

INTRODUCCION:

En los últimos años se han puesto en práctica diversas reformas en la enseñanza media en varios países: Suecia, Reino Unido, Estados Unidos de N.A. y Francia, entre otros y las normas actuales de su pedagogía, llevan más a la *formación* de los alumnos que a la *información* misma. La idea básica de estas metodologías, es que cada país necesita hombres capaces de pensar y resolver sus propios problemas, que en última instancia son también los de la colectividad, más que hombres que memoricen hechos o leyes generales aprendidos a veces forzosamente durante su permanencia en las aulas.

Si lo que nos interesa entonces, es enseñar a pensar y razonar, el entrenamiento de los alumnos debe ir dirigido a hacerlos pensar en la clase y no repetir una lección. En la clase, los alumnos cometerán errores en sus razonamientos, que serán motivo de corrección y pulimiento para la obtención de mentes disciplinadas en el pensamiento científico.

Con ese fin, se han desarrollado metodologías que, aunque difieren en los detalles de su aplicación, son similares en su espíritu: el BSCS (Biological Science Curriculum Study) en los Estados Unidos, el plan Nuffield en el Reino Unido, los planes docentes orientados por la Recherche Scientifique en Francia son muestras de una misma idea, con variantes en su forma de aplicación. En todas ellas lo que domina es el correcto conocimiento del método científico, delegando a un plano secundario, los detalles de los resultados. Si se admite que el correcto conocimiento de la metodología de la ciencia, constituye un fin de la enseñanza de estas disciplinas en los colegios y liceos, el conocimiento de la misma pasa a constituir el pilar número uno de la enseñanza moderna.

Veamos rápidamente cuales son los métodos científicos y su modo de aplicación en forma elemental, cuando se desa-

rollan una clase en secundaria. Básicamente se conocen cuatro métodos científicos: inductivo, deductivo, comparativo y experimental.

EL METODO INDUCTIVO O DIRECTO

Uno de los más antiguos y aún hoy frecuentemente usado es el método *inductivo o directo*. Este consiste en el análisis de un hecho o fenómeno, su estudio reiterado con resultados superponibles y el establecimiento de un principio general o hipótesis a confirmar, como generalización de los hechos particulares. Es un método que va de lo particular a lo general y está basado en un cuidadoso estudio de lo particular. Es necesario para disminuir los riesgos, suprimir de la observación del hecho las interpretaciones personales, que al interferir pueden conducir a errores interpretativos. Por consiguiente, debe ser lo más impersonal posible y substituir las expresiones personales por datos resultantes del uso de aparatos que puedan llevar a la cuantificación. Finalmente, los resultados deben ser expresados con lenguaje científico el que se caracteriza por la concisión, sin perder claridad y la expresión gráfica o numérica de los hechos observados en los casos adecuados. Es creencia general que este método que permitiera grandes avances en el período helénico de las ciencias, ha sido abandonado totalmente por el método experimental. Pero si analizamos qué metodología ha sido usada en numerosos trabajos actuales, que son motivo de publicación en importantes revistas científicas, nos encontramos que en un número muy elevado de la misma se ha seguido el método directo. Desde el punto de vista metodológico, este método puede aplicarse en clases de enseñanza media, sin mayores gastos y con excelentes resultados en cualquier programa de *biología*. Por su simpleza debe reservarse para los primeros años de estos cursos con lo que se logra disciplinar mentalmente a los alumnos. En forma práctica esto se logra cuando el profesor distribuye entre los alumnos material natural, que debe ser parecido aunque no idéntico para cada uno de ellos.

(1) Experto de UNESCO, COL-36. Depto. de Biología, Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.



La clase se desarrollará sobre el análisis del material natural efectuado por los alumnos. El profesor, dirigiendo sus preguntas a *distintos* alumnos y en momentos adecuados, puede orientar un trabajo colectivo eficiente, a la par que mantener la disciplina que surge espontáneamente de la actividad de sus estudiantes. Así por ejemplo, en lugar de tomar la lección sobre la hoja, en la que uno o más alumnos repiten con voz monótona un texto dificultosamente memorizado y calificar sus condiciones de memorizador, al distribuir una serie de hojas entre ellos, *se centra* la atención de la clase en el hecho: *la hoja que tiene cada alumno frente a sí*. Es altamente conveniente, que un alumno sea desplazado hacia el tablero donde éste, en base a los datos suministrados por sus compañeros, hace un esquema (bien grande para que sea visible por todos) señalando en él por medio de flechas, los componentes importantes, escribiendo con letra clara los términos científicos que deben incorporar a su vocabulario, por ejemplo: limbo, pecíolo, nervadura, etc. De este modo, este alumno va efectuando la abstracción o generalización de las observaciones particulares efectuadas por sus compañeros.

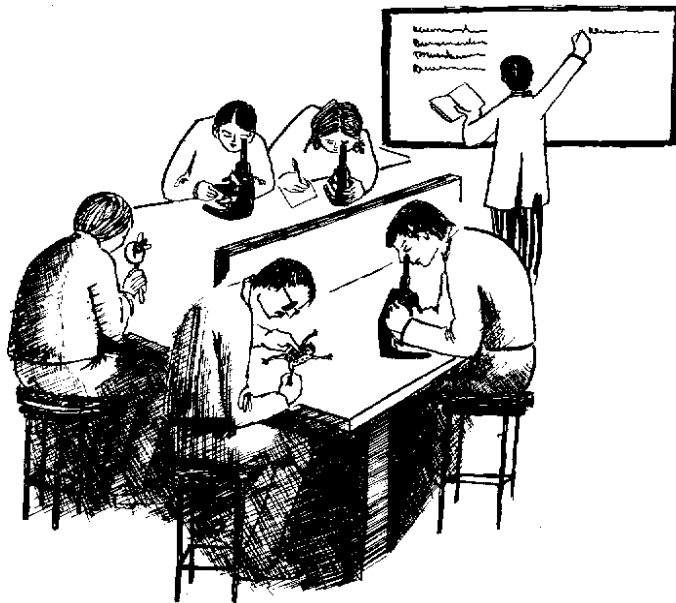
En todos estos ejercicios es necesario requerir de los alumnos una descripción *ordenada* y lo más *concisa* posible. Respecto al orden en la descripción, puede haber diferentes formas de ordenarlas pero siempre que sea posible debe mantenerse un orden que será siempre el mismo, sea cual sea el material *centro* de la atención. Un tipo de ejercicio muy útil para lograr concisión por parte del alumno, es pedir la descripción de un material mientras el profesor toma el tiempo en su reloj, (sin avisarle previamente al alumno); una vez que éste finaliza se le advierte: usted ha demorado 10 minutos, intente hacer la descripción solo en cinco.

El alumno se ve obligado a tomar en cuenta las aristas más salientes del material de observación. En una tercera prueba se le puede pedir *jerarquice* señalando en dos minutos lo más importante. Este tipo de ejercicio logra disciplinar al

estudiante, en el uso de un lenguaje: correcto, completo y breve.

En estas descripciones debe *rechazarse* el uso de términos calificativos ambiguos o vagos tales como: creemos, mediano, más o menos; exigiendo del alumno *precisión*. Los hechos indagados deben expresarse de un "*modo científico*" y el uso del lenguaje científico hay que aprenderlo. El lenguaje científico expresa los hechos en forma concreta y siempre que sea posible en forma *cuantificada*. No basta decir es una hoja de limbo grande, sino que mucho mejor es decir: hoja cuyo limbo mide5 cm de largo y 3 cm de ancho.

También es una forma de aplicación de este método científico, la realización de manipulaciones *por parte de los alumnos*, en las que no se les solicita a ellos interpretación de resultados. Tales son las disecciones y las confecciones de herbarios que llevan a desarrollar trabajos delicados con las manos y que cultivan la mente, al obligar a buscar y observar no solo detalles externos, sino también internos de organización. Las disecciones, eligiendo pequeños animales que no lesionen los sentimientos de los alumnos, permiten el ejercicio de habilidades manuales, destreza mínima que debe tener todo científico y deseable en todo ciudadano.



EL METODO CIENTIFICO DEDUCTIVO.

Este método parte de un concepto general, que se trata de aplicar a los casos particulares. Esa idea general o teoría, surge como consecuencia de la actividad mental del que idea la teoría. Muchas veces esa idea general es evocada por un caso particular. Por ejemplo, Newton descansando bajo un árbol vió caer una manzana; ese hecho evoca en su mente la posibilidad de que una fuerza atraiga a la manzana y que esa fuerza, o fuerzas puedan servir para explicar otros fenómenos físicos. El concepto de gravitación, no surgió del análisis de la caída de un cuerpo, sino que fue *interpre-*

tativo, obra del razonamiento. El factor interpretativo personal es causa de numerosos errores en ciencias y debe rechazarse como método de trabajo. Sin embargo, los hombres en su afán de avanzar rápidamente en el conocimiento científico, han hecho uso con relativa frecuencia de ideas básicas que en su conjunto han sido nefastas para el avance de la ciencia. Piénsese de materia y energía como entidades independientes, el concepto de flogisto, el concepto de los humores, etc.

Si como método científico sus resultados son pobres y hasta contraproducentes, su aplicación en la enseñanza es aún más grave. Nuestros alumnos, por comodidad o por hábito, acostumbran aprender conceptos generales con los que quieren explicar cualquier hecho; tienden a idear la razón de algo, aún sin tener argumentos suficientes para demostrarlo dando por sentado *que tiene que ser*. Por ejemplo, explican que la raíz *debe ser* un órgano de fijación del vegetal. Es cómodo "encontrar" esa explicación que no se cumple para algunos vegetales epífitos, para vegetales que flotan sobre el agua, etc. y que por lo tanto no es general, sino que se aplica a numerosos casos pero no a todos; por lo tanto, se comete un error de "falsa generalización" cuando se da como norma. Es la aplicación de este método de enseñanza, el que ha llevado a que el alumno repita y memorice estos conceptos generales separados de los hechos y a estudiar "teóricamente" olvidando que los hechos son más importantes que las teorías; los primeros son incommovibles, los segundos son descartables cuando aparecen las excepciones.

EL METODO COMPARATIVO

El método *comparativo* consiste en admitir que los hechos *tienen que ser* similares en condiciones similares a las observadas en un caso particular. Parte de una premisa no demostrada y lleva en si un factor de error tan importante, que en la práctica ha llevado a numerosos fracasos. Por ejemplo es sostumbbre actual determinar la probable efectividad de un antibiótico frente a una cepa bacteriana, mediante el llamado antibiograma. En este caso se cultiva la cepa en una caja o placa de Petri y en su vecindad se colocan discos impregnados de distintos antibióticos que difunden lentamente en el medio; según la capacidad de inhibir el crecimiento bacteriano se supone que así será la eficiencia en el tratamiento de un paciente afectado por dicha cepa. En la práctica generalmente coinciden la sensibilidad "in vitro" e "in vivo", pero hay casos en que el antibiograma indica sensibilidad al antibiótico "x" mientras que el paciente afectado, tratado con dicho antibiótico, no mejora, ni aún con dosis superiores a las habituales y lo hace en cambio con otro que "in vitro" es menos activo.

En la enseñanza por consiguiente, debe descartarse toda explicación por semejanza. Así mismo es conveniente, para la formación del alumno, presentar problemas de analogía; por ejemplo, estudiar alas de insectos, aves y mamíferos para observar que aunque semejantes "no funcionan" de la misma manera por mecanismos análogos; seres de vida acuática que no respiran por mecanismos análogos, etc.

EL METODO EXPERIMENTAL

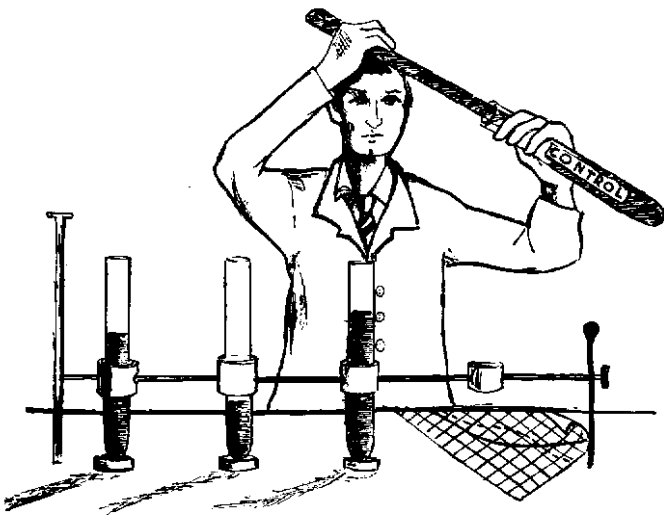
El método experimental, desarrollado en Biología por C.I. Bernard y su escuela, ha sido causa primordial de grandes progresos en la investigación científica y es por tanto importante que sea conocido y valorado correctamente por los alumnos. Pedagógicamente nos obligará a un conocimiento de fondo y a la vez de la forma de enseñarlo y llevarlo a cabo.

Como conocimiento básico es necesario saber que: (1) Parte de un hecho o serie de hechos; (2) Lleva al establecimiento de una hipótesis (llamada hipótesis de trabajo); (3) al planeamiento y la *realización* de un experimento, en el que se modifican uno por uno, los factores que suponemos, por inducción, que interviene en la producción del fenómeno. (4) Establecimiento, si es posible, del principio general que surge de la hipótesis de trabajo respaldada ahora por los resultados experimentales. En sus dos primeras fases, este método es similar al método inductivo y por eso el estudio de este último debe ser previo al de aquel y análogamente en la enseñanza la metodología basada en el método experimental debe suceder a la metodología basada en el método inductivo.

En este método aparecen etapas nuevas, fundamentalmente la No. 3, que en esencia debemos caracterizar por: a) planeación de un experimento, b) ejecución del mismo; y c) evaluación de los resultados.

a) La planificación del experimento debe estudiarse cuidadosamente Si la misma está mal hecha, el desorden y la confusión van a pesar considerablemente cuando lleguen a las etapas siguientes; aunque tampoco se pueden prever las una y múltiples circunstancias que van a intervenir accidentalmente cuando llegue el momento de ejecución del experimento. En esta planificación se debe prever las causas de error más frecuentes, evitándolas en la etapa de realización; así la posibilidad en el campo biológico de la *variación individual* se limita en sus efectos usando grupos en los que cada ser tiene la propia, que coincide o no con la de otro ser del mismo lote y la variación individual se ve neutralizada frente al establecimiento de un resultado promedial.

En el método experimental se provoca el fenómeno en condiciones artificiales, introduciendo el experimentador una nueva variable que es el método mismo. Al introducir otro factor que presumiblemente va a incidir sobre el fenómeno analizado, se vuelve indispensable el ejemplo de un grupo *control o piloto* en el que se repiten las condiciones experimentales, pero sin variar el factor que pretendemos analizar. En lo posible se trata de lograr que ambos grupos sean similares en todo, excepto en una variable y por consiguiente toda diferencia que aparezca, se puede atribuir a la variable que es diferente entre los dos grupos.



- b) La ejecución del mismo exige un conocimiento profundo de la técnica que se ha pensado emplear, a los efectos de disminuir el error individual del experimentador; por lo que previamente a su aplicación el experimentador debe tener el suficiente entrenamiento manual y conocer los fundamentos de las manipulaciones a efectuar.
- c) Los resultados pueden ser lo suficientemente netos que permitan sacar una conclusión definitiva del experimento bien planeado y efectuado. En otras ocasiones los resultados no son tan claros y muchas veces se recurre a métodos complementarios en el estudio de los datos hallados; tal es el caso del análisis estadístico de resultados que muchas veces no permiten sacar resultados, afirmativo o negativo, con datos que solo varían cuantitativamente.

De lo anterior surge que todo experimento biológico no puede ser fruto del trabajo al azar y por tanto debe ser *planificado* en el papel antes de ser puesto en práctica. El plan estudiado cuidadosamente, aprobado desde el punto de vista metodológico será puesto en práctica.

Una vez que nos hemos compenetrado de los principios del método experimental, hay que hacer aplicación bajo formas pedagógicas que puedan ser aplicadas por los alumnos. Se pueden aplicar dos formas en un curso regular, una tercera quedará para cursos especiales. La primera es la motivación permanente explicando los hechos a través de experimentos científicos incitando a sus alumnos a que estos planteen los hechos y las conclusiones que de ellos se deriven así como el experimento que los puede confirmar. Podemos imaginarnos el siguiente diálogo entre profesor y alumno:

- P- ¿Cómo sabe que el jugo digestivo del que habla tiene enzimas?
- A- Se podría estudiar colocando en un recipiente de vidrio un alimento conocido y el jugo digestivo; observando si aquel es atacado.

-P- Eso ya ha sido efectuado y se ha visto que es así, pero no usando un alimento cualquiera, sino un prótido para demostrar proteasas, almidón para amilasa, etc.

En este tipo de desarrollo el profesor *confirma* lo ideado por el alumno, dando la solución correcta.

Una segunda forma de aplicación son las llamadas *invitaciones a razonar*. En estos casos el profesor plantea un problema y pide a sus alumnos que 1o.) que planteen una hipótesis sobre los hechos expuestos y 2o.) que propongan así mismo cuál sería el procedimiento científico que permitiría ocasionalmente confirmar aquella. En este caso el profesor va recogiendo opiniones de diferentes alumnos, va anotando en el tablero las distintas hipótesis planteadas; finalizada la lista de hipótesis comienza ahora a preguntar el autor de cada una y a sus compañeros, *¿cómo sería el método para confirmar la hipótesis?* Se discute así en forma pública el método ideado para confirmar o negar cada hipótesis. El profesor *no debe* en estos casos decir cuál es la hipótesis correcta para evitar que los alumnos crean que están resolviendo acertijos, o es una competencia deportiva en la cual gana el que ofrezca la respuesta correcta un mayor número de veces. La curiosidad en estas condiciones debe quedar sin satisfacción y si algún alumno pregunta cual es la hipótesis correcta, la respuesta debe ser siempre: haga la prueba científica de cada hipótesis y sabrá cuál es la respuesta correcta.

Finalmente, la planificación y ejecución de un experimento por parte de pequeños grupos de alumnos, debe ser la expresión de máxima complejidad en este tipo de enseñanza. En ella cada grupo (4 ó 5 alumnos) es dueño de un problema a resolver durante el año escolar; este grupo debe plantear la metodología a usar, ponerla en práctica y evaluar los resultados obtenidos. Para lograrlo deben estudiar el problema y escribir el plan de trabajo; presentar el plan al profesor y discutirlo con éste, a veces repensarlo y nuevamente discutirlo cuando éste lo aprueba, ejecutarlo. El grupo deberá redactar los resultados y comparar los mismos con otros experimentos similares que han servido de fuente de información de los alumnos.



Los éxitos que se logran, surgen del hecho de que el alumno aprende lo que es el método experimental para un problema dado y lo *aprende haciéndolo*. Los fracasos surgen de una aplicación parcial o incompleta del método científico, otras veces de que el problema a desarrollar es excesivamente ambicioso (plan de trabajo muy difícil para el grado de capacitación de los alumnos) y finalmente el riesgo de que los alumnos por haber llevado a cabo exitosamente un plan de trabajo elemental, se consideran sabios precoces y su personalidad se deforma como consecuencia del engrimientto. El profesor debe conducir este tipo de enseñanza, pues, con sentido común y mucha cautela, felicitando discretamente

en éxitos logrados, pero haciendo ver a sus alumnos que el iniciarse en la investigación científica, no significa ser investigador y que la investigación científica es el fruto de muchas horas de trabajo, a veces de fracasos repetidos y no del azar exitoso. El alumno debe aprender que un *resultado negativo* no es fracaso, sino que en sí, es un resultado que permite descartar una variable. Es solo del ejercicio reiterado de esta metodología, que el profesor adquiere la capacitación suficiente para poder obtener resultados ventajosos, pero el día que esto se logre se consigue el fin deseado: que nuestro alumno se *forme* a la par que se *informe*.