

## **ANÁLISIS COMPARATIVO DE DISCURSO: LA HIPÓTESIS TERMODINÁMICA EN EL ESCRITO ORIGINAL DE C. ANFINSEN VS LA EXPLICACIÓN EN UN LIBRO UNIVERSITARIO**

*OSPINA QUINTERO, NATALIA<sup>1</sup>; MERINO, GRACIELA<sup>2</sup>; GALAGOVSKY, LYDIA<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> CeFIEC- Instituto de Investigaciones en Didáctica de las Ciencias Naturales y la Matemática. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires. Argentina.

<sup>2</sup> Facultad de Odontología. Secretaría de Ciencia y Técnica. Universidad de La Plata. La Plata. Argentina.

<sup>1</sup>nataliaospinaquintero@gmail.com; lyrgala@qo.fcen.uba.ar

<sup>2</sup>gmerino@isis.unlp.edu.ar

### **RESUMEN**

El libro de texto constituye una de las principales fuentes de consulta en el nivel universitario. La evolución de conocimientos científicos desplegada durante el siglo XX ha sido de tal magnitud que no siempre logra plasmarse comprensiblemente para un lector novato en el discurso de los textos. Esta situación ya ilustrada en análisis críticos de partes de libros de textos de escuela secundaria requiere aplicarse a contenidos de libros de enseñanza de los primeros años universitarios. El presente trabajo es una comparación crítica entre un texto universitario que presenta el tema de la desnaturalización reversible de la enzima ribonucleasa (RNcleasa) pancreática bovina y el respectivo artículo original escrito por C. Anfinsen y publicado en la Revista Science en 1973 que expone este caso de desnaturalización como sustento de lo que el autor denomina: “Hipótesis Termodinámica”. Los marcos teóricos para el análisis del discurso son: i- Coeficiente retórico de las explicaciones planteadas en cada texto. ii- Los tipos de razonamiento presentes en el texto. El objetivo del análisis de los respectivos textos es identificar qué tipo de estrategias discursivas presentan y sus implicancias didácticas y epistemológicas.

**Palabras clave:** explicación monologal, hipótesis termodinámica, libros de texto, desnaturalización de ribonucleasa.

## **MARCOS TEÓRICOS PARA EL ANÁLISIS DEL DISCURSO EXPERTO**

### **Las explicaciones que se dan en los libros son de tipo monologal**

El discurso de un texto de tipo explicativo se caracteriza porque tiende a hacer saber/conocer algo a su destinatario. Idealmente, además de descripciones presenta razones, motivos, causas y efectos.

Leal y Mígués (2001), señalan que las explicaciones de un texto son frecuentemente “monologales”. Una “buena explicación monologal” debería presentar conexiones entre los conceptos previos y los que se exponen, y anticipar las preguntas que podría llegar a formularse el lector. El cociente entre el número de ideas de apoyo de la explicación y el número total de ideas de la misma se conoce como coeficiente retórico.

Lo anterior supone que el autor del texto debe ponerse en el lugar del lector, y dirigirse a él con formas de razonamiento apropiadas, terminología de vocabulario y gráficos correctos que expliciten códigos utilizados, y eventualmente ayudas para contextualizar y/o para ayudar a la comprensión mediante analogías y metáforas.

### **Los tipos de lógica que subyacen a las inferencias explicativas**

En el presente apartado se describen brevemente tres tipos de razonamiento: la deducción, la inducción y la abducción, que permiten analizar las inferencias/conclusiones encontradas en las fuentes analizadas. Esta clasificación nos permitirá comparar de manera crítica las diferencias entre los argumentos puestos en consideración por C. Anfinsen a la comunidad de su época, en su artículo publicado en Science (Anfinsen, 1973), con la posterior versión explicativa encontrada en un libro de texto universitarios (Stryer, 1985).

La deducción es aquel modo de inferencia en el que la conclusión se sigue demostrativamente de las premisas, con lo que queda totalmente fundamentada por éstas (Diéguez, 2005). Esto quiere decir que entre las premisas y la conclusión existe una relación de necesidad: dada una información en las premisas necesariamente se llega a la conclusión. Ejemplo (Diéguez, 2005):

Premisa a: Todos los hombres son mortales

Premisa b: Sócrates es hombre

Por lo tanto; conclusión: Sócrates es mortal

La inducción es aquel modo de inferencia en el que la conclusión sólo obtiene de las premisas por un cierto grado de apoyo o de fundamentación (Diéguez, 2005). El esquema típico es la inducción por enumeración simple, que se basa en que una cantidad de hechos observados permiten llegar a una determinada conclusión, como por ejemplo:

Premisa a: Juan es ser humano y es mortal

Premisa b: Luisa es ser humano y es mortal

Premisa c: Antonio es ser humano y es mortal

Por lo tanto, conclusión: Todos los seres humanos son mortales.

La abducción, en el sentido más amplio, puede ser definida como una forma de razonamiento cuya conclusión es una hipótesis (Debrock, 1998). El ejemplo típico es:

Premisa a: Todas las canicas de esta bolsa son rojas.

Premisa b: Estas canicas son rojas.

Por lo tanto, conclusión: Estas canicas son canicas de esta bolsa.

La conclusión de un razonamiento por abducción sería que “hay una buena razón para suponer que el estado de cosas descripto es real”.

## **COMPARACIÓN ENTRE EXPLICACIONES ACERCA DE LA RIBONUCLEASA PRESENTADAS EN LAS DISTINTAS FUENTES**

A continuación se presentan algunos fragmentos que fueron escogidos para el análisis comparativo del discurso explicativo encontrado en el libro de texto universitario con respecto al planteamiento original de C. Anfinsen en su artículo de 1973.

### **Fragmentos del libro Bioquímica, segunda edición (Stryer, 1985):**

#### **Párrafo uno:**

*“[La ribonucleasa] contiene cuatro enlaces disulfuro que pueden ser irreversiblemente oxidados por medio del ácido per fórmico para dar residuos de ácido cisteico. Alternativamente, estos enlaces disulfuro pueden ser escindidos, de modo reversible reduciéndolos por medio de  $\beta$ - mercaptoetanol que forma disulfuros mixtos con las cadenas laterales de la cisteína”*

#### **Párrafo dos:**

*“En presencia de gran exceso de  $\beta$ - mercaptoetanol, los disulfuros mixtos son reducidos también, de modo que el producto final es una proteína en la cual los disulfuros (cistina) están completamente transformados en sulfhidrilos (cisteína). Se encontró, sin embargo, que la ribonucleasa, a 37 ° C y pH 7 no puede ser reducida fácilmente por el mercaptoetanol, a menos que la proteína sea parcialmente desplegada con agentes desnaturizantes del tipo de la urea o del clorhidrato de guanidina. Cuando se trató la ribonucleasa con  $\beta$ - mercaptoetanol en urea 8 M, el producto fue una cadena polipeptídica completamente reducida, arrollada al azar y sin ninguna actividad enzimática.”*

#### **Párrafo tres:**

*“Anfinsen hizo entonces la observación crucial de que la ribonucleasa desnaturizada, liberada de la urea y del  $\beta$ - mercaptoetanol por diálisis, recuperaba lentamente la actividad enzimática. Inmediatamente percibió el significado de este hallazgo casual: los sulfhidrilos del enzima desnaturizado quedaban oxidados por el aire y de esta forma el enzima se plegaba espontáneamente en una forma catalíticamente activa”.*

## **Fragmentos del artículo original (Anfinsen, 1973)**

### **Párrafo cuatro: *Hipótesis Termodinámica***

*“(…) Esta hipótesis establece que la estructura tridimensional de la proteína nativa en su medio fisiológico normal (solvente, pH, carga iónica, presencia de otros componentes como iones metálicos o grupos prostéticos, temperatura y otros) es aquella en la cual la energía libre de Gibbs de todo el sistema es la más baja. Esto es, que la conformación nativa está determinada por la totalidad de interacciones interatómicas y, por lo tanto, por la secuencia de aminoácidos, en un entorno dado.”*

### **Párrafo cinco: *El soporte de la “Hipótesis Termodinámica”***

*“Un experimento que nos dio particular satisfacción en relación con la traducción de información desde la secuencia de aminoácidos a la estructura nativa, tiene que ver con el re-arreglo de la llamada ribonucleasa “revuelta”<sup>1</sup>. Cuando a la proteína, totalmente reducida, con sus ocho grupos SH, se le permite re-oxidarse bajo condiciones de desnaturalización, tal como la existencia de una solución 8 M urea, se obtiene una mezcla de productos que pueden tener varios o todos los 105 isómeros de los enlaces disulfuros”.*

**Párrafo seis:** *“Esta mezcla es esencialmente inactiva – teniendo en el orden de un 1 % de la actividad de la enzima nativa-. Si la urea es removida y la proteína “revuelta” es expuesta a una pequeña cantidad de un reactivo que contenga un grupo sulfhidrilo tal como el mercaptoetanol, el intercambio de disulfuros toma lugar, y la mezcla eventualmente es convertida en un producto homogéneo, indistinguible de la ribonucleasa nativa. Este proceso es llevado a cabo por el descenso en energía libre cuando las conformaciones “revueltas” se convierten en la conformación nativa y estable del enzima”*

## **Análisis desde el punto de vista retórico**

En esta parte del análisis se hace con el objetivo de comparar cuál de los dos textos es más denso teóricamente en la explicación correspondiente, para esto tomamos como referencia el concepto de coeficiente retórico (Leal y Miguez, 2001):

$$\frac{\text{Número de ideas apoyo}}{\text{Número total de ideas (ideas informativas + Apoyos)}} = \text{Coeficiente retórico}$$

Un porcentaje alto denota que la explicación está más desglosada, es decir contiene mayor cantidad de ideas que la soportan, mientras que uno bajo estaría indicando lo contrario. En este apartado se analiza un párrafo de cada uno de los textos en estudio y se espera que el texto de nivel universitario presente un coeficiente retórico más alto que el artículo original.

La Tabla 1., muestra la clasificación de los distintos tipos de ideas por cada párrafo escogido.

---

<sup>1</sup> “Revuelta” es el adjetivo que utilizaba el científico y sus colaboradores para designar las conformaciones sin actividad enzimática que adopta la proteína.

Párrafo uno [Libro Bioquímica, Segunda edición]	Ideas informativas	2
	Ideas apoyo	1
Párrafo cuatro [Artículo original, (Anfinsen, 1973)]	Ideas informativas	2
	Ideas apoyo	2

*Tabla 1. Ideas apoyo e informativas de un párrafo de cada texto.*

Según lo presentado anteriormente, el coeficiente retórico de cada uno de los párrafos es, para el caso del párrafo uno: 0,5 y del párrafo cuatro: 1; esto sugiere que contrario a lo que se pensaba, el discurso en el libro (por lo menos en el párrafo analizado) puede llegar a ser más denso y contener mayor cantidad de información que la propuesta original.

### **Análisis desde la lógica que subyace las inferencias presentadas en los textos**

Otro rasgo que hace parte del análisis tiene que ver con la lógica que subyace a las conclusiones presentadas en cada tipo de texto, esto se refiere a la naturaleza de las inferencias, a este respecto, por ejemplo, en el libro de Bioquímica universitaria, luego de la presentación de los experimentos, consignados en los párrafos: uno, dos y tres, se lleva a la siguiente inferencia:

*Estos experimentos demostraron que la información necesaria para especificar la estructura compleja tridimensional de la ribonucleasa está contenida en su secuencia de aminoácidos. Estudios subsiguientes en otras proteínas han establecido la universalidad de este principio que es uno de los pilares centrales en la biología molecular: la secuencia específica la conformación.*

A fin de analizar el fragmento de texto anterior se divide en dos oraciones:

1. Estos experimentos demostraron que la información necesaria para especificar la estructura compleja tridimensional de la ribonucleasa está contenida en su secuencia de aminoácidos.
2. Estudios subsiguientes en otras proteínas han establecido la universalidad de este principio que es uno de los pilares centrales en la biología molecular: la secuencia específica la conformación.

Con respecto a la primera oración, se puede afirmar que se trata de una explicación tipo causa-efecto (Arnoux et al., 2002), esto quiere decir, que dados ciertos hallazgos experimentales, se llega a una única conclusión en relación con el fenómeno estudiado, lo cual desencadena en una estructura similar a aquellas de tipo deductivo, es decir, las inferencias que guardan una relación de necesidad entre las premisas y la conclusión. Dicho razonamiento deductivo se puede reconstruir de la siguiente manera:

Premisa a. La ribonucleasa es desplegada por urea 8M y los enlaces disulfuro de ésta son reducidos por acción del  $\beta$ -mercaptoetanol, en estas condiciones la proteína es desnaturalizada.

Premisa b. Cuando la proteína es liberada por diálisis de la urea y del  $\beta$ -mercaptoetanol, los sulfhidrilos del enzima desnaturalizado quedan oxidados por el aire y la proteína recupera su actividad enzimática.

Por lo tanto

Conclusión [Inferencia uno]. La información necesaria para especificar la estructura compleja tridimensional de la ribonucleasa está contenida en su secuencia de aminoácidos.

En cuanto a la segunda oración: Estudios subsiguientes en otras proteínas han establecido la universalidad de este principio que es uno de los pilares centrales en la biología molecular: la secuencia especifica la conformación; se identifica una estructura netamente inductiva, específicamente inductiva por enumeración simple, ya que da entender que dadas varias observaciones en proteínas diferentes el principio presentado es universal y además constituye un dogma de la Biología Molecular.

Siguiendo con esta línea de análisis, pero enfocada a las afirmaciones consignadas en el artículo original de C. Anfinsen, concretamente a su “Hipótesis Termodinámica”; consignada en el párrafo cuatro.

Se puede afirmar que guarda una estructura más parecida a la inferencia abductiva, esto se justifica mediante dos razones, en primer lugar porque como se expuso anteriormente en los marcos teóricos, la conclusión que sigue de un razonamiento abductivo es una hipótesis; concretamente, la hipótesis termodinámica.

En este caso, el “número de hechos conocidos” sería el reconocimiento para la época por parte de la comunidad de varios conceptos y teorías científicas como: interacciones interatómicas, estructura de las proteínas, relaciones entre las funciones de estado termodinámicas y condiciones fisiológicas de la proteína.

El estado de cosas, correspondería a los resultados arrojados por el experimento, es decir, el hecho que la proteína recobra su actividad mediante unas condiciones dadas, se puede explicar acudiendo al “número de hechos conocidos” presentado anteriormente.

## CONCLUSIONES

El análisis desde el punto de vista retórico, con la ayuda de lo que se conoce como *coeficiente retórico* es una herramienta que permite determinar la densidad de información presente en diferentes textos. En este trabajo se evidencia que el texto original (Anfinsen, 1973) provee explicaciones que presentan mayor número de razones que sustentan las ideas científicas expuestas por el autor.

En lo concerniente al análisis de los párrafos del libro de texto universitario (Stryer, 1985) se identifica la presencia de un gran número de ideas informativas que se acompañan de razones o ideas de apoyo que permitan la comprensión de la explicación en su totalidad, lo cual aumenta la complejidad para un lector novato.

Otro de los hallazgos en este estudio tiene que ver con el tipo de lógica que subyace a los textos analizados, a este respecto podemos decir que detrás del libro de texto universitario se promueve una visión de ciencia de tipo hipotético – deductivo; esto implica que la ciencia se construiría mediante la formulación de afirmaciones que se han de contrastar a partir de diseños experimentales, estableciendo un orden en la dinámica de la ciencia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arnoux, E., Di Stefano, M., & Pereira, C. (2002). *La lectura y la escritura en la universidad*. Buenos Aires: Eudeba.

Debrock, G. (1998). El ingenioso enigma de la abducción. *Analogía filosófica: revista de filosofía, investigación y difusión*, 12(1), 21-40.

Diéguez, A. (2005). *Filosofía de la ciencia*. Biblioteca Nueva.

Leal, F., & Miguel, E. S. (2001). La explicación verbal: problemas y recursos. *En Didáctica universitaria* (pp. 199-230). La Muralla.

Stryer, L. (1985). *Bioquímica* (Segunda Edición). Reverté. España.