

LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGIA

MODELO DE UNA INVITACION A RAZONAR

Por: L.F. Velásquez (1)

Dentro de las recomendaciones más modernas para la enseñanza de la ciencia, está la de no tratar a ésta como una serie de verdades absolutas, sino como un proceso de "indagación".

La indagación introduce al profesor y a los estudiantes en discusiones que estimulan el tipo de pensamientos que un científico lleva en un proceso de investigación. De este modo los estudiantes comprenderán lo que involucra la ciencia, mucho mejor que si aprendieron un conjunto de cosas ya definidas por otros.

Las "Invitaciones a Razonar" son unas unidades de enseñanza que colocan ante el estudiante pequeñas muestras de la forma como opera la indagación. Cada "Invitación a Razonar" tiene espacios u omisiones los cuales deben ser llenados por los estudiantes. Estas omisiones pueden ser el plan para un experimento, o la forma de realizar un control, la conclusión a que se llega o la hipótesis para explicar los datos.

Por medio de este procedimiento se logra mostrar a los estudiantes como se origina el conocimiento a partir de la interpretación de los datos y como esta interpretación de datos y aún la búsqueda de los mismos, se basa en conceptos y suposiciones que cambian a medida que nuestros conocimientos aumentan.

Las "Invitaciones a Razonar" pueden ser utilizadas especialmente en el salón de clase o durante los períodos de discusión en el laboratorio.

Conviene que el profesor siga el procedimiento que se esquematiza a continuación. El profesor presenta la informa-

ción fundamental de la invitación oralmente. Luego presenta el problema de la invitación y obtiene la reacción de los estudiantes. A continuación, trata las respuestas de los estudiantes a medida que ellas surgen, haciendo preguntas de tipo diagnóstico, las cuales ayudan a los estudiantes a ver lo que está mal con respuestas deficientes, revisando la lógica que justifica buenas respuestas.

Las respuestas buenas para los primeros problemas de una invitación conducen luego, naturalmente, al próximo problema que se encuentra en la invitación y se continúa el procedimiento de diagnóstico y análisis de las preguntas.

En general pudiéramos decir que de cualquier aspecto o tema de la ciencia se puede hacer una "invitación a razonar".

Las siguientes son algunas de las recomendaciones para el profesor que va a utilizar una "Invitación a Razonar".

- a. El papel del profesor es guiar al estudiante en la discusión y no dominar la presentación.
- b. Estudie bien la "Invitación" antes de utilizarla en clase. Es muy difícil obtener unos buenos resultados sin tener un cabal entendimiento de los aspectos básicos del problema.
- c. Presente en una forma clara y precisa el problema o pregunta, para facilitar la participación de los estudiantes.
- d. Invite a todos los estudiantes a que participen. No permita que un pequeño grupo de estudiantes domine

(1) Profesor, Departamento de Biología, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia, S.A.

la discusión. A veces estudiantes reticentes, hacen contribuciones excelentes si les dan la oportunidad de hacerlo. Usted puede favorecer la mayor participación de estudiantes conformando pequeños grupos para la discusión de problemas.

- e. Evite dar respuesta a los problemas o preguntas. Invite a los estudiantes a desarrollar conceptos bien sustentados por ellos mismos, basados en las situaciones presentadas o problemas que surjan.
- f. Cuando un problema o pregunta ha sido presentado debe permitir a los estudiantes que escriban sus respuestas antes de solicitar las respuestas verbales.

A continuación se da un modelo de "Invitación a Razonar" donde se interpretan tanto datos simples como variables.

INVITACION 1 (2)

TEMA: *El núcleo de la célula.*

TOPICO: *Interpretación de datos simples.*

Esta es una introducción muy simple sobre el manejo de las invitaciones a razonar. Si usted desea, puede comenzar la Invitación 2 inmediatamente después de terminar la 1, realizando todo el trabajo en un período de clase.

Al Estudiante: Posiblemente ustedes ya sepan que las plantas y los animales están constituidos por una o más unidades vivientes muy pequeñas, a las cuales damos el nombre de células. Y también, que la mayoría de las células tienen en su interior una porción aún más pequeña llamada el núcleo. Un biólogo, quiso saber si el núcleo es necesario para la vida de la célula, o si ésta podría subsistir sin él. Encontró un procedimiento para dividir la célula en dos partes, de las cuales una contenía el núcleo mientras que la otra no. Este experimento se realizó en varias clases de células.

Supongamos que los resultados de ese experimento fueron los siguientes:

- 1) Todos los fragmentos sin núcleo murieron pronto.
- 2) Los fragmentos con núcleo dieron lugar a células aparentemente normales aunque más pequeñas, las cuales crecieron hasta alcanzar el tamaño normal y las demás características de las células originales.

¿A qué conclusiones llegaría usted con base en los resultados de tal experimento?

Tal como se presenta la evidencia, es muy probable que muchos de los estudiantes se sientan inclinados a concluir que el núcleo es necesario para la vida normal de las células. Aún en una invitación tan idealizada como ésta, en la cual todos los datos se presentan artificialmente perfectos, hay una gran cantidad de dudas y modificaciones que podrían añadirse a la interpretación con el fin de hacerla más "segura". Por ejemplo, podemos sospechar que el núcleo es necesario sólo para la regeneración celular, de donde se deduce la muerte de los fragmentos sin núcleo. Haciendo caso omiso de todo esto, podemos también dudar si lo que encontramos para las células sometidas a prueba se aplica a todas las demás células, o podríamos tomarnos la molestia de hacer notar que las conclusiones se limitan a las células que normalmente tienen núcleo, y así sucesivamente.

Dudas semejantes se encuentran enmascaradas en casi todos los enunciados generales que los libros de texto como "verdades científicas. Sin embargo, se puede dudar de casi todo enunciado que vaya más allá de lo inmediato y particular (por ejemplo, decir "que el automóvil enfrente de esta casa es negro a la luz de mis ojos"). De donde se deduce que no es un asunto científico ser infinitamente precavido como condición para estar en lo "correcto". El ser extremadamente precavido es tan desventajoso para aumentar el conocimiento seguro como temerario es el exceso en las generalizaciones. El conocimiento científico aumenta y se hace cada vez más seguro solamente cuando derivamos conclusiones, interpretamos datos y avanzamos a problemas que se desprenden de estas interpretaciones, a experimentos avanzados diseñados para resolver estos nuevos problemas, a nuevos datos y a nuevas interpretaciones del conjunto de datos. La fuerza vital de la ciencia no es la precaución indefinida ni la indecisión, sino el avance del razonamiento, el cual refina las conclusiones anteriores, las hace más precisas y amplía su proyección. Es quizá por esto que el trabajo científico es llamado investigación.

Esta invitación y las que le siguen se desarrollan siguiendo pautas similares. Otras invitaciones servirán para mostrar sucesivamente unas y otras fuentes comunes de error en la interpretación de los datos experimentales, y formas diferentes de perfeccionar y ampliar el conocimiento científico. Por lo tanto, por el momento, conviene que se permita a los estudiantes tener confianza en conclusiones poco calificadas, a las cuales pueden ser conducidos por los datos idealizados de esta invitación, o sea que el núcleo es necesario para la vida continua de la célula. En realidad, si algunos estudiantes han desarrollado el hábito de ser exageradamente precavidos, se pueden poner de relieve algunas de las ideas que hemos presentado.

INVITACION 2

TEMA: *El núcleo de la célula*

TOPICO: *Interpretación de datos variables*

Al Estudiante: a) Recordemos nuestra invitación anterior acerca del núcleo de la célula. Durante ella se dijo que parecieron todos aquellos fragmentos celulares que carecían de núcleo, mientras que lograron sobrevivir la totalidad de los fragmentos con núcleo.

En realidad los resultados de un experimento no son tan claros como los presupuestos anteriormente. Por lo regular, se obtienen resultados en una forma parecida a la siguiente:

Número de fragmentos estudiados sin núcleo	100
Sobrevivieron.... un día	81
Sobrevivieron.... dos días	62
Sobrevivieron.... tres días	20
Sobrevivieron.... cuatro días	0
Número de fragmentos estudiados con núcleo	100
Sobrevivieron.... un día	79
Sobrevivieron.... dos días	78
Sobrevivieron.... tres días	77
Sobrevivieron.... cuatro días	74
Sobrevivieron.... diez días	67
Sobrevivieron.... treinta días	65

A partir de la información anterior, ¿qué deduce usted en relación con la importancia del núcleo? ¿Queda usted conforme con la interpretación que acaba de hacer o hay algo en su interpretación que lo deja tranquilo?

El propósito de estas preguntas en esta parte de la invitación tiene como fin estar seguros de que los estudiantes examinan cuidadosamente los datos antes de seguir adelante. Sus respuestas pueden anticiparse en algo a lo que sigue.

Al Estudiante: b) Supongamos que los científicos que realizaron este trabajo establecieron sus interpretaciones en la siguiente forma: "nuestro experimento terminó el trigésimo día y fue considerado satisfactorio. Los datos indican que se requiere la presencia del núcleo para que la célula continúe con vida". Como podemos apreciar, esta manera de sacar conclusiones, va más allá de los datos.

Los "datos" son los hechos registrados de los cuales tratamos de derivar una respuesta a una pregunta, una solución a un problema.

Pues si bien es cierto que ningún fragmento desprovisto del núcleo llegó con vida al cuarto día, también es verdad que algunos alcanzaron supervivencia de tres días. Por otro lado, no todos los fragmentos con núcleo sobrevivieron hasta el final del experimento; varios murieron en el primer día, otros en el segundo y así sucesivamente. Es probable que de haber prolongado el tiempo hasta los sesenta o más días, el número de fragmentos nucleados muertos hubiera sido mucho mayor.

¿Encuentra usted argumentos que apoyen los puntos de vista de estos científicos? Ordinariamente un experimento aislado, rara vez constituye *prueba* satisfactoria de algún enunciado científico. Con mucha frecuencia quedan dudas, las cuales tendrán que ser absueltas a través de investigaciones sucesivas. En realidad, los investigadores no hacen más que presentar una *interpretación* de los hechos estudiados, dejando abierta la posibilidad de que posteriores trabajos confirmen, perfeccionen y amplíen sus observaciones. Por lo tanto, los datos provenientes de un solo experimento no conducen necesariamente hacia *conclusiones* definitivas.

Regresemos a nuestros fragmentos celulares, nucleados y sin núcleo, que lograron sobrevivir. Un científico más prudente, manifestó su desacuerdo con la interpretación que hicieron nuestros biólogos y esperó que éstos dieran una explicación razonable acerca de la muerte de tantos fragmentos con núcleo. Procure defender el criterio de nuestros biólogos. Sugiera una explicación.

Clave 1: Recuerde cómo se obtuvieron los fragmentos con núcleo.

Clave 2: Piense en lo que podría ocurrir si usted tratara de criar cien pollitos o cien gatitos hasta su completo desarrollo.

Puede ser necesario o no que el profesor ayude a los estudiantes para que ellos se den cuenta de que el experimento en sí mismo implica probablemente daños fatales en algunos fragmentos nucleados y que una fracción de cualquier población de seres vivos puede morir en un período dado de tiempo por muchas causas comunes. De todos modos, es importante reforzar el punto de que en el ejemplo presente los datos son menos perfectos debido a los muchos factores virtualmente incontrolables y que en casi todos los casos la variabilidad caracteriza los resultados en contraste con la uniformidad de las interpretaciones. En una invitación posterior, volveremos sobre el asunto de la variabilidad y daremos ejemplos sobre la idea del error experimental como otra fuente de variabilidad. Por supuesto, se podría diseñar un experimento mejor. Si sus estudiantes creen que la invitación es hasta el momento muy fácil, usted puede invitarlos a mejorarla. Sin embargo, se han originado problemas de muestreo y de control adecuado. Estos puntos se tratarán en otras invitaciones.

Al Estudiante: c) Hay células que *normalmente no contienen núcleo* y sin embargo viven un largo tiempo. Supongamos por un momento que nuestro experimento es correcto, o sea que en las células con un núcleo, existe algo en él que es indispensable para su supervivencia. ¿Cómo podrá explicar usted la longevidad y normalidad de las células que no poseen núcleo?

La posibilidad más extrema podría ser que las células sin núcleo poseen organizaciones muy diferentes que no requieren nada de lo que existe en el núcleo y que parece ser necesario para la supervivencia de las células que no poseen tal organización. Una posibilidad más conservadora podría ser la de que ese "algo" que exis-

te dentro del núcleo de las células nucleadas no está localizado dentro de los contornos de un núcleo definido en las células no nucleadas.

Al Estudiante: d) Un ejemplo interesante de células no nucleadas es el glóbulo rojo maduro humano. El núcleo se degenera durante el desarrollo de la célula. Aún ese "algo" que hay en el núcleo se degenera. Teniendo en cuenta esta información, ¿cuánto tiempo cree usted que podrían sobrevivir estas células?

Los eritrocitos tienen una supervivencia limitada, en promedio, alrededor de tres a cuatro meses.