

La producción del símbolo en el discurso científico: estudio de los textos sobre la estructura para la molécula de ADN

NUBE ESTRADA ZEPEDA

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (México)

Abstract

En este trabajo reflexionamos sobre los procesos de producción de símbolos en el discurso científico, especialmente nuestro interés ha sido el de la «estructura de la molécula del ácido desoxirribonucleico (ADN)» por su importancia en la historia de la biología molecular. Queremos demostrar que en la comunicación de la ciencia ocurren procesos similares a los que tienen lugar en los ámbitos social, cultural y político, que resultan en símbolos que encierran una constelación de ideas o conceptos. A diferencia de los acercamientos en donde se tiende a considerar que los diferentes textos que conforman un mismo discurso o tema científico son independientes entre sí y que incluso se diferencian porque unos son más educativos y otros más especializados, sostenemos, basándonos en las ideas de C. S. Peirce, que los textos que forman parte de un discurso científico se relacionan entre sí como los interpretantes que se explican unos a otros. La relación entre los textos de un mismo discurso científico es tal, que solamente en su continuidad podemos rastrear el desarrollo que desemboca en la simbolización tanto verbal como visual del contenido. Por otro lado, teniendo presente las ideas de J. L. Lemke sobre la «multiplicación del significado» (multiplying meaning) en el discurso científico, consideramos que esta simbolización es un efecto de la retroalimentación entre los diferentes recursos de las semióticas visual y verbal en un texto científico para crear un significado conjunto, y también de que cada texto no está aislado, sino que forma parte de esa cadena de textos (o interpretantes como hemos dicho), todos referidos a un mismo objeto que corresponde en este caso al tema científico. La pertinencia de este trabajo reside en que se suma a las investigaciones que apuntan a la idea de que el carácter de nuestro pensamiento y la generación de conocimiento son indisolubles de la tendencia a producción de símbolos.

En este trabajo proponemos que así como en el ámbito de la publicidad, arte, política, en la ciencia también ocurren procesos de creación de símbolos cuya interpretación conlleva determinados pasos de decodificación. A través de los textos científicos que versan sobre un mismo tema, se pueden identificar diferentes momentos de una «historia» de representación que desemboca en símbolos que tienen un componente verbal y uno visual. Por esta razón, sostenemos que en este tipo de textos la relación entre el *vehículo del signo* y el *objeto* es simbólica, utilizando términos de Peirce.

Consideramos que el tema de la dilucidación de la estructura de la molécula de ácido desoxirribonucleico (ADN) por James Watson y Francis Crick, en el marco de la historia de la biología molecular y la genética, puede ser muy ilustrativo para estudiar el proceso discursivo que desemboca en símbolos multimodales.

Analizamos cuatro textos de Watson y Crick, los primeros dos artículos publicados en 1953, en *Nature* i. e., «Molecular Structure of Nucleic Acids» y «Genetical Implications of the Structure of Deoxyribonucleic Acid»; y dos libros en donde solamente Watson participa, *Molecular Biology of the Gene*, un libro de texto, y *DNA: The Secret of Life*. De acuerdo a sus características (tipo de publicación, público meta, objetivos) los dividimos en dos categorías, a la primera la identificamos como «discurso científico especializado», (donde se encuentran los dos primeros) y a la segunda como «discurso científico educativo» (para los dos segundos).

A partir del análisis de todos los textos que incluyera los recursos lingüísticos y visuales se pudo detectar que están conectados (si bien cada uno es autosuficiente para crear sentido), porque crean en conjunto una serie de símbolos que para Watson y Crick representaban las características esenciales de su modelo de estructura.

1. METODOLOGÍA

Para analizar los textos hemos tenido como referente el trabajo desarrollado por J. L. Lemke, especialmente el que versa sobre 1) la interacción de los recursos de los sistemas semióticos en un texto, que llama multimodal, (con la consideración de que en cualquier acto de comunicación se llevan a cabo las funciones *ideacional* o *presentacional*, *interpersonal* y *textual*); y 2) el que le ha permitido explicar el proceso de creación de significados, es decir, para Lemke, éste no consiste en la suma del significado de una palabra más el de otra y así sucesivamente, sino en establecer relaciones semánticas entre los significados de las palabras, a los cuales llama *ítems temáticos*. Esto tiene un par de consecuencias, primero que el contenido de un texto se puede expresar en términos de un conjunto de relaciones semánticas que crean un *patrón*. Segundo, que todos los textos que traten sobre un mismo tema tendrán el mismo patrón temático.

Al seguir esta metodología aprendida en los análisis que hace Lemke, se hizo una pequeña variación, una vez que se obtuvo el patrón de relaciones semánticas entre los ítems, se puso atención en la manera como cada texto establecía la relación entre el componente visual y lingüístico para establecer las relaciones. Se encontró que las diferentes maneras de hacerlo tienen efecto en la naturaleza final de los símbolos creados.

El patrón de relaciones semánticas permite tener una idea más clara del contenido de los textos, es decir, en términos de «unidades» para un análisis que revele en qué puntos el

texto hace la conexión con una imagen. De esta manera se puede seguir el proceso de creación de símbolos que tienen un componente visual y otro verbal, el cual permite representar a la molécula del ADN a los ojos de los productores de los textos.

En el conjunto de textos de Watson y Crick centramos el análisis en la línea temática que llamamos «modelo para la estructura de la molécula del ADN». Este tema trata de la explicación de la forma que tiene el ADN y cómo están organizados sus elementos esenciales. El patrón temático lo expresamos de la siguiente manera: «el ADN tiene la característica de tener dos cadenas helicoidales que giran alrededor del mismo eje» (atributo); «las dos cadenas están compuestas de los grupos azúcar y fosfato» (composición, i. e., parte/todo); «las bases (adenina, timina, guanina y citosina) se encuentran al interior de la hélice» (localización); «las dos cadenas de la estructura están unidas por enlaces de hidrógeno entre los pares de bases» (atributo); «los pares de bases mantienen las dos cadenas unidas» (agencia); «las dos cadenas helicoidales o el esqueleto de la hélice es una secuencia regular de grupos azúcar-fosfato» (atributo); «la secuencia de las bases a lo largo de una cadena es irregular» (atributo); «en la estructura la adenina siempre se aparea con la timina y la guanina con la citosina» (atributo).

2. HALLAZGOS

El primer texto de Watson y Crick «Molecular Structure of Nucleic Acids» esencialmente es el anuncio de que ya habían llegado a una estructura para la molécula del ADN. Consta de una imagen que es calificada por los autores como «muy esquemática». Después de una breve introducción en la que hablan de otro par de propuestas y de las razones por las cuales no son satisfactorias, inician la explicación de su estructura.

De acuerdo al análisis de las relaciones semánticas podemos decir que, el punto en el texto verbal en que el productor inserta la llamada que hace la conexión con la figura es cuando se atribuye a la estructura del ADN la propiedad de tener dos cadenas helicoidales que giran alrededor del mismo eje: «*This structure has two helical chains each coiled round the same axis (see diagram).*» Su nota al pie da instrucciones de «lectura», i. e., «*this figure is purely diagrammatic. The two ribbons symbolize the two phosphate—sugar chains, and the horizontal rods the pairs of bases holding the chains together. The vertical line marks the fibre axis.*» Esto restringe bastante los sentidos que podría originar la visualización de la figura, la cual es «analítica», es decir, muestra los componentes esenciales de la estructura del ADN y cómo se relacionan entre sí. (Kress, G. & van Leeuwen, T. 1998)

Otro antecedente importante que deja este primer artículo de Watson y Crick es la relación de identificación entre ítems temáticos que son CADENAS FOSFATO-AZÚCAR y PARES DE BASES con componentes visuales, i. e., las cintas y las barras horizontales, respectivamente.

Ahora, en el siguiente artículo publicado en *Nature*, «Genetical Implications of the Structure of Deoxyribonucleic Acid», se introducen dos tipos distintos de imagen, estos cambios



This figure is purely diagrammatic. The two ribbons symbolize the two phosphate—sugar chains, and the horizontal rods the pairs of bases holding the chains together. The vertical line marks the fibre axis.

son el resultado de la utilización de los sistemas de representación en química (fórmula química, elementos químicos en términos de sus átomos que son identificados mediante círculos).

El primero se utiliza para enfocarse en las cadenas helicoidales, (su composición y el orden de sus elementos químicos, aún cuando sean señalados por términos lingüísticos) asociada a la noción de «fórmula química».

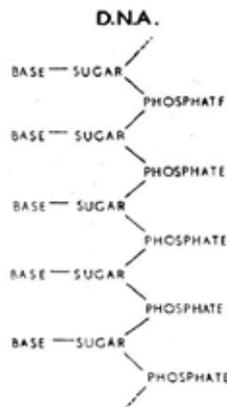


Fig. 1. Chemical formula of a single chain of deoxyribonucleic acid

Así, en la siguiente imagen (figura 1) se enfocan los componentes de las cadenas helicoidales y se asocia con el concepto de «fórmula química» mediante la nota al pie y el texto verbal con el que se relaciona, i. e., «*The chemical formula of deoxyribonucleic acid is now well established. The molecule is a very long chain, the backbone of which consists of a regular alternation of sugar and phosphate groups, as shown in Fig.1.*»

Enseguida, la figura 2 es la misma que los autores utilizaron en el artículo anterior, también está relacionada con la parte del texto verbal que codifica la característica de las dos

cadenas que giran alrededor del mismo eje; y con una nota al pie que indica, entre otras cosas, que las dos cadenas están compuestas de azúcar y fosfato.



Fig. 2. This figure is purely diagrammatic. The two ribbons symbolize the two phosphate-sugar chains, and the horizontal rods the pairs of bases holding the chains together. The vertical line marks the fibre axis

La siguiente figura (que es la número 3) muestra la fórmula química de las dos cadenas. Con el antecedente del texto verbal (y el de la figura 1) en donde se establece que los componentes de las cadenas helicoidales son los grupos azúcar y fosfato, se pueden conectar las figuras 1, 3 y 2, sabiendo que son

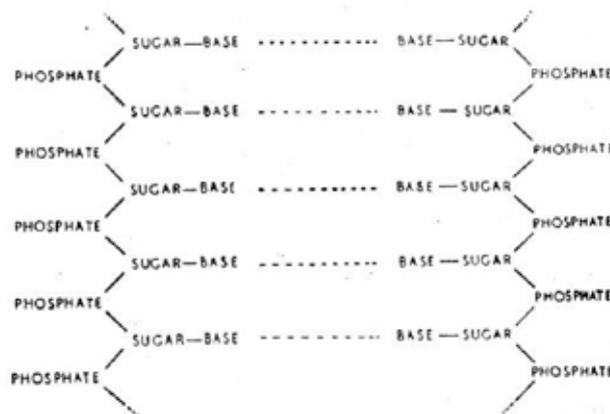


Fig. 3. Chemical formula of a pair of deoxyribonucleic acid chains. The hydrogen bonding is symbolized by dotted lines

diferentes tipos de representaciones, pero que aún están motivadas por un mismo «objeto» (la molécula de ADN en cuanto a su forma y composición). Esta figura 3, con su nota al pie «*chemical formula of a pair of deoxyribonucleic acid chains. The hydrogen bonding is symbolized by dotted lines*», interactúa con la parte de texto verbal que codifica el atributo de que las dos cadenas están unidas por enlaces de hidrógeno entre las bases. Así que, en esta interacción se focalizan los

enlaces entre las bases, tanto en el sistema lingüístico como en el sistema visual, por lo cual se establece la asociación entre el enlace de hidrógeno (como un ítem o concepto) con una representación visual de la fórmula química de las dos cadenas del ADN.

Las últimas dos figuras de este mismo artículo responden a otro tipo de representación, que muestra el detalle de la unión entre los pares de bases posibles en el ADN (en términos de átomos que corresponden a círculos señalados por los símbolos de los elementos químicos), y los enlaces entre ellos (que corresponden a líneas).

Estas dos figuras se relacionan con el punto temático codificado en el texto verbal sobre los pares de bases que se pueden formar en la molécula de ADN, lo cual constituye una nueva información que se agrega a la representación del tema «modelo para la estructura del ADN», a su vez asociada con un tipo particular de representación.

Por otra parte, estas figuras (4 y 5) aún se relacionan con la anterior (3) porque si bien cambia el tipo de representación se puede seguir identificando los enlaces de hidrógeno.

Ahora continuaremos con el seguimiento de la representación del tema «modelo para la estructura de la molécula de ADN» a través del sistema lingüístico y visual en los dos textos que conforman el grupo «discurso científico educativo».

En el libro de texto *Molecular Biology of the Gene* destaca el uso de fotografías además de esquemas abstractos. Estos dos se corresponden con el contenido en el texto que versa sobre el quehacer científico (a través de cláusulas y complejos de cláusula de participantes relacionados con procesos, que reflejan las actividades de los científicos que trabajaban en el problema de la estructura de la molécula del ADN) y con el contenido que consiste en la formulación de los conceptos de la disciplina.

En el punto del texto verbal en que se codifica la relación atributiva de las dos cadenas helicoidales enrolladas entre sí, se inserta la llamada (indirecta) a las figuras 9-4 y 9-5 utilizando paréntesis. Estas son las figuras que en realidad consisten en fotografías, la primera es un modelo «espacial» del ADN (cuya nota al pie identifica las esferas con los átomos) y la segunda, es la fotografía de los rayos-X obtenida por Rosalind Franklin, la cual es famosa porque permitió a Watson y Crick explicar la estructura del ADN (de acuerdo a la información en la nota al pie). Estas hacen referencia a la actividad de los científicos, trabajando por resolver el problema de la estructura.

Así que hasta este punto, además de esquemas abstractos (excepto por la primera figura que usan Watson y Crick que es más figurativa) que se hacen corresponder con el punto de la característica de las dos cadenas helicoidales, tenemos fotografías, esto ocurre cuando se

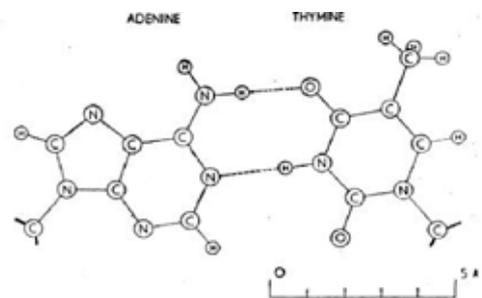


Fig. 4. Pairing of adenine and thymine. Hydrogen bonds are shown dotted. One carbon atom of each sugar is shown

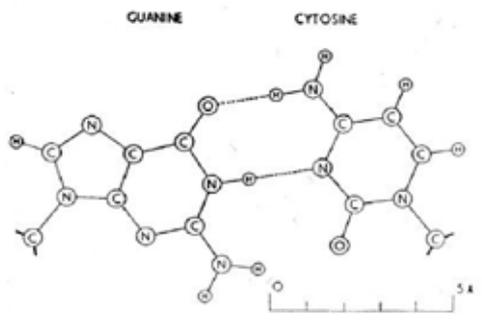
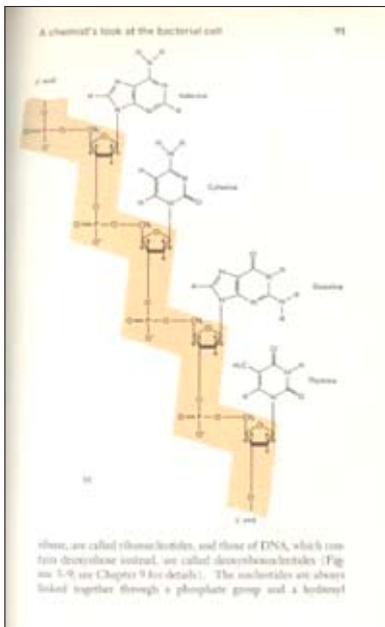
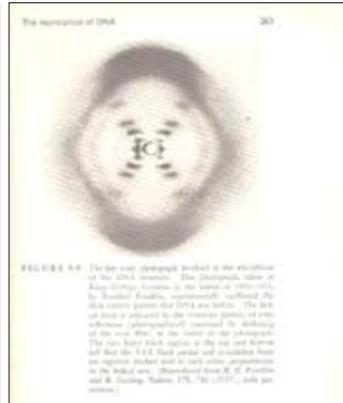
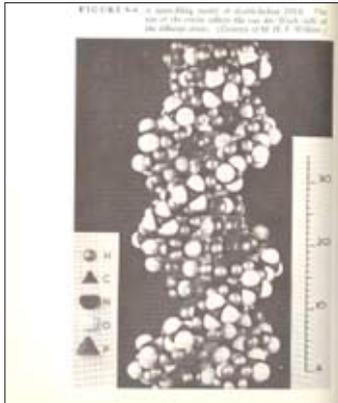


Fig. 5. Pairing of guanine and cytosine. Hydrogen bonds are shown dotted. One carbon atom of each sugar is shown



introduce un cambio en el tipo de contenido que quiere reflejar en qué consiste el hacer científico.

En este recorrido a través de los textos, es la primera vez que vemos un modelo tridimensional de la molécula, y justamente en un libro de texto. De acuerdo al texto verbal y a las notas al pie, la característica de ser helicoidal interactúa con

lo que aparece en las fotografías. La incorporación de la fotografía del modelo espacial, es uno de los primeros pasos en la introducción de otro tipo de representación que refleja mejor el modelo en tres dimensiones que concibieron Watson y Crick.

La siguiente imagen de este texto también se explica por un sistema de representación en química. Está relacionada con el punto del texto verbal que codifica la relación de identificación entre cadena y polinucleótido (un término más específico dentro de la disciplina). Si bien a simple vista (y pensando en un lector lego) no se puede detectar un parentesco con la figura que utilizaron Watson y Crick en su primer artículo (en cuanto a que ésta representa una de las cadenas helicoidales y la mencionada figura representaba en forma más figurativa las dos), es posible hacerlo a través de la relación con el

sistema lingüístico. Primero, en la nota al pie^[1] se dan los siguientes elementos: «*The structure of some biological macromolecules. The backbones are shown in color. c) A portion of the polynucleotide chain of a deoxyribonucleic acid.*» Así que, el esquema se tiene que leer como la estructura de una porción de la cadena polinucleótida de un ácido desoxirribonucleico, que incluye los grupos azúcar y fosfato de una cadena que en realidad es el esqueleto.

Por otro lado, esta imagen trata de una forma más específica de representación donde se pueden distinguir las estructuras químicas de las bases, de los azúcares y los fosfatos. La detección de las primeras es más sencilla, por las etiquetas «*adenine*», «*cytosine*», «*guanine*» y «*thymine*», pero la de los otros dos grupos químicos requiere mayor conocimiento, porque a diferencia de las bases, no se señalan mediante términos lingüísticos. El rasgo que ayuda a

[1] En la nota original del libro se dan indicaciones para una imagen que está dividida en tres partes, señaladas por los incisos (a), (b), (c). Solamente tomamos la primera parte de la cita que es válida para las tres secciones y la parte que corresponde solamente a (c), que es la estructura de una porción cadena de ácido desoxirribonucleico. Esto ocurre porque la figura a la cual hace referencia la parte del libro que analizamos, aparece en un capítulo anterior.

integrar esta representación a las que ya hemos visto, como diferentes aspectos de la molécula de ADN, es el señalamiento del esqueleto en color. En «Genetical Implications of the Structure of Deoxyribonucleic Acid», al principio de la descripción de la estructura de la molécula, se introduce la noción de esqueleto («*backbone*») en términos de una alternancia regular de grupos fosfato y azúcar, y se asocia con la figura 1, donde se visualiza la fórmula química de una sola cadena de ADN.

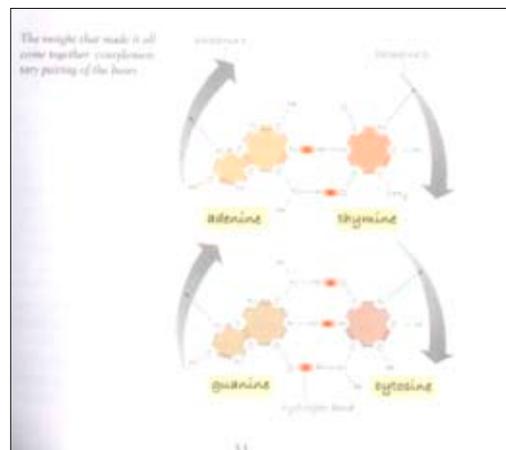
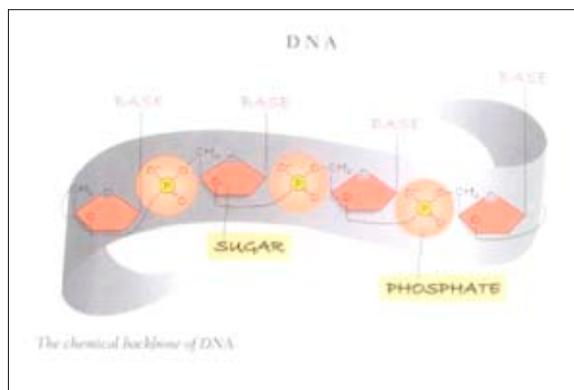
Llegamos al último texto de nuestro corpus, *DNA: The Secret of Life*, de nuevo encontramos dos tipos de imágenes, unas son fotografías (de los científicos y evidencias experimentales) y otras son esquemas. También encontramos que están asociadas a dos tipos de contenido, sobretudo porque este texto es la historia de cómo Watson y Crick llegaron a la estructura doblemente helicoidal del ADN, por ello, destacan de manera importante cláusulas y complejos de cláusula de participantes relacionados con procesos en circunstancias específicas; en este desarrollo narrativo se van estableciendo las relaciones entre los conceptos del tema de la estructura de la molécula de ADN.

La relación entre las imágenes y el texto verbal se establece de manera muy laxa, no hay llamadas de ningún tipo para que en un punto determinado el lector se refiera a ellas.

La imagen de la página 52 en el texto original conjuga dos maneras de representar que ya se han visto en este recorrido, tiene algún rasgo figurativo, y también tiene características del tipo de representación más abstracto usado para los elementos en química, como vimos en el libro de texto.

Sobre un segmento de lo que se alcanza a distinguir es media vuelta de una cadena helicoidal, se superimponen las estructuras químicas de las bases, el azúcar y el fosfato. De nuevo, se puede incorporar esta imagen a la serie de representaciones de la estructura de la molécula de ADN por efecto de la identificación que ocurre por la interacción entre la imagen y su nota al pie «*the chemical backbone of DNA*» (el «*backbone*») es un elemento que sirve para relacionar las imágenes a través de los textos, porque se señala en cada representación), y por las etiquetas «*base*», «*sugar*», y «*phosphate*» que señalan determinadas regiones que corresponden a determinados ítems temáticos o conceptos.

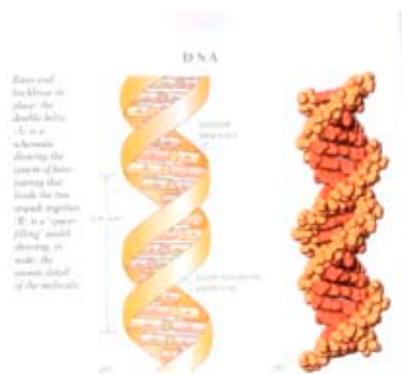
En la siguiente imagen también se conjugan elementos del tipo de representación figurativa (como en la figura del primer artículo de Watson y Crick) con elementos del sistema de representación de la estructura de



los elementos químicos en la disciplina. La imagen trata de las uniones de los pares de bases, pero al incluir y señalar los dos esqueletos (que son las dos cadenas helicoidales) rodeando a las bases, nos damos cuenta de que equivaldría a una vista desde arriba de la molécula. Por eso difiere de la representación de los pares de bases en «*Genetical Implications of the Structure of Deoxyribonucleic Acid*». Ya que, a pesar del detalle en la representación se dan claves para que no se pierda el referente de la estructura de la molécula como un todo.

El punto culminante de la representación del tema de la estructura del ADN lo encontramos en la imagen de la página 54 en el original. Ésta entraña las características sobresalientes de la estructura de la molécula de ADN que fueron vistas tanto en figuras abstractas como en otras más figurativas.

En dicha imagen se colocan lado a lado, dos versiones del modelo doblemente helicoidal de la estructura de la molécula de ADN. La que está señalada por el inciso A) integra la visualización de las bases, señaladas con su inicial (A, T, G, C) y es más abstracta que la señalada por el inciso B), que es un modelo espacial integrado de esferas que corresponden a los átomos. Lo interesante es que, el hecho de colocarlas lado a lado, es una forma de conectar las representaciones abstractas con aquellas más figurativas de la molécula de ADN, que van apareciendo en circunstancias discursivas determinadas, lo cual favorece que el lector unifique las representaciones del objeto en cuestión para que tenga una mejor idea de él.



3. CONCLUSIÓN

Lo que hemos visto en este trabajo, es que a partir de que Watson y Crick llegaron al modelo doblemente helicoidal de la molécula de ADN, en las diferentes publicaciones, llevaron a cabo un proceso de representación de la estructura de la molécula de ADN, específicamente, para transmitir cuál es la forma y cómo se integran sus componentes.

En este proceso aparecen diferentes representaciones cuyas características se explican por los diferentes sistemas representacionales en química (fórmulas químicas; estructura de los elementos; modelos espaciales) que aparecen en textos que son de distinta naturaleza (que van desde los más especializados a los más educativos). Las representaciones mantienen un lazo gracias a la interacción de los dos sistemas semióticos.

La forma como los textos establecen la relación entre el texto verbal y el componente visual, pone de manifiesto que ocurren varios pasos de codificación muy regulados en la historia de la representación, en el sentido de que se dice en los textos «qué se ve en la imagen» asociado a un sistema de representación más adecuado, y con qué punto temático se relaciona.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Kress, Gunther & Leeuwen, Theo van (1998): *Reading Images*. London, Routledge.
- Lemke, J.L. (1994): «Semiotics and the Deconstruction of Conceptual Learning»
- (1997): *Aprender a hablar ciencia*. Barcelona: Paidós.
- (1998): «Multiplying Meaning», *Reading Science*, London: Routledge, pp 87-113.
- Sáenz-Ludlow, Adalira (2002): «Sign as a Process of Representation: A Peircean Perspective», *Representations and Mathematics Visualization*, PME-NA XXIV, Georgia Center for Continuing Education, 277-296.
- Watson, J. D., (1965): *Molecular Biology of the Gene*. Benjamin Inc., New York.
- Watson, J. D. & Andrew Berry, (2004): *DNA: The Secret of Life*. Knopf Publishing Group.
- Watson, J. D., & Crick, F. H. C. (1953): «Molecular Structure of Nucleic Acids». *Nature* 171, 737-738.
- (1953): «Genetical Implications of the Structure of Deoxyribonucleic Acid». *Nature* 171, 964-967.