

COMO ORIENTAR LA DISCUSION DE UN PROBLEMA DE INVESTIGACION CON CARACTER CIENTIFICO

Por: Alberto Salazar A. **

Surgen numerosos interrogantes en el niño y en el joven que observan el acontecer diario de gran variedad de fenómenos que presenta la naturaleza. Tales interrogantes son el principio fundamental que debe ser encauzado metodológicamente, en los estudiantes de escuelas, colegios y universidades, hacia el desarrollo de una mentalidad creadora, despierta y ágil, a través del ordenamiento lógico de los hechos que se presentan a la vista de un observador y la interpretación coherente de los mismos.

Las siguientes son las etapas, universalmente aceptadas, que rigurosamente han de recorrerse para que, partiendo de la caracterización de los hechos que rodean un fenómeno, se llegue finalmente a la interpretación adecuada del mismo. Esta es la fuente principal de la cual se deriva el conocimiento.

1. Etapa del reconocimiento del problema - formulación del problema-formulación de preguntas en torno al problema.
2. Etapa de la formulación de respuestas posibles a los interrogantes planteados en la etapa I. Tal formulación está basada en el conocimiento previo que se tenga del mismo problema o lo que es más común, del conocimiento que se tenga de problemas semejantes o parecidos al que se ha planteado. Es la etapa de la presentación de hipótesis.
3. Etapa de la puesta en prueba de las hipótesis, basada en el diseño y ejecución de experimentos.
4. Etapa de la verificación de las hipótesis, basada en la interpretación objetiva de los resultados obtenidos en la etapa III.

El siguiente es un ejemplo que puede utilizar un profesor de Biología, para ilustrar a sus alumnos sobre los cuatro pasos fundamentales que ordenadamente deben darse para llegar a obtener conclusiones de la interpretación adecuada de un fenómeno registrado.

Primero que todo, el profesor desde ilustrar a sus alumnos en el tema que suscitó los primeros interrogantes en el investigador del problema que se va a tratar: Las neuro-hormonas que regulan la función del corazón .

Al estudiante: a) Durante muchos años, un buen número de investigadores concentraron su atención sobre la transmisión de impulsos de una parte del organismo a otra, a través de los nervios.

Los nervios aunque pequeños y simples en apariencia, son realmente difíciles de entender. Tal dificultad fue tan grande, que, los investigadores se dieron cuenta de que podían avanzar muy poco en su estudio, si insistían en esperar a estar completamente seguros de una cosa antes de continuar con la otra, por lo tanto, decidieron que la investigación podría avanzar más satisfactoriamente, si tomaban como verdaderas conclusiones, aunque las evidencias no fueran muy completas. Una medida de este tipo los capacitaría para enfocar otros problemas, y la exploración de éstos, proporcionaría un medio de comprobar las conclusiones antes admitidas como verdaderas.

Era como si un médico se dijera así mismo: "los síntomas de esta persona sugieren que sufre de la enfermedad A, aunque de ninguna manera estamos ciertos de que en realidad lo es. No obstante, supongamos por el momento que sí sufre la enfermedad A y ensayemos entonces una dosis pequeña de la droga que conocemos como curativa de esta enfermedad. Si nuestro diagnóstico es acertado, el tratamiento ayudará al paciente. Si el diagnóstico está equivocado, el tratamiento no le hará ningún beneficio pero tampoco lo perjudicará. Entre tanto, nos permitirá confrontar nuestro diagnóstico presuntivo".

Una de las generalizaciones tentativas más importantes, que los científicos tomaron como verdadera sobre los nervios, fue la siguiente: los impulsos en todos los nervios son esencialmente iguales. Un impulso que viaja por un nervio puede conducir a un aumento en la actividad de un órgano. Un impulso que pasa por otro nervio puede disminuir la activi-

* Tomado del "Manual para el Profesor de Biología". Págs. 153. Edit. Universidad de Antioquia, Medellín, 1974.

** Profesor Depto. de Biología, Universidad de Antioquia. Colaborador y Asesor del "Manual para el Profesor de Biología".

dad del mismo órgano. Pero, los impulsos que son transmitidos por ambos nervios son esencialmente similares.

A continuación se dan los hechos en la declaración, con su generalización.

HECHOS	GENERALIZACION
Hay dos nervios que llevan impulsos al órgano A. La actividad del órgano A se aumenta mediante un impulso de uno de los nervios y se disminuye por impulso de otro.	Los impulsos nerviosos en cada uno de estos nervios son esencialmente los mismos.

Entre estos dos hechos y la generalización parece que hay una incompatibilidad, algo así como una contradicción. Usted podrá, así mismo, darse cuenta de que si insistimos en mantener los hechos y las generalizaciones, se nos presenta un problema para investigar. El problema sería de encontrar hechos adicionales que nos permitan eliminar la contradicción. Trate de establecer cuál es el problema para investigar, surgido de la aparente contradicción que hay entre nuestros hechos y nuestra generalización.

El razonamiento que clarifica el problema se puede resumir para la clase después de que se reconozcan los rasgos principales de inconsistencia en la discusión: "si el impulso nervioso es el mismo en todos los nervios, entonces algún factor, fuera del impulso nervioso debe explicar el hecho de que nervios diferentes tengan efectos diferentes sobre el mismo órgano". En otras palabras, "suponiendo que no existen diferencias en el impulso nervioso de nervios diferentes, entonces los efectos de dos nervios distintos, que van hacia el mismo órgano, deben ser explicados de otra manera".

Al Estudiante: b) Se notará que uno de los enunciados que conllevan al problema es una suposición, principalmente que no existen diferencias importantes en los impulsos nerviosos. Recuerde que tales suposiciones se usan frecuentemente en ciencia con el objeto de resolver un problema.

Suponiendo que todos los impulsos nerviosos son iguales, construir una hipótesis que explique el hecho de que algunos impulsos nerviosos aumentan la actividad de un órgano, mientras que otros la disminuyen.

Una hipótesis importante es que los dos nervios entran a diferentes lugares del órgano. Por consiguiente, los impulsos de cada nervio pueden activar diferentes procesos dentro de éste.

Al Estudiante: c) Es posible para un investigador establecer diferentes suposiciones; es decir tiene diferentes alternativas para formular un problema. Así por ejemplo, en vez de continuar sobre la base que nosotros hemos establecido, de que no existen diferencias en los impulsos nerviosos, él pue-

de rechazarla, sosteniendo que sí existen diferencias aunque él no las haya encontrado. En consecuencia, su problema cambia de buscar las diferencias de efectos de impulsos a buscar diferencias en impulsos o diferencias en los nervios.

En resumen, tenemos aquí otro caso donde el análisis de una situación global nos conduce a buscar una segunda posibilidad, que es opuesta a la que se consideró en la parte (b). En este caso tenemos un nervio y un órgano en el cual aquél termina. La diferencia puede estar en cualquiera de los dos lugares, el nervio o el órgano.

Nos hallamos entonces en un punto en el cual debemos ordenar nuestras suposiciones, problemas e hipótesis. Una vez que hagamos ésto, podremos ver más claramente la situación.

En vista de esta situación, veamos que también puede usted enunciar afirmaciones apropiadas acerca de los problemas y las hipótesis que acompañan a las dos suposiciones que hemos hecho.

SUPOSICIONES ACERCA DE LOS NERVIOS

1. Los nervios y los impulsos son los mismos para efectos de aumento o de disminución.
2. Los nervios o los impulsos nerviosos son diferentes.

LOS PROBLEMAS

- 1- ¿Qué factores explican el hecho de que nervios diferentes sobre el mismo órgano, tengan efectos diferentes, si tanto los nervios como los impulsos nerviosos son los mismos?
- 2- Si los impulsos nerviosos son diferentes, ¿en dónde existe la diferencia?

LAS HIPOTESIS.

1. Diferentes procesos dentro del órgano hacen que éste reaccione en forma diferente a impulsos nerviosos idénticos.

- 2- El órgano reacciona en una forma distinta a diferentes tipos de impulsos nerviosos, o a algo más diferente entre los dos tipos de nervios.

Estos paralelismos indican que la hipótesis que favorecemos y creemos de valor probar primero, es también determinada en parte de acuerdo con nuestro punto de vista de la situación y la formulación del problema.

Al Estudiante: d) El corazón posee dos vías nerviosas distintas con efectos diferentes. Hay un nervio que es "acelerador", nombre que corresponde al hecho de que aumenta las contracciones cardíacas. Existe también un nervio "vago" que disminuye las contracciones cardíacas. Tenemos aquí un caso concreto del problema que hemos venido estudiando.

Ponga atención a este nuevo hecho sobre la contracción del corazón. Cuando el corazón se contrae o se relaja en su totalidad, todas las fibras musculares se contraen y se relajan simultáneamente. Pueden existir algunas fibras que se retrasan y otras que se adelantan, pero son muy pocas.

Con este nuevo hecho, ¿cuál de nuestras dos hipótesis parece ser la más probable?

Estos nuevos hechos tienden a desfavorecer la idea de procesos diferentes dentro del corazón y a favorecer la posibilidad de alguna diferencia existente entre los nervios.

Al Estudiante: e) Para comprobar una hipótesis similar, un investigador de nombre Otto Loewi, realizó el siguiente experimento: aisló los corazones de dos ranas y seccionó todos los nervios en uno de los corazones (corazón B). En el otro corazón (corazón A) dejó intactos los nervios vago y acelerador. Ambos corazones continuaron contrayéndose a la misma frecuencia. Luego conectó los dos recipientes en que estaban ambos corazones por medio de un pequeño tubo de vidrio, de tal manera que una solución salina fuera enviada a través del tubo, del corazón con los nervios intactos al corazón cuyos nervios se había seccionado (corazón B). Loewi encontró que cuando estimulaba el nervio vago del corazón A, las contracciones de éste disminuían y poco después sucedía lo mismo con el corazón B. Igualmente, cuando se estimulaba el nervio acelerador del corazón A, aumentaba la velocidad de las contracciones de ambos corazones. Establezca detalladamente y en la forma más específica que pueda, la hipótesis que se trataba de probar con este experimento.

El énfasis que se hace sobre el hecho de que la única conexión entre los dos corazones es por medio de una solución salina dentro del tubo de vidrio, puede llevar a la clase a reconocer que el investigador pensaba en la posibilidad de que algunas sustancias podrían liberarse como respuesta a los impulsos nerviosos del corazón A y deberían llevarse al corazón B. por la solución salina.

Cuando se ha hecho esto bien claro, el profesor puede hacer una declaración más completa de la hipótesis específica; "los nervios vago y acelerador tienen diferentes efectos sobre la frecuencia de las contracciones cardíacas, debido a que cada nervio libera una sustancia diferente dentro del músculo cardíaco, o sea la sustancia vagal disminuye las contracciones de todas las fibras y la sustancia aceleradora aumenta la velocidad de contracción de todas las fibras.

Al Estudiante: f) En la hipótesis que usted ha sugerido, haga notar el punto principal sobre el cual no nos arrojan ninguna luz los resultados experimentales. Establezca cuáles interpretaciones están justificadas por los resultados.

Sustancias distintas son mediadoras de los diferentes efectos del vago y del acelerador, pero no existe aún una evidencia de que estas sustancias se originan en los nervios. Usted puede leer a la clase los siguientes párrafos de una autobiografía escrita por el experimentador que hizo las investigaciones descritas aquí.

LA IDEA DE LA TRANSMISIÓN QUÍMICA DEL IMPULSO NERVIOSO (1).

"Ahora voy a dirigirme a lo que se conoce mejor sobre mis estudios científicos, o sea el establecimiento en 1921 de la teoría química de la transmisión del impulso nervioso. Hasta 1921, se suponía (*suposición*) generalmente que la transmisión era debida a la difusión directa de las ondas eléctricas que acompañan la propagación del impulso nervioso, (*hecho conocido*) desde la terminación nerviosa al órgano del órgano efector. Puesto que el carácter de aquel potencial es igual en todas partes, tal suposición no explicaría el hecho bien conocido de que la estimulación de ciertos nervios aumenta la función de un órgano y disminuye la de otro (*posible problema*). Desde luego, tenía que considerarse un modo diferente de transmisión. Antes, en 1903 discutí con Walter M. Fletcher de Cambridge, Inglaterra, quien era por entonces un asociado en Marburg, el hecho de que ciertas drogas imitan los efectos de aumento o de inhibición por estímulo de los nervios simpático y/o parasimpático en sus órganos efectores (*analogía sugestiva*). Durante esta discusión, se me ocurrió la idea de que las terminaciones de aquellos nervios podrían contener sustancias químicas y que la estimulación podría liberarlas de las terminaciones nerviosas y que estas sustancias debían a su vez transmitir el impulso nervioso a sus respectivos órganos efectores (*hipótesis*). En aquel momento, yo no encontraba la manera de probar lo correcto de esta idea y ésta durmió por completo en mi memoria consciente hasta que surgió de nuevo en 1920.

La víspera del Domingo de Pascua de aquel año me desperté, prendí la luz, y escribí algunas notas sobre una pequeña hoja de papel. Luego me dormí de nuevo. Me pareció, al despertar a la mañana siguiente, que durante la noche había escrito algo muy importante, pero fui incapaz de descifrar el papiro. Al día siguiente, a las tres de la mañana, retorné la idea. Fue el diseño de un experimento para determinar si la hipótesis de la transmisión química que había expresado hacía 17 años era correcta o no. Me levanté inmediatamente, fui al laboratorio e hice un simple experimento en el corazón de una rana de acuerdo con el diseño que había obtenido durante la noche (*diseño de experimento*). Tengo que describir brevemente este experimento, puesto que sus resultados fueron el fundamento de la teoría de la transmisión química del impulso nervioso.

se aislaron los corazones de dos ranas, el primero con sus nervios y el segundo sin ellos. Ambos corazones se unieron a cánulas de Straub, llenadas con una solución de Ringer. El nervio vago del primer corazón se estimuló durante unos pocos minutos. Luego la solución de Ringer que había en el primer corazón durante el estímulo del vago se transfirió al segundo corazón. Se disminuyeron sus contracciones cardíacas, exactamente como si se hubiera estimulado el vago. En una forma similar, cuando se estimuló el nervio acelerador y se transfirió la solución de Ringer de este período, el segundo corazón se aceleró y sus contracciones aumentaron (*resultados y datos*). Estos resultados probaron en una forma inequívoca que los nervios no influyen el corazón directamente, sino que liberan de sus terminales sustancias químicas específicas las cuales, a su vez, causan la bien conocida modificación de la función del corazón, (*interpretación*) característica de la estimulación de sus nervios.

La historia de este descubrimiento demuestra que una idea puede permanecer dormida por décadas en la mente inconsciente y súbitamente retornar. Indica además que nosotros debemos algunas veces confiar en la intuición súbita sin demasiado excentismo. Si yo hubiera considerado cuidadosamente durante el día la idea, probablemente hubiese rechazado el tipo de experimento que realicé. Me habría parecido muy probable que cualquier agente transmisor liberado por un impulso nervioso, podría en una cantidad suficiente influir sobre el órgano efector. Me habría parecido improbable que un exceso que podría haber sido determinado escapara con el fluido que llenó el corazón. Fue una fortuna que en el momento de la idea yo no pensé, sino que actué inmediatamente.

Fue un completo misterio el que por muchos años esta necesidad nocturna del diseño del experimento crucial para chequear la validez de una hipótesis, se hubiera revelado 17 años antes. Mi interés en aquel problema fue revivido hace más o menos cinco años por una discusión que tuve con el doctor Ernesto Kris un psicoanalista. Un poco más tarde tuve que escribir mi bibliografía y echar una mirada sobre todos los trabajos realizados en mi laboratorio. Me encontré con dos estudios hechos más o menos dos años antes de que llegara el diseño nocturno en los cuales también en búsqueda de una sustancia que fuera producida por el corazón, había aplicado la técnica utilizada en 1920. Esta experiencia, en mi opinión, fue una preparación esencial para la idea del diseño final. En efecto, el concepto obtenido aquella noche representaba una súbita asociación de la hipótesis de 1903 con el método puesto a prueba no mucho antes en los otros experimentos. La mayoría de los llamados descubrimientos "intuitivos" son estas asociaciones que súbitamente se hacen en la mente inconsciente.

Muchas preguntas relacionadas y originadas con el descubrimiento de la transmisión química se estudiaron en otros laboratorios en todo el mundo, así como en mi laboratorio. Encontramos por ejemplo que el efecto de la sustancia vagal sobre el corazón pronto se borra debido a que es activada por una enzima, la colinesterasa. La sustancia vagal fue pronto identificada como la acetilcolina. Además, se probó que la actividad de la colinesterasa es prevenida por el alcaloide fisostigmina.

Esta fue la primera identificación del sitio de acción de una alcaloide y según mis conocimientos, el primer descubrimiento sobre el mecanismo responsable de todos los efectos de un alcaloide. Sólo hasta 1936 pude identificar la sustancia transmisora liberada por el estímulo del nervio acelerador e identificada como la epinefrina.

Durante la lectura, trate de hacer un contraste de la historia presentada por el propio autor con lo que se ha hecho en esta exposición. Refuerce o haga notar los siguientes puntos:

1. El problema era original desde el comienzo del ejercicio.
2. La hipótesis parece haberse originado en una especulación libre acerca de una posible analogía con los efectos de ciertas drogas.
3. La hipótesis no fue sometida a ningún tipo de prueba durante 17 años después de que se formuló; en realidad se le presentó al investigador mucho antes de que pudiera encontrar la forma de probarla.
4. El experimento crucial utilizó una técnica que el investigador había ya dejado para otros usos.
5. El investigador declara que si hubiera considerado el asunto más cuidadosamente, probablemente habría pensado que el experimento no era lo suficientemente prometedor como para merecer un ensayo.
6. Los experimentos para identificar las neuro-secreciones continuaron pero la epinefrina no se identificó hasta 1936, o sea 33 años después de que su existencia fue sugerida por primera vez.