera la armonía de sus leyes; estar á todas horas rodeado de misterios, sin tratar de penetrar ninguno; poseer un cuerpo maravillosamente organizado, sin dirigir nunca el pensamiento á su estructura, á su fisiología, á las funciones de sus órganos y á la admirable correspondencia de sus medios y sus fines; verse uno conducido á veinte leguas de distancia por hora mediante el vapor, y ver su pensamiento llevado mil veces más aprisa mediante la electricidad, y, sin embargo, no conocer nada de la naturaleza de esas fuerzas y de las leyes de su acción; ver las flores y las rocas, los aludes y ventisqueros, y saber tan poco de aquéllas como de éstos. Por medio de un escrupuloso y sistemático estudio de las ciencias naturales es como se aprende á advertir todas estas cosas y á sacar de ellas deducciones acertadas. El conocimiento de la naturaleza debe ser fundamento del goce puro de sus obras y de la verdadera reverencia á su Autor.

“¿No es un absurdo y casi un sacrilegio,” dice Heriberto Spencer, creer que mientras más estudia uno la naturaleza menos la reverencia? ¿Creéis acaso que una

gota de agua que para el ojo del vulgo es simplemente una gota de agua, pierde algo á la vista del físico que sabe que sus elementos se mantienen unidos en virtud de una fuerza que si les faltase repentinamente produciría un meteoro ígneo? ¿Pensáis que lo que es descuidadamente mirado por el ignorante en un copo de nieve, no sugiere más altas asociaciones á quien ha observado al través del microscopio las maravillosamente variadas y elegantes formas de sus cristales? ¿Juzgáis que una roca redonda marcada con hendiduras paralelas despierda tanta poesía en una mente inculta como en un geólogo que sabe que por sobre esa roca se deslizó un ventisquero hace miles de años? La verdad es que quien no ha entrado nunca en especulaciones científicas es ciego á la mayor parte de la poesía que le rodea. Quien no ha reunido plantas é insectos, no conoce la mitad del interés que encierra un árbol ó un seto; quien no ha coleccionado fósiles, no tiene idea de las poéticas asociaciones que despiertan los lugares donde tales tesoros se hallan incrustados; quien no ha tenido á su disposición un microscopio y un acuario á la orilla del mar, no ha experimentado los grandes goces que el mar proporciona.”

*Valor disciplinario del método inductivo.*—Pero la principal razón para enseñar algún ramo de las ciencias naturales está en la consideración del sistema por el cual se investigan las verdades de esas ciencias, y de las facultades mentales que se ejercitan en la investigación; porque un estudiante de cualquier ramo de historia ó ciencia natural tiene que acostumbrarse á observar cuidadosamente, á usar bien la vista y á conocer la diferencia que hay entre los hechos anormales y los fenómenos típicos; luego tiene que ponerse en contacto con la realidad, manejar objetos, hacer experimentos, interrogar á



la materia y á la naturaleza, aguardar y vigilar, inventar nuevas clases de pruebas hasta estar enteramente seguro de que ha obtenido la verdadera respuesta ; y cuando ha observado los fenómenos, tiene que razonar inductivamente y pasar de los hechos particulares á las leyes generales que los rigen. Meditando el asunto, vemos en matemáticas, que, una vez sentados ciertos axiomas, el razonador procede deductivamente y saca de ellos en perfecto orden una serie de verdades particulares. Vemos que las matemáticas suministran una disciplina mental que hace pasar lógicamente de las premisas á la conclusión, descubriendo los falsos razonamientos y deduciendo consecuencias particulares de verdades generales y comprensivas ya admitidas. Pero en las ciencias naturales el entendimiento procede de un modo enteramente contrario : principia por los pormenores, los combina y coordina, y al fin llega á una proposición general que los comprende todos. Esta verdad general, que es el punto de partida en matemáticas, es el fin que se busca en física ; y mientras la investigación en las ciencias naturales enseña á buscar la premisa mayor, ó la verdad universal, toca á las matemáticas y á la lógica decir qué deducciones pueden hacerse de tal verdad una vez hallada. Así, toda investigación de fenómenos naturales debe comenzar por la observación de los hechos. El observador toma éstos, los agrupa de acuerdo con sus semejanzas y diferencias, y ve lo que dan de sí. Debe entrar á estudiarlos sin ninguna preocupación, y no tratar de forzarlos en determinado sentido ; de tal modo que cuando llegue su teoría ó generalización final, debe haber sido sugerida naturalmente por los hechos.

*Razonamiento inductivo.*—Este modo de proceder es muy diferente del que el entendimiento sigue en el razonamiento silogístico ; y no hay que maravillarse de

que en la edad media, cuando principió á estudiarse la naturaleza de la materia y de la fuerza, se creyese que toda verdad de este género debía obtenerse, como las verdades geométricas, por el método de la lógica aristotélica. De aquí que aun los naturalistas se hallasen satisfechos con ciertos dogmas ó primeros principios que parecían evidentes, como aquel de que “nada puede obrar donde no existe,” que “la naturaleza aborrece el vacío,” que “de nada no puede resultar nada,” y como la creencia de que pudiera descubrirse el movimiento continuo y de que en alguna parte del mundo existiese una sustancia que trasformara todos los metales en oro. Contra tales creencias protestaron Bacon y Newton : *Hypothesis non fingo*, dijo el uno ; “El hombre es el señor y el intérprete de la naturaleza,” dijo el otro. Á él toca entender lo que ella dice y hace, y cuando haya acumulado hechos y datos suficientes podrá fundar sobre ellos una teoría, pero no antes.

*Investigación de las causas.*—La bien conocida sentencia de un poeta romano expresa el deseo que tiene siempre la humanidad de conocer la causa de las cosas : *Felix qui potuit rerum cognoscere causas*. Vosotros deseáis naturalmente conocer sus causas ; pero quizá la naturaleza no os revele causas ningunas, sino hechos. Aclaremos el punto con un ejemplo. Tomamos algo en la mano ; y ¿ qué sucede cuando la alzamos ? Una serie de músculos se contrae y permite á los dedos extenderse y abrirse ; otra serie se contrae cuando agarramos el objeto. ¿ Por qué se contraen esos músculos ? Porque están animados por nervios. ¿ Cómo comunican los nervios el impulso ? El impulso lo da el cerebro, con el cual está en contacto el nervio. ¿ Cómo se origina el impulso ? Por la voluntad que ponemos en acción. ¿ Todos los movimientos del cuerpo tienen su origen en



actos de la voluntad? No: algunos músculos, como los del corazón y del aparato digestivo, alternativamente se extienden y se contraen con gran regularidad y sin ningún acto de nuestra voluntad, de tal modo que por nuestro solo querer no podríamos parar el movimiento, ni hacerlo seguir, una vez detenido. ¿Luego ese movimiento automático es producido por el impulso nervioso? Sí. Pero entonces, ¿dónde se origina ese impulso? No en el cerebro en este caso, sino en otros centros, ó *ganglios*, nerviosos situados en la médula espinal. ¿Luego aquellos movimientos que son producidos ó regulados por la voluntad vienen de nervios que se comunican con el cerebro, y los movimientos musculares automáticos tienen su origen en otros centros inferiores de acción nerviosa? Sí. Adviértase que estábamos buscando la causa, y que después de todo estamos tan lejos de ella como al principio. Por qué y cómo un pensamiento ó un acto de nuestra voluntad, que es enteramente espiritual y mental, produce el resultado físico de poner en movimiento un nervio determinado, y cómo ese nervio hace que un músculo se contraiga, sigue siendo para nosotros un misterio. Las contestaciones dadas á nuestras preguntas han sido todas aseveraciones de hechos: *esto sucede*. Tal circunstancia es siempre seguida de tal otra; existiendo el antecedente viene la inevitable consecuencia: eso es todo. Acerca del oculto *nexus* ó necesidad que hace que la consecuencia siga á la premisa, nada sabemos.

Tomemos otro ejemplo. Dejemos de sostener esta pluma en la mano. ¿Por qué cae? Porque no lo impedimos. Pero, ¿por qué se mueve en esa dirección determinada, cuando no le dimos ningún impulso sino que simplemente dejamos de sostenerla? Porque todos los cuerpos cuando no encuentran un obstáculo tienden á caer al suelo. ¿Y por qué caen los cuerpos hacia la tierra? Porque

la tierra es una gran masa de materia, y los cuerpos pequeños son siempre atraídos por los grandes. ¿Y por qué y cómo atraen los cuerpos grandes? Porque se observa que en la naturaleza todas las masas de materia ejercen atracción mutua, y que la extensión de esa atracción es determinada en parte por su masa ó densidad y en parte por sus distancias respectivas. ¿Es cierto eso aun tratándose del sol y los planetas? Sí. Hay una gran fórmula dada por Kepler con respecto al hecho de la gravitación, y que comunmente se designa con el nombre de ley de la gravitación, la cual puede expresarse así: *gravedad = masa ÷ cuadrado de la distancia*. Aquí se notará que á cada paso he hecho la pregunta ¿por qué? y que en ningún caso he recibido contestación directa. La contestación que en cada caso he obtenido ha sido la simple aseveración de un hecho; pero cada hecho iba siendo siempre más comprensivo y general que el anterior. El primer hecho fué muy simple, y está al alcance de la experiencia de un niño: que la pluma cayó; mientras que el último, la gran verdad de la gravitación, es sublime y abarca el universo en cuanto el hombre puede entenderlo; hecho que comprende en su generalización la explicación de los movimientos atmosféricos, del flujo y reflujo del mar, del curso de los planetas por los espacios celestes. Pero, en realidad de verdad, nada se ha explicado perfectamente, ni se ha descifrado ningún misterio. Cada hecho derivado de la observación se ha referido á un hecho mayor derivado de una observación más amplia, y el entendimiento ha sido conducido á relacionar entre sí bajo una fórmula comprensiva diversas y separadas experiencias, y á descubrir unidad donde no habrá sino diversidad aparente; á sustituir, en fin, una pequeña generalización por una grande, un misterio pequeño por uno mayor.



*Grandes verdades en lugar de otras pequeñas.*—Esto significa mucho. ¿No es una gran parte de nuestra educación el poder elevar el pensamiento, de lo pequeño, transitorio y excepcional, á lo grande, permanente y universal? Seguramente estamos mejor dotados en cuanto á la percepción de las grandes verdades, aunque es cierto que estas son tan misteriosas é inexplicables para nosotros como lo son las pequeñas para los niños. “En portentos comienza toda filosofía y en portentos acaba,” dice Coleridge. El niño mira al cielo con temor y extrañeza; y el hombre, cuando ya conoce las estrellas, sus dimensiones, sus distancias, sus tamaños y su composición química, se ve obligado á exclamar: “Cuando me fijo en los cielos, obra de tus manos, en la luna y las estrellas que Tú has ordenado: ¿qué es el hombre para que le consideres, y el hijo del hombre para que le atiendas?”

*Qué son leyes de la naturaleza.*—Debe observarse también que el último objeto á que se llega en el estudio de las ciencias naturales es la percepción de lo que se llama una *ley*. Hablamos de la ley de la gravitación, ó de la correlación de las fuerzas; pero la palabra *ley* se usa aquí en un sentido especial. En lo moral la ley implica prescripción y autoridad por una parte, obediencia y obligación por otra; pero en física esa palabra se usa simplemente para expresar la aseveración de un hecho, de una verdad general deducida de la observación; y en ningún otro sentido es ley. Podemos hablar, en el sentido vulgar, de obedecer las leyes de la naturaleza. Pero lo que nosotros queremos decir es que hay hechos que han sido observados; que la experiencia nos lleva á deducir que lo que ha resultado ser uniforme según ella, continuará siendo uniforme siempre que existan las mismas condiciones; que al formar plan

para nuestros actos, al inventar, ó idear, ó al adaptar las fuerzas de la naturaleza á nuestros propósitos, debemos tener por establecidos aquellos hechos y no esperar que se modifiquen por nuestra voluntad.

*Proceder intelectual que requieren estos estudios.*—Siendo ésa una descripción correcta del proceder que debe seguirse con respecto á las ciencias naturales y experimentales, no podemos menos de notar cuán importante es la disciplina mental por que el estudiante tiene que pasar para llegar á tal verdad. Tiene que comenzar por observar los fenómenos; tiene que reunir y registrar los resultados de sus observaciones; debe vacilar en generalizar demasiado pronto, y suspender su juicio hasta poseer datos suficientes; debe comprobar cada hipótesis con nuevos experimentos; tiene que aprender á hacer una legítima generalización fundada en una multitud de datos particulares; y una vez hecha, tenerla como provisional, porque es muy posible que requiera alguna corrección ulterior ó deba ser comprendida en una generalización más amplia. Y aun en el caso en que reconozca una ley aparentemente universal, como la de la gravitación, debe dejar campo en algún lugar de su mente para la existencia posible de sistemas ó regiones que no estén entonces al alcance de la vista humana y á los cuales quizá no pueda extenderse la ley de la gravitación.

*Utilidad de ese proceder en todos los asuntos de la vida.*—¿Y no veis que el proceder del entendimiento puesto así en acción es muy parecido á aquel por el cual formamos diariamente nuestros juicios sobre las personas, sobre los acontecimientos políticos, ó sobre lo bueno y lo malo de las acciones humanas? Cuando nos equivocamos en estos puntos es más por precipitadas é ilegítimas inducciones que por otro motivo. “No me gustan