



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

EL PAPEL DE LA IMAGEN EN LA ENSEÑANZA - APRENDIZAJE DE LA
BIOLOGÍA. ANÁLISIS DE LAS ILUSTRACIONES DE CÉLULA EN LOS
TEXTOS OFICIALES DE SECUNDARIA BAJO LOS CRITERIOS COGNITIVOS
Y CITOLÓGICOS.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
B I Ó L O G A
P R E S E N T A :
ALINE BERDICHEVSKY FELDMAN



DIRECTORA DE TESIS: DRA. MARÍA DEL CARMEN SÁNCHEZ MORA

m. 344570

2005

DIVISION DE ESTUDIOS PROFESIONALES



FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Aline Berdichevsky

FECHA: 30 mayo 2005

FIRMA: Aline Berdichevsky

ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito:
EL PAPEL DE LA IMAGEN EN LA ENSEÑANZA - APRENDIZAJE DE LA BIOLOGIA. ANÁLISIS DE LAS ILUSTRACIONES DE CÉLULA EN LOS TEXTOS OFICIALES DE SECUNDARIA BAJO LOS CRITERIOS COGNITIVOS Y CITOLÓGICOS.

realizado por ALINE BERDICHEVSKY FELDMAN

con número de cuenta 09650387-0 , quien cubrió los créditos de la carrera de: BIOLOGIA

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis DRA. MARÍA DEL CARMEN SÁNCHEZ MORA
Propietario

Propietario M. EN C. ALEJANDRO MARTINEZ MENA

Propietario M. EN A. ALDI DE OYARZABAL SALCEDO

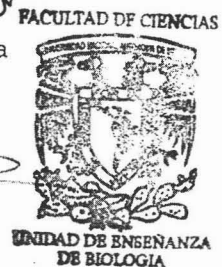
Suplente DRA. LAURA BARRAZA LOMELI

Suplente DR. LUIS FELIPE JIMENEZ GARCIA

Maria del Carmen Sanchez Mora
Alejandro Martinez Mena
Aldide Oyarzabal
Laura Barraza Lomeli
Luis Felipe Jimenez Garcia

Consejo Departamental de Biología

Juan Manuel Rodriguez Chavez
M en C. JUAN MANUEL RODRIGUEZ CHÁVEZ



AGRADECIMIENTOS

A Pepe y Debbie por su amor, apoyo, paciencia y porque su ejemplo me inspira a ser una mejor persona. Les dedico esta tesis.

A Karla y Sandra por seguir compartiendo sus vidas conmigo. Las adoro y adoraré a sus alpistitos.

A mi familia por su motivación.

A mis amigos incondicionales: a los que conozco por mis queridas tías y a las que se volvieron *las tías*, a las que he tenido la suerte de disfrutar desde la primaria y prepa, a los que conocí en la facultad y con los que aprendí de biología, y alguno que otro paso de baile y a los que recientemente he llegado a querer.

A Carmen por demostrarme siempre tu interés y sobre todo por guiarme a través de un camino poco explorado y complejo, desde el planteamiento de la tesis.

A mis sinodales Alejandro, Laura, Luis Felipe y Aldi por sus valiosos comentarios para mejorar este trabajo. En especial, agradezco a Luis Felipe por aclarar mis dudas a través de un microscopio electrónico durante el establecimiento de los criterios de análisis citológicos de la tesis y a Aldi por su tiempo y conocimiento que me sirvió para mejorar notablemente la tridimensionalidad en mi propuesta.

A las editoriales por obsequiarme sus libros de texto, los cuales espero hayan recibido críticas constructivas.

RESUMEN

Este trabajo surge como respuesta a una de tantas problemáticas en la enseñanza-aprendizaje de la biología en nuestro país y particularmente al notar la dificultad que presentan los estudiantes de secundaria en la comprensión del concepto de célula. Por otro lado, al reconocer que dicho concepto, básico en la biología, requiere de un aparato didáctico especial dentro del cual la representación iconográfica resulta un aspecto clave, se decidió analizar los componentes de los libros de texto oficiales del nivel medio básico haciendo un particular énfasis en las ilustraciones de célula.

El análisis se realizó con base en criterios cognitivos y citológicos, los cuales se derivaron de los siguientes fundamentos teóricos. Por un lado, se tomó en cuenta a la cognición visual, a los principios de organización perceptual de la Gestalt y a la estrategia de diseño de la “diferencia mínima efectiva” (DME) empleada en las presentaciones de datos. Por otro lado y bajo el enfoque constructivista, se consideraron los resultados de la investigación en enseñanza - aprendizaje de la ciencia, esto es, en primer lugar a las ideas previas y confusiones de los estudiantes de secundaria y a los errores conceptuales presentes en libros de texto de biología sobre la célula y en segundo lugar, al modelo de selección organización e integración (SOI) sobre el aprendizaje a partir de imágenes y texto. Finalmente, esta investigación también queda enmarcada dentro de la alfabetización visual.

Los resultados obtenidos a partir del análisis de los componentes de los libros oficiales de texto para secundaria: las ilustraciones, el texto principal, los rótulos y las etiquetas, se agruparon en tres categorías: el contenido biológico, los aspectos formales o de diseño y la reproducción de la misma ilustración.

Al revisar el contenido biológico en los componentes de los textos de manera individual se encontraron concepciones que se consideraron inadecuadas ya que coincidían con las confusiones e ideas previas de los estudiantes de secundaria, tenían una carga antropocéntrica o eran obsoletas. Por otra parte, al analizar la correspondencia entre los componentes de los textos, en cuanto a su contenido biológico, se identificaron las siguientes relaciones negativas: apoyo a concepciones inadecuadas, contradicciones, ausencia de algún elemento pertinente y uso de terminología incongruente.

En cuanto al análisis de los aspectos formales, de acuerdo a los principios de la Gestalt, al principio de contigüidad y a la estrategia de la DME existe evidencia de que la compaginación entre el texto principal y las figuras así como el diseño de las ilustraciones puede mejorarse para contribuir a que su “lectura” sea óptima.

Por otra parte, se encontró que ciertas ilustraciones estaban repetidas en el mismo texto, en libros de distintas editoriales e incluso en libros universitarios. Al comparar entre sí estas reproducciones de la misma célula resultó que en algunos casos el contenido biológico se tornaba erróneo o se perdía información importante para la interpretación de la ilustración durante el proceso de reproducción.

Para concluir la investigación se elaboró una propuesta de ilustración de la célula con base en los criterios analizados.

ÍNDICE

CAP. 1. LA COGNICIÓN VISUAL y LAS IMÁGENES	1
1.1 LA COGNICIÓN VISUAL.....	1
1.1.1 Definición	1
1.1.2 La importancia de la cognición visual	4
1.2 LAS IMÁGENES.....	5
1.2.1 La imagen en el arte.....	5
1.2.1.1 La teoría de la Gestalt.....	5
1.2.2 La imagen en la ciencia.....	8
1.2.2.1 La ilustración científica.....	8
1.2.2.2 La diferencia mínima efectiva.....	10
1.2.3 La imagen en la enseñanza-aprendizaje de la ciencia.....	14
1.2.3.1 El modelo de Selección Organización e Integración.....	15
1.2.3.2 La alfabetización visual.....	16
CAP. 2. LA APROPIACIÓN DEL CONCEPTO DE CÉLULA.....	18
2.1 TENDENCIAS ACTUALES EN LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA.....	18
2.1.1 El constructivismo y las ideas previas.....	18
2.1.2 El papel de la observación en la ciencia y su enseñanza - aprendizaje.....	21
2.1.3 El papel del concepto de célula dentro de la biología.....	23
2.1.4 Las ideas previas y confusiones sobre la célula.....	23
CAP. 3. LOS LIBROS DE TEXTO.....	26
3.1 LOS COMPONENTES DE LOS LIBROS DE TEXTO	26
3.1.1 Las imágenes.....	26
3.1.2 Las leyendas: los rótulos y las etiquetas verbales.....	28
3.1.3 Los grafismos.....	28
3.2 EL PAPEL DEL LIBRO DE TEXTO EN LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA	29
3.2.1 El tratamiento de la célula en los libros de texto.....	30
3.3 LOS LIBROS DE TEXTO EN LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA EN SECUNDARIA EN MÉXICO.....	31
3.3.1 El plan y los programas de estudio de secundaria.....	31
CAP. 4. OBJETIVOS.....	34
4.1 JUSTIFICACIÓN.....	34
4.2 OBJETIVO GENERAL.....	35
4.3 OBJETIVOS PARTICULARES.....	36
CAP. 5. METODOLOGÍA.....	37
5.1 DELIMITACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO.....	37
5.1.1 Las características de los libros de texto oficiales de secundaria para biología.....	37
5.1.2 El tipo de imágenes analizadas y su contexto (el texto principal, las leyendas y los grafismos).....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Modelo interactivo de percepción y cognición artística.....	2
Figura 2. El triángulo de Kanisza.....	4
Figura 3. El principio de figura-fondo.....	6
Figura 4. Principios de organización perceptual de la Gestalt.....	7
Figura 5. El rinoceronte bicornado de Dürer.....	9
Figura 6a. Ilustración de la oreja como ejemplo de diseño inadecuado.....	11
Figura 6b. Ilustración de la misma oreja, rediseñada considerando a la DME.....	11
Figura 7a. Mapa batimétrico diseñado considerando a la DME.....	12
Figura 7b. Mapa batimétrico diseñado sin tomar en cuenta a la DME.....	13
Figura 8. Modelo SOI de aprendizaje constructivista a partir de ilustraciones y palabras.....	16
Trillas (1 2.5)	45, 82
Cast (6, 7 y 8 2.7)	50
FE MV (1 2.3)	55
Cast (5 2.23)	55
Esfinge(1, 2 y 3 2.5)	56
Sant (3)	57
FE MV(3 2.5)	58
Trillas (2 2.10)	58
NM (1 2.6)	62
Vicens (2 y 3 2.4)	62
Cast (3 2.18)	74
Cast (1 2.6)	74
PaTCH (1 y 2 2.2).....	75
PHall (3 y 4 2.9)	79
Cast (4 2.16)	80
PaGM (2 2.7)	81
FE BP (1 y 2 2.5)	83, 96
PaGM (1 2.6)	84
PaGM (4 2.8)	85
Cast (3 2.13)	86,106
NM (2 2.7)	87
Vicens (4 y 5 2.34)	88
PaTCH (3 y 4 2.3)	89
MH SB (1 y 2 2.8)	90,102
PHall (1 y 2 2.8)	91
Norma (1 , 2 y 3 2.5)	94
FCE (3 2.7)	99
Trillas (3 2.10)	99
MH MB (3 y 4 2.6)	101
FE BP (3 y 4 2.7)	103
MH MB (2 2.5)	104
Norma (2 2.5)	106
PaTCH (3 2.3)	107

Tabla 23. Concepciones inadecuadas encontradas en el texto principal de los libros de secundaria revisados (extracto).....	77
Tabla 26. Relación entre el texto principal y la esquematización de la envoltura nuclear (Tp -I).....	78
Tabla 27. Relación entre el texto principal, la representación de la envoltura nuclear en las etiquetas verbales y su esquematización (Tp - E- I).....	78
Tabla 28. Relación entre el rótulo y la esquematización de la envoltura nuclear (R-I)...	80
Tabla 29. Relación entre el texto principal y el rótulo (Tp - R).....	80
Tabla 30. Relación entre todos los elementos texto y la ilustración (T-I).....	81
Tabla 31. Relación entre el rótulo y la ilustración (R-I).....	82
Tabla 32. Relación entre el rótulo, la etiqueta y la ilustración (REI).....	83
Tabla 33. Relación entre el texto principal, la etiqueta y la ilustración (Tp-EI).....	84
Tabla 34. Relación entre el rótulo, las etiquetas y la ilustración (REI).....	85
Tabla 35. Relación entre el texto principal, el rótulo, la ilustración y la etiqueta (TpRI-E).....	86
Tabla 36. Relación entre el texto principal, la ilustración y la etiqueta (TpI-E) en dos libros de secundaria.....	87
Tabla 37. Relación entre el texto principal, la figura y las etiquetas (Tp-FE).....	88
Tabla 38. Relación entre el texto principal, las etiquetas y la figura (TpE-F).....	89
Tabla 39. Relación entre el texto principal, la figura y el rótulo (TpF-R).....	91
Tabla 40. Terminología distinta empleada en el texto principal y en las etiquetas.....	92
Tabla 41. Grado de compaginación entre la figura y el texto principal.....	93
Tabla 42. Grado de correspondencia en el orden de “lectura” de las ilustraciones en una figura con respecto al del texto principal.....	95
Tabla 43. Problemas en la diferenciación <i>figura-fondo</i>	96
Tabla 44. Presencia / ausencia de colores agresivos visualmente en las ilustraciones de célula.....	97
Tabla 45. Grosor de los grafismos con respecto a la delineación de la ilustración de célula.....	100
Tabla 46. Ejemplos de una deficiente distribución espacial de las ilustraciones en la figura.....	102
Tabla 47. Etiquetas verbales o numéricas sobre la ilustración de célula.....	103
Tabla 48. Ejemplos de grafismos extras en la ilustración.....	104
Tabla 49. Reproducción de la misma ilustración de célula.....	105
Tabla 50. Comparación de la esquematización de la envoltura nuclear entre las ilustraciones que reproducen a la misma célula.....	106
Tabla 51. Comparación entre dos ilustraciones que reproducen a la misma célula en cuanto al tamaño de sus estructuras con respecto al núcleo.	108
Tabla 52. Comparación del mensaje del rótulo entre dos ilustraciones correspondientes a la misma célula en cuanto a si ésta representa la realidad o un modelo de la misma.	110

CAP. 1. LA COGNICIÓN VISUAL y LAS IMÁGENES

Los seres humanos interactuamos con el ambiente mediante distintos sistemas sensoriales, dentro de los cuales, el visual es el más importante, ya que es a través de este que se forman la mayoría de nuestras impresiones y memoria acerca del mundo exterior. Esto se debe en parte, a que existen áreas involucradas en la visión que ocupan más de la mitad del total del área superficial de la corteza cerebral (Kandel, 1995).

Nuestras percepciones no son registros directos del mundo exterior, sino que difieren cualitativamente de las propiedades físicas de los estímulos que recibimos. Lo anterior se explica porque el sistema nervioso filtra la información que recibe y la interpreta en el contexto de la experiencia previa; así por ejemplo, *recibimos* ondas electromagnéticas de distintas frecuencias, pero *percibimos* colores, los cuales son construcciones mentales creadas en el cerebro mediante un procesamiento sensorial (Kandel, 1995).

Dentro de estos procesos ocurre un fenómeno muy importante al que se denomina cognición visual y que es necesario tomar en cuenta para establecer los criterios de análisis de las imágenes de célula en los libros de texto, tema que es fundamental en la ciencia y debiera considerarse en su enseñanza.

1.1 LA COGNICIÓN VISUAL

1.1.1 DEFINICIÓN

La cognición visual es un proceso complejo que incluye a la visión y a la visualización. La primera utiliza los ojos para identificar, localizar y pensar acerca de los objetos y orientarse en el mundo; mientras que la visualización consiste en la formación, inspección, transformación y el mantenimiento de las imágenes en el cerebro en ausencia

del estímulo. Ambos procesos dependen del conocimiento previo almacenado en la memoria (Mathewson, 1999).

De acuerdo a Solso, (1994) para poder comprender a la cognición visual, se le puede dividir en tres etapas que se toman en cuenta en el modelo interactivo de la percepción y cognición artística (Fig. 1) :

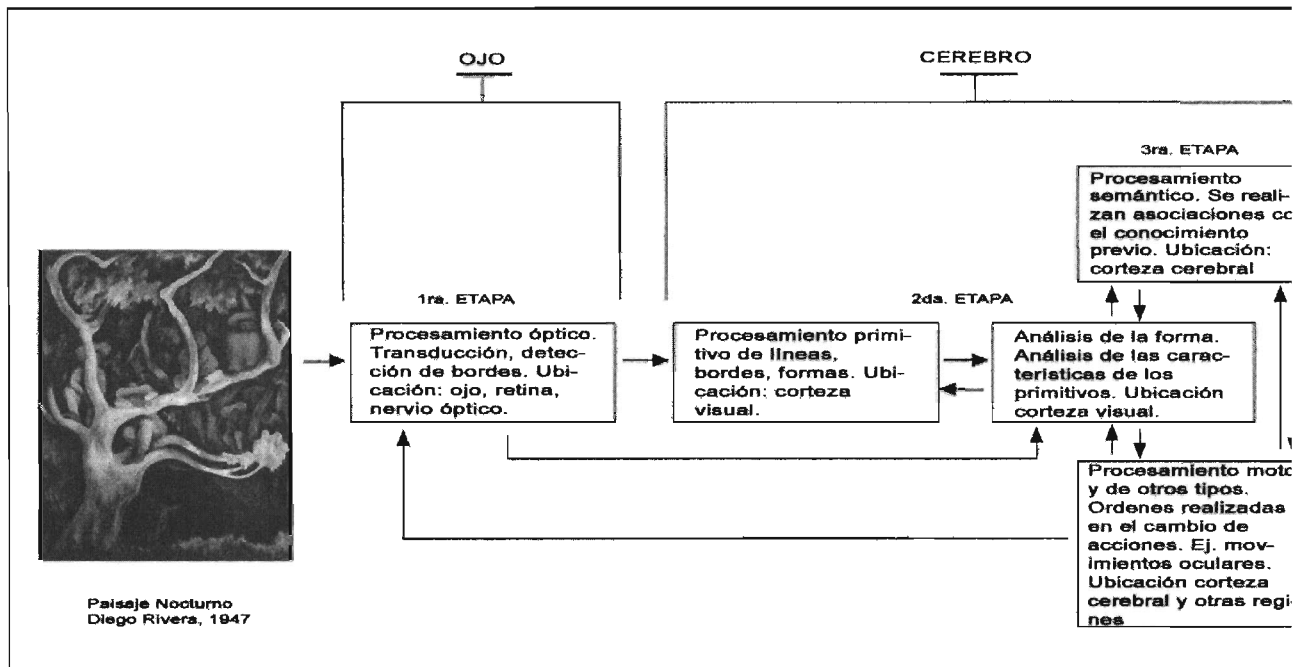


Figura 1. Modelo interactivo de percepción y cognición artística.
(Adaptado de Grant Wood, *American Gothic*, en Solso, 1994 y de González, 1999)

1) Análisis básico de formas, colores, contornos, contrastes y movimientos denominados primitivos, que son percibidos por el sistema nervioso periférico localizado en el ojo. Las señales electromagnéticas en forma de energía física son transformadas en señales electroquímicas que son transmitidas a lo largo de la corteza visual para ser procesadas posteriormente. Es durante esta última etapa en la que ocurre el reconocimiento y procesamiento de alto orden. Se le llama de alto orden ya que ocurre como consecuencia de etapas previas.

2) La información primitiva es organizada en formas fundamentales, que son la base para el procesamiento de alto orden y son percibidas en su mayoría sin conocimiento o experiencia previa. Un ejemplo de forma fundamental es el patrón figura-fondo, el cual se revisará más adelante en este trabajo.

3) Y finalmente ocurre la cognición de alto orden, en la que a través de la asociación con el conocimiento previo almacenado en la memoria de largo plazo, se le da sentido a las formas fundamentales. Es importante añadir que además de adicionar información a las impresiones visuales, el cerebro dirige nuestra atención a partes específicas de la escena visual de acuerdo al interés personal.

Las teorías actuales sobre la percepción visual sugieren que la detección y reconocimiento de objetos involucra un continuo intercambio entre la percepción y la comprensión del mundo externo. Esto es, existe un juego constante entre la percepción y la cognición más que un solo paso en el cual las señales neuronales se integran a una imagen visual en la corteza visual. Por lo tanto, si bien no es posible separar los mecanismos de detección, reconocimiento e interpretación de las imágenes visuales, en cambio, estos procesos deben considerarse como un solo proceso interactivo en el cual la adquisición de la información visual se integra con el reconocimiento y la interpretación, e incluso con la conciencia (Hendee, 1997).

Un ejemplo de esto ocurre con las ilusiones ópticas, que nos permiten apreciar cómo el cerebro aplica las suposiciones del mundo visual a la información sensorial que recibe. Tal sería el caso en el que ocurren el relleno de omisiones del triángulo de Kanizsa (**Fig. 2**) (Kandel, 1995).

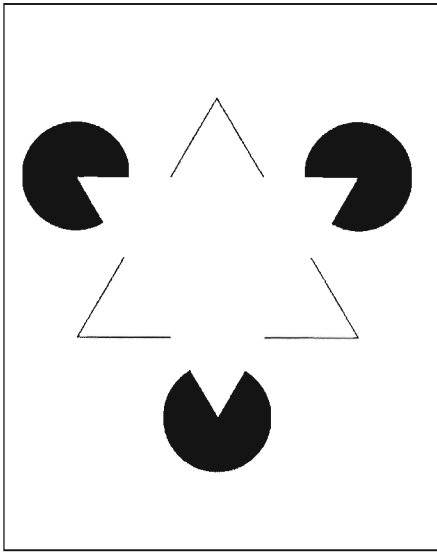


Figura 2. El triángulo de Kanisza.

En el centro de la imagen se percibe un triángulo blanco. Sin embargo, gráficamente no existe su contorno. (Tomado de Kandel, 1995)

1.1.2 LA IMPORTANCIA DE LA COGNICIÓN VISUAL

La cognición visual se considera una adaptación temprana y general en la evolución biológica. Los primates, incluyendo a los humanos, presentan una serie de herramientas mentales con las cuales coordinan, almacenan y utilizan la información sensorial, así como capacidades mentales que incluyen a la habilidad espacial con las cuales dirigen el comportamiento (Mathewson, 1999). En caso del hombre, se ha identificado que existe una fase antecedente a la atención visual, en la cual se da una detección casi instantánea (en menos de 150ms) de modificaciones en el ambiente visual, lo cual constituye un mecanismo de protección y defensa (Hendee, 1997). Para quien estudia ciencias biológicas, las habilidades espaciales juegan un papel importante en el reconocimiento de la forma, orientación, el procesamiento de información de dos a tres dimensiones y *viceversa*; habilidades que están ligadas a las aptitudes o destrezas para trabajar en microscopía (Macnab y Johnstone, 1990).

La cognición visual no sólo es importante en nuestra sobrevivencia al movernos en un mundo tridimensional y responder a preguntas como qué es un objeto, dónde está y qué está haciendo (Solso, 1994), es básica también en la realización de distintas actividades creativas como el arte y la ciencia (Mathewson, 1999) en las cuales se elaboran modelos de la realidad (Kangas, 1998). Entendiéndose por modelo a una representación de una idea, un objeto, un proceso o un sistema (Gilbert y Boulter, 1998).

1.2 LAS IMÁGENES

Para poder comprender la gran mayoría de las ilustraciones didácticas, es necesario acercarse al arte y a la ciencia de las cuales se derivan convenciones que deben ser aprendidas. Estas convenciones no son “naturales” sino creaciones culturales.

1.2.1 LA IMAGEN EN EL ARTE

Entre algunos aspectos del arte que pueden retomarse para la interpretación de imágenes, está la percepción de la tridimensionalidad. Los humanos utilizamos numerosas pistas para obtener la relación espacial que tienen los objetos entre sí, incluyendo el tamaño, la perspectiva y el sombreado. Aprendemos que las cosas distantes aparecen más pequeñas y al usar la perspectiva, nos damos cuenta que los objetos más distantes aparecen más cercanos al horizonte. En el sombreado, el hecho de que un objeto enfrente de otro corta una porción del objeto más distante también contribuye a esta percepción. Los artistas a través de la historia han utilizado estas características para impartir la perspectiva tridimensional a una imagen bidimensional plana (Kelsey, 1997).

1.2.1.1 La teoría de la Gestalt

La visión moderna de que la percepción visual es un proceso creativo, que no sólo involucra la entrada de información a través de los sentidos, comenzó a principios del

siglo veinte con la psicología de la **Gestalt**¹ (Kandel, 1994). Al estudiar el problema figura-fondo, los teóricos de la Gestalt propusieron que la *forma* era la unidad primitiva de la percepción; asimismo, postularon que la organización de los estímulos básicos en patrones es una propiedad inherente en los humanos (Solso, 1994).

Según la Gestalt, el proceso de organización perceptual como algo continuo y dinámico es evidente en la alternancia de figuras en un fondo. La dicotomía figura-fondo ilustra un principio de la percepción visual: sólo parte de la imagen es seleccionada como el foco de atención mientras que el resto se sumerge en el fondo (**Fig. 3**). La parte de una imagen que es el foco central de la atención son los límites y bordes. Como resultado de este principio, reconocemos objetos o una escena con claridad aún cuando se presenten sin sombreado y color (Kandel, 1994). La habilidad para distinguir la figura del fondo se debe en parte a las intensidades de luz reflejadas por un objeto (Solso, 1994).

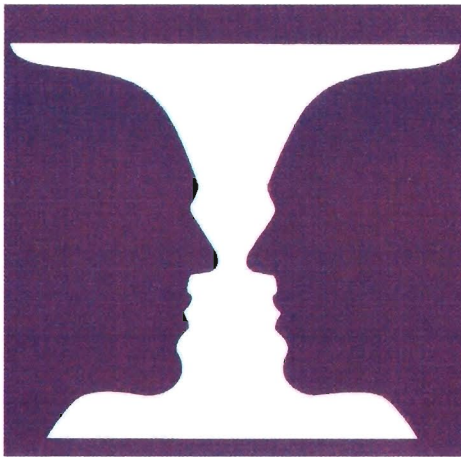


Figura 3. El principio de figura-fondo.

Al observar esta imagen de la cara-copa ideada por el psicólogo Edgar Rubin se pueden percibir ya sean dos caras de perfil moradas o una copa blanca, pero no se pueden ver de manera simultánea (Tomado de Kandel, 1994).

¹ Término alemán que significa patrón o configuración; los teóricos de la Gestalt sostienen que las personas organizan sus percepciones en totalidades coherentes (Woolfolk, 1996). La totalidad es más que la suma de sus partes individuales (Sternberg, 2003).

Otros principios de organización perceptual que surgieron a partir de esta corriente se mencionan a continuación (**Fig. 4**):

Proximidad- Si objetos semejantes se colocan cerca el uno del otro en el mundo físico, tendemos a agruparlos juntos perceptualmente, asimismo, solemos organizar estímulos próximos en patrones, si son similares en forma, color o líneas (Solso,1994).

Similitud- Los elementos, formas, tamaños y colores similares tienden a ser agrupados juntos (Solso,1994).

Continuación- Los objetos que fluyen “naturalmente” en una dirección tienden a ser agrupados juntos. Al vivir en un mundo tridimensional, potencialmente peligroso, gobernado por las leyes físicas del universo (gravedad), es vital que podamos predecir las trayectorias (en lo que se basa en parte la ley de la continuación) (Solso,1994).

Delimitación - Este principio, relacionado con la ley de la continuación, es la tendencia a ver figuras como entidades unitarias y delimitadas (Solso,1994).

Simetría- Tendemos a percibir patrones simétricos, esto es, objetos formando imágenes especulares partiendo de su centro (Sternberg, 2003).

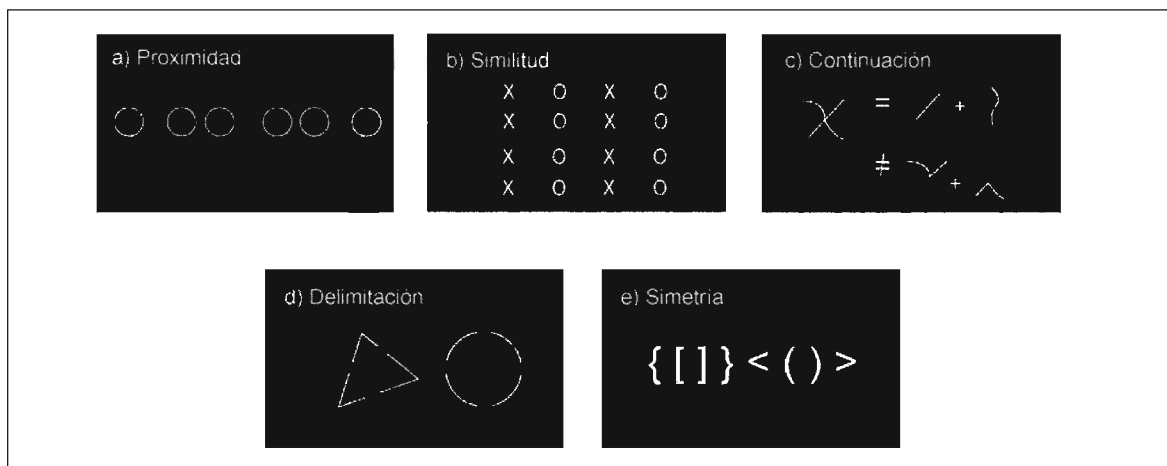


Figura 4. Principios de organización perceptual de la Gestalt.

a) tendemos a ver los cuatro círculos centrales como dos pares de círculos, b) tendemos a ver cuatro columnas de Xs y Os, no cuatro líneas de letras alternantes $XOXO$, c) la imagen muestra la intersección de dos curvas, que percibimos como dos curvas continuas, en lugar de curvas desmembradas d) la imagen muestra segmentos de líneas desordenados y desmembrados que percibimos unidos entre sí formando un triángulo y un círculo e) agrupamos la colección de ocho paréntesis en cuatro pares (Adaptado de Sternberg, 2003).

Estos principios siguen vigentes y se encuentran afianzados en la teoría y práctica del diseño gráfico, pues son muy valiosos a la hora de analizar una ilustración concreta desde la perspectiva de su hipotética legibilidad. Su empleo tiene por objeto disponer de normas que permitan optimizar una imagen empleada en la comunicación. Por ejemplo en este mismo campo del diseño gráfico, se recomienda utilizar ilustraciones que faciliten la percepción de las formas significativas en detrimento de los aspectos secundarios según Perales y Jiménez, (2002) como veremos más adelante cuando se trate la estrategia de diferencia mínima efectiva.

1.2.2 LA IMAGEN EN LA CIENCIA

Las imágenes visuales juegan un papel importante tanto en la construcción del conocimiento científico como en su comunicación (Lynch, 1990). Por un lado, se puede considerar a la creatividad científica como una amalgama de tres formatos mentales cercanos: imágenes, metáforas e ideas unificadoras o temáticas (Holton, 1996 en Mathewson, 1999) que se difunden en la ciencia en forma de “imágenes maestras” y técnicas de visualización. Por otro lado, debido a que la ciencia es una empresa humana en constante cambio, sus resultados tienen que ser dados a conocer a la sociedad, y al hacerlo se utilizan diagramas, ilustraciones, mapas, esquemas, entre otros, que resumen y ayudan a que otros entiendan la información que contienen (Mathewson, 1999). Dichos apoyos, para ser eficaces requieren de ajustarse a algunos de los principios señalados.

1.2.2.1 La ilustración científica

La ilustración científica tiene como finalidad representar objetos o conceptos de la manera más exacta posible, cuidando la calidad artística. En esta relación de trabajo entre el artista y el científico, debe existir una buena comunicación para que se logren estos dos objetivos (Hodges, 1989).

Arnheim, (2001) menciona que toda reproducción es una interpretación visual; por lo tanto, el ilustrador que produzca un esquema de un objeto como por ejemplo una estructura biológica, debería estar instruido en esta disciplina científica para evitar que los resultados sean engañosos o vagos. Por ejemplo, en ocasiones se publican ilustraciones bien logradas en cuanto a la técnica y estética, pero con errores en su contenido biológico; tal es el caso de algunos libros con temáticas ambientales donde aparecen pingüinos en el Polo Norte o cobras y dromedarios en los desiertos de Norteamérica (Montull, 1998).

Es relevante decir que la producción de ilustraciones engañosas, esto es, con excelente calidad artística pero con contenido biológico inadecuado, no se trata de una problemática actual. En 1515, Albrecht Dürer realizó un grabado del rinoceronte de la India basado solamente en descripciones de este espécimen, lo cual resultó en la representación de una animal con un cuerno extra (**Fig. 5**). Esta ilustración científica se reprodujo durante dos siglos en distintas guías y textos de historia natural (Tufte, 1997).

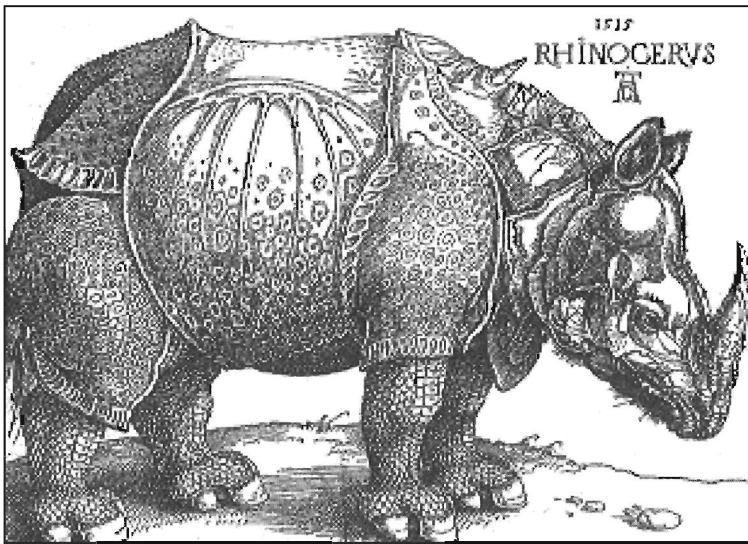


Figura 5. El rinoceronte bicornado de Dürer.

En la ilustración científica también es importante tomar en cuenta al público al cual va a ir dirigida una ilustración, para saber qué tanta información debe contener ésta y cómo debe representarse. Al comunicarse con su público, el ilustrador asume que éste conoce ciertos códigos o convenciones, por ejemplo, que el contorno separa el espacio negativo y positivo y que el sombreado con líneas o puntos y los principios de la perspectiva le confieren tridimensionalidad a un objeto (Wood, 1979).

Resulta importante aclarar que las convenciones con las cuales se representan los modelos biológicos de manera pictórica son más que recursos artísticos, su autoridad surge también del conocimiento previo y del estado actual de la disciplina científica (Lynch, 1990).

Las ilustraciones en los textos científicos rara vez representan únicamente al espécimen en cuestión, sino que además integran operaciones matemáticas a sus propiedades individuales y colectivas. Por ejemplo, en los modelos se añade una tercera dimensión en el objeto representado y además se pueden incluir “dentro” de éste relaciones teóricas (Lynch, 1990).

1.2.2.2 La diferencia mínima efectiva ² (Smallest effective difference)

Una estrategia empleada para la creación de presentaciones de datos, es la diferencia mínima efectiva (DME). Ésta se basa en el principio de figura-fondo de la Gestalt, la jerarquización de los planos visuales y un diseño que esté conducido por el contenido. Su objetivo es lograr que las distinciones visuales sean lo mas sutiles posibles, sin dejar de ser claras y efectivas. La DME ayuda en el diseño de los elementos estructurales y secundarios como las flechas, líneas indicadoras, escalas, reglas, sombras, marcos, etc. El enmudecer a estos elementos reduce el desorden visual y ayuda a hacer más clara la información primaria (Tufte, 1997).

² Término propuesto por Tufte, (1997). Traducción libre.

Los contrastes mínimos entre los elementos secundarios (figura) relativos al espacio negativo (fondo) tienden a producir una jerarquía visual, con capas de fondo inactivo, estructura secundaria tranquila y contenido notable (**Fig. 6b**). Por el contrario, cuando todo esto se enfatiza, nada es enfatizado y como resultado el diseño será ruidoso, desordenado y plano informativamente (**Fig. 6a**).

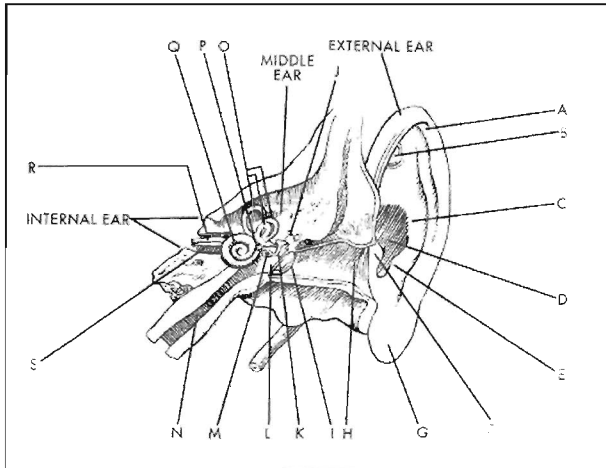


Figura 6a. Ilustración de la oreja como ejemplo de diseño inadecuado.

Como se puede observar, las líneas indicadoras que unen los elementos del esquema de la oreja a los códigos de letras presentan un mayor grosor que la delineación de dicho esquema. El grosor de las líneas indicadoras contrasta fuertemente con el fondo blanco lo cual provoca que se active el fondo visualmente; esto es, se perciben bandas blancas entre las líneas indicadoras. (Tomado de Tufte, 1997).

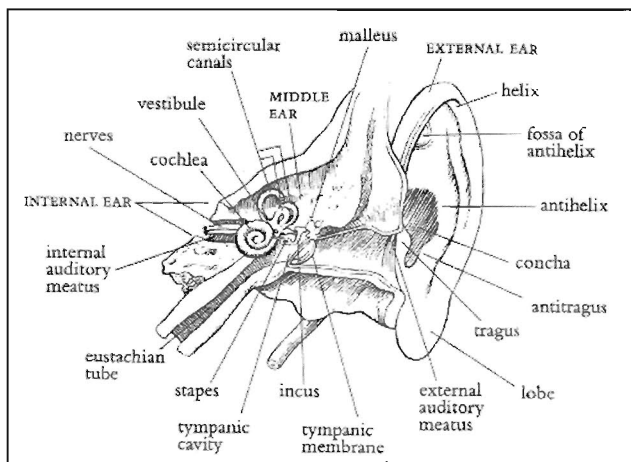


Figura 6b. Ilustración de la misma oreja, rediseñada considerando a la DME.

Al minimizar las líneas indicadoras y reemplazar los códigos de letras con etiquetas directas se produce una jerarquía visual y como resultado se aclara la información primaria, o sea la oreja. (Tomado de Tufte, 1997).

de los tonos azules y es representado por líneas grises (que son las rutas de barcos que midieron las profundidades).

En este ejemplo se observa que existe suficiente espacio visual para las líneas grises ya que en la representación de la profundidad no se utilizan todas las posibilidades informativas del color y debido a que existen etiquetas numéricas en los contornos, las distinciones sutiles en azul permanecen claras y “legibles”.

En contraste con el ejemplo anterior, en la (**Fig. 7b**) aparece un mapa en el cual no se toma en cuenta a la DME. En este caso se representa la profundidad con un arco iris, gamas de color que según Tufte, se emplean a menudo en las publicaciones científicas. Esta coloración agresiva visualmente se caracteriza también por no ser natural ni cuantitativa. La elección de estos colores hacen que el mapa resulte incoherente, ya que se pierde información relevante para su interpretación.

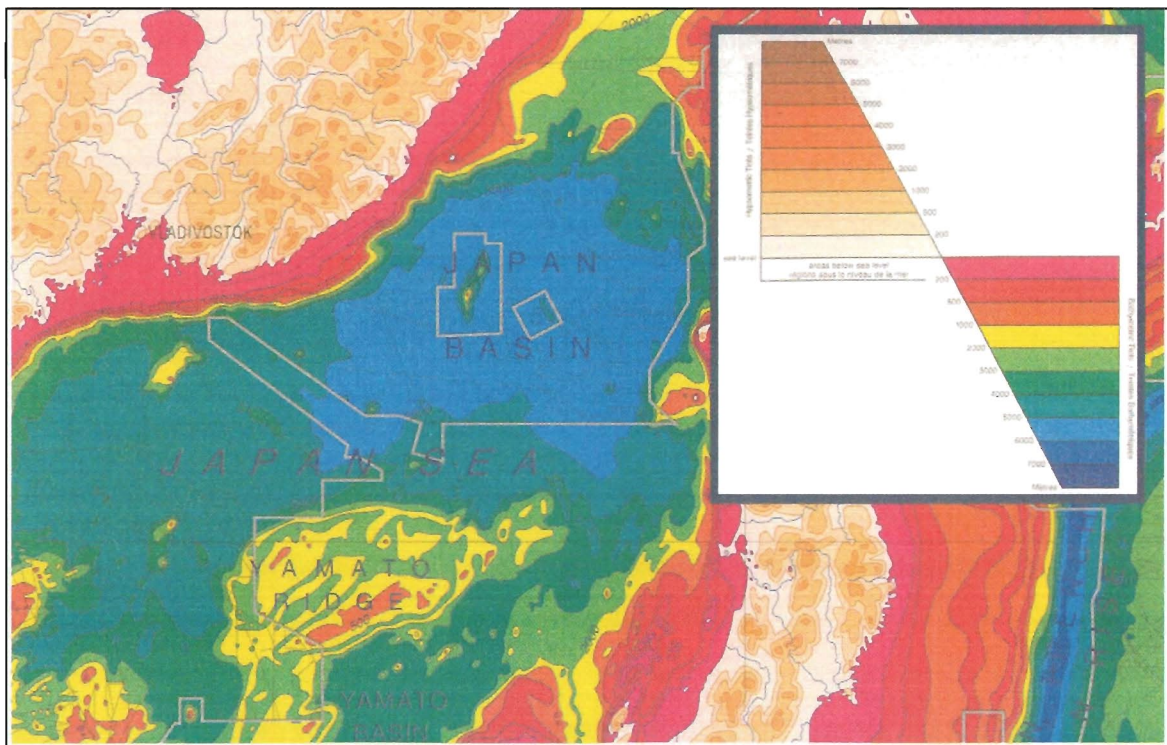


Figura 7b. Mapa batimétrico diseñado sin tomar en cuenta a la DME.
(Tomado de Tufte, 1997).

1.2.3 LA IMAGEN EN LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA CIENCIA

El uso de información pictórica en la enseñanza tiene una tradición antigua. En el siglo XVII Comenius publicó su *Didacta Magna* la cual enfatizaba que la representación pictórica como apoyo de la información era muy importante para un aprendizaje efectivo. (Schnotz, 2002).

Actualmente, esta idea sigue vigente en la enseñanza de las ciencias. El énfasis educativo del empleo de las imágenes es el reflejo por un lado de su amplio uso en la comunidad científica y por el otro, del desarrollo de tecnologías que facilitan su creación, que van desde la WWW (red de redes) hasta la publicidad. Estas actividades han dado como resultado que el estudiante se encuentre inmerso en un ambiente de información visualmente rico, en el cual los materiales didácticos no son la excepción (Lowe, 2000). En el caso de los libros de texto científicos no especializados, éstos emplean una mayor cantidad de imágenes en comparación a las que contenían en el pasado (Kress y van Leeuwen, 1996 en Dimopoulos, *et al.*, 2003). Se ha calculado que las ilustraciones ocupan hasta una mitad del espacio en dichos libros (Perales, *et al.*, 2001; Pérez de Eulate, *et al.*, 1999; Mayer, 1993 en Mayer, *et al.*, 1995).

A pesar de la importancia que han adquirido las imágenes en el mensaje del libro de texto, el sistema educativo en general presenta un sesgo hacia lo literario, dejándolas en segundo plano (Schnotz, 1993). Se sigue considerando al texto como el principal vehículo de transmisión conceptual, mientras que la imagen se valora como un mero acompañante (Pérez de Eulate, *et al.*, 1999) Esta postura es evidente al observar que hay una extensa investigación sobre el procesamiento y diseño del texto, mientras que existen pocas investigaciones sobre el valor potencial de las imágenes para facilitar el aprendizaje de las ciencias (Mayer, *et al.*, 1995; Holliday, 2001). Dimopoulos, *et al.*, (2003) realizaron una revisión de la base de datos de ERIC (Centro de Información sobre Recursos Educativos) en el período comprendido entre (1985-2002), buscando estudios sobre el análisis de libros de texto, dando como resultado 222 trabajos relevantes. De

estos, 13% se enfocaban en el análisis de lenguaje escrito y sólo 2% en las imágenes contenidas en los libros de texto.

El uso de las ilustraciones como componentes de los materiales didácticos en la biología se puede justificar en dos sentidos. Primeramente, las ilustraciones asisten en el aprendizaje y en segundo lugar, aprender a utilizarlas es parte del conocimiento sobre la materia (Constable, *et al.*, 1988).

1.2.3.2 El modelo de Selección Organización e Integración (SOI)

Debido a que los libros de texto para la enseñanza de la biología están compuestos por imágenes y texto, es importante considerar al modelo SOI del aprendizaje a través de las ilustraciones y el texto.

El modelo SOI se basa en la teoría de la doble codificación hecha por Paivio (1990), la cual propone que la información verbal y la pictórica son procesadas en distintos subsistemas cognitivos: uno verbal y otro pictórico. Aunque ambos son distintos estructural y funcionalmente, se encuentran interconectados. Esta teoría predice que al presentarse material en formato verbal y visual se potencia el aprendizaje (Vekiri, 2002).

Mayer y sus colaboradores sugieren que el aprendizaje es un proceso constructivo en el cual los aprendices, de manera activa, *seleccionan* la información relevante de la que se les presenta, *organizan* las piezas de la información en un modelo mental coherente e *integran* el modelo recién creado con el conocimiento previo (**Fig. 8**).

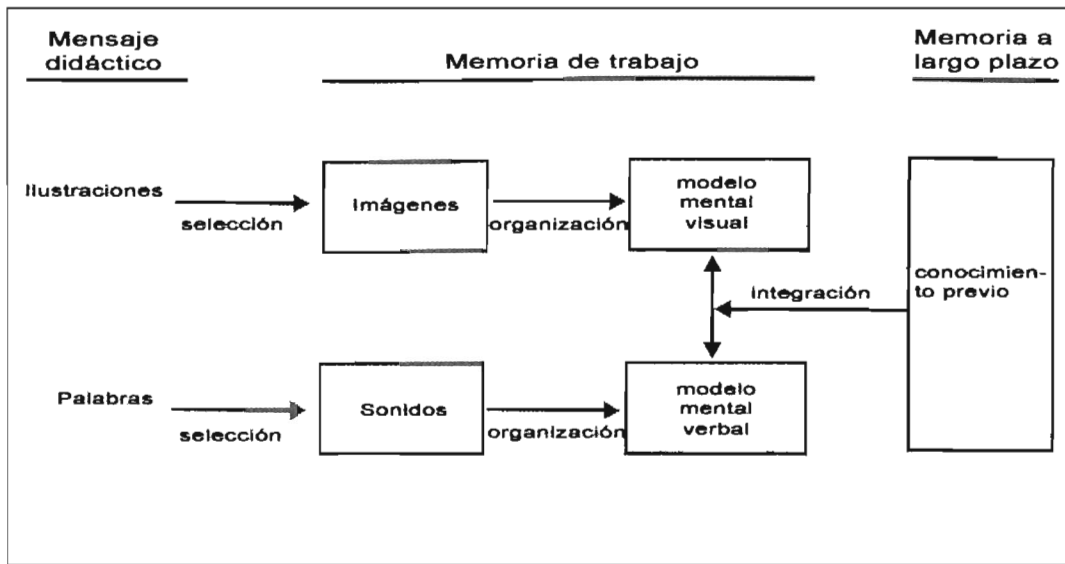


Figura 8. Modelo SOI de aprendizaje constructivista a partir de ilustraciones y palabras. (Adaptado de Mayer, 1999).

A partir de varios trabajos en los que a estudiantes universitarios se les presentaban ilustraciones y texto explicativo sobre sistemas mecánicos, los investigadores encontraron que las ilustraciones deben estar coordinadas con la información verbal tanto espacial como temporalmente, para que ocurra un aprendizaje efectivo (lo cual se midió como la capacidad de solucionar problemas creativamente). En otras palabras, las ilustraciones deben estar cercanas espacialmente al texto o presentarse de manera simultánea con la información verbal. A este efecto se le denomina principio de contigüidad (Mayer, *et al.*, 1995 y Mayer, *et al.*, 1996).

1.2.3.3 La alfabetización visual

Antiguamente, el concepto de alfabetización se aplicaba exclusivamente a la habilidad de leer y escribir. A partir de los 1960s surge un nuevo concepto llamado alfabetización visual, ante la constatación de que se requieren habilidades especiales para “leer” o decodificar y “escribir” o codificar los mensajes visuales (Heinich, *et al.*, 2002).

La alfabetización visual, según una definición tomada de ERIC, se refiere al conjunto de competencias que permiten a los humanos discriminar e interpretar la acción visible, objetos y/o símbolos, naturales o contruidos, que se encuentran en el ambiente (ERIC, 2004).

Se considera que la alfabetización visual debe ser parte importante en la enseñanza-aprendizaje de la ciencia, ya que ésta última presenta un lenguaje visual especializado, además del verbal y del matemático. Hay que mencionar sin embargo, que las representaciones visuales científicas no deben tomarse literalmente, debido a que en su elaboración se emplean convenciones gráficas que manipulan y distorsionan esa realidad literal. Para que el observador interprete estas imágenes adecuadamente, debe conocer estas convenciones y ser capaz de decodificarlas (Lowe, 2000).

Constable, *et al.*, (1988) estudiaron la comprensión de ilustraciones de cortes seccionales de diversos organismos por estudiantes de 11 años de edad. Encontraron que la mayor parte de los estudiantes tuvieron dificultad en comprender este tipo de convenciones, atribuyendo estos resultados a la complejidad de los objetos ilustrados y a la manera en que fueron representados, a partir de tales resultados, es que los autores recomiendan la búsqueda de la alfabetización visual.

CAP. 2. LA APROPIACIÓN DEL CONCEPTO DE CÉLULA

Como se mencionó en referencia a la cognición visual, las personas conocemos el mundo no de un modo directo, sino a través del filtro impuesto por nuestras ideas y expectativas; por ello es que reviste gran importancia el papel del conocimiento previo en los modelos de cognición visual, así como en los modelos constructivistas del aprendizaje como veremos a continuación.

Los estudios de la percepción de los teóricos de la Gestalt contribuyeron a los inicios de los planteamientos constructivos (Woolfolk, 1996). Como ejemplo, podemos ver la influencia de esta teoría en la filosofía constructivista de la ciencia en el modelo sobre el cambio y desarrollo de las disciplinas científicas de Thomas Khun. Según este autor, en la etapa de una revolución científica, “un cambio de paradigma es análogo a un cambio gestáltico: los mismos objetos se ven desde una perspectiva diferente. Se trata de una transición a una nueva forma de ver y manipular el mundo e incluso, se puede decir que se trabaja en un mundo diferente: el nuevo paradigma da lugar a nuevos fenómenos, algunos de los viejos problemas se olvidan, y algunas soluciones dejan de ser importantes o incluso inteligibles. Si es así, el desarrollo de una disciplina científica a través del cambio de paradigmas, no puede ser acumulativo” (Pérez Ransanz, 1999).

2.1 TENDENCIAS ACTUALES EN LA ENSEÑANZA DE LA CIENCIA

2.1.1 EL CONSTRUCTIVISMO Y LAS IDEAS PREVIAS

El constructivismo es una teoría con la que se explica tanto la práctica de la ciencia como su enseñanza y aprendizaje. Aunque existen distintas variedades del constructivismo, como el radical y el social, todas comparten ciertos principios, especialmente la idea de que el conocimiento es una construcción humana y que todo conocimiento nuevo se genera a partir de otros previos; igualmente considera que el conocimiento se construye

La alfabetización visual, según una definición tomada de ERIC, se refiere al conjunto de competencias que permiten a los humanos discriminar e interpretar la acción visible, objetos y/o símbolos, naturales o contruidos, que se encuentran en el ambiente (ERIC, 2004).

Se considera que la alfabetización visual debe ser parte importante en la enseñanza-aprendizaje de la ciencia, ya que ésta última presenta un lenguaje visual especializado, además del verbal y del matemático. Hay que mencionar sin embargo, que las representaciones visuales científicas no deben tomarse literalmente, debido a que en su elaboración se emplean convenciones gráficas que manipulan y distorsionan esa realidad literal. Para que el observador interprete estas imágenes adecuadamente, debe conocer estas convenciones y ser capaz de decodificarlas (Lowe, 2000).

Constable, *et al.*, (1988) estudiaron la comprensión de ilustraciones de cortes seccionales de diversos organismos por estudiantes de 11 años de edad. Encontraron que la mayor parte de los estudiantes tuvieron dificultad en comprender este tipo de convenciones, atribuyendo estos resultados a la complejidad de los objetos ilustrados y a la manera en que fueron representados, a partir de tales resultados, es que los autores recomiendan la búsqueda de la alfabetización visual.

de manera activa en el individuo de una comunidad y en la comunidad misma; por tanto, las interacciones sociales a través del lenguaje son centrales en la construcción del conocimiento individual y comunitario; asimismo plantea que el carácter de la cognición, y el lenguaje que es empleado para expresar la cognición es funcional y adaptativo; y por último, que el propósito de la cognición y del lenguaje es darle coherencia por un lado al mundo de experiencia de un individuo y por el otro al conocimiento de base de una comunidad (Staver, 1998).

Es bajo el enfoque constructivista de los últimos 30 años, que la investigación en didáctica de las ciencias ha venido estudiando las ideas de los alumnos sobre fenómenos naturales. Esto se debe a que en muchos casos éstas ideas se alejan de las concepciones científicas que se pretende que adquieran en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Estas concepciones, que representan los productos de la cognición y que se expresan y se identifican en el lenguaje de los estudiantes (Staver, 1998) han recibido denominaciones distintas de acuerdo a la postura de cada autor. Se pueden encontrar en la bibliografía como “ideas previas”, “concepciones alternativas”, “preconceptos”, “concepciones erróneas”, “ciencia de los niños”, “concepciones espontáneas”, entre otras.

En este trabajo se adopta el término “ideas previas” para denominar a las construcciones personales (Pozo, *et al.*, 1991a) que le dan coherencia al mundo de experiencias de los estudiantes y que no han sido transformadas por algún proceso educativo (Flores, *et al.*, 2000).

A partir de una síntesis de los resultados de las investigaciones en esta área de estudio, Wandersee, *et al.*, (1994) mencionan las siguientes características de las ideas previas:

Los estudiantes llegan a la enseñanza formal de la ciencia con un conjunto diverso de ideas previas relacionadas a fenómenos, objetos y conceptos científicos.

Las ideas previas son bastante estables y resistentes al cambio, no se modifican con la enseñanza tradicional de la ciencia.

Las ideas previas son similares en personas de distintos niveles educativos, edades, género y cultura.

Se han encontrado similitudes con las ideas que presentaron los filósofos y científicos en tiempos pasados.

Los profesores en buena medida comparten las ideas previas de los alumnos.

Las ideas previas interfieren con lo que se enseña en la escuela teniendo como resultado un aprendizaje deficiente y con pérdida de coherencia.

*Es posible modificar las ideas previas por medio de estrategias orientadas al **cambio conceptual**.²*

Los orígenes de las ideas previas se encuentran en las experiencias personales del estudiante con los fenómenos cotidianos a través de sus sentidos, la correspondencia de interpretación con sus pares y en la enseñanza escolar que han recibido (por ejemplo las explicaciones de los maestros y de los materiales didácticos).

Pozo, *et al.*,(1991b) clasifican a las ideas de acuerdo a su origen; sin embargo, aclaran que esta distinción no implica que las ideas funcionen por separado, sino que se da una interacción entre éstas e identifican en tres grupos a las causas psicológicas que dan origen a las ideas previas en los alumnos:

² El cambio conceptual no implica reemplazar las ideas previas de los estudiantes por las científicas. El aprendizaje de conceptos y principios científicos usualmente involucra el reestructuramiento de las ideas previas y en concientizar a los estudiantes de que en ciertos contextos las concepciones científicas son más fructíferas que sus propias ideas (Duit y Treagust, 1998).

a) origen sensorial : las concepciones espontáneas- Estas ideas se forman en el alumno al intentar dar significado a las actividades cotidianas y suelen basarse en el uso de reglas de inferencia causal (que son reglas de carácter aproximativo e intuitivo) que se aplican a los datos recogidos mediante procesos sensoriales y perceptivos.

b) origen social: las concepciones inducidas- Estas ideas se encuentran influenciadas por el entorno social como la familia, la escuela y los medios de comunicación. Son el resultado de la asimilación por el alumno del conjunto de creencias compartidas por los grupos sociales en función de sus conocimientos previos.

c) origen analógico: las concepciones análogas- se forman analogías a partir de concepciones ya existentes (que fueron formadas a través del origen sensorial y social) para comprender áreas de conocimiento con respecto a las cuales los alumnos carecen de ideas específicas. Se piensa que cuanto menor sea la conexión de un dominio con la vida cotidiana, mayor será la probabilidad de que el alumno carezca de ideas específicas al respecto. Estas analogías son generadas por los propios estudiantes o son sugeridas a través de la enseñanza.

Las ideas previas representan el punto de partida de la enseñanza-aprendizaje de la ciencia; es importante conocerlas para poder entender las dificultades que presentan los alumnos en la comprensión de los conceptos científicos y es un elemento que ha orientado el diseño y la elaboración de estrategias de enseñanza, procesos de evaluación, propuestas curriculares, nuevos materiales didácticos y textos más adecuados al desarrollo del nivel conceptual de los alumnos (Flores, *et al.*, 2000).

2.1.2 EL PAPEL DE LA OBSERVACIÓN EN LA CIENCIA Y SU ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

En la enseñanza de la ciencia, las ideas previas influyen en las observaciones que los estudiantes puedan hacer de los fenómenos científicos y los significados que les puedan atribuir. Esta idea se deriva del enfoque constructivista de la ciencia dentro del cual se

reconoce que existe una relación dinámica e interdependiente entre la teoría y la observación. Esto es, sin teorías no hay conceptos y sin éstos no es posible la observación.

La postura de la filosofía de la ciencia con respecto al papel de la observación en la práctica científica está contenida en los siguientes puntos desarrollados por Hodson, (1986):

- a) Las observaciones dependen de nuestras percepciones sensoriales que a menudo son inadecuadas y por lo tanto no son confiables.
- b) Las observaciones dependen de la teoría, y ésta precede a la observación, aunque no en todos los casos.
- c) La observación indirecta depende de una teoría adicional de instrumentación.
- d) Los conceptos y las teorías son producto de actos creativos de abstracción y no se derivan de observaciones directas.
- e) Frecuentemente se justifican las teorías *post hoc* con la evidencia de la observación.
- f) Las teorías que compiten entre sí pueden dar origen a observaciones distintas al confrontar el mismo fenómeno.

En el caso de la enseñanza-aprendizaje de la ciencia se recomienda adoptar esta visión de la observación y de allí descartar a la imagen de la ciencia como objetiva, libre de valores e independiente del contexto histórico, social y económico. Asimismo, en este proceso es importante por un lado conocer las ideas previas de los estudiantes y por el otro que los estudiantes aprendan sobre las técnicas de observación científica.

Los alumnos requieren de un marco teórico de referencia para poder hacer buenas observaciones científicas, ya que sin éste pueden pasar por alto el fenómeno bajo investigación o comprender algo totalmente distinto. Por ejemplo, los estudiantes presentan dificultades al observar objetos que no les son familiares a través del microscopio, como son los microorganismos o las partes de las células y al no tener un conocimiento sobre la estructura celular y la teoría sobre microscopía pueden en vez dibujar burbujas de aire (Hodson, 1986).

2.1.3 EL PAPEL DEL CONCEPTO DE CÉLULA DENTRO DE LA BIOLOGÍA

El concepto de célula es central en la biología por diversas razones. Históricamente, durante el proceso de construcción de la teoría celular, la evidencia de que las plantas y los animales estaban formados por la misma unidad fundamental, la célula, contribuyó a darle solidez a la biología como disciplina (Mayr, 1982). Asimismo, no bastaron las observaciones microscópicas, transcurrieron más de 200 años entre las primeras descripciones celulares y la elaboración de dicha teoría. Esto se debe a que era necesario comprender que las propiedades macroscópicas de los organismos dependían de su estructura microscópica (Gagliardi, 1988).

El conocimiento que tenemos sobre la célula es el resultado de las aportaciones de la microscopía óptica y la electrónica así como de la bioquímica y la biología molecular. (Caballer y Giménez, 1993 ; Durfort, 1998). Entender el concepto de célula es un prerequisite para comprender otros aspectos de los seres vivos, como la estructura corporal, los mecanismos de la herencia, la fecundación, el desarrollo y la diferenciación, la unidad de los seres vivos y la teoría evolutiva (Magner, 1994).

La fundamentalidad del concepto celular en la biología se refleja también en su enseñanza. Por ejemplo, resulta difícil encontrar algún libro general de biología que no trate dicho tema.

2.1.4 LAS IDEAS PREVIAS Y CONFUSIONES SOBRE LA CÉLULA

En cuanto a la enseñanza de la célula, este concepto se caracteriza por ser de difícil comprensión para los estudiantes de distintos niveles educativos. Dreyfus y Jungwirth (1988) consideran que es un concepto abstracto para los estudiantes en primer lugar, debido a que los procesos metabólicos que ocurren en las células sólo pueden ser inferidos a partir de experimentos. Aunado a esto, la mayoría de las células no pueden ser observadas a simple vista (Avers, 1991) sino indirectamente con el apoyo de un

microscopio como una extensión de los sentidos (Mathewson, 1999 ; Hodson, 1986). En otras palabras, las células y sus funciones se encuentran alejadas de la cotidianidad del estudiante.

A partir de los resultados de investigación educativa enfocada a las ideas previas, se muestran a continuación las ideas previas y confusiones de los estudiantes del nivel de secundaria con respecto a la célula (**Tabla 1**):

Tabla 1. Ideas previas y confusiones de estudiantes de secundaria sobre la célula.

<i>¿qué es una célula?</i>	<ul style="list-style-type: none"> -Las células son elementos dotados de vida propia, nacen, crecen, se reproducen. (Caballer y Giménez, 1993) -Las células son la forma más sencilla de vida que existe. (Caballer y Giménez, 1993) -Las células constituyen los seres vivos. (Caballer y Giménez, 1993) -Las células forman tejidos y órganos y así constituyen a los seres vivos. (Caballer y Giménez, 1993) -Las células forman parte del cuerpo humano. (Caballer y Giménez, 1993) -La célula es un bloque de construcción. (Hackling, 1982) -Las células de diferentes órganos humanos son distintas por que tienen funciones e información diferentes. (Zamora y Guerra, 1993)
<i>estructura celular</i>	<ul style="list-style-type: none"> -La célula contiene núcleo, citoplasma, mitocondrias, una corteza externa, cloroplastos y membrana. (Caballer y Giménez, 1993) -Dentro de la célula hay algo como vacuola, celulosa, nervios, glóbulos rojos, átomos, protones, neutrones, electrones. (Caballer y Giménez, 1993) -Confusión de la membrana celular con la pared celular (Zamora y Guerra, 1993)
<i>niveles de organización (tamaño)</i>	<ul style="list-style-type: none"> -Confusión de las células con átomos, moléculas o tejidos. (Caballer y Giménez, 1993) -Confusión de células con órganos. (Zamora y Guerra, 1993)
<i>forma y dimensión celular</i>	<ul style="list-style-type: none"> -La forma de la célula es redondeada, alargada y esférica. (Caballer y Giménez, 1993) -La forma de la célula es dependiente de la función. (Caballer y Giménez, 1993) -La célula es tridimensional y plana. (Caballer y Giménez, 1993)
<i>representación esquemática de la célula</i>	<ul style="list-style-type: none"> -La célula presenta núcleo, membrana celular, pared celular, citoplasma, mitocondrias, cloroplastos, ribosomas y bacterias. (Zamora y Guerra, 1993) -Confusión entre pared celular y membrana celular. (Zamora y Guerra, 1993) -Las células del epitelio de la cebolla observadas al microscopio se dibujan como una serie de polígonos dispuestos como ladrillos en una pared o como una maraña indescifrable de líneas y puntos. (Díaz y Jiménez, 1996)
<i>funciones celulares</i>	<ul style="list-style-type: none"> -Las funciones de las células son sentir calor, sentir frío, aprender a moverse, sentir dolor, defecar o expulsar residuos, pensar, descansar y crecer sin límite. (Caballer y Giménez, 1993) -Las células no tienen las funciones de percibir sonido ni luz, absorber agua, crecer de tamaño hasta un límite, desplazarse ante un estímulo, moverse por la prolongación del cuerpo. (Caballer y Giménez, 1993)

(continuación de la Tabla 1.)

<i>funciones celulares</i>	<ul style="list-style-type: none">-Las células no respiran, no se reproducen y no se alimentan. (Caballer y Giménez, 1993)-Las células respiran, se alimentan y se reproducen porque sino se mueren o porque tienen vida. (Caballer y Giménez, 1993)-En el crecimiento del cuerpo humano las células también crecen, desaparecen gradualmente, se dividen a la mitad y se forman más y más. (Zamora y Guerra, 1993)-En el crecimiento del cuerpo humano nacen nuevas células a partir de éste. (Zamora y Guerra, 1993)-Cuando las células comienzan a crecer empiezan a distribuirse por todo el cuerpo. (Zamora y Guerra, 1993)-En el crecimiento del cuerpo humano las células pasan por etapas: infancia, adolescencia y la etapa adulta. (Zamora y Guerra, 1993)-En la reproducción celular las células se dividen a la mitad y dos células de distinto sexo deben juntarse. (Zamora y Guerra, 1993)-En la reproducción celular, las células nacen, crecen, mueren y se reproducen. (Zamora y Guerra, 1993)
----------------------------	--

Caballer y Giménez (1993) notaron que los ejemplos que mencionaban los estudiantes con respecto a la forma y dimensión de la célula coincidían con los propuestos por los esquemas presentados en sus libros de texto. Por otro lado, Zamora y Guerra (1993) sugieren que los orígenes de la confusión que tienen los estudiantes sobre los niveles de organización de la materia se encuentran en la representación de la célula en los libros de texto. Esto es, dichos materiales didácticos carecen de referencias directas sobre el tamaño y la ubicación celular.

Dada la problemática de representación de la célula en estudiantes de nivel básico, no es sorprendente encontrar que los alumnos retengan estas confusiones en el bachillerato (Flores, *et al.*, 2000) e incluso en el nivel universitario. Los estudiantes universitarios por un lado desconocen las dimensiones de la célula y los organelos citoplásmicos, y por el otro al pedirles que dibujen una célula, frecuentemente trazan un círculo y un punto en el centro (que representa el núcleo). Es muy posible que los orígenes de esta representación, asociada por lo general a un prototipo de célula animal, provienen de la manera similar de esquematizar a la célula por parte de los maestros y en repetidas ocasiones desde los niveles educativos básicos (Durfort, 1998).

CAP. 3. LOS LIBROS DE TEXTO

3.1 LOS COMPONENTES DE LOS LIBROS DE TEXTO

Los libros de texto están conformados por distintos elementos: las imágenes o ilustraciones, el texto principal, las leyendas (los rótulos y las etiquetas verbales) y los grafismos.

3.1.1 LAS IMÁGENES

Las imágenes se definen como sistemas autónomos de comunicación que son modelos de la realidad asociados a los intereses de las instituciones sociales (escuela y medios masivos) dentro de las cuales se producen, circulan y leen. Las imágenes se pueden clasificar de acuerdo a su función como:

narrativas- representan el desarrollo de eventos o acciones, procesos de cambio y arreglos espaciales transitorios (ejemplo: el ciclo del nitrógeno).

clasificadoras- muestran tipos de relaciones entre elementos contenidos en estas como personas, lugares y cosas. O sea, presentan una taxonomía.

analíticas- se refieren a las imágenes de un objeto unitario a partir de la representación de sus componentes y de las relaciones entre sí. Los componentes pueden estar o no etiquetados (ejemplo: la estructura de la célula vegetal).

metafóricas- simbolizan o connotan significados o valores sobre y fuera de lo que representan literalmente. Los elementos participantes se asocian con símbolos culturales específicos.

(Kress y van Leeuwen, 1996 en Dimopoulos, *et al.*,2003)

El valor que presenta una ilustración se encuentra en su capacidad de transmitir información que sería difícil de entender si se presentara de otra forma o incluso que no puede presentarse de otra manera (Pérez de Eulate, *et al.*, 1999). Esto es, a partir de la ilustración de un objeto no sólo obtenemos información sobre su forma sino también y de manera directa sobre su tamaño y orientación en el espacio (Schnotz, 2002). En especial, una ilustración puede facilitar la visualización por parte de los estudiantes de un objeto o situación descrita en el texto que no les es familiar (Peek, 1993) como es la célula.

Las ilustraciones tienen la característica de ser polisémicas, esto quiere decir que sus símbolos pueden tener más de un significado. Por lo tanto, para ser efectivas en la enseñanza estas deben añadirse al texto principal junto con explicaciones y guías que ayuden en su interpretación (Vekiri, 2002).

Para efectos del aprendizaje, a partir del análisis de 55 trabajos en el ámbito psicológico Levie y Lentz (1982) mostraron el papel que juegan las ilustraciones que acompañan a un texto. Los resultados más relevantes son los siguientes:

- 1) En las situaciones habituales en las que se desarrolla la educación, la inclusión de ilustraciones que embellecen el texto no mejora el aprendizaje de la información contenida, aunque al principio los lectores se sientan atraídos por ellas.
- 2) Cuando las ilustraciones reiteran la información contenida en el texto, se produce un efecto positivo en el aprendizaje.
- 3) La presencia de ilustraciones no facilita ni dificulta el aprendizaje de la información no ilustrada.
- 4) Las ilustraciones pueden ayudar a los estudiantes a comprender el texto; facilitan su memorización y permiten una variedad de funciones educativas.
- 5) Las ilustraciones pueden llegar a sustituir de manera efectiva a las palabras, aportando información extralingüística.

6) Los estudiantes pueden tener dificultad para comprender ilustraciones complejas si no se les ayuda a la hora de leerlas. Frecuentemente los estudiantes observan a las ilustraciones de manera superficial sin esperar de ellas información relevante.

7) Las ilustraciones pueden provocar reacciones afectivas y hacer más atractivos los documentos.

8) En general se ha visto que las imágenes mentales y los dibujos generados por los mismos estudiantes son menos útiles que las ilustraciones que se les aportan, especialmente en niños más pequeños.

3.1.2 LAS LEYENDAS: LOS RÓTULOS Y LAS ETIQUETAS VERBALES

Justamente los elementos que proveen de recursos adicionales para la limitar la ambigüedad en la interpretación de las imágenes y sirven de nexos entre ésta y el texto principal son los rótulos y las etiquetas verbales. Constituyen nexos ya que forman parte del contenido presentado por el texto principal debido a su naturaleza verbal y al mismo tiempo pertenecen a la ilustración al encontrarse físicamente dentro del espacio de la misma.

Entre las funciones que presentan las leyendas existen: seleccionar información relevante presente en el texto o en la imagen, poner de manifiesto la relación causa-efecto en la información sobre un proceso y establecer relaciones entre las distintas partes de una imagen (Pérez de Eulate, *et al.*, 1999). Así por ejemplo, las etiquetas verbales o rótulos que muestran escalas y unidades proveen de recursos a los estudiantes para moverse del espacio bidimensional imaginario al de los instrumentos actuales de medición (Roth, *et al.*, 1999).

3.1.3 LOS GRAFISMOS

Los grafismos en una imagen de función analítica se pueden representar con líneas o flechas y su papel es unir a las etiquetas verbales con las partes correspondientes en una

estructura. En otras palabras, los grafismos trabajan en conjunción con las etiquetas verbales para categorizar y codificar las entidades presentes en la imagen (Lynch, 1990).

En la elaboración de los libros de texto, generalmente los equipos editoriales especializados que debieran estar conformados por el autor, el ilustrador el compaginador y un psicólogo de la percepción deben definir los papeles del texto y las ilustraciones. Lo más sencillo consiste en poner ilustraciones directamente relacionadas con el texto principal, a menudo citadas por el propio texto y que no pueden comprenderse sin él. La ilustración lleva entonces un número de identificación. Esto plantea problemas editoriales de compaginación. Cuando las ilustraciones van citadas en el texto se busca que los dos elementos correspondientes estén lo más cerca posible, lo que no siempre es fácil de lograr. A menudo, el texto, las ilustraciones y las leyendas siguen diferentes caminos de realización, únicamente se reúnen en un mismo lugar en el montaje de la maqueta y entonces se comprueban faltas de concordancia. Otro problema es el del nivel de complejidad de las ilustraciones que normalmente debe corresponderse con el nivel del texto (Deforge, 1991).

3.2 EL PAPEL DEL LIBRO DE TEXTO EN LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA

El libro de texto es la herramienta más significativa que tiene un maestro al enseñar biología y es en sí, el medio primordial por el cual el público aprende del progreso, pensamientos y aspiraciones de esta disciplina (Blystone, 1987a). Por ello resulta necesario evaluar su contenido continuamente y hacer públicos los resultados a los maestros y editoriales debido a que se ha visto que estos materiales didácticos presentan errores conceptuales tanto en el texto principal (Abimbola y Baba, 1996) como en las imágenes (Pérez de Eulate, *et al.*, 1999) y éstos pueden ser fuentes de ideas previas en los estudiantes alejadas de las concepciones que se pretende que adquieran en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Asimismo, se ha encontrado que los libros de texto en enseñanza de la ciencia contienen fotografías a color y dibujos atractivos que tienen como objetivo prioritario vender el libro más que educar al estudiante (Holliday, 1990).

A continuación se muestran los errores conceptuales de los libros de texto con respecto al tema de célula reportados en la bibliografía (**Tabla 2**). Cabe mencionar que estas investigaciones se han enfocado mayormente en el análisis del texto principal de libros de texto y en pocos casos se han revisado las esquematizaciones de la célula.

3.2.1 EL TRATAMIENTO DE LA CÉLULA EN LOS LIBROS DE TEXTO

Tabla 2. Errores conceptuales en los libros de texto sobre la célula.

<i>estructura celular</i>	-Las células están compuestas por protoplasma que es un material. (Barras, 1984) -Las células están compuestas por protoplasma que es sustancia básica. (Barras, 1984) -El protoplasma es el material vivo en la célula. (Barras, 1984) (Storey, 1990) -Las células de las plantas presentan pared celular pero no tienen membrana celular. (Barras, 1984) -El límite del núcleo celular es la membrana nuclear. (Blystone, 1987b)
<i>forma de los organelos</i>	-Los cloroplastos y mitocondrias tienen forma arriñonada de tres a cuatro veces mayor en longitud que en diámetro (en esquematizaciones de la célula). (Storey, 1990)
<i>unidad estructural</i>	-Algunos organismos son acelulares y otros multicelulares. (Barras, 1984)
<i>funciones</i>	-La respiración ocurre en los animales y la fotosíntesis en las plantas. (Barras, 1984) -Las plantas fotosintetizan en la luz solar y respiran durante la noche. (Barras, 1984) -La defecación es excreción. (Barras, 1984)

Un caso importante a considerar es la investigación realizada por Blystone (1987b), la cual muestra cómo la falta de concordancia entre los elementos de un libro de texto, así como las concepciones erróneas que contienen, pueden provocar un efecto negativo en el aprendizaje de la estructura celular. Este autor reportó que en 1984 todos los libros de texto a nivel preparatoria representaban incorrectamente a la envoltura nuclear. En el texto y en los rótulos empleados en las ilustraciones se hablaba de la membrana nuclear, mientras que en las ilustraciones el límite del núcleo celular se representaba con dos membranas. Posteriormente, se investigaron las ideas de estudiantes de preparatoria que tomaban un curso avanzado en el cual utilizaban libros de texto de un nivel universitario, en los que aparecía explícitamente el término de envoltura nuclear y, se observó que los estudiantes retenían la idea de una única membrana nuclear.

3.3 LOS LIBROS DE TEXTO EN LA ENSEÑANZA DE LA BIOLOGÍA EN SECUNDARIA EN MÉXICO.

En nuestro país, la enseñanza básica es obligatoria y por lo tanto es la Secretaría de Educación Pública la que se encarga entre otras funciones, de establecer los programas de estudio de secundaria y de evaluar y autorizar el uso de libros de texto en este nivel educativo que se basan en gran medida en estos programas.

3.3.1 EL PLAN Y LOS PROGRAMAS DE ESTUDIO DE SECUNDARIA

El plan y programas de estudio para secundaria que aún tienen vigencia fueron impresos y distribuidos en 1993 y editados por segunda ocasión en 1995. Dentro de este plan, la materia de Biología se cursa en el primer y segundo año de secundaria, tres y dos horas a la semana, respectivamente.

Durante el primer año de este nivel educativo se estudian básicamente los aspectos microbiológicos como evolución, ecología y genética. En este período se toca el concepto de célula en los siguientes apartados:

El mundo vivo y la ciencia que lo estudia

- El descubrimiento del mundo microscópico: Leeuwenhoek
- Los componentes de los seres vivos: elementos, moléculas y células.

Genética: la ciencia de la herencia.

- El descubrimiento de los gametos: espermatozoides y óvulos.
- El ADN
- Cromosomas y genes
- Genética humana
- Clonación de organismos
- Procesos de inseminación artificial
- Fecundación *in vitro*

Es en el segundo año de secundaria que el tema de célula se revisa a mayor profundidad, ya que se estudian los procesos microbiológicos o las particularidades de la organización de los seres vivos y su funcionamiento de manera general, como puede verse a continuación:

La célula

Desarrollo histórico del concepto de célula

- Los trabajos de Robert Hooke.
- La teoría celular de Schleiden y Schwann
- La célula: unidad anatómica, fisiológica y de origen de los seres vivos
- Células procariontes y células eucariontes
- Diferentes tipos de células en el cuerpo humano

El sistema membranal

- La membrana celular y sus funciones
- Alimentación celular: endocitosis, vesículas y lisosomas, exocitosis
- **La membrana nuclear**³ y sus funciones
- El retículo endoplásmico, los ribosomas y la síntesis de proteínas
- Aparato de Golgi y secreción

El citoplasma

- Las mitocondrias y la respiración celular
- Los cloroplastos y la fotosíntesis

El núcleo y la división celular

- Los cromosomas
- La mitosis
- La meiosis
- El ADN y la replicación
- El ARN y la transcripción

Nota: Para revisar los programas de estudio completos ver Apéndice 3.

3.3.2. Los libros de texto de secundaria

La SEP emite una lista de libros autorizados para la enseñanza de la biología en secundaria y en cada ciclo escolar. Previo a su aceptación, estos libros deben cumplir con ciertos lineamientos establecidos en el acuerdo No.236 de la SEP, (2005) para ser sometidos a revisiones. Dentro de estos lineamientos se encuentran algunos puntos contenidos en tres artículos que son de interés para este trabajo:

³ Al nombrar a este subtema como “la membrana nuclear”, queda implícita la idea errónea de que los límites del núcleo celular están rodeados por una única membrana.

Art. 3° -Se establece que los libros deberán apegarse a los propósitos establecidos en el plan de estudio de educación secundaria vigente y que los contenidos programáticos deberán desarrollarse a partir de información científica actualizada.

Art. 4° -Se enuncia que los libros deberán incluir textos, ilustraciones y actividades, cuidando que estos tres elementos guarden una adecuada correspondencia entre sí.

Art. 6°- Se define a una ilustración como cualquier tipo de fotografía, viñeta, mapa, dibujo, cuadro, plano, croquis, esquema y gráfica que tenga un propósito explícito de transmisión de los contenidos programáticos por lo que se debe evitar incluir ilustraciones que no cumplan con este propósito y cuyo carácter sea decorativo.

Las ilustraciones deberán: acentuar su importancia, al igual que los textos, para comunicar contenidos programáticos guardando una alta calidad gráfica y editorial; evitar presentar deformaciones grotescas de la realidad; incluir el pie de ilustración correspondiente.

Retomando lo señalado en el apartado 3.2 y de acuerdo con estos lineamientos de la SEP para la normatividad en las ilustraciones cabe señalar que para un tema tan importante como es la célula se debiera por lo menos:

- a) Buscar la correspondencia entre los elementos que conforman un texto para que éste sea una unidad coherente.
- b) Lograr que las ilustraciones estén cumpliendo con funciones didácticas.
- c) Procurar que el contenido biológico de las ilustraciones concuerde con los conceptos biológicos que se pretende que adquieran los estudiantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la biología.

Lo anterior unido a la importancia de la apropiación del concepto de célula en el aprendizaje de la biología plantea la necesidad de analizar el tratamiento gráfico que se da al tema de célula en los libros para secundaria que autoriza la SEP; de donde se desprenden los objetivos de este estudio.

CAP. 4. OBJETIVOS

4.1 JUSTIFICACIÓN

No obstante que las imágenes juegan un papel central tanto en la construcción y comunicación del conocimiento científico, como en su enseñanza-aprendizaje, a menudo éstas son consideradas elementos triviales en dicho proceso debido a que como entes intelectuales, estamos entrenados para analizar el texto escrito y tratar a las imágenes como adjuntos sin importancia, o como “muletas” para los que requieren de ayudas visuales (Gould, 2001).

En la biología las imágenes son de suma importancia. Por ejemplo, los investigadores recurren frecuentemente a la ilustración científica para representar la estructura y los procesos de los seres vivos. Asimismo, estas ilustraciones son indispensables para comprender el desarrollo y el estado actual del conocimiento en dicha disciplina.

En el caso particular de las ilustraciones que contienen los libros de texto de biología, resulta esencial considerar por un lado que éstas presentan convenciones que resulta necesario aprehender tanto para codificar y decodificar el mensaje gráfico (Constable, et al., 1988) y por el otro, que las ilustraciones pueden ser fuentes de errores conceptuales en los estudiantes (Perez de Eulate, *et al.*, 1999) así como el texto que les corresponde (Blystone, 1987b).

Dada la importancia que tiene la imagen en el mensaje del libro de texto, herramienta didáctica de amplio empleo en la enseñanza-aprendizaje de la ciencia, es sorprendente encontrar escasas investigaciones cuyo objetivo haya sido analizar la calidad de las imágenes y su relación con el texto en estos materiales didácticos. Existen los siguientes trabajos bajo este enfoque: en el caso particular de la física (Perales y Jiménez, 2002; Mayer, *et al.*, 1995; Mayer, *et al.*, 1996) y de la biología sobre las siguientes

Art. 3° -Se establece que los libros deberán apegarse a los propósitos establecidos en el plan de estudio de educación secundaria vigente y que los contenidos programáticos deberán desarrollarse a partir de información científica actualizada.

Art. 4° -Se enuncia que los libros deberán incluir textos, ilustraciones y actividades, cuidando que estos tres elementos guarden una adecuada correspondencia entre sí.

Art. 6°- Se define a una ilustración como cualquier tipo de fotografía, viñeta, mapa, dibujo, cuadro, plano, croquis, esquema y gráfica que tenga un propósito explícito de transmisión de los contenidos programáticos por lo que se debe evitar incluir ilustraciones que no cumplan con este propósito y cuyo carácter sea decorativo.

Las ilustraciones deberán: acentuar su importancia, al igual que los textos, para comunicar contenidos programáticos guardando una alta calidad gráfica y editorial; evitar presentar deformaciones grotescas de la realidad; incluir el pie de ilustración correspondiente.

Retomando lo señalado en el apartado 3.2 y de acuerdo con estos lineamientos de la SEP para la normatividad en las ilustraciones cabe señalar que para un tema tan importante como es la célula se debiera por lo menos:

- a) Buscar la correspondencia entre los elementos que conforman un texto para que éste sea una unidad coherente.
- b) Lograr que las ilustraciones estén cumpliendo con funciones didácticas.
- c) Procurar que el contenido biológico de las ilustraciones concuerde con los conceptos biológicos que se pretende que adquieran los estudiantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la biología.

Lo anterior unido a la importancia de la apropiación del concepto de célula en el aprendizaje de la biología plantea la necesidad de analizar el tratamiento gráfico que se da al tema de célula en los libros para secundaria que autoriza la SEP; de donde se desprenden los objetivos de este estudio.

temáticas: gráficas de ecología en libros de bachillerato y artículos científicos (Roth, *et al.*, 1999); ilustraciones del aparato digestivo en libros de primaria (Pérez de Eulate, *et al.*, 1999); ilustraciones del sistema circulatorio en libros de primaria y secundaria (Escovedo, *et al.*, 2000).

Como se puede notar, ninguno de estos estudios coincide en analizar imágenes del concepto abstracto de la célula y para el nivel de secundaria, que es el caso del presente trabajo. Por otro lado, aunque algunas de estas investigaciones reconocen la importancia de los resultados de la investigación en ideas previas así como aspectos del diseño de imágenes basados en la cognición visual, no toman a éstos como ejes principales en el establecimiento de los criterios de análisis de sus muestras.

La constante evidencia de que el concepto de célula, básico en la biología, requiere de un aparato didáctico especial donde la imagen representa un aspecto clave, ha llevado a considerar la necesidad de revisar cómo se enseña dicho concepto a través de imágenes.

Este trabajo pretende contribuir a elevar la calidad de los libros de texto autorizados por la SEP para el nivel secundaria en la enseñanza de la biología en nuestro país, haciendo un especial énfasis en las imágenes que representan el concepto de célula. Sin embargo, debido a que las ilustraciones forman parte de estos libros en conjunción con el texto, se investigó también a este último. Este análisis tiene como meta lograr identificar fallas en estos elementos tanto en su contenido biológico como en los aspectos formales para poder sugerir mejoras que coadyuven a la construcción de dicho concepto en los estudiantes de secundaria.

4.2 OBJETIVO GENERAL

-Hacer un análisis de los contenidos citológicos utilizados en la enseñanza del tema de célula en el nivel medio básico haciendo particular énfasis en la representación iconográfica.

4.1 OBJETIVOS PARTICULARES

- Conocer el estado actual de las ilustraciones de célula contenidas en los libros de texto oficiales.
- Integrar una propuesta para mejorar las ilustraciones de la célula.

CAP. 5. METODOLOGÍA

5.1 DELIMITACIÓN DEL OBJETO DE ESTUDIO

5.1.1 LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS LIBROS DE TEXTO OFICIALES DE SECUNDARIA PARA BIOLOGÍA

Debido a que el contenido de los libros de texto oficiales esta adaptado al programa de estudios de secundaria, se decidió evaluar las ilustraciones de célula en aquellos libros dirigidos al segundo año de secundaria para el ciclo escolar 2003-2004, ya que es en este grado en el cual se aborda el tema de célula con mayor profundidad (**Tabla 3**). De manera general, se puede decir que estos libros tienen un formato estandarizado, esto es, su tamaño es prácticamente el mismo, presentan textos e ilustraciones a color y en blanco y negro.

Tabla 3. Ediciones autorizadas para el ciclo escolar 2003-2004 en el segundo año de secundaria. (Tomado de SEP, 2003)

título	editorial	año de edición	no. de edición	clave
<i>Biología 2</i>	Editorial Nuevo México	1999	primera	NM
<i>Biología práctica 2</i>	Fernández Editores	1998	primera	FE BP
<i>El mundo vivo 2</i>	Fernández Editores	1999	primera	FE MV
<i>Biología 2</i>	Limusa -Vicens Vives	2002	primera	Vicens
<i>Biología 2</i>	Editorial Patria	1998	tercera	PaGM
<i>Biología 2</i>	Editorial Patria	2001	primera	PaTCH
<i>Científicos 2</i>	Grupo Editorial Norma	1999	tercera	Norma
<i>*Biología 2</i>	Editorial Santillana	1997	primera	-----
<i>El universo de la vida 2</i>	Editorial Santillana	2001	primera	Sant
<i>Biología 2. La dinámica de la vida</i>	Prentice Hall / Pearson Educación	1998	segunda	PHall
<i>*Biología 2. Naturaleza y movimiento</i>	Prentice Hall / Pearson Educación	2002	primera	-----
<i>Biología 2</i>	Ediciones Castillo	2000	tercera	Cast
<i>Maravillas de la Biología</i>	Ediciones Pedagógicas/ McGraw Hill	1999	tercera, revisada	MH MB
<i>Saber biología. La vida en una palabra</i>	Ediciones Pedagógicas/ McGraw Hill	2000	segunda, revisada	MH SB
<i>Biología 2</i>	Editorial Esfinge	1999	primera	Esfinge
<i>Biología 2</i>	Fondo de Cultura Económica	1998	segunda	FCE
<i>Biología interactiva segundo grado</i>	Trillas	2001	primera	Trillas

5.1.2 EL TIPO DE IMÁGENES ANALIZADAS Y SU CONTEXTO (EL TEXTO PRINCIPAL, LAS LEYENDAS Y LOS GRAFISMOS)

En el presente estudio se eligió como muestra de análisis a aquellas ilustraciones que fueran tanto analíticas (representan a la célula con sus estructuras) como clasificatorias (muestran tipos de relaciones entre las células representadas) (Kress y van Leeuwen, (1996) en Dimopoulos, *et al.*, 2003). Como resultado de esta elección, quedaron fuera las ilustraciones que representaban organelos aislados de la célula y las micrografías tanto ópticas como electrónicas. Por ende, no se tomaron en cuenta a dos de los libros de texto que contenían este tipo de imágenes (marcados en la **Tabla 3** con un asterisco).

En algunos casos, una figura contenía más de una ilustración de la célula. En este caso, se revisaron las ilustraciones por separado y luego en conjunto para observar su coherencia dentro de la misma figura.

En cuanto al texto principal, se examinó aquel que se encontraba directamente en la sección que contenía la figura cuando ésta era citada físicamente dentro del texto principal y cuando no lo era, se revisaban unas páginas anteriores a la figura. Asimismo, se analizaron los rótulos, etiquetas verbales y grafismos pertenecientes a cada ilustración. Es importante mencionar que estos elementos también se revisaron por separado y en conjunto para ver la relación imagen-texto que se establecía en cada libro de texto.

5.2 ESTABLECIMIENTO DE LAS CATEGORÍAS DE ANÁLISIS

Para el establecimiento de las categorías de análisis de las ilustraciones y texto de los libros de texto oficiales se realizaron revisiones bibliográficas en revistas y libros especializados en enseñanza de las ciencias, psicología de la percepción, arte y diseño gráfico así como algunos libros de biología celular de nivel universitario.

El procedimiento que se siguió consistió en su primer fase en hacer un listado de categorías de análisis. Algunas de ellas se adaptaron de categorías utilizadas previamente en investigaciones sobre el análisis de imágenes y otras fueron creadas debido a la particularidad del tema de célula en la enseñanza- aprendizaje de la biología y al existir la inquietud de revisar si las ilustraciones estaban diseñadas de acuerdo a la cognición visual. Este listado se convirtió en una tabla en la cual se fueron recabando los datos de cada ilustración y los elementos textuales y grafismos relacionados a ésta. Después de ello, se fueron agrupando los resultados de acuerdo a su frecuencia y a la par surgieron nuevas categorías de análisis que daban respuesta a nuevos cuestionamientos. De igual manera, se eliminaron algunas de las categorías originales debido a que éstas no se encontraron en las ilustraciones.

Este trabajo se basa en parte en la propuesta para el análisis de ilustraciones de física y química en libros de texto de Perales y Jiménez, (2002) los cuales sugieren considerar en el análisis de la imagen a sus aspectos formales y semánticos. Los aspectos formales se refieren a cómo están realizadas y dispuestas las ilustraciones en el texto y los semánticos se refieren a qué significado poseen para el lector. Como resultado de ello, y considerando que es difícil desligar ambas dimensiones, las categorías en el presente estudio se pueden dividir en dos grandes grupos: aquellas que conciernen al contenido biológico y otras que tratan sobre los aspectos formales o de diseño de las ilustraciones y el texto.

5.2.1 CONTENIDO BIOLÓGICO

En cuanto al contenido biológico de la ilustración y el texto, se tomaron como guías para establecer las categorías tanto a las ideas previas y confusiones de los estudiantes de secundaria sobre la estructura celular (**Tabla 4**) así como a los errores conceptuales presentes en los libros de texto sobre este tema (**Tabla 5**).

Tabla 4. Ideas previas y confusiones de los estudiantes de secundaria sobre la estructura celular.

<i>estructura celular</i>	-La célula contiene núcleo, citoplasma, mitocondrias, una corteza externa, cloroplastos y membrana. (Caballer y Giménez, 1993) -Dentro de la célula hay algo como vacuola, celulosa, nervios, glóbulos rojos, átomos, protones, neutrones, electrones. (Caballer y Giménez, 1993) -Confusión de la membrana celular con la pared celular. (Zamora y Guerra, 1993)
<i>niveles de organización (tamaño)</i>	-Confusión de las células con átomos, moléculas o tejidos. (Caballer y Giménez, 1993) -Confusión de células con órganos. (Zamora y Guerra, 1993)
<i>forma y dimensión celular</i>	-La forma de la célula es redondeada, alargada y esférica. (Caballer y Giménez, 1993) -La forma de la célula es dependiente de la función. (Caballer y Giménez, 1993) -La célula es tridimensional y plana. (Caballer y Giménez, 1993)

Tabla 5. Errores conceptuales en los libros de texto sobre la estructura celular.

<i>estructura celular</i>	-Las células están compuestas por protoplasma que es un material. (Barras, 1984) -Las células están compuestas por protoplasma que es sustancia básica. (Barras, 1984) -El protoplasma es el material vivo en la célula. (Barras, 1984) (Storey, 1990) -Las células de las plantas presentan pared celular pero no tienen membrana celular. (Barras, 1984) -El límite del núcleo celular es la membrana nuclear. (Blyston, 1987b)
<i>forma de los organelos</i>	-Los cloroplastos y mitocondrias tienen forma arriñonada de tres a cuatro veces mayor en longitud que en diámetro (en esquematizaciones de la célula). (Storey, 1990)

Así, surgieron las siguientes categorías de análisis con las cuales se revisó el contenido biológico de las ilustraciones y el texto:

1) CONTENIDO BIOLÓGICO EN LAS ILUSTRACIONES

a) representación de la célula

- i) pertenencia a un Reino
- ii) dimensiones celulares
- iii) forma celular
- iv) color
- v) tamaño celular- Por un lado, se buscó la presencia de indicadores numéricos del tamaño. Por el otro, se midió si las células eran proporcionales entre sí en las figuras que presentaban más de una ilustración de la misma de acuerdo a lo reportado en la bibliografía (**Tabla 6**).

Tabla 6. Tamaño de las células.

tipo celular	tamaño promedio real	fuentes bibliográficas
animal	10-30 micras	Alberts, 1994
vegetal	10-100 micras	Alberts, 1994
eucarionte	10-100 micras	Lehninger, 1993
procarionte	1-10 micras	Alberts, 1994; Lehninger, 1993
<i>Escherichia coli</i>	1-5 micras (longitud)	Starr y Taggart, 2001
<i>Euglena sp</i>	20-500 micras (longitud)	Kudo, 1982
<i>Paramecium sp</i>	100-350 micras (longitud)	Jahn, 1979
<i>Amoeba proteus</i>	200-600 micras	Jahn, 1979

b) representación de algunas estructuras celulares

i) color del cloroplasto

ii) forma de algunas estructuras celulares-

forma de la mitocondria y el cloroplasto

representación de la envoltura nuclear

representación de la pared y membrana celular

iii) tamaño de algunas estructuras celulares en proporción al núcleo de acuerdo a lo reportado en la bibliografía (**Tabla 7**).

Tabla 7. Tamaño de las estructuras celulares. (Tomados de Alberts, 1994)

estructura celular	tamaño promedio real
núcleo	3-10 micras
mitocondria	0.5 micras (ancho)
centriolo	0.4 micras (longitud) 0.2 micras (ancho)
lisosoma / peroxisoma	0.2-0.5 micras
microtúbulo	25 nm
ribosoma	15 nm

2) CONTENIDO BIOLÓGICO EN EL TEXTO (TEXTO PRINCIPAL, RÓTULOS Y ETIQUETAS VERBALES).

3) RELACIÓN DE CORRESPONDENCIA, EN CUANTO AL CONTENIDO BIOLÓGICO, ENTRE LOS ELEMENTOS DEL LIBRO DE TEXTO: LA ILUSTRACIÓN, EL RÓTULO, LAS ETIQUETAS Y EL TEXTO PRINCIPAL.

5.2.2 ASPECTOS FORMALES O DE DISEÑO

Se establecieron las categorías sobre los aspectos formales de las imágenes y el texto desde la cognición visual tomando en cuenta a la teoría de la Gestalt, el modelo SOI y la estrategia de diseño de la diferencia mínima efectiva.

1) COMPAGINACIÓN ENTRE LA FIGURA Y EL TEXTO

Esta categoría se refiere por un lado a si las imágenes se encuentran o no citadas en el texto principal y por el otro si estas ilustraciones están o no físicamente en la misma página que el texto que las cita. La compaginación tiene que ver con el principio perceptual de la Gestalt de proximidad, ya que este sirve principalmente para relacionar cosas o elementos heterogéneos que sin la cercanía visual podrían ser independientes, esto es, el texto que acompaña a una imagen y la imagen propiamente dicha.

2) “LECTURA” DE LA IMAGEN

a) orden de la “lectura” (de las ilustraciones en una figura con respecto al texto)-

La “lectura” de una imagen se da en la cultura occidental de izquierda a derecha de igual manera en la que se lee un texto (Heinich, *et al.*, 2002 ; Kearsley y Turner, 1999). Lo que se busca bajo esta categoría es si esta “lectura” va de acuerdo al texto principal y al rótulo perteneciente a la figura en dónde se encuentran las ilustraciones.

b) diferenciación *figura-fondo*-

Reid (1990), recomienda que en biología se deben seleccionar o dibujar ilustraciones en las cuales se maximice la diferenciación figura-fondo. Esto se puede lograr optimizando la profundidad de campo en las ilustraciones manipulando la perspectiva, localización vertical, textura, color y el solapamiento. También, al utilizar colores (o sombreado) que atraigan la atención inicial a aquellas partes de la ilustración que contengan la información más relevante. De igual manera se puede contribuir a esto, al cuidar que la delineación de la forma sea lo menos confusa posible.

c) diferencia mínima efectiva-

Siguiendo el planteamiento de la estrategia de la diferencia mínima efectiva, la cual se basa en parte en el principio de la Gestalt mencionado arriba, se busco si los elementos secundarios a las ilustraciones de célula como los grafismos y las etiquetas no podrían estar compitiendo con la información primaria, o sea la imagen de la célula, por lo cual surgieron estas categorías:

- i) color
- ii) grosor de grafismos
- iii) uso de etiquetas numéricas
- iv) distribución espacial de las ilustraciones en la figura
- v) etiquetas verbales o numéricas sobre la ilustración
- vi) grafismos extras en la ilustración

5.2.3 REPRODUCCIÓN DE LA MISMA ILUSTRACIÓN

Esta categoría surge como resultado de constatar una práctica común en el empleo de ilustraciones en los libros de texto, su reproducción: en el mismo texto, en libros de distintas editoriales e incluso en libros dirigidos a distintos niveles educativos. Se buscaron las diferencias sutiles entre las ilustraciones repetidas.

CAP. 6. RESULTADOS

6.1 CONTENIDO BIOLÓGICO

1) CONTENIDO BIOLÓGICO EN LAS ILUSTRACIONES

a) representación de la célula

i) pertenencia a un Reino

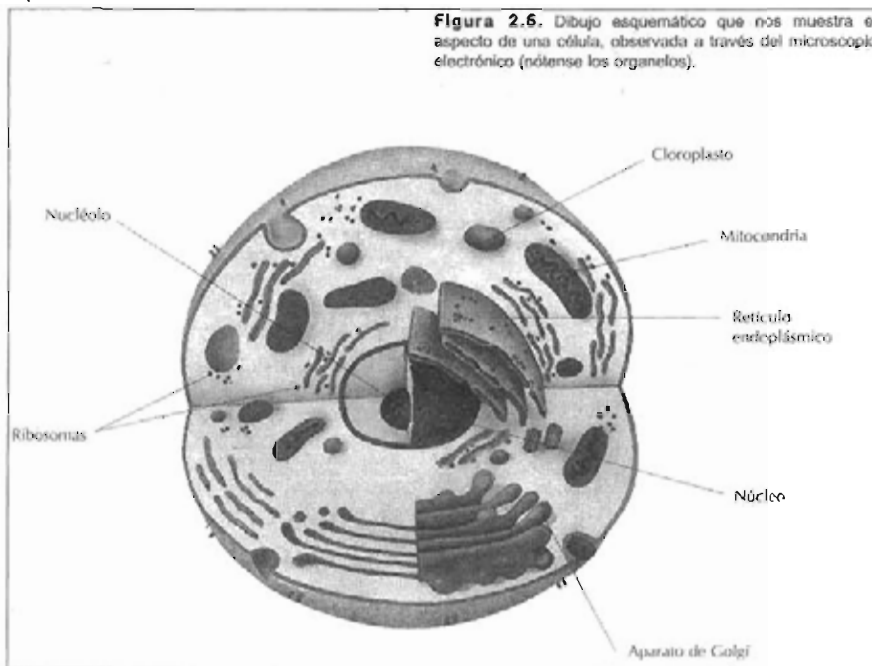
Tabla 8. Representación celular por Reino.

Reino	# de células	porcentaje
Bacteria	23	34.8%
Animalia	22	33.3%
Plantae	15	22.7%
Protoctista	5	7.6%
*inexistente	1	1.5%
Fungi	0	0.0%
total	66	100.0%

En este trabajo se analizaron un total de 66 ilustraciones, contenidas en 36 figuras (algunas figuras contenían más de una ilustración). Como se puede apreciar en la **Tabla 8**, las células animales junto con las bacterianas son las más representadas en los libros de secundaria. Les siguen las células vegetales y luego las protoctistas. Asimismo, puede verse una ausencia de las células pertenecientes al reino Fungi. Por último, en esta tabla aparece una ilustración de célula eucarionte que corresponde a **Trillas (1 2.5)** bajo un Reino inexistente. Se le ha considerado un caso ficticio, ya que presenta esquematizados centriolos y cloroplastos, estructuras que aún no se ha encontrado que coexistan en una misma célula.

Para facilitar el análisis de los resultados encontrados en los textos revisados se ha utilizado una clave de identificación para cada ilustración analizada en este trabajo. Esta clave comienza con el nombre de la editorial a la cual pertenece el texto, le sigue un número asignado cuyo valor depende de si la ilustración se encuentra sola o acompañada

de otras en la misma figura y finalmente, el número de la figura con el cual se reconoce en el libro de texto; tal es el caso por ejemplo, de la denominación **Trillas (1 2.5)**:



Trillas (1 2.5)

ii) dimensiones celulares

Tabla 9. Representación de la dimensión celular.

dimensión celular	# de células	porcentaje
2D	21	31.8%
3D	45	68.2%
total	66	100.0%

La **Tabla 9** muestra que la mayoría de las ilustraciones de célula presentan algún tipo de convención artística que contribuye a la percepción de su tridimensionalidad. Esto es, dentro de esta categoría se incluyeron imágenes que presentaban sombreado y/o perspectiva. El resto de las imágenes se consideran planas o bidimensionales, ya que no muestran estas convenciones.

iii) forma celular

Tabla 10. Representación de la forma celular por Reino.

a) Bacteria

dimensión	forma	# de células	porcentaje
2D	isodiamétrica	6	26.1%
	redonda	6	26.1%
	ovalada	1	4.3%
	espiral	1	4.3%
3D	isodiamétrica	4	17.4%
	irregular	3	13.0%
	esférica regular	1	4.3%
	ovoide	1	4.3%
total		23	100.0%

b) Animalia

dimensión	forma	# de células	porcentaje
2D	redonda	2	9.1%
	irregular	1	4.5%
3D	esférica irregular	10	45.5%
	esférica regular	7	31.8%
	cúbica	1	4.5%
	irregular	1	4.5%
total		22	100.0%

c) Plantae

dimensión	forma	# de células	porcentaje
2D	cuadrada	1	6.6%
	hexagonal	1	6.6%
3D	cúbica	3	20.0%
	bloque rectangular	3	20.0%
	octaédrica	2	13.3%
	nonaédrica	2	13.3%
	esférica regular	1	6.6%
	esférica irregular	2	13.3%
total		15	100.0%

d) Protoctista

dimensión	forma	# de células	porcentaje
2D	cilíndrica (<i>Euglena</i>)	1	20.0%
	irregular (ameba)	1	20.0%
3D	cilíndrica (<i>Euglena</i>) (paramecio)	2	40.0%
	irregular (ameba)	1	20.0%
total		5	100.0%

A partir de la **Tabla 10**, se puede observar que la forma más elegida para representar al grupo de las bacterias es la isodiamétrica o comúnmente conocida como bacilo, en un 43.5% si se suman las frecuencias en dos y tres dimensiones. Después de ésta, tenemos en un 30.4% a la forma de coco (redonda y esférica).

En cuanto al grupo de las células animales, éstas se representan en su mayoría con formas redondeadas (redondas o esféricas) en un 86.4%, siendo la forma redondeada irregular (45.5%) un poco más representada que la redondeada regular (40.9%). Para representar a la célula vegetal se eligen formas poliédricas en un 80% de los casos. El resto de las células se representan con formas redondeadas. Finalmente, vemos en el grupo de los protoctistas que se elige en primer lugar a la forma cilíndrica de *Euglena* y del paramecio y después a la forma irregular de la ameba.

iv) color

Tabla 11. Representación del color del citoplasma y los límites celulares.

a) célula vegetal

color del citoplasma y límites celulares	# de células	porcentaje
verde	10	66.6%
verde c/ otro color	4	26.6%
naranja c/ morado	1	6.6%
total	15	100.0%

b) célula animal

color del citoplasma y límites celulares	# de células	porcentaje
rosa o carne	7	31.8%
blanco con rosa	1	4.5%
azul	3	13.6%
café	2	9.1%
verde-azulado c/ morado	2	9.1%
roja	1	4.5%
amarillo c/ verde	1	4.5%
amarillo c/ blanco	1	4.5%
naranja	1	4.5%
naranja c/ morado	1	4.5%
naranja con azul	1	4.5%
morado	1	4.5%
total	22	100.0%

c) célula protoctista

color del citoplasma y límites celulares	# de células	porcentaje
verde	1	20.0%
azul	1	20.0%
gris	1	20.0%
café	1	20.0%
morado	1	20.0%
total	5	100.0%

d) célula bacteriana

color del citoplasma y límites celulares	# de células	porcentaje
blanco c/ negro	3	13.0%
naranja	3	13.0%
café	3	13.0%
amarillo	2	8.7%
azul	2	8.7%
verde	2	8.7%
rosa	2	8.7%
café c/ azul	2	8.7%
morado c/ amarillo	1	4.3%
rojo	1	4.3%
verde c/ morado	1	4.3%
carne	1	4.3%
total	23	100.0%

Como se puede apreciar en la **Tabla 11**, en el caso de la elección del color para representar a las células vegetales, es clara la tendencia a utilizar los tonos verdes en la gran mayoría de ellas. En lo que respecta a la célula animal, vemos que poco más de un tercio de éstas se representan en tonos rosados y se eligen distintos tonalidades en el resto de las células. Sin embargo, el patrón elegido para esquematizar tanto a la célula bacteriana como a la protoctista es totalmente diferente, ya que se usa es una variación en coloridos.

v) tamaño celular

Tomando en cuenta la confusión que presentan los estudiantes de secundaria entre la célula y otros niveles de organización de la materia y de la vida, se decidió indagar la representación del tamaño celular en los libros de texto correspondientes a este nivel

educativo. Para ello se buscó en primer lugar, si las ilustraciones presentaban indicadores numéricos (ya sea como etiquetas o contenidas en el rótulo) que ubicasen o le dieran contexto al estudiante en cuanto al tamaño celular. La importancia de la presencia de tales indicadores radica en que dado que la mayoría de las células no puede percibirse a simple vista, sería útil que los estudiantes tuvieran una referencia directa de un concepto abstracto. En la **Tabla 12**, mostrada a continuación, quedan recogidos los resultados de dicha búsqueda:

Tabla 12. Presencia / ausencia de indicadores numéricos del tamaño celular en la ilustración.

indicador	figura	frecuencia	porcentaje
presente	Cast (6, 7 y 8 2.7) Vicens (1 2.3) (2 y 3 2.4)	6	9.1%
ausente	Cast (1 2.6) (2 a, b, c y d 2.9)** (3 2.13 y 2.18) (4 2.16 y 2.20**) (5 2.23) Esfinge (1, 2 y 3 2.5) FCE (1 y 2 2.6)** (3 2.7) FE BP (1 y 2 2.5) (3 y 4 2.7) FE MV (1 2.3) (2** y 3 2.5) MH MB (1 a, b, c, d, e y f 2.4)** (2 2.5) (3 y 4 2.6) MH SB (1 y 2 2.8) NM (1 2.6) (2 y 3** 2.7) Norma (1, 2 y 3 2.5) PaGM (1 2.6) (2 2.7) (3** y 4 2.8) PaTCH (1 y 2 2.2) (3 y 4 2.3) PHall (1 y 2 2.8) (3 y 4 2.9) Sant (1)** (2 y 3) Trillas (1 2.5) (2 y 3 2.10) Vicens (4 y 5 2.34)	60	90.9%
total		66	100.0%

Nota: Aquellas ilustraciones o figuras que aparecen y posteriormente aparecerán marcadas con doble asterisco en las tablas de resultados no se encuentran físicamente en este capítulo, sino en el Apéndice 2.

Al encontrar que la gran mayoría de las ilustraciones de célula no presentaban indicadores numéricos de su tamaño, surgió la inquietud de revisar gráficamente si había preocupación por guardar proporción entre los tamaños celulares. Para ello, se midieron los esquemas con una regla milimétrica y se compararon estos resultados con rangos de tamaños celulares que se muestran en la siguiente tabla, (que ya se había incluido en el capítulo anterior):

Tabla 6. Tamaño de las células.

tipo celular	tamaño promedio real	fuentes bibliográfica
animal	10-30 micras	Alberts, 1994
vegetal	10-100 micras	Alberts, 1994
eucarionte	10-100 micras	Lehninger, 1993
procarionte	1-10 micras	Alberts, 1994 ; Lehninger, 1993
<i>Escherichia coli</i>	1-5 micras (longitud)	Starr y Taggart, 2001
<i>Euglena</i> sp	20-500 micras (longitud)	Kudo, 1982
<i>Paramecium</i> sp	100-350 micras (longitud)	Jahn, 1979
<i>Amoeba proteus</i>	200-600 micras	Jahn, 1979

Como se puede apreciar en estos datos, los rangos del tamaño de la célula animal y vegetal se empalman es decir, una célula vegetal puede medir de 10 a 30 micras al igual que una animal. Debido a esto y a que las figuras encontradas en este estudio, que incluyen ilustraciones tanto de la célula animal como de la vegetal, sólo presentan prototipos de las mismas y no de tipos celulares, se descartó comparar su tamaño. No obstante, se pudieron medir y comparar entre sí varias ilustraciones de célula contenidas en una misma figura, como se muestra a continuación:

Por ejemplo, la figura **Cast (6, 7 y 8 2.7)** es el único caso hallado que contiene ilustraciones de células eucariontes ordenadas de acuerdo a su tamaño y etiquetas numéricas que lo indican directamente.

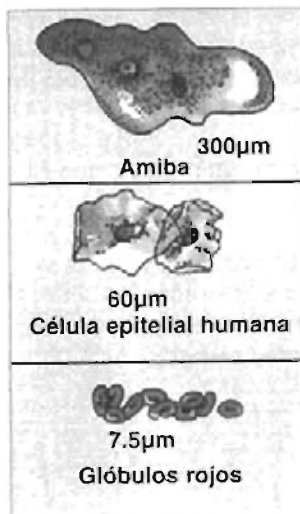


Fig. 2.7 Comparación del tamaño de diferentes células.

Cast (6, 7 y 8 2.7)

Sin embargo, puede observarse en la **Tabla 13**, que aunque esta figura presenta etiquetas que indican las dimensiones de cada tipo celular esquematizado, al comparar estos valores con la medida de sus longitudes resultó que las células no se encuentran gráficamente a escala. Por una parte, la célula epitelial humana es cinco veces menor a la amiba, sin embargo, ésta se representa casi como la mitad del tamaño de la amiba, mientras que el glóbulo rojo (que es ocho veces menor que la célula epitelial) se representa aproximadamente cuatro veces menor que ésta.

Tabla 13. Comparación del tamaño de las células eucariontes.

figura	tipo celular	etiqueta (micras)	longitud (cm)	a escala (sí/no)
Cast (6, 7 y 8 2.7)	amiba	300	3.4	no
	célula epitelial humana	60	1.5	
	glóbulo rojo	7.5	0.4	

Por otra parte, como puede verse en la **Tabla 14**, se encontraron siete figuras que incluían ilustraciones tanto de células procariontes como eucariontes pero no presentaban etiquetas numéricas que indicaran sus respectivos tamaños, por lo cual se procedió a medir y comparar dicha característica.

Tabla 14. Comparación del tamaño de las células eucariontes y procariontes.

figura	tipo/prototipo celular	longitud (cm)	a escala (sí/no)
Esfinge (1, 2 y 3 2.5)	animal	4.7	no
	vegetal	4.5	
	bacteriana	5.5	
Norma (1, 2 y 3 2.5)	animal	6.3	no
	vegetal	6	
	bacteriana	7	
FE MV (2** y 3 2.5)	eucarionte	3.9	no
	procarionte	4.5	
FCE (1 y 2 2.6)**	<i>Euglena</i>	7.1	no
	<i>Escherichia coli</i>	2	
PaTCH (1 y 2 2.2)	<i>Euglena</i>	6.1	no
	<i>Escherichia coli</i>	1.9	
P Hall (1 y 2 2.8)	paramecio	4.8	no
	bacteria	3.4	
FE BP (1 y 2 2.5)	amiba	7.3	sí
	bacteria	0.3	

A partir del establecimiento de las proporciones en tamaño que deberían guardar entre sí las células eucariontes con respecto a las procariontes, basado en los valores expresados en la **Tabla 6**, resultó que solamente la figura **FE BP (1 y 2 2.5)** (ver pag. 96) presentaba a sus ilustraciones de célula con una escala adecuada entre ellas.

b) representación de algunas estructuras celulares

i) color del cloroplasto

Al analizar el color utilizado en los cloroplastos contenidos en las células vegetales, resultó que el 100% de ellos eran verdes en su totalidad. Cabe aclarar que según Storey (1990), una esquematización más correcta de este organelo sería colorear de verde a las membranas tilacoidales solamente, ya que es en éstas estructuras en donde se encuentra localizado el pigmento de la clorofila.

ii) forma de algunas estructuras celulares

Forma de la mitocondria y del cloroplasto

Como ya se plasmó en la **Tabla 2** del Capítulo 3, de acuerdo a Storey (1990), un error perpetuado comúnmente por los libros de texto es la esquematización de los cloroplastos y las mitocondrias con forma arriñonada de tres a cuatro veces mayor en longitud que en diámetro. Lo que este autor argumenta es que si se analizan las micrografías de ambos organelos de manera detallada, éstos tienen formas variadas dependiendo del tipo celular en que se encuentran. A partir de esta observación se decidió revisar en los libros de texto de secundaria cómo era la representación gráfica de estos organelos. Las siguientes dos tablas de resultados muestran una clara tendencia hacia la forma arriñonada tanto en la mitocondria como en el cloroplasto:

Tabla 15. Forma de la mitocondria en las ilustraciones de célula.

tipo celular	forma de la estructura	frecuencia	porcentaje
animal	arriñonada	19	54.3%
vegetal	arriñonada	12	34.3%
	esférica	2	5.7%
<i>Euglena</i>	arriñonada	1	2.9%
	ovoide	1	2.9%
total		35	100.0%

Nota: En dos células (una animal y otra vegetal) no se esquematizan las mitocondrias

91.5% de las mitocondrias representadas presentan forma arriñonada.

8.6% tienen forma distinta.

Tabla 16. Forma del cloroplasto en las ilustraciones de célula.

tipo celular	forma de la estructura	frecuencia	porcentaje
vegetal	arriñonada	12	70.6%
	retículo endoplásmico	1	5.9%
	triangular	2	11.8%
<i>Euglena</i>	arriñonada	1	5.9%
	elíptica	1	5.9%
total		17	100.0%

76.5% de los cloroplastos representados presentan forma arriñonada.

23.6% tienen forma distinta.

Representación esquemática de la envoltura nuclear

La concepción errónea de que el límite del núcleo celular es la membrana nuclear (y no la envoltura nuclear) es otra falsa idea encontrada en la investigación de Blystone (1987b) antes mencionada. Aunque esta concepción ha sido reportada en alumnos del nivel bachillerato, es importante considerarla en este estudio, debido a que se ha visto que las ideas previas por un lado, son compartidas en los distintos niveles educativos y por el otro, su origen podría encontrarse en los materiales didácticos, por lo que resultó relevante revisar la representación esquemática de este concepto en los libros de texto oficiales de secundaria. Para ello, se comparó a la envoltura nuclear con la membrana celular, tomando como supuesto la siguiente convención: la esquematización de una raya

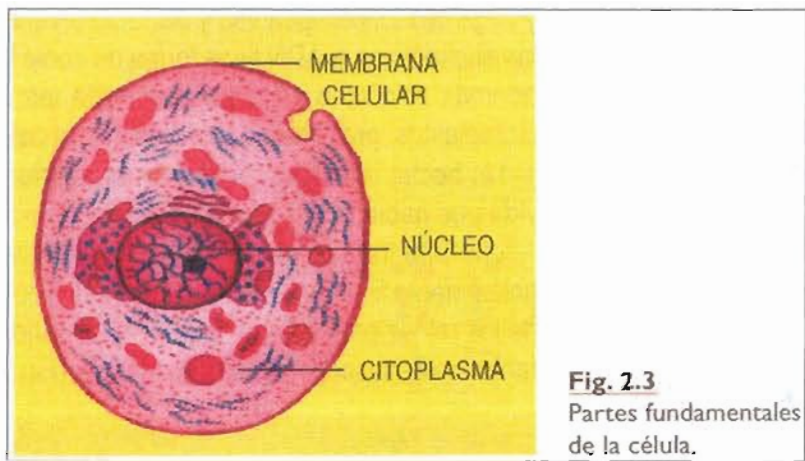
equivale a una bicapa lipídica (como el caso de la membrana celular), mientras que dos rayas equivalen a dos bicapas lipídicas (para el caso de la envoltura nuclear).

Tabla 17. Representación esquemática de la envoltura nuclear.

# de rayas o bicapas lipídicas	tipo celular	ilustración	frecuencia	porcentaje
una	animal	Cast (4 2.16 y 2.20**) (3 2.18) Esfinge (1 2.5) FE BP(4 2.7) FE MV(1 2.3) MH MB (2 2.5) (3 2.6) MH SB (1 2.8) Norma (2 2.5) NM (2 2.7) PaGM (4 2.8) PaTCH (3 2.3) Trillas (3 2.10)	14	35.9%
	vegetal	FE BP (3 2.7) FE MV(3 2.5) MH MB (4 2.6) MH SB (2 2.8) NM (3** 2.7) PaGM (1 2.6) (3** 2.8) PaTCH (4 2.3) Trillas (2 2.10)	9	23.1%
	protista	FCE (2 2.6)** FEBP (2 2.5) PaTCH (2 2.2) PHall (1 2.8)	4	10.3%
dos	animal	Cast (3 2.13) (5 2.23) FCE (3 2.7) PHall (4 2.9) Sant (2) Vicens (4 2.34)	6	15.4%
	vegetal	Cast (1 2.6) Esfinge (2 2.5) Norma (3 2.5) PHall (3 2.9) Sant (3) Vicens (5 2.34)	6	15.4%
	protista		0	0.0%
total			39	100.0%

Al sumar los porcentajes de la **Tabla 17**, se obtiene que **69.3%** del total de las células presentan envoltura nuclear esquematizada como una bicapa lipídica, mientras que **30.8%** tienen envoltura como dos bicapas.

Para ejemplificar la representación de la envoltura nuclear como una bicapa está la ilustración **FEMV (1 2.3)** y como dos bicapas, la ilustración **Cast (5 2.23)**, en la que incluso se esquematizan los poros nucleares como se puede apreciar a continuación:



FEMV (1 2.3)

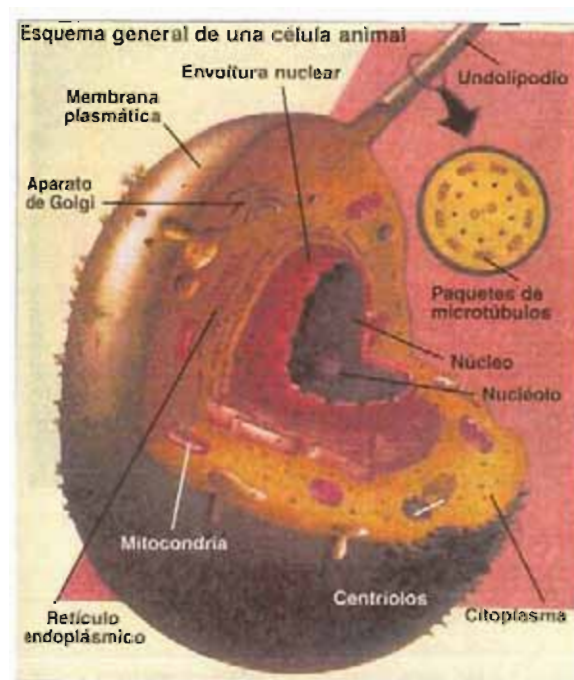
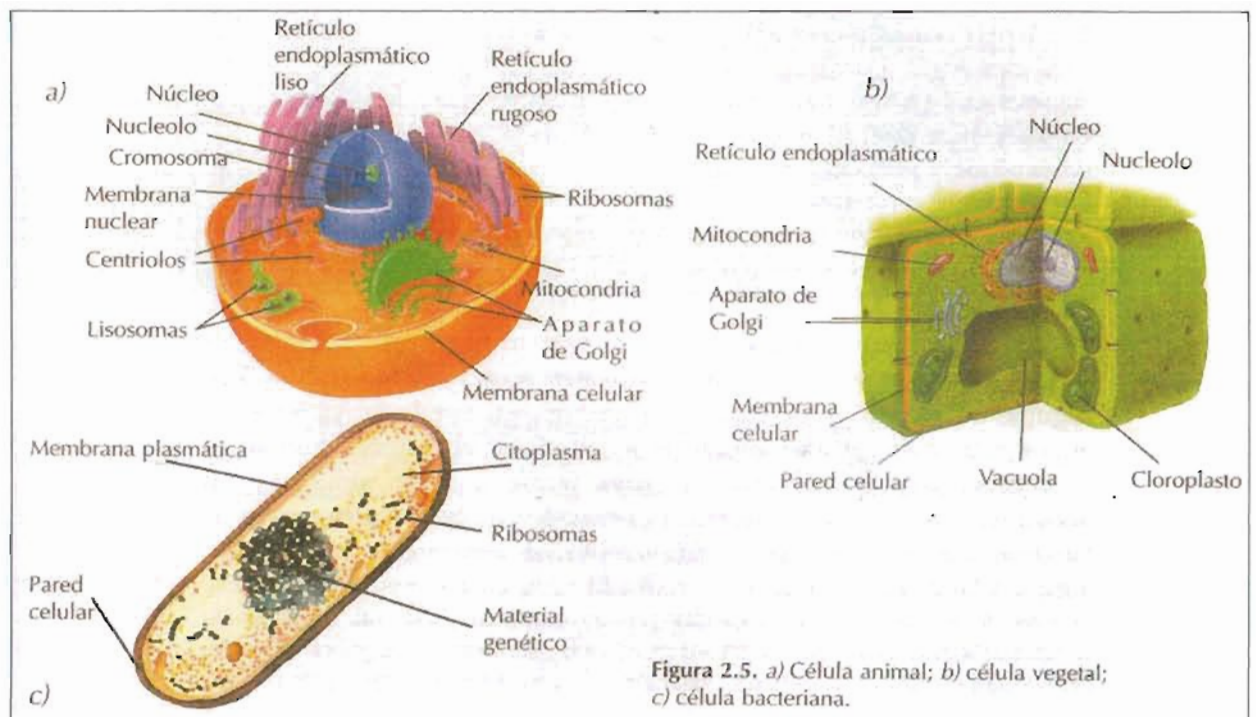


Fig. 2.23 La célula con núcleo y partes.

Cast (5 2.23)

Al analizar la correspondencia de la esquematización de la envoltura nuclear entre las ilustraciones de célula contenidas en una misma figura, resultó que no existía concordancia en dos de ellas: **Esfinge** (1 y 2 2.5) y **Norma** (2 y 3 2.5), ya que en ambas se ilustra a una célula con una bicapa y a la otra con dos bicapas delimitando al núcleo. Por ejemplo, en la figura **Esfinge** (1 y 2 2.5) la envoltura nuclear se representa con una raya en la célula animal y en la vegetal con dos rayas que al unirse representan los poros:



Esfinge (1 y 2 2.5)

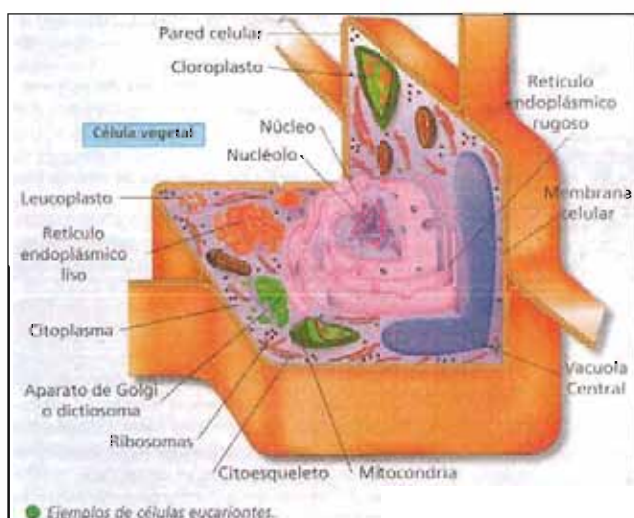
Representación esquemática de la pared y membrana en la célula

Debido a que existe la confusión entre membrana y pared celular en los estudiantes de secundaria (Tabla 2, Cap. 3), se decidió investigar la representación tanto esquemática como verbal de ambas estructuras en las ilustraciones de la célula vegetal y bacteriana, con el objeto de encontrar si se logran diferenciar entre sí.

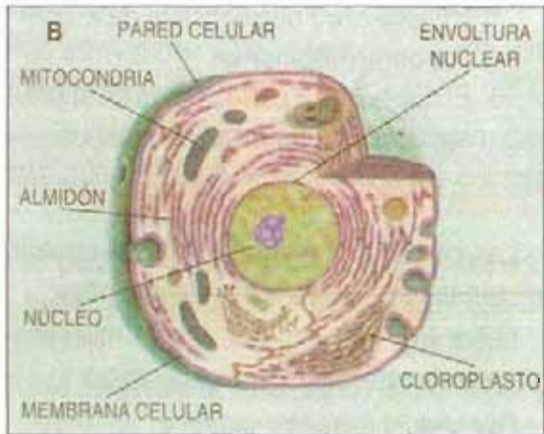
Tabla 18. Diferenciación esquemática entre la membrana y la pared en la célula vegetal.

diferenciación membrana-pared	escasa	forma de esquematización	ilustración	frecuencia	porcentaje
		ausencia de membrana presencia de pared	Cast (1 2.6) PaGM (1 2.6)	2	73.3%
		ausencia de membrana presencia de pared y pared de célula adyacente	FE BP (3 2.7) MH SB (2 2.8) Norma (3 2.5) Sant (3) Vicens (5 2.34)	5	
	se representa a la membrana y pared celular con una estructura	FE MV (3 2.5) MH MB (4 2.6) PaTCH (4 2.3) NM (3** 2.7)	4		
apropiada	presencia de membrana y pared celular	Esfínges (2 2.5) PaGM (3** 2.8) PHall (3 2.9) Trillas (2 2.10)	4	26.6%	
total				15	100.0%

A partir de la **Tabla 18**, se puede observar que la gran mayoría de las ilustraciones de la célula vegetal presentan una escasa diferenciación entre la membrana y la pared celular. Por un lado, siete de ellas no esquematizan a la membrana celular y solamente lo hacen de la pared celular y en ocasiones de la pared celular adyacente, como se puede observar en la ilustración **Sant (3)**. Por el otro, en las otras cuatro ilustraciones analizadas tanto la pared como la membrana se encuentran representadas con una misma estructura, lo cual se puede apreciar con el esquema **FE MV (3 2.5)**.

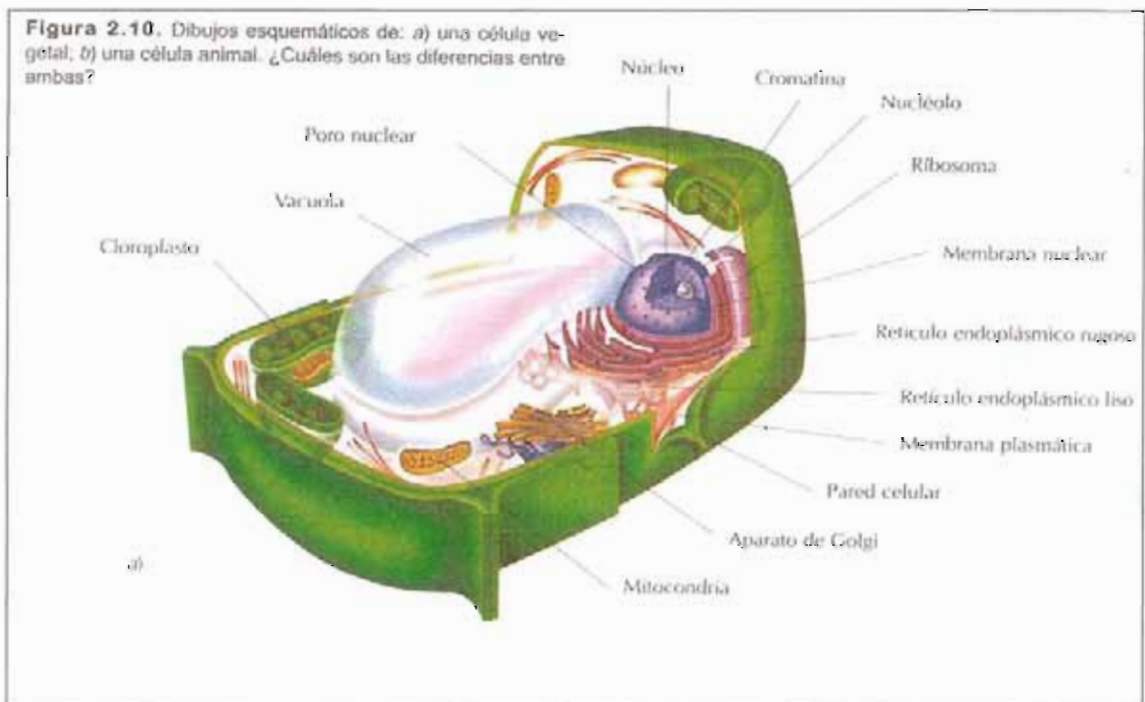


Sant (3)



FE MV (3 2.5)

Un ejemplo perteneciente a la minoría de ilustraciones que muestran una apropiada diferenciación entre la membrana y la pared celular es **Trillas (2 2.10)**. En esta ilustración se hace un corte a través de ambas estructuras que no se desprende de la imagen principal y por lo tanto, se puede apreciar claramente cual es la disposición de la membrana con respecto a la pared celular. Sin embargo, presenta esquematizada a la pared celular adyacente y no se encuentra etiquetada.



Trillas (2 2.10)

Tabla 19. Representación de la membrana y pared en las etiquetas de la célula vegetal.

uso de etiquetas y grafismos		ilustración	frecuencia	porcentaje
inadecuado	ausencia de etiqueta de membrana, presencia de etiqueta de pared celular.	Cast (1 2.6) PaGM (1 2.6) MH SB(2 2.8) Norma (3 2.5)	4	19.0%
	ausencia de etiqueta de pared celular presencia de etiqueta de membrana (pero el grafismo la une con la estructura de pared celular incorrectamente)	FE BP (3 2.7)	1	4.8%
	ausencia de etiqueta de pared celular adyacente	Trillas (2 2.10) Vicens (5 2.34) Sant (3) Norma (3 2.5) MH SB (2 2.8) FE BP (3 2.7)	6	28.6%
	presencia de ambas etiquetas: membrana y pared celular (pero los dos grafismos las unen a una misma estructura).	FE MV (3 2.5) MH MV (4 2.6) Sant (3) PaTCH (4 2.3) NM (3** 2.7)	5	23.8%
	presencia de ambas etiquetas: membrana y pared celular (pero los grafismos no unen las etiquetas a las estructuras correctas).	Vicens (5 2.34) (membrana) PaGM (3** 2.8) (pared) PHall (3 2.9) (memb y pared)	3	14.3%
adecuado	presencia de ambas etiquetas: membrana y pared celular y uso adecuado de grafismos.	Esfinge (2 2.5) Trillas (2 2.10)	2	9.5%
total			21	100.0%

Al sumar los porcentajes de la **Tabla 19** resulta que en las ilustraciones de la célula vegetal **90.5%** de las etiquetas sobre membrana y pared celular presentan errores en su utilización y sólo **9.5%** de las mismas tienen un uso adecuado.

Tabla 20. Diferenciación esquemática entre la membrana, la pared y la cápsula en la célula bacteriana.

diferenciación membrana-pared-cápsula	escasa	Forma de esquematización	Ilustración	frecuencia	porcentaje
		no se esquematizan los límites celulares	PaTCH (1 2.2)	1	66.6%
		se esquematizan los límites celulares con una estructura.	FCE (2 2.6)** PaGM (2 2.7)	2	
		se representa a la membrana y pared celular con una estructura.	Esfinge (3 2.5) FE MV (2** 2.5) Sant. (1)**	3	
	se representa a la membrana, pared celular y cápsula con una estructura.	Norma (1 2.5) NM (1 2.6)	2		
apropiada	se representa a la membrana, pared y/o cápsula con estructuras respectivas.	P Hall (2 2.8) Vicens (1 2.3) Vicens (2 y 3 2.4)	4	33.3%	
total				12	100.0%

A partir de la **Tabla 20** se observa que en la mayoría de las ilustraciones de la célula bacteriana la diferenciación entre las estructuras que constituyen sus límites resulta inapropiada. Es importante mencionar que la cápsula es una estructura que sólo está presente en algunos tipos de bacterias. Por ende, sería recomendable aclarar esto en los rótulos correspondientes a las ilustraciones que representan modelos de bacterias, lo cual no se encontró en la muestra del presente trabajo.

Tabla 21. Representación de la membrana, pared y cápsula en las etiquetas de la célula bacteriana.

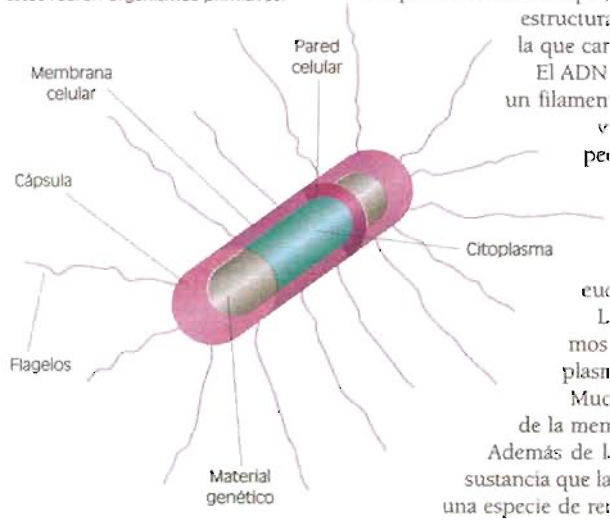
uso de etiquetas y grafismos		ilustración	frecuencia	porcentaje
inadecuado	ausencia de dos etiquetas: membrana y pared	FCE (2 2.6) PaGM (2 2.7) PaTCH (1 2.2)	3	75.0%
	presencia de dos etiquetas: membrana y pared (pero los grafismos las unen a una misma estructura).	FE MV (2** 2.5) Sant (1) ** Esfinge (3 2.5)	3	
	presencia de tres etiquetas membrana, pared y <u>cápsula</u> . (pero los grafismos las unen a una misma estructura).	Norma (1 2.5) NM (1 2.6)	2	

	presencia de tres etiquetas membrana, pared y cápsula . (pero el grafismo no une la etiqueta de membrana a la estructura correspondiente)	Vicens (1 2.3)	1	
adecuado	presencia de dos etiquetas: membrana, pared celular y uso adecuado de grafismos.	Vicens (2 y 3 2.4)	2	25.0%
	presencia de tres etiquetas: membrana, pared celular y cápsula y uso adecuado de grafismos.	PHall (2 2.8)	1	
total			12	100.0%

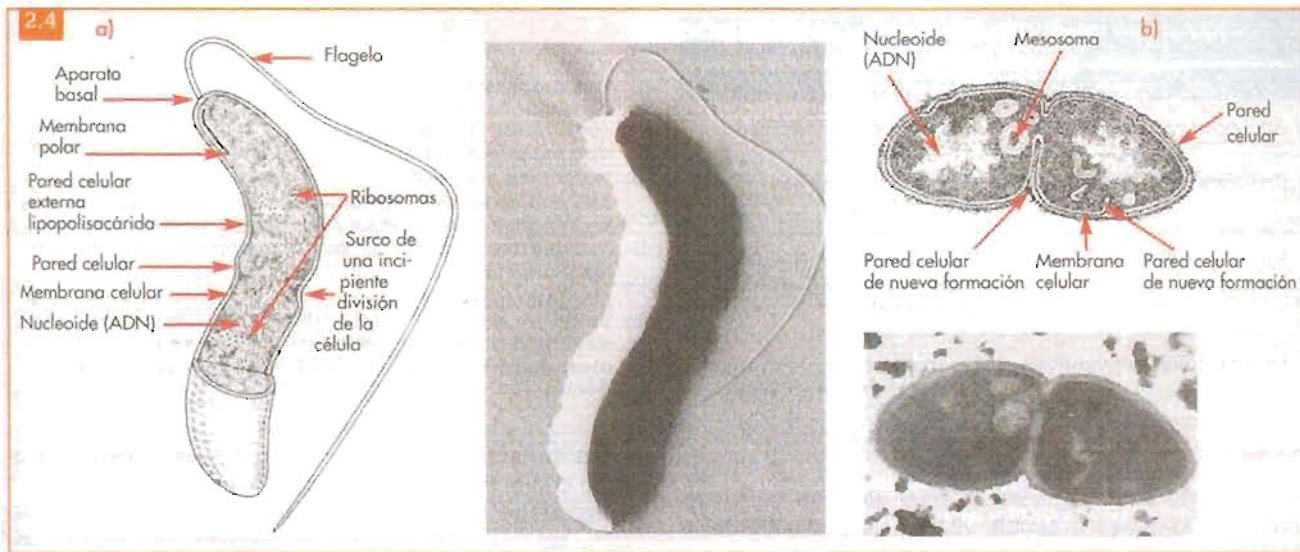
La **Tabla 21** muestra que en la célula bacteriana, 75% de las etiquetas de la membrana, la pared y la cápsula presentan errores en su empleo, mientras que 25% de éstas tienen un uso adecuado.

Para ejemplificar a la inadecuada diferenciación de los límites de la célula bacteriana se eligió a la ilustración **NM (1 2.6)**, mientras que el caso de **Vicens (2 y 3 2.4)** muestra una diferenciación adecuada de los mismos. En la ilustración **NM (1 2.6)** se observa esquematizada una estructura que limita a la célula, mientras que ésta se encuentra unida por medio de grafismos a tres etiquetas: la membrana, la pared celular y la cápsula. Por el contrario en la figura **Vicens (2 y 3 2.4)** se puede ver una clara distinción entre la membrana y pared celulares, las cuales se encuentran debidamente etiquetadas.

Fig. 2.6 La morfología de las bacterias es muy simple, por lo cual se piensa que éstos fueron organismos primitivos.



NM (1 2.6)



Las bacterias pueden presentar distintas formas. Desempeñan una función ecológica esencial, como desintegradores de restos orgánicos. Las bacterias productoras de enfermedades, aunque son muy importantes, sólo representan una pequeña minoría. Aquí se representan dos grupos de bacterias: a) *Desulfovibrio desulfuricans*, se encuentra en fangos marinos o charcos lodosos; su tamaño aproximado es de 2 a 3 μm . b) *Methanobacterium ruminantium* habitan en aguas residuales o pantanosas, así como en el intestino de algunos animales (ruminantes), su tamaño aproximado es de 1 μm .

Vicens (2 y 3 2.4)

iii) tamaño de algunas estructuras celulares en proporción al núcleo.

Es importante notar que se eligió al tamaño del núcleo como punto de comparación con el resto de las estructuras celulares, ya que éste era esquematizado en todas las ilustraciones de la célula eucarionte, mientras que variaba la presencia del resto de los organelos en cada esquema. Para analizar las ilustraciones se tomaron como referencia a los tamaños de las estructuras celulares de la **Tabla 7**, que se muestra a continuación y éstos se compararon con las medidas de su tamaño realizadas con una regla milimétrica.

Tabla 7. Tamaño de las estructuras celulares. (Tomados de Alberts, 1994)

estructura celular	tamaño promedio real
núcleo	3-10 micras
mitocondria	0.5 micras (ancho)
centriolo	0.4 micras (longitud) 0.2 micras (ancho)
lisosoma / peroxisoma	0.2-0.5 micras
microtúbulo	25 nm
ribosoma	15 nm

Tabla 22. Comparación del tamaño de las estructuras con respecto al núcleo en las ilustraciones de la célula eucarionte.

ilustración	estructura	tamaño (cm)
Esfinge (2 2.5)	núcleo	1.2
	mitocondria	0.2
FE MV (3 2.5)	núcleo	1.45
	mitocondria	0.2
Norma (3 2.5)	núcleo	2.2
	mitocondria	0.3
PHall (3 2.9)	núcleo	1.8
	mitocondria	0.2
PHall (4 2.9)	núcleo	2
	mitocondria	0.2
Cast (4 2.16 y 2.20**)	núcleo	3.6
	mitocondria	0.5
	lisosoma	1 *
	centrosoma	0.2
Cast (3 2.13 y 2.18)	núcleo	3.2
	mitocondria	0.5
	centriolo	0.5 *
	ribosomas	0.05 *
Cast (5 2.23)	núcleo	2.6
	mitocondria	0.3

	lisosoma	0.5 *
	centriolo	0.35 *
Esfinge (1 2.5)	núcleo	1.8
	mitocondria	0.2
	lisosoma	0.3
	centriolo	0.2 *
	ribosoma	0.04 *
FCE (2 2.6)**	núcleo	1.5
	mitocondria	0.5 *
FCE (3 2.7)	núcleo	3.1
	mitocondria	0.6 *
	lisosoma	0.7 *
	centriolo	0.6 *
	ribosoma	0.2 *
FE BP (3 2.7)	núcleo	2.4
	mitocondria	0.5 *
	ribosoma	0.1 *
FE BP (4 2.7)	núcleo	1.5 *
	mitocondria	0.3 *
	lisosoma	0.4 *
MH MB (3 2.6)	núcleo	1.7
	mitocondria	0.5 *
	centriolo	1.3 *
	ribosoma	0.1 *
MH MB (4 2.6)	núcleo	1.7
	mitocondria	0.5 *
	ribosoma	0.1 *
MH SB (1 2.8)	núcleo	2.9
	mitocondria	0.5 *
	lisosoma	0.5 *
MH SB (2 2.8)	núcleo	2.3
	mitocondria	0.5 *
	lisosoma	0.7 *
Norma (2 2.5)	núcleo	2.6
	mitocondria	0.4
	centriolo	0.4 *
	ribosoma	0.1 *
NM (2 2.7)	núcleo	2.2
	mitocondria	0.4 *
	centriolo	0.3 *
NM (3** 2.7)	núcleo	1.1
	mitocondria	0.5 *
PaGM (1 2.6)	núcleo	1.6
	mitocondria	0.3 *
PaTCH (2 2.2)	núcleo	1
	mitocondria	0.2 *
PaTCH (3 2.3)	núcleo	2
	mitocondria	0.2
	lisosoma	0.5 *
	microtúbulo	0.1 *
PaTCH (4 2.3)	núcleo	1.5
	mitocondria	0.2
	lisosoma	0.5 *
	microtúbulo	0.1 *
Sant (2)	núcleo	2.6

	mitocondria	0.2
	lisosoma	0.6 *
	peroxisoma	0.5 *
	centriolo	0.2 *
	ribosoma	0.05 *
	citoesqueleto (microtúbulos)	0.1 *
Sant (3)	núcleo	2
	mitocondria	0.2
	ribosoma	0.1 *
Trillas (1 2.5)	núcleo	2.8
	mitocondria	0.6 *
	centriolo	0.3 *
	ribosoma	0.1 *
Trillas (2 2.10)	núcleo	1.4
	mitocondria	0.2
	ribosoma	0.03 *
Trillas (3 2.10)	núcleo	2
	mitocondria	0.3
	lisosoma	0.4 *
	centriolo	0.2 *
	ribosoma	0.03 *
Vicens (4 2.34)	núcleo	5.2
	mitocondria	0.6
	lisosoma	0.4
	centriolo	0.3
	ribosoma	0.1 *
Vicens (5 2.34)	núcleo	4.6
	mitocondria	0.6
	lisosoma	0.4
	ribosoma	0.1 *

Nota: Las estructuras cuyo tamaño no se encuentra en proporción al nuclear aparecen marcadas con un asterisco.

Como se puede observar en la **Tabla 22**, solamente las primeras cinco ilustraciones de un total de 31 células eucariontes resultaron guardar proporción en tamaño de sus estructuras con respecto al núcleo. El resto de las ilustraciones presentaba por lo menos alguna estructura cuyo tamaño no era proporcional al nuclear.

2) CONTENIDO BIOLÓGICO EN EL TEXTO (TEXTO PRINCIPAL, RÓTULOS Y ETIQUETAS VERBALES)

a) texto principal

Tabla 23. Concepciones inadecuadas encontradas en el texto principal de los libros de secundaria revisados.

Concepción inadecuada	libro *	frecuencia
<i>El núcleo está delimitado por una membrana.</i>		7
“El material nuclear en eucariontes está rodeado por una membrana nuclear.”	Cast	
“Las células animales y vegetales presentan membrana nuclear.”	MH SB	
“Las células eucariontes se diferencian de las procariontes en que tienen núcleo delimitado por la membrana nuclear.”	MH MB	
“El material genético de una bacteria es una doble cadena de ADN en forma de anillo, que no está rodeada por una membrana nuclear.”	Vicens	
“Los eucariontes tienen el material genético rodeado de una membrana.”	PHall	
“En los eucariontes el ADN está rodeado por una membrana que lo separa del citoplasma.”	Trillas	
“El núcleo es un organelo delimitado por una membrana.”	Esfinge	
<i>Contradicción: membrana nuclear vs envoltura nuclear</i>		1
“El material nuclear en eucariontes está rodeado por una membrana nuclear.” vs “El núcleo está separado del citoplasma por una doble membrana nuclear llamada envoltura nuclear.”	Cast	
<i>Se utiliza el término protoplasma.</i>		2
“A todo lo que hay dentro de una célula se le da el nombre de protoplasma (citoplasma y núcleo).”	FE MV	
“Tenemos seres con núcleo celular y otros que tienen la cromatina dispersa en el protoplasma.”	PHall	
<i>Los organismos se clasifican en unicelulares y pluricelulares.</i>		3
Se utiliza una tabla con ilustraciones que muestra una clasificación inadecuada de los 5 reinos en unicelulares y pluricelulares. Esto es, se clasifican dentro de los seres pluricelulares al Reino Fungi (hongos, mohos- utilizando la imagen de un macromycetes) y al Protoctista (usando una imagen de una amiba).	MH SB	
“Los organismos pluricelulares, como los hongos, vegetales y animales, están formados por millones de células eucariontes. A diferencia de los pluricelulares, los organismos unicelulares, como las bacterias y los miembros del reino protista están constituidos por una sola célula. Las bacterias tienen células procariontes y las protistas, células eucariontes.”	FCE	
“Los eucariontes son protozoarios y organismos pluricelulares.”	PHall	
<i>Los procariontes en comparación con los eucariontes son seres primitivos, inferiores y más simples.</i>		4
“Los organismos unicelulares son inferiores.”		
“Los procariontes son células muy primitivas que no poseen organelos, mientras que los eucariontes son más avanzadas.”	Cast	
“Las células procariontes, como las bacterias, son las más simples.”	Vicens	
“Las células procariontes constituyen el tipo celular más simple y las actividades que realizan son menos complejas que las de las células eucariontes.”		
“Las células eucariontes son más grandes y más complejas estructural y funcionalmente que las células procariontes.”	NM	
“Los procariontes son poco complejos.”		

“Los eucariontes son más complejos.” “Las bacterias son seres primitivos formados por una única célula cuya composición es más simple que las que constituyen a los organismos pluricelulares.”	PHall	
<i>Contradicción: los procariontes tienen organelos vs no tienen organelos.</i>		2
“Los procariontes son células formadas por una pared celular que rodea a una membrana en cuyo interior contiene ADN, enzimas y ribosomas (organelos donde se sintetizan las proteínas).” vs “ Los procariontes carecen de organelos.” “Las bacterias carecen de núcleo diferenciado y organelos citoplásmicos.” vs “Los únicos organelos que posee (una bacteria) son ribosomas.”	PaTCH Vicens	
<i>Los procariontes no tienen envoltura nuclear que rodea su material genético vs las células procariontes tienen material nuclear (contradicción).</i>	PaGM	1
<i>Sólo los seres con cloroplastos realizan la fotosíntesis.</i>	PHall	1
“Aparte de la presencia o ausencia de una membrana nuclear, las células pueden estudiarse tomando en cuenta si realizan o no la función clorofiliana o lo que es lo mismo, si tienen cloroplastos o no.”		
<i>Un plasto es un órgano formado por dos membranas.</i>	NM	1
<i>La pared celular es propia de las células vegetales.</i>	Cast	1
<i>Los cloroplastos sólo se encuentran en células vegetales.</i>	FE BP	1
<i>La célula es la unidad de estructura, función y origen de todos los seres vivos.</i>	PaGM	2
<i>Todas las células están compuestas de membrana, citoplasma y núcleo.</i>	FE MV	
total	13 libros distintos	26

* ver bibliografía de libros en el Apéndice 1.

Al analizar el contenido biológico del texto principal se encontró que 13 libros de un total de 15 contenían como mínimo algún tipo de concepción inadecuada, lo cual equivale a un 86.6%.

La concepción “*El núcleo está delimitado por una membrana*” es inadmisibles, debido a que estudios citológicos han revelado que el núcleo de la célula eucarionte está delimitado por la envoltura nuclear, misma que se encuentra conformada por dos membranas o bicapas lipídicas que se unen entre sí en estructuras llamadas poros nucleares. Quizás la alta frecuencia en el empleo de esta terminología sea un reflejo de que desde el Programa de Estudios de la SEP esta estructura se enuncia de esta manera errónea, como ya se mencionó antes en este trabajo.

En cuanto al empleo del término protoplasma hallado en dos libros de texto, éste se considera hoy en día como algo obsoleto. La recomendación de no utilizar la palabra protoplasma en biología se ha venido mencionando desde hace tiempo. Por un lado, Hardin (1956) dice que este término no tiene sentido debido a que se le han asignado

diversos significados que se contradicen entre sí y estos se refieren de manera incierta a los hechos. Esto es, se ha definido al protoplasma con términos poco claros, por ejemplo: como una sustancia o una mezcla de sustancias. Otras veces es considerado una entidad común para todos los organismos y en otras ocasiones se dice que es distinto en todos los organismos e incluso en los diferentes tejidos de un sólo organismo. Por otro lado, como ya se dijo previamente en este trabajo (**Tabla 5**, Cap. 5), Barras, (1984) y Storey, (1990) consideran a esta terminología como un error conceptual comúnmente perpetuado por los libros de texto. Por lo tanto, se propone adoptar en los libros de texto el término de citoplasma. Este concepto se refiere a los componentes celulares que se encuentran contenidos por la membrana plasmática pero que no incluyen al núcleo en el caso de las células eucariontes (Lodish, et al, 1995). Si todas las estructuras celulares se removieran del citoplasma lo que quedaría es el citosol un fluido heterogéneo constituido por agua, sales, iones y compuestos orgánicos así como el citoesqueleto que está presente únicamente en las células eucariontes (Pommerville, 2004).

El tercer punto señalado en la **Tabla 24** se refiere a la clasificación de los seres vivos en unicelulares y pluricelulares, lo cual muestra que se están dejando algunos grupos fuera; por ejemplo, existen hongos como las levaduras que son unicelulares. Kaveski, *et al.*,(1983) sugieren una clasificación de la vida en cinco Reinos que se apoya en las características básicas de estructura y fisiología de cada tipo de célula. Con esta propuesta (aceptada actualmente) resulta que la pluricelularidad no es una característica que distinga a los miembros de un Reino, tal como lo pretenden mostrar algunos textos.

Como se puede observar en varios de los libros analizados, existe una clara connotación negativa hacia los procariontes, al denominarlos seres primitivos, inferiores y más simples que los eucariontes. Sin embargo, desde el estricto punto de vista biológico evolutivo, los procariontes fueron los primeros seres en aparecer en la historia de la vida y han permanecido hasta nuestros días. Asimismo, si bien se podría decir que su estructura es sencilla si se compara con la de los eucariontes, los procariontes presentan diversos tipos de metabolismos, lo cual les confiere una gran complejidad.

Si se define a un organelo como una estructura que realiza una función celular, se puede decir que todas las células conocidas, tanto eucariontes como procariontes los presentan. Sin embargo, vemos cómo los autores en dos de los libros de texto no tienen una clara definición de este concepto, al contradecirse dentro del mismo texto principal. Por ejemplo, uno de ellos menciona primero que los procariontes presentan ribosomas que son organelos donde se sintetizan las proteínas y posteriormente dice que los procariontes carecen de organelos.

Por otra parte, encontramos otra contradicción en uno de los libros. Primero se dice acertadamente que los procariontes no presentan envoltura nuclear. Sin embargo, después se enuncia que éstas células presentan material nuclear. Con esto último se está insinuando la presencia de un núcleo que contiene la información genética en dichos organismos.

Cabe mencionar, que en distintas afirmaciones encontradas en algunos libros se puede inferir que no se está tomando en cuenta al grupo de los procariontes, como se desprende de las siguientes tres afirmaciones: en primer lugar, al mencionar que solamente los seres que presentan cloroplastos realizan la fotosíntesis, (no se están incluyendo a las bacterias fotosintéticas las cuales realizan esta función en membranas especializadas). Asimismo, al decir que la pared celular es propia de las células vegetales se está dejando fuera a los procariontes. Finalmente, al mencionar que la célula es la unidad de estructura, función y origen de todos los seres vivos y consecutivamente, decir que **todas** las células presentan núcleo, se deja fuera a la célula procarionte.

Finalmente, decir de manera incorrecta que un plasto es un órgano y no un organelo formado por dos membranas como se menciona en uno de los libros, podría contribuir a generar desconcierto en los estudiantes de secundaria, ya que si se recuerda lo antes expuesto en en la **Tabla 4** de este trabajo, los estudiantes de este nivel educativo confunden las células con órganos (Zamora y Guerra, 1993).

b) rótulos

Tabla 24. El mensaje del rótulo: ¿La ilustración de célula representa la realidad o un modelo de la misma?

libro	rótulo	realidad	modelo
Cast	(1 2.6) La célula es la unidad anatómica, fisiológica y de origen de los seres vivos. (2a, b, c y d 2.9)** Las bacterias son organismos formados por células procariontes. (3 2.13) En la figura aparece una célula vegetal. Las células están separadas físicamente de su ambiente por la membrana celular. (3 2.18) Principales componentes de una célula animal. No todas las células contienen simultáneamente estos orgánulos; algunas veces, éstos aparecen de manera modificada. (4 2.16) El núcleo de las células controla todas las funciones celulares; en las células eucariontes esta rodeado por una membrana. (4 2.20**) En el citoplasma de las células se realiza la mayor parte del metabolismo celular. (5 2.23) La célula con núcleo y partes. (6, 7 y 8 2.7) Comparación del tamaño de varias células.	7	1
Esfinge	(1, 2 y 3 2.5) a) célula animal; b) célula vegetal; c) célula bacteriana	1	
FCE	(1 y 2 2.6)** Diferencias entre células procariontes y eucariontes (3 2.7) Célula con organelos	2	
FE BP	(1 y 2 2.5) Célula procarionte y eucarionte. (3 y 4 2.7) A. Esquema de una célula vegetal B. Esquema de una célula animal.	1	1
FE MV	(1 2.3) Partes fundamentales de la célula. (2** y 3 2.5) A) Célula procarionte. B) Célula eucarionte.	2	
MH MB	(1a, b, c, d, e, f 2.4) ** Ejemplos de colonias de procariontes: a) cianobacterias b) bacterias (2 2.5) Partes fundamentales de la célula. (3 y 4 2.6) Organelos de una célula eucariótica animal y de una célula eucariótica vegetal.	3	
MH SB	(1 y 2 2.8) Estructura típica de una célula: a) animal; b) vegetal		1
Norma	(1, 2 y 3 2.5) a) célula procarionte; b) y c) células eucariontes	1	
NM	(1 2.6) La morfología de las bacterias es muy simple, por lo cual se piensa que éstos fueron seres primitivos. (2 y 3** 2.7) Las células de las plantas y de los animales tienen membrana plasmática y organelos citoplasmáticos.	2	
PaGM	(1 2.6) Estructura general de una célula vegetal (2 2.7) Célula procarionte. Obsérvese que el material nuclear está disperso. (3** y 4 2.8) A. La célula vegetal posee cloroplastos, organelos en los que se lleva a cabo la captura y la transformación de la energía luminosa en energía química. También tienen pared celular de celulosa. B. Las células animales carecen de cloroplastos y pared celular y poseen centriolos y lisosomas.	2	1
PaTCH	(1 y 2 2.2) Célula procarionte y célula eucarionte. (3 y 4 2.3) Células animal y vegetal.	2	
PHall	(1 y 2 2.8) Además de la presencia de una membrana nuclear, existen otras diferencias. ¿Puedes detectarlas? (3 y 4 2.9) La diferencia principal radica en la capacidad de realizar la fotosíntesis. ¿Qué organelo de la célula vegetal participa en dicha función?	2	
Sant.	(1)** Esquema de una célula procarionte.		1

	(2 y 3) Ejemplos de células eucariontes.	1	
Trillas	(1 2.5) Dibujo esquemático que nos muestra el aspecto de una célula, observada a través del microscopio electrónico (nótese los organelos) (2 y 3 2.10) Dibujos esquemáticos de: a) una célula vegetal; b) una célula animal. ¿Cuáles son las diferencias entre ambas?		2
Vicens	(1 2.3) La <i>Bacteroides fragilis</i> es un ejemplo de bacteria que se encuentra en el tejido intestinal de los animales; su tamaño aproximado es de 1 micra. (2 y 3 2.4) Las bacterias pueden presentar distintas formas. Desempeñan una función ecológica esencial, como desintegradores de restos orgánicos. Las bacterias productoras de enfermedades, aunque son muy importantes, sólo representan una pequeña minoría. Aquí se representan dos grupos de bacterias: a) <i>Desulfovibrio desulfuricans</i> , se encuentra en fangos marinos o charcos lodosos, su tamaño aproximado es de 2 a 3 micras. B) <i>Metanobacterium ruminantium</i> habitan en aguas residuales o pantanosas, así como el intestino de algunos animales (rumiantes), su tamaño aproximado es de 1 micra. (4 y 5 2.34) Esquema comparativo entre una célula animal y una célula vegetal.	2	
total	36	28	8
%	100.0%	77.7%	33.3%

Los resultados muestran claramente, que en la gran mayoría de los libros no se está cumpliendo con una de las funciones que debería tener el rótulo en un libro de texto, esto es, aportar pistas al estudiante para la interpretación de una imagen que en el caso particular de este trabajo representa un modelo de la célula.

Esta categoría de análisis (los rótulos) surge al tomar en cuenta lo reportado en los Estándares Nacionales de Educación Científica de los Estados Unidos de Norteamérica (1996) sobre la idea que tienen los estudiantes de secundaria con respecto a lo que es un modelo de que se trata de una copia física de la realidad (y no una representación conceptual). Debido a esto, resultaría importante que el rótulo contribuyera a aclarar que las imágenes de célula mostradas en el libro de texto son modelos. Uno de los rótulos encontrados, que corresponde a la ilustración **Cast (3 2.18)**, es un buen ejemplo que se acerca a este objetivo: “Principales componentes de una célula animal. No todas las células contienen simultáneamente estos orgánulos; algunas veces, éstos aparecen de manera modificada.”

c) etiquetas verbales

Tabla 25. Tipos de errores encontrados en las etiquetas verbales.

tipo de error		ilustración
nomenclatura	<p><i>Se etiqueta a una estructura celular con el nombre de otra estructura no correspondiente.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> -se etiqueta a la estructura del retículo endoplásmico (RE) como aparato de Golgi (AG) (no hay esquema de AG ni etiqueta de RE y existe evidencia de que la estructura tiene ribosomas). -se etiqueta a la membrana celular en la cél. animal como pared celular (no hay otra etiqueta de membrana celular). -se etiqueta al RE como cromosomas (no hay otra etiqueta del RE). -se etiqueta al RE como almidón y cloroplasto (no hay otra etiqueta del RE y no hay representación de un cloroplasto ni almidón). -se etiqueta como ribosoma a una vesícula del AG. -se etiqueta a la vacuola como leucoplasto y viceversa. -se etiqueta a la pared celular como membrana celular. -se etiqueta al RE como AG y viceversa. 	<p>Cast (1 2.6)</p> <p>Cast (3 2.18) PHall (3 2.9)</p> <p>FE MV(3 2.5) FE BP (3 2.7) FE BP (3 2.7) FE BP (3 2.7) Norma (3 2.5)</p>
	<p><i>Una misma estructura recibe dos o más nombres distintos.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> -se etiqueta a la estructura de cloroplasto como mitocondria (hay otro cloroplasto que se etiqueta correctamente) -se etiqueta a la estructura de un RE sin ribosomas como ribosomas (en otra región del RE se etiqueta como retículo endoplásmico). -se etiqueta al citoplasma como citoplasma y protoplasma. -se etiqueta a la membrana como membrana celular y membrana de la célula. -se etiqueta al material genético como cromatina y cromosomas. -se etiqueta como lisosoma al citoplasma. (en otra región del citoplasma se etiqueta como citoplasma). -se etiqueta a la envoltura nuclear como núcleo, nucleolo y cromatina. -se etiqueta al cloroplasto como RE. (se etiqueta correctamente a otro cloroplasto). -se etiqueta al RE como citoplasma (se etiqueta correctamente al RE en otra región). -Se etiqueta al RE como mitocondrias (se etiqueta correctamente a una mitocondria). -se etiqueta a la membrana citoplásmica como citoplasma (se etiqueta correctamente a la membrana por otro lado). -se etiqueta como membrana celular al citoplasma (se etiqueta correctamente al citoplasma por otro lado). -se etiqueta a los ribosomas como membrana celular y fibrillas de ADN. (por otro lado se etiqueta correctamente a los ribosomas). 	<p>Cast (1 2.6) y Sant (3)</p> <p>Cast (4 2.20**) FE BP(4 2.7)</p> <p>FE BP (4 2.7) PaTCH (3 2.3) y (4 2.3)</p> <p>Cast (3 2.18) FE BP(4 2.7)</p> <p>MH SB (2 2.8)</p> <p>Norma (2 2.5)</p> <p>Norma (2 2.5)</p> <p>PHall (2 2.8)</p> <p>PHall (3 2.9), PHall (4 2.9) y Sant (2)</p> <p>Vicens (1 2.3)</p>

Tabla 25. (continuación)

tipo de error		ilustración
conceptual	<ul style="list-style-type: none"> - protoplasma en una célula animal. - membrana nuclear (en lugar de envoltura nuclear). -material nuclear (en una célula procarionte) -<i>Escherichia Coli</i> (va en minúsculas coli) -<i>Euglena</i> (faltaría el <i>sp</i> al final) 	FE BP (4 2.7) MH MB (3 y 4 2.6) MH SB (1 y 2 2.8) FE BP (4 2.7) Esfinge (1 2.5) PHall (3 y 4 2.9) Trillas (2 y 3 2.10) PaGM(2 2.7) PaTCH(1 2.2) PaTCH (2 2.2)
ausencia de etiqueta	-pared celular adyacente	Trillas (2 2.10) Vicens (5 2.34) Sant (3) Norma (3 2.5) MH SB (2 2.8) FE BP (3 2.7)
ortográfico	<ul style="list-style-type: none"> -undolipodio (en lugar de undulipodio) -limosomas (en lugar de lisosomas) 	Cast (5 2.23) PHall (1 2.8)

Como se puede observar en la **Tabla 25**, al analizar el empleo de las etiquetas verbales en las imágenes de célula se encontraron cuatro tipos de errores. Bajo el tipo de error designado “nomenclatura” se agruparon dos casos distintos:

En el primero de ellos se puede ver cómo no existe coherencia entre la estructura celular esquematizada y su etiqueta correspondiente. Dentro de este grupo encontramos a la ilustración **Cast (3 2.18)** como un ejemplo de lo que podría implicar este error: contribuir a generar la confusión antes mencionada que presentan los estudiantes de secundaria entre la pared y la membrana celular. Esta ilustración representa una célula animal cuya esquematización de la membrana celular se encuentra etiquetada como pared celular.

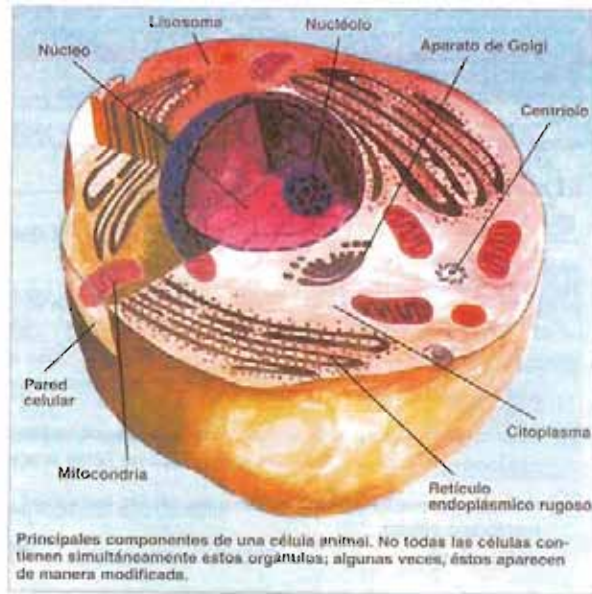


Fig. 2.18 El retículo endoplásmico granular tiene unas estructuras de apariencia granular, a las que se identifica como ribosomas.

Cast (3 2.18)

En el segundo caso vemos cómo se identifica a una estructura celular con dos o más nombres. Esto puede deberse a que se haya descuidado el uso de los grafismos, ya sean líneas o flechas, cuyo propósito justamente es conectar la estructura esquematizada con su etiqueta equivalente. La ilustración **Cast (1 2.6)**, ejemplifica este segundo tipo de error al señalar a los cloroplastos como tales y también como mitocondrias. Cabe mencionar que esta ilustración además presenta el primer tipo de error mencionado (al etiquetar el retículo endoplásmico como aparato de Golgi).

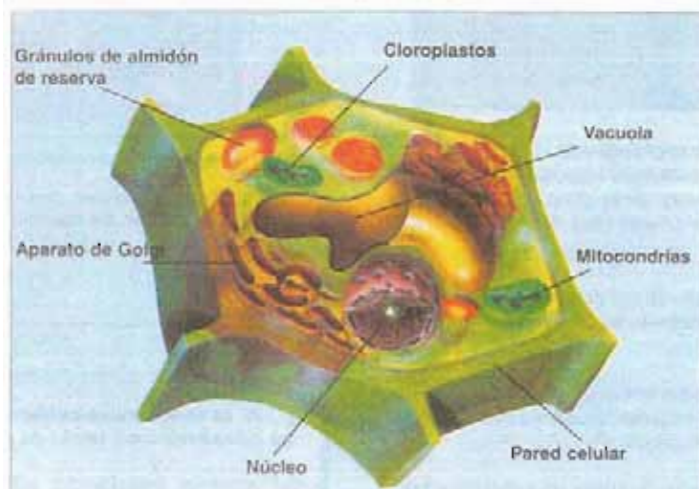
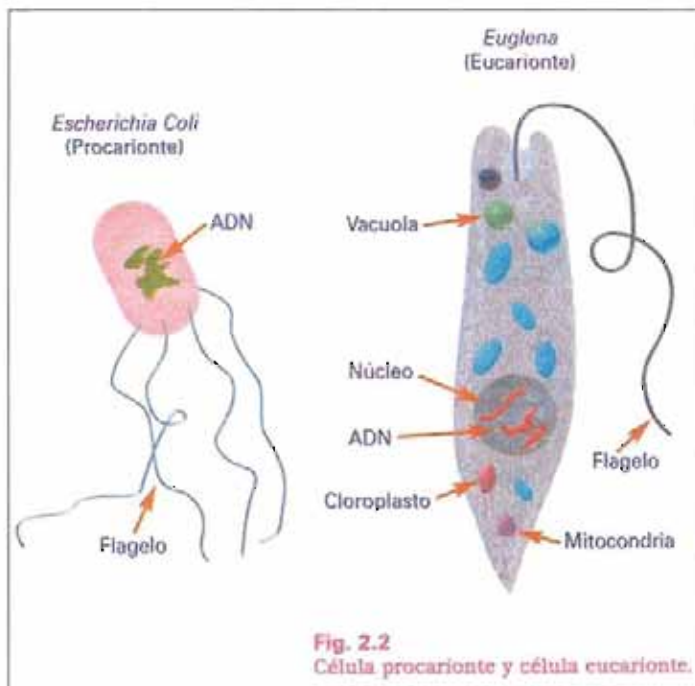


Fig. 2.6 La célula es la unidad anatómica, fisiológica y de origen de los seres vivos. En la figura aparece una célula vegetal.

Cast (1 2.6)

Por otro lado, existe otro error denominado conceptual, dentro del cual se puede apreciar en primer lugar, cómo la misma editorial que utilizó el término protoplasma en el texto principal lo vuelve a emplear en la etiqueta de otro de sus libros. En segundo lugar, se puede ver cómo ocho libros de texto etiquetan a los límites del núcleo celular como membrana nuclear. En tercer lugar, se encontró que en una célula procarionte se etiqueta a la información genética como material nuclear, término que contradice la naturaleza anucleada de este tipo celular. Por último, en uno de los libros se descuida la escritura de los nombres científicos en los organismos representados, lo cual se muestra por ejemplo en la figura **PaTCH (1 y 2 2.2)**.



PaTCH (1 y 2 2.2)

Es evidente una falla, la ausencia de una etiqueta que señale a la pared celular de una célula vegetal adyacente, debido a la confusión en los estudiantes de secundaria entre la membrana y la pared celular (**Tabla 4**, Cap. 5). Si además de esquematizar a éstas estructuras en una célula vegetal se está dibujando la pared celular de otra célula adyacente para mostrar la idea de un tejido vegetal, sería recomendable etiquetar dicha estructura para evitar contribuir a generar tal confusión. (Además, se hallaron faltas de ortografía en dos libros distintos).

3) RELACIÓN DE CORRESPONDENCIA, EN CUANTO AL CONTENIDO BIOLÓGICO, ENTRE LOS ELEMENTOS DEL LIBRO DE TEXTO: LAS ILUSTRACIONES, LOS RÓTULOS, LAS ETIQUETAS Y EL TEXTO PRINCIPAL.

De acuerdo con la idea de que un libro de texto debe ser una unidad con coherencia entre sus partes: las ilustraciones, los rótulos, las etiquetas y el texto principal, se decidió analizar el grado de correspondencia entre estos elementos y como resultado de ello se encontraron los siguientes tipos de relaciones negativas:

apoyo a una concepción inadecuada

contradicción

ausencia de algún elemento pertinente

uso de distinta terminología

a) Correspondencia entre todos los elementos de los libros de secundaria revisados. El caso de la envoltura nuclear.

Para señalar la falta de correspondencia entre los elementos de los libros de secundaria que trataban al concepto de envoltura nuclear se retomaron algunos de los resultados antes presentados, esto es, la representación esquemática (**Tabla 17**) y el contenido del texto principal (**Tabla 23**) sobre esta estructura.

Tabla 17. Representación esquemática de la envoltura nuclear.

# de rayas o bicapas lipídicas	tipo celular	ilustración	frecuencia	porcentaje
una	animal	Cast (4 2.16 y 2.20**) (3 2.18) Esfinge (1 2.5) FE BP(4 2.7) FE MV(1 2.3) MH MB (2 2.5) (3 2.6) MH SB (1 2.8) Norma (2 2.5) NM (2 2.7) PaGM (4 2.8) PaTCH (3 2.3) Trillas (3 2.10)	14	35.9%

	vegetal	FE BP (3 2.7) FE MV(3 2.5) MH MB (4 2.6) MH SB (2 2.8) NM (3** 2.7) PaGM (1 2.6) (3** 2.8) PaTCH (4 2.3) Trillas (2 2.10)	9	23.1%
	protista	FCE (2 2.6)** FEBP (2 2.5) PaTCH (2 2.2) P Hall (1 2.8)	4	10.3%
dos	animal	Cast (3 2.13) (5 2.23) FCE (3 2.7) PHall (4 2.9) Sant (2) Vicens (4 2.34)	6	15.4%
	vegetal	Cast (1 2.6) Esfinge (2 2.5) Norma (3 2.5) PHall (3 2.9) Sant (3) Vicens (5 2.34)	6	15.4%
	protista		0	0.0%
total			39	100.0%

Tabla 23. Concepciones inadecuadas encontradas en el texto principal de los libros de secundaria revisados. (extracto)

concepción inadecuada	libro	frecuencia
<i>El núcleo está delimitado por una membrana.</i>	Cast MH SB MH MB Vicens PHall Trillas Esfinge	7

Relación texto principal-ilustración (Tp-I)

Para establecer la relación entre el texto principal y la ilustración se compararon los resultados de ambas tablas. De la **Tabla 17** se sacó la representación esquemática de la envoltura nuclear de aquellas ilustraciones que pertenecían a los mismos libros de texto mostrados en la **Tabla 23 (extracto)** como se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 26. Relación entre el texto principal y la esquematización de la envoltura nuclear (Tp -I).

relación (Tp-I)	# de rayas o bicapas esquematizadas	tipo celular	ilustración	frecuencia	porcentaje
apoyo	una	animal	Cast (4 2.16 y 2.20**)(3 2.18) Esfinge (1 2.5) MH MB (2 2.5) (3 2.6) MH SB (1 2.8) Trillas (3 2.10)	8	63.2%
		vegetal	MH MB (4 2.6) MH SB (2 2.8) Trillas (2 2.10)	3	
		protista	PHall (1 2.8)	1	
contradicción	dos	animal	Cast (3 2.13) (5 2.23) PHall (4 2.9) Vicens (4 2.34)	4	36.8%
		vegetal	Esfinge (2 2.5) PHall (3 2.9) Vicens (5 2.34)	3	
total				19	100.0%

La **Tabla 26** indica que del total de esquemas analizados en los siete libros de texto cuyo texto principal expresa inadecuadamente que el núcleo está delimitado por una membrana, la mayoría apoya a esta concepción, mientras que un menor porcentaje la contradice.

Relación texto principal - etiqueta - ilustración (Tp-E-I)

Tabla 27. Relación entre el texto principal, la representación de la envoltura nuclear en las etiquetas verbales y su esquematización (Tp - E- I).

Relación (Tp-E)	etiqueta	tipo celular	ilustración	frecuencia	porcentaje
apoyo	membrana nuclear	animal	FE BP (4 2.7) MH SB (1 2.8) MH MB (3 2.6) *PHall (4 2.9) Trillas (3 2.10) Esfinge (1 2.5)	6	83.3%
		vegetal	*PHall (3 2.9) MH SB (2 2.8) MH MB (4 2.6) Trillas (2 2.10)	4	
contradicción	envoltura nuclear	animal	Cast (5 2.23)	1	16.7%
		vegetal	*FE MV (3 2.5)	1	
total				12	100.0%

A partir de la **Tabla 27**, se puede notar que solamente doce ilustraciones etiquetan los límites del núcleo celular y que la gran mayoría de ellas apoya al texto principal al utilizar el término incorrecto de membrana nuclear. Por otra parte, si comparamos los resultados de esta tabla con aquellos de la **Tabla 17** con fines de ver cual es la correspondencia entre la ilustración y su etiqueta equivalente, se puede ver que hay concordancia entre la forma de esquematizar a los límites nucleares con el nombre asignado en su etiqueta (aquellas ilustraciones en la **Tabla 27** que no aparecen marcadas con un asterisco), mientras que en tres ilustraciones hay contradicción en esta relación (aquellas ilustraciones que aparecen marcadas con un asterisco, tal es el caso de la figura **PHall (3 y 4 2.9)**).

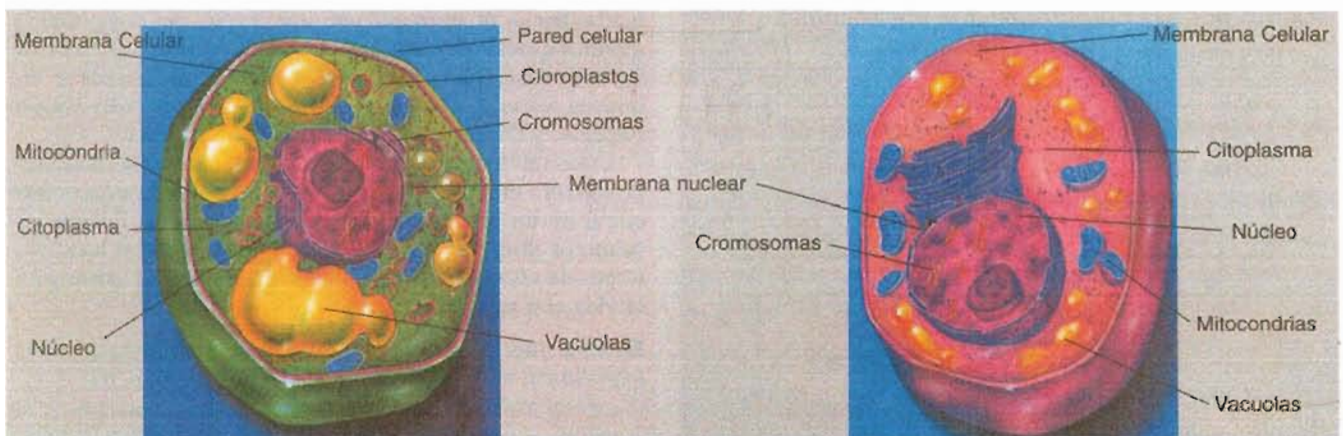


Figura 2.9 La diferencia principal radica en la capacidad de realizar fotosíntesis. ¿Qué organelo de la célula vegetal participa en dicha función?

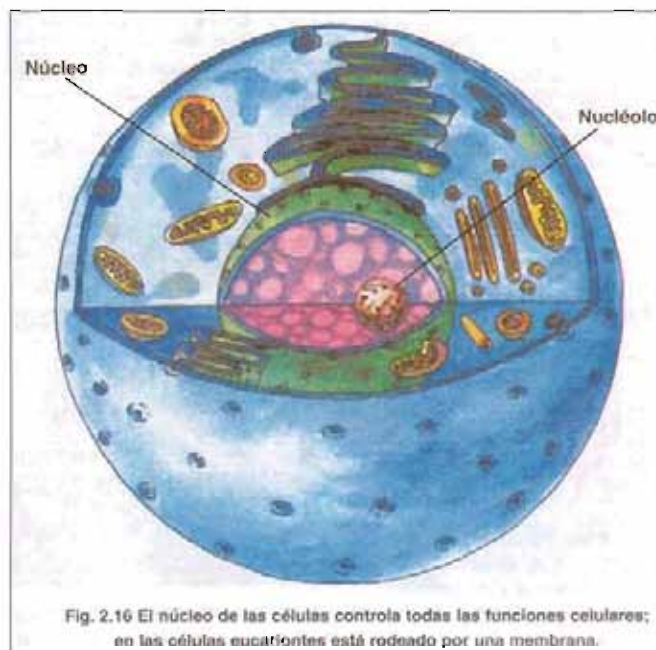
PHall (3 y 4 2.9)

Relación rótulo-ilustración (R-I)

Al revisar el contenido biológico de la muestra total de rótulos, solamente dos de ellos mencionaban en particular a los límites del núcleo. Al compararlos con la esquematización de la envoltura nuclear se encontró una relación de apoyo, como puede verse a continuación en la **Tabla 28** y ejemplificado con la ilustración **Cast (4 2.16)**:

Tabla 28. Relación entre el rótulo y la esquematización de la envoltura nuclear (R-I).

ilustración	rótulo	# de rayas o bicapas esquematizadas	relación (R-I)
Cast (4 2.16)	El núcleo de las células controla todas las funciones celulares; en las células eucariontes está rodeado por una membrana.	una	apoyo
P Hall (1 2.8)	Además de la presencia de una membrana nuclear, existen otras diferencias. ¿Puedes detectarlas?	una	



Cast (4 2.16)

b) Correspondencia entre algunos elementos de los libros de secundaria.

Al analizar la **Tabla 29**, se puede advertir que la concepción inadecuada sostenida por el texto principal es reforzada por el rótulo correspondiente a la ilustración **NM (1 2.6)**.

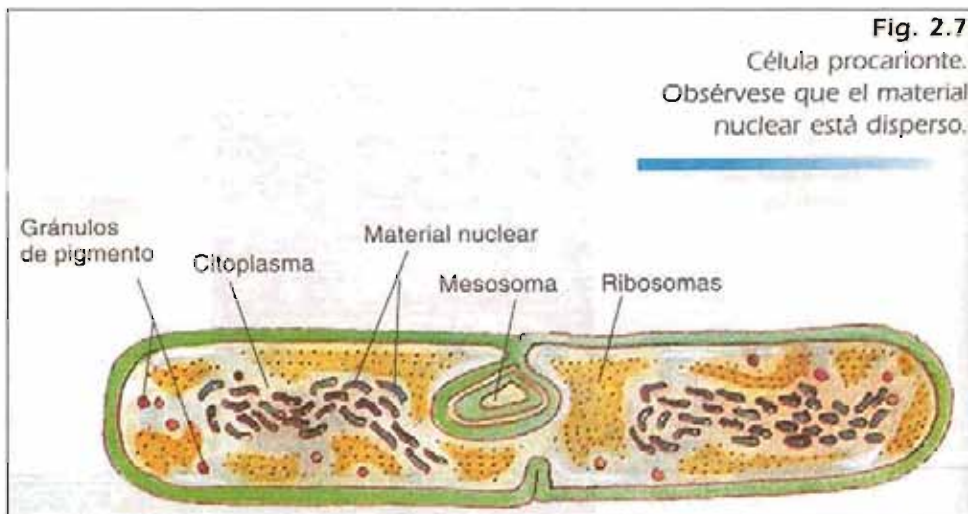
Tabla 29. Relación entre el texto principal y el rótulo (Tp - R).

libro de texto	elemento del libro de texto		relación (Tp- R)
NM	texto principal	Los procariontes en comparación con los eucariontes son seres primitivos , inferiores y más simples .	apoyo
	rótulo	La morfología de las bacterias es muy simple , por lo cual se piensa que éstos fueron organismos primitivos .	

A partir de la **Tabla 30**, se puede observar por un lado, cómo el rótulo y la etiqueta correspondientes a la ilustración **PaGM (2 2.7)** apoyan la concepción inadecuada del texto principal y por el otro, cómo todos estos elementos verbales contradicen a la esquematización de la célula procarionte.

Tabla 30. Relación entre todos los elementos texto y la ilustración (T-I).

libro de texto	elemento del libro de texto		relación (T-I)
PaGM	texto principal	Las células procariontes tienen material nuclear .	apoyo y contradicción
	rótulo	Célula procarionte . Obsérvese que el material nuclear está disperso.	
	etiqueta	material nuclear	
	ilustración	Muestra a una célula procarionte en fase de división que no presenta envoltura nuclear y por lo tanto no presenta material nuclear .	

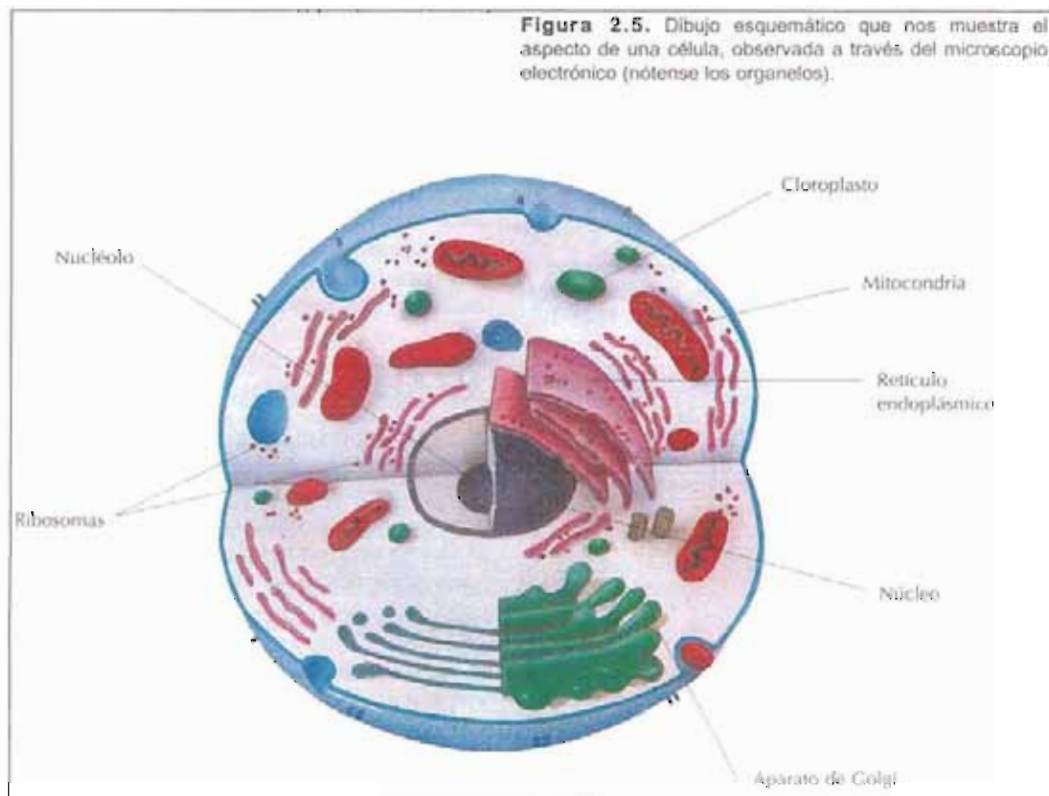


PaGM (2 2.7)

En el siguiente ejemplo, que corresponde a la ilustración **Trillas (1 2.5)** mostrado en la **Tabla 31**, se puede distinguir una contradicción en la información proporcionada por el rótulo y aquella encontrada en la esquematización de la célula. Esto se debe a que en una misma célula observada al microscopio electrónico no pueden coexistir cloroplastos y centriolos.

Tabla 31. Relación entre el rótulo y la ilustración (R-I).

libro de texto	elemento del libro de texto		relación (R-I)
Trillas	rótulo	Dibujo esquemático que nos muestra al aspecto de una célula, observada a través del microscopio electrónico (nótese los organelos).	contradicción
	ilustración	Se esquematizan cloroplastos y centriolos en la misma célula.	



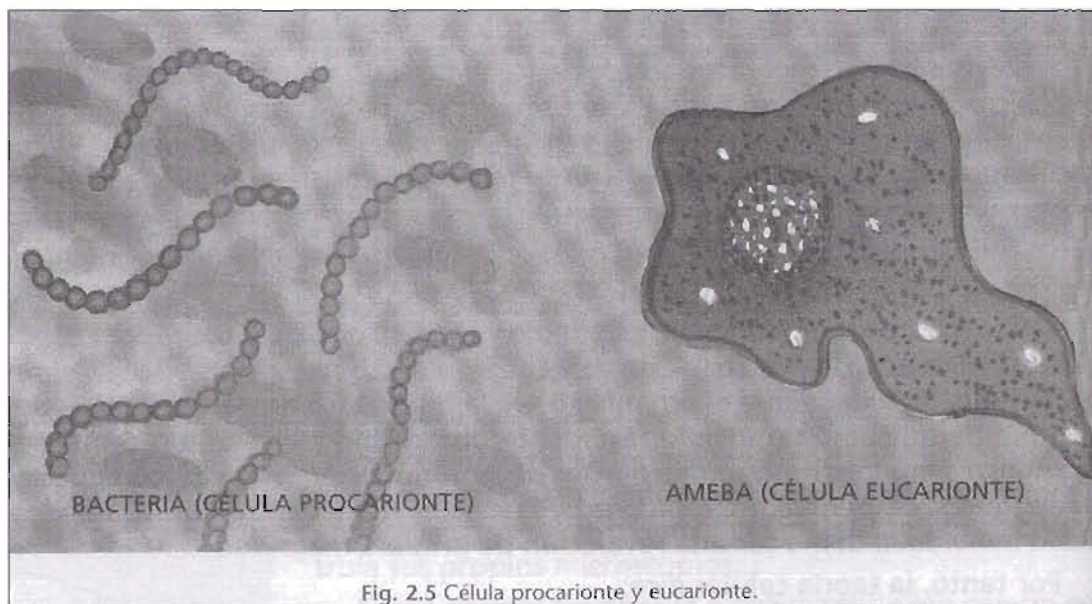
Trillas (1 2.5)

A partir de la **Tabla 32**, resulta evidente que tanto el rótulo como la etiqueta se apoyan en nombrar a una sola célula. Sin embargo, ambos elementos contradicen a la ilustración **FE BP (1 2.5)** que muestra a más de una célula bacteriana, agrupadas en varias colonias.

Tabla 32. Relación entre el rótulo, la etiqueta y la ilustración (RE-I).

libro de texto	elemento del libro de texto		relación (RE-I)
FE BP	rótulo	"Célula procarionte y eucarionte."	contradicción
	etiqueta	bacteria (célula procarionte)	
	ilustración	Se esquematizan varias colonias de cocos	

Si tomamos en cuenta que esta ilustración **FE BP (1 2.5)** forma parte de la figura (**FE BP 1 y 2 2.5**) en la cual se está comparando con una sola célula eucarionte, resultaría adecuado para una buena interpretación de la figura, que el rótulo y la etiqueta aclararan que se trata de varias colonias de bacterias o simplemente emplear un grafismo que indicara a una sola bacteria dentro de una colonia.

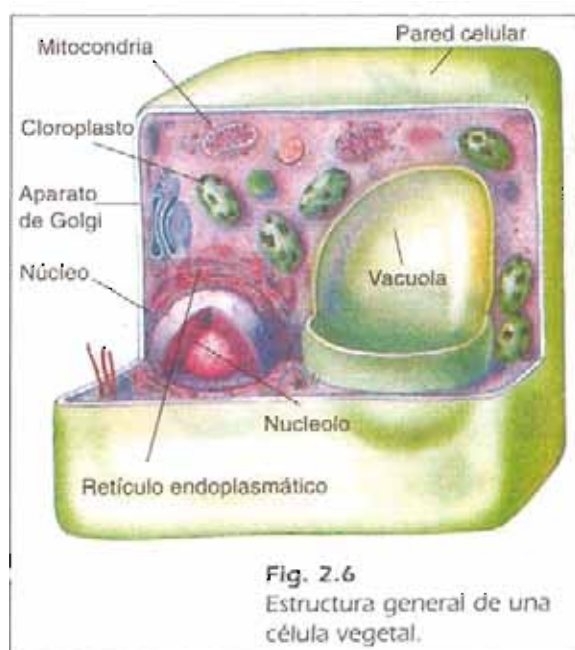


FE BP (1 2.5)

A partir de la comparación del texto principal con la ilustración **PaGM (1 2.6)** mostrada en la **Tabla 33**, se puede reconocer por un lado, la falta de esquematización de la membrana y por el otro, la ausencia de una etiqueta que nombre a esta estructura y otra que señale al citoplasma. Sin embargo, es importante mencionar que esta ilustración y su contexto contienen otras dos fallas que se mencionaron anteriormente: la primera de ellas es que el texto principal de manera equivocada señala que todas las células están compuestas de membrana, citoplasma y núcleo, lo cual deja fuera al grupo de los procariontes y la segunda es que sólo se esquematiza y etiqueta a la pared celular sin hacer lo mismo con la membrana celular, lo cual no contribuye a aclarar la confusión presentada por los estudiantes de secundaria.

Tabla 33. Relación entre el texto principal, la etiqueta y la ilustración (Tp-EI).

libro de texto	elemento del libro de texto		relación (Tp-EI)
PaGM	texto principal	La célula es la unidad de estructura, función y origen de todos los seres vivos. Todas las células están compuestas de membrana, citoplasma y núcleo.	ausencia
	etiqueta	No se etiqueta a la membrana ni al citoplasma.	
	ilustración	No se esquematiza a la membrana en la célula vegetal	

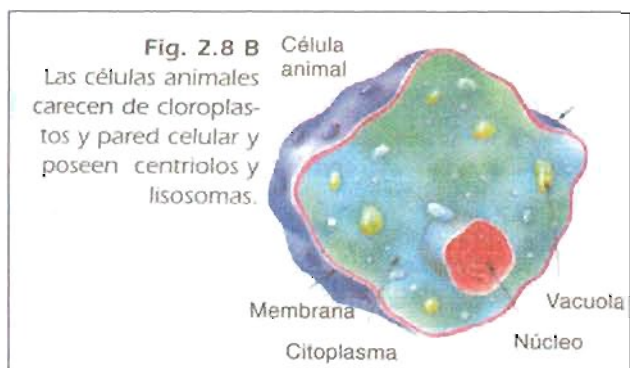


PaGM (1 2.6)

En la **Tabla 34**, se puede apreciar que la relación que se establece entre el rótulo y la ilustración **PaGM (4 2.8)** es nula, ya que si se toma en cuenta la función que tiene el rótulo como guía en la interpretación de una imagen, el estudiante después de leer este elemento, podría buscar la representación de los centriolos y lisosomas en la ilustración.

Tabla 34. Relación entre el rótulo, las etiquetas y la ilustración (R-EI).

libro de texto	elemento del libro de texto		relación (R-EI)
PaGM	rótulo	“Las células animales carecen de cloroplastos y pared celular y poseen centriolos y lisosomas.”	ausencia
	etiquetas	No se etiquetan los centriolos y lisosomas.	
	ilustración	No se esquematizan los centriolos y lisosomas.	

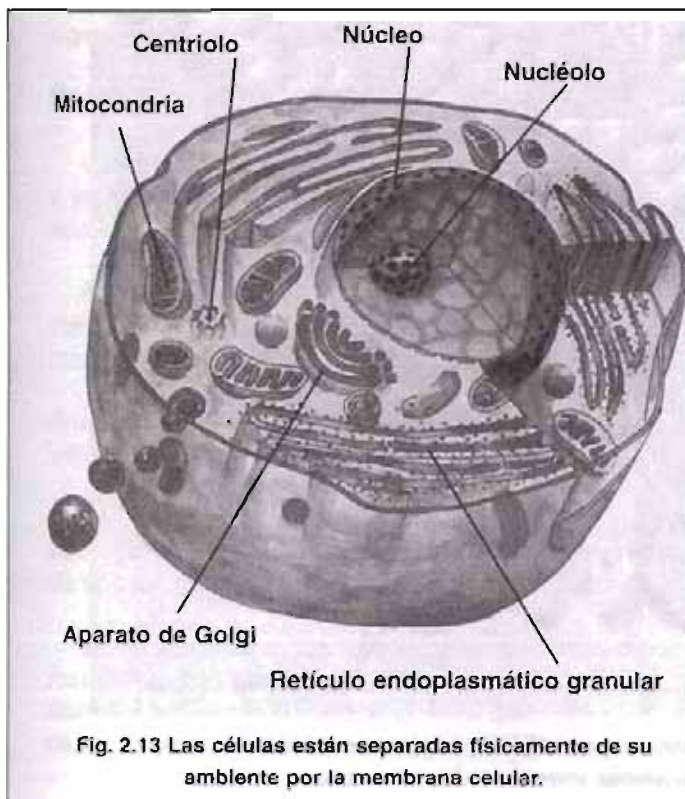


PaGM (4 2.8)

La **Tabla 35** muestra el caso de la ilustración **Cast (3 2.13)**. Esta imagen por un lado, presenta esquematizada a la membrana celular y por el otro, se encuentra apoyada por su contexto: el texto principal y el rótulo que tratan a este mismo concepto de la membrana celular. Sin embargo, esta estructura no se etiqueta en la ilustración al contrario de otras estructuras esquematizadas en la célula animal (que si se etiquetan); lo cual podría causar que el estudiante no estableciera las conexiones necesarias entre el texto y la ilustración, ya que las etiquetas junto con el rótulo funcionan como nexos entre estos elementos.

Tabla 35. Relación entre el texto principal, el rótulo, la ilustración y la etiqueta (TpRI-E).

libro de texto	elemento del libro de texto		relación (TpRI-E)
Cast	texto principal	El tema que trata es el sistema membranal y se menciona a la membrana celular.	ausencia
	rótulo	Las células están separadas físicamente de su ambiente por la membrana celular.	
	ilustración	Si se esquematiza la membrana celular en la célula animal.	
	etiqueta	No se etiqueta la membrana celular.	

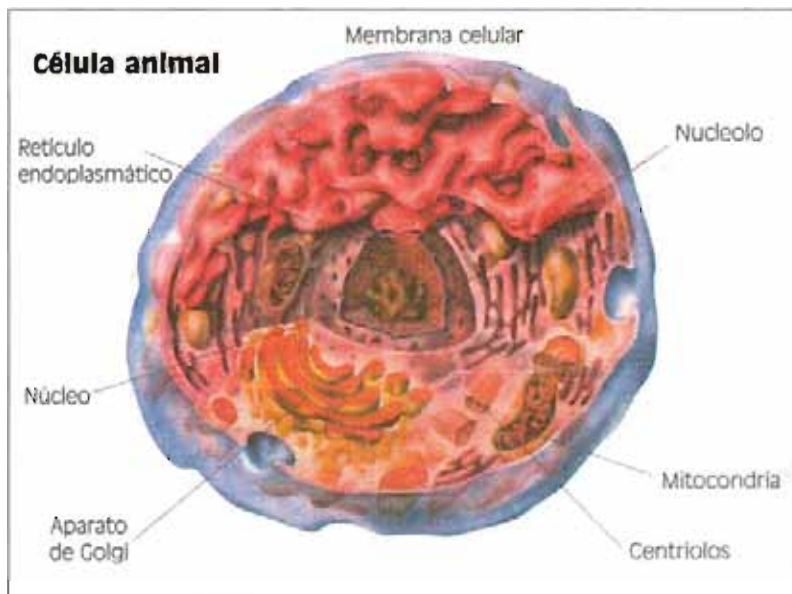


Cast (3 2.13)

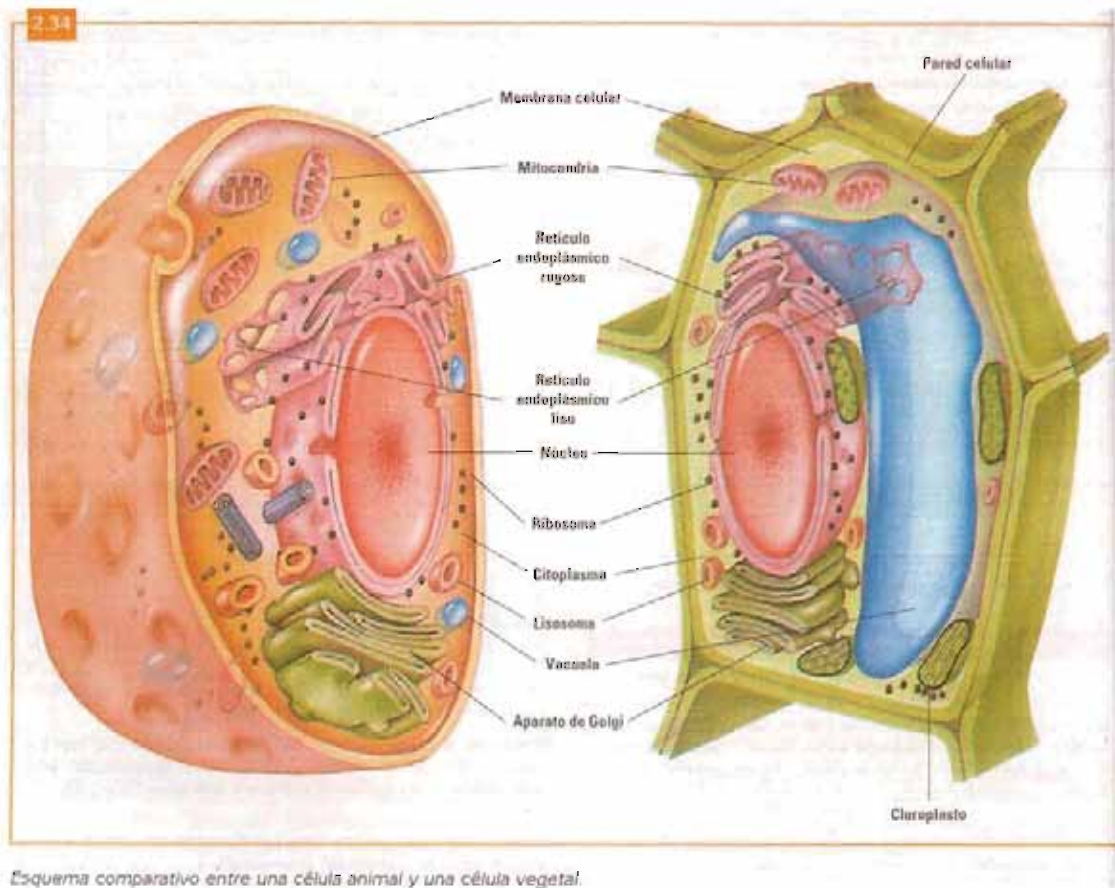
Al comparar el contenido biológico del texto principal con el de la ilustración en dos libros de texto, se encontró que faltaba etiquetar a dos estructuras: al citoplasma [en la ilustración **NM (2 2.7)**] y a los centriolos [en la ilustración **Vicens (4 2.34)**], lo cual queda recogido en la **Tabla 36**, mostrada a continuación:

Tabla 36. Relación entre el texto principal, la ilustración y la etiqueta (TpI-E) en dos libros de secundaria.

libro de texto	elemento del libro de texto		relación (TpI-E)
NM	texto principal	“Las células eucariontes tienen tres partes fundamentales: membrana, citoplasma y núcleo”.	ausencia
	ilustración	Se representa una célula animal.	
	etiqueta	No se etiqueta al citoplasma.	
Vicens	texto principal	“Una diferencia entre cel animal y vegetal es la presencia de centriolos en la primera”.	ausencia
	ilustración	Sí se esquematizan los centriolos.	
	etiqueta	No se etiquetan los centriolos.	



NM (2 2.7)



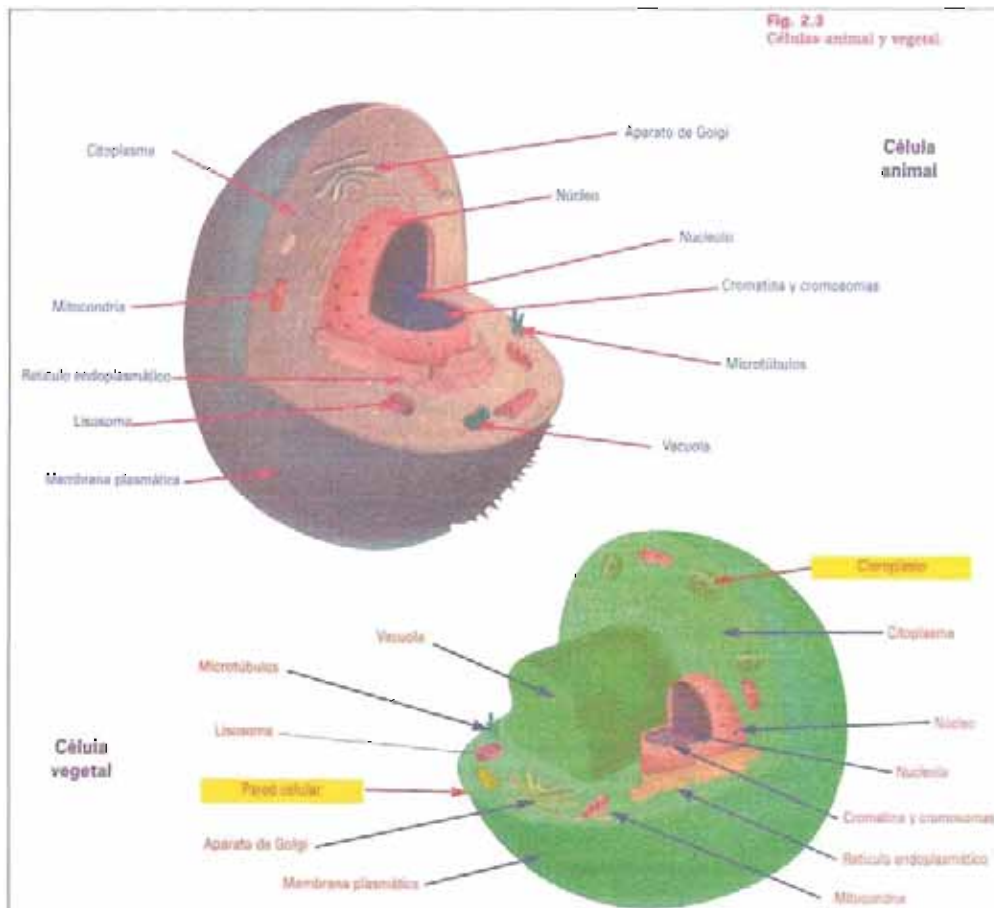
Esquema comparativo entre una célula animal y una célula vegetal.

Vicens (4 2.34)

Al analizar por un lado, a las ilustraciones de una célula animal y una vegetal de la figura PaTCH (3 y 4 2.3) en conjunto y por el otro, al contexto en el cual que se encontraba esta figura (el texto principal y las etiquetas), resultó que faltaba esquematizar y etiquetar a los centriolos en la célula animal como puede notarse en la **Tabla 37**.

Tabla 37. Relación entre el texto principal, la figura y las etiquetas (Tp-FE).

libro de texto	elemento del libro de texto		relación (Tp- FE)
PaTCH	texto principal	Se mencionan las características exclusivas de las células animales y vegetales: en las animales son los centriolos y en las vegetales es la pared celular y los plastos.	ausencia
	figura	No se esquematizan los centriolos en la célula animal, mientras que si se esquematiza la pared celular y cloroplastos en la célula vegetal.	
	etiquetas	Se resaltan con amarillo las etiquetas de los cloroplastos y la pared celular en la célula vegetal, mientras que en la animal no se resalta ninguna estructura.	

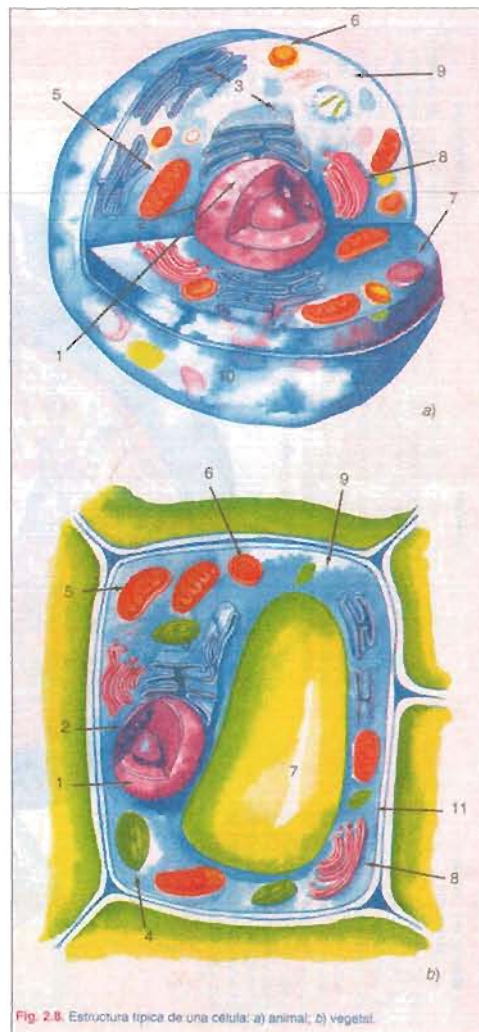


PaTCH (3 y 4 2.3)

En el caso presentado en la **Tabla 38**, al comparar la información contenida en la ilustración de la célula animal en la figura **MH SB (1 y 2 2.8)** (la esquematización del centriolo, que es una estructura que la célula animal no comparte con la célula vegetal) con la del texto principal y las etiquetas numéricas, resulta que éstos elementos no consideran al centriolo.

Tabla 38. Relación entre el texto principal, las etiquetas y la figura (TpE-F).

libro de texto	elemento del libro de texto		relación (TpE-I)
MH SB	texto principal	Se presenta un listado de organelos (dentro del cual no se encuentra el centriolo) y se pregunta cuáles estructuras coinciden y cuáles no coinciden entre la célula animal y vegetal.	ausencia
	etiqueta	No se etiqueta al centriolo	
	ilustración	Si está esquematizado el centriolo en la célula animal.	



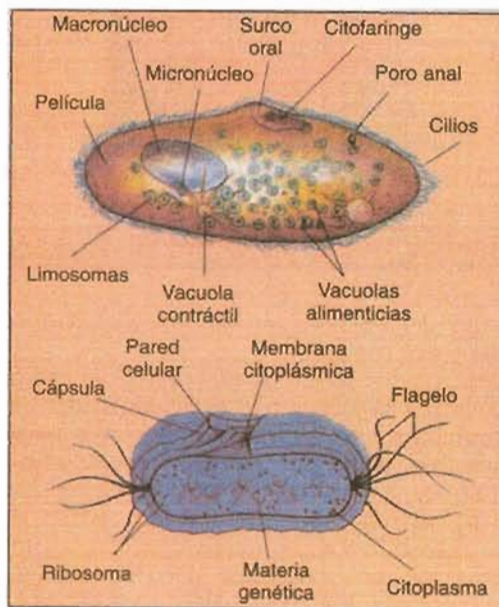
MH SB (1 y 2 2.8)

La figura **MH SB (1 y 2 2.8)** además de omitir la etiqueta del centriolo, presenta otros dos problemas mencionados antes en este capítulo. Por un lado, se puede notar en ambas ilustraciones celulares la relación de apoyo a una concepción inadecuada del tipo (Tp-I). Esto es, el límite nuclear se representa con una sola membrana tanto en el listado de organelos del texto principal como la esquematización del mismo. Por el otro, en la célula vegetal existe una mala diferenciación entre la membrana y la pared celular ya que no se esquematiza ni etiqueta (con el número 10) a la membrana celular mientras que se esquematizan dos estructuras que corresponden a la pared celular y a las paredes de células adyacentes y se etiqueta (con el número 11) a la pared celular.

Al comparar los tres elementos del texto PHall mostrados en la **Tabla 39**, considero que el rótulo debiera mencionar a qué tipo celular pertenece cada ilustración representada en la figura **PHall (1 y 2 2.8)**.

Tabla 39. Relación entre el texto principal, la figura y el rótulo (TpF-R).

libro de texto	elemento del libro de texto		relación (TpF-R)
PHall	texto principal	Menciona las características generales de los procariontes y eucariontes.	ausencia
	figura	Muestra la ilustración de un protoctista (posiblemente <i>Paramecium</i>) y de una bacteria.	
	rótulo	“Además de la presencia de una membrana nuclear, existen otras diferencias. ¿Puedes detectarlas?”	



la vida con su actividad.
 Beltran, Ingrid, ¿Cómo se constituye una bacteria? *Muy interesante*, año XIII, núm. 2, febrero de 1996, p. 62.

Aparte de la presencia o ausencia de una membrana nuclear, las células pueden estudiarse tomando en cuenta si realiza o no la **función clorofiliana** o lo que es lo mismo, si tienen cloroplastos o no (figura 2.8).

Figura 2.8 Además de la presencia de una membrana nuclear, existen otras diferencias. ¿Puedes detectarlas?

PHall (1 y 2 2.8)

Finalmente, al comparar la terminología empleada en el texto principal con aquella de las etiquetas verbales en cada libro de secundaria se encontraron los siguientes casos en los cuales existían diferencias entre estos elementos como se puede ver en la **Tabla 40**.

Tabla 40. Terminología distinta empleada en el texto principal y en las etiquetas.

texto principal	etiqueta	libro
nucleoide	región del ADN	FE MV (2** 2.5)
membrana celular	membrana plasmática	Norma (1 2.5) Sant (1)**
membrana plasmática	membrana celular	NM (1 2.6) NM (2 y 3** 2.7)
pared celular	pared bacteriana	Norma (1 2.5)
ADN libre en el citoplasma	nucleoide	Norma (1 2.5)
información genética, ADN	material genético	NM (1 2.6)
microtúbulos y microfilamentos	citoesqueleto	Sant (2 y 3)

6.2 ASPECTOS FORMALES O DE DISEÑO

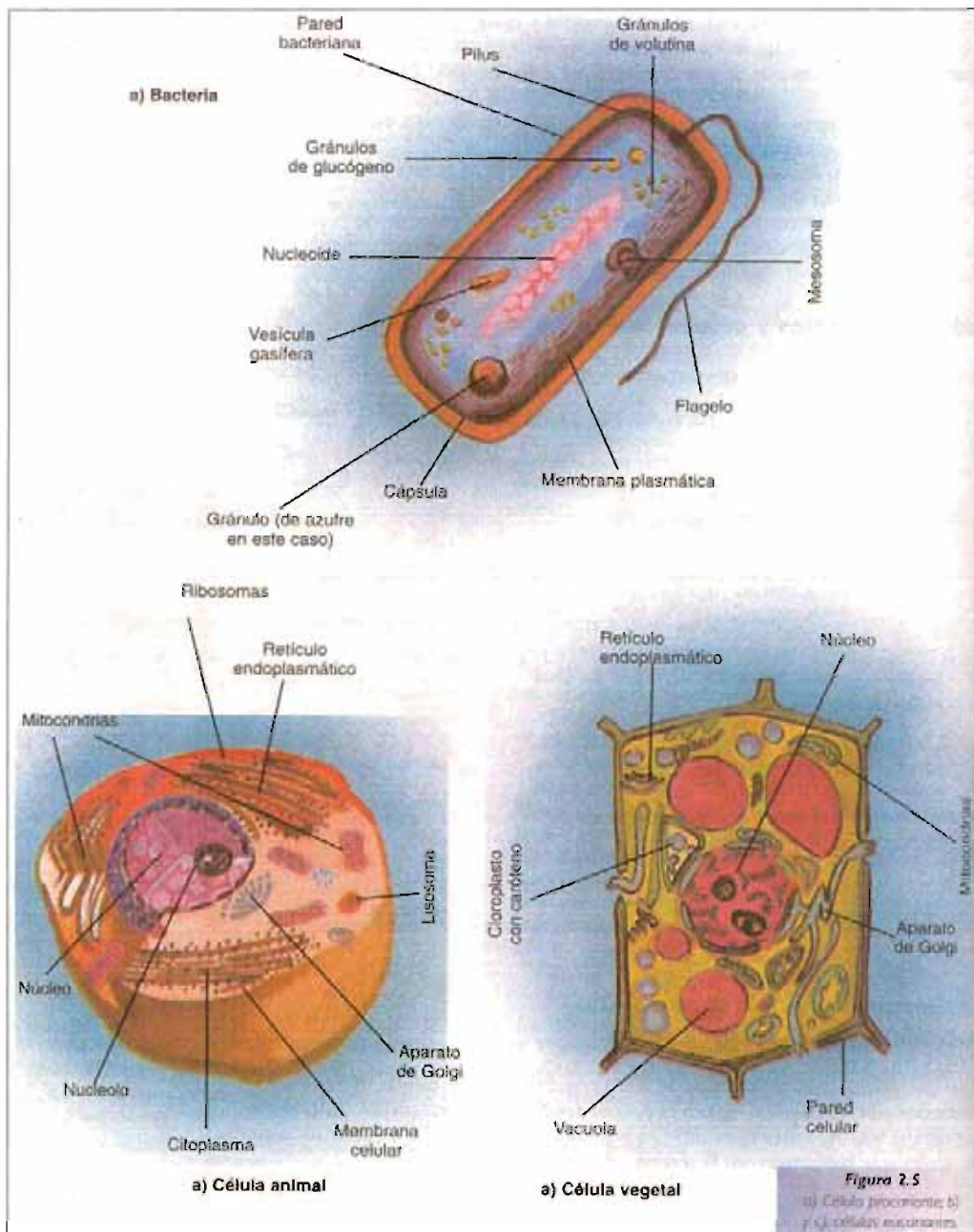
1) COMPAGINACIÓN ENTRE LA FIGURA Y EL TEXTO

Como se mencionó antes, la compaginación tiene que ver con el principio perceptual de la Gestalt de proximidad, que sirve principalmente, para relacionar cosas o elementos heterogéneos, que sin la cercanía visual podrían ser independientes, esto es, el texto principal que acompaña a una imagen y la imagen propiamente dicha. Asimismo, estudios basados en el modelo SOI han mostrado que cuando el texto y la imagen se presentan de manera contigua el aprendizaje resulta más efectivo.

Tabla 41. Grado de compaginación entre la figura y el texto principal.

grado de compaginación	figura	frecuencia	porcentaje
La figura es citada en el texto de una página y se encuentra en ella físicamente.	Esfinge (1, 2 y 3 2.5) FCE (3 2.7) FE MV (1 2.3) (2** y 3 2.5) MH MB (1a, b, c, d, e y f 2.4)** (2 2.5) MH SB (1 y 2 2.8) NM (1 2.6) (2 y 3** 2.7) PaGM (1 2.6) (3** y 4 2.8) PaTCH (1 y 2 2.2) (3 y 4 2.3) PHall (1 y 2 2.8) (3 y 4 2.9) Trillas (1 2.5) (2 y 3 2.10) Vicens (1 2.3) (4 y 5 2.34)	19	52.7%
La figura es citada en el texto de una página pero se encuentra físicamente en otra página.	FCE (1 y 2 2.6)** FE BP(1 y 2 2.5) Norma (1, 2 y 3 2.5) PaGM (2 2.7) Vicens (2 y 3 2.4)	5	13.9%
La figura no es citada en el texto.	Cast (1 2.6) (2a, b, c y d 2.9)** (3 2.13 y 2.18) (4 2.16 y 2.20**) (5 2.23) (6 2.7) FE BP (3 y 4 2.7) MH MB (3 y 4 2.6) Sant (1)** (2 y 3)	12	33.3%
total		36	100.0%

Si bien puede observarse a partir de la **Tabla 41** que la mayoría de las figuras se encuentran en buena compaginación con el texto principal, esto es un 52.7% del total analizado, existe un porcentaje considerable de figuras que no están físicamente en la página en donde son citadas y un mayor porcentaje de figuras que ni siquiera se encuentran citadas en el texto principal. Estos resultados podrían implicar por un lado que el estudiante de secundaria requiera de un mayor esfuerzo para establecer relaciones de correspondencia entre el contenido biológico de la figura y el del texto, ya que estos dos elementos están alejados visualmente o además presentan errores de identificación como es el caso de Norma (1, 2 y 3 2.5) presentado a continuación:



Norma (1, 2 y 3 2.5)

Además de que la figura Norma (1, 2 y 3 2.5) no está físicamente en la misma página en donde es citada, se encontraron las siguientes dos fallas. La primera de ellas es que su numeración no concuerda con la del texto principal (es citada en éste como la figura 2.6) y la segunda como se puede observar es que la denominación de las etiquetas verbales que identifican a dos de sus tres ilustraciones no concuerda con lo que dice el rótulo.

2) "LECTURA" DE LA IMAGEN

a) orden de la "lectura"

Tabla 42. Grado de correspondencia en el orden de "lectura" de las ilustraciones en una figura con respecto al del texto principal.

orden de lectura de las ilustraciones	figura	frecuencia	porcentaje
mismo que el texto principal	Esfinge (1, 2 y 3 2.5)	13	61.9%
	FCE (1 y 2 2.6)		
	FE BP (3 y 4 2.7)		
	FE MV (2 y 3 2.5)		
	MH MB (1a,b,c,d,e,f 2.4)**		
	MH MB (3 y 4 2.6)		
	PaTCH (1 y 2 2.2)		
	PHall (3 y 4 2.9)		
	Santillana (2 y 3)		
	Trillas (2 y 3 2.10)		
	Vicens (2 y 3 2.4)		
	Cast (2a, b, c y d 2.9)**		
	Cast (6, 7 y 8 2.7)		
distinto que el texto principal	FE BP (1 y 2 2.5)	8	38.1%
	MH SB (1 y 2 2.8)		
	Norma (1, 2 y 3 2.5)		
	NM (2 y 3 2.7)		
	PaGM (3 y 4 2.8)		
	PaTCH (3 y 4 2.3)		
	PHall (1 y 2 2.8)		
	Vicens (4 y 5 2.34)		
total	21	100.0%	

Es importante notar que en esta categoría sólo se analizaron aquellas figuras que contenían más de una ilustración. Como se puede apreciar en la **Tabla 43**, la mayoría de las figuras presentan un orden de "lectura" de sus ilustraciones que corresponde a aquel del texto principal. Sin embargo, un número considerable de figuras muestra un orden de "lectura" opuesto; esto podría ser un reflejo de que en la elaboración de las ilustraciones y el texto principal los autores estén siguiendo caminos separados.

b) diferenciación *figura-fondo*.

Tabla 43. Problemas en la diferenciación *figura-fondo*.

deficiencia	ilustración
<p><i>la delineación de la forma de la célula es confusa.</i> La membrana celular de la ameba se ve doble en algunas partes del esquema y en otras es sencilla.</p>	FE BP (2 2.5)
<p><i>se utiliza el mismo color en la figura y en el fondo.</i> Las colonias de bacterias son iguales que el fondo: naranja El lisosoma color salmón no se distingue del citoplasma del mismo color. Los centriolos, mitocondria y el citoplasma son del mismo color. La mitocondria, envoltura nuclear y el citoplasma son morados. La membrana, pared celular, vacuola, los cloroplastos y citoplasma son verdes. Se utilizan los mismos puntos blancos en el citoplasma y en el núcleo de ameba por lo que no se diferencia bien el núcleo del resto de la célula.</p>	FE BP(1 2.5) Cast (3 2.18) Esfinge (1 2.5) PaGM (1 2.6) PaTCH (3 2.3) FE BP(2 2.5)

Si tomamos a la célula como *figura* y al resto del área perteneciente a la figura **FE BP (1 y 2 2.5)** como *fondo*, se encontraron problemas para diferenciar a la *figura* del *fondo* en las dos ilustraciones. En la ilustración **FEBP (1 2.5)**, la delineación de la forma de la célula es confusa debido a que en algunas partes es esquematizada de manera sencilla y en otras es doble. Mientras que en la esquematización **FEBP (2 2.5)** no se distinguen las colonias de bacterias del *fondo* con facilidad debido a que ambas presentan el mismo color.



FEBP (1 y 2 2.5)

Por otra parte, se consideró que dentro de la *figura* célula (delimitada por la membrana celular), existen otras *figuras*, los organelos. Por ende, el citoplasma representa el *fondo* y los organelos las *figuras*. Como se puede observar en la **Tabla 43**, resulta difícil distinguir a algunos organelos presentes en cinco de las ilustraciones debido a que presentan la misma coloración que el citoplasma.

c) diferencia mínima efectiva

i) color

Tabla 44. Presencia / ausencia de colores agresivos visualmente en las ilustraciones de célula.

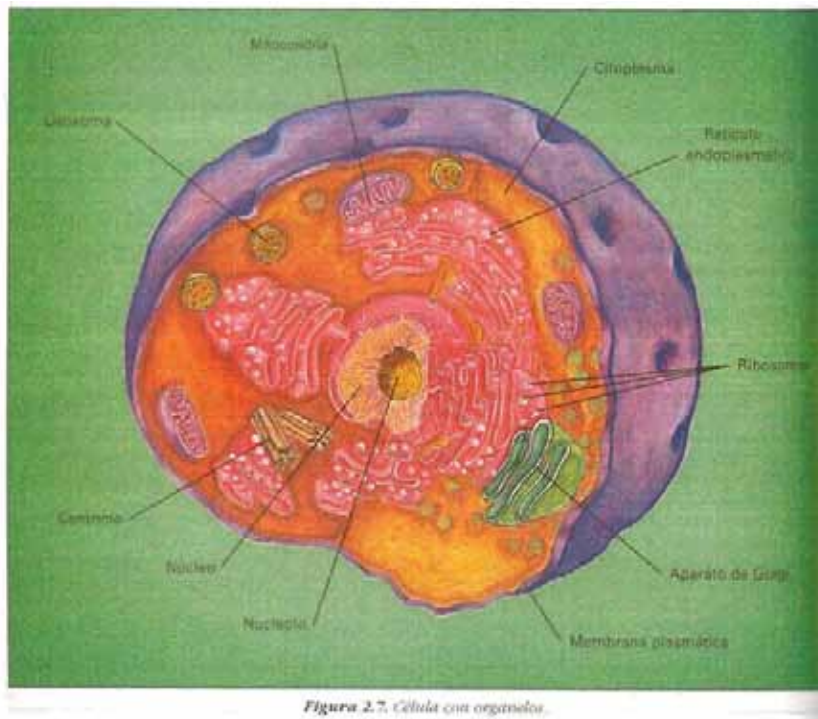
ilustración	tipo celular	colores agresivos * (presencia =1) (ausencia = 0)
Cast (1 2.6)	vegetal	1
Cast (2a 2.9)**	bacteriano	0
Cast (2b 2.9)**	bacteriano	0
Cast (2c 2.9)**	bacteriano	0
Cast (2d 2.9)**	bacteriano	0
Cast (3 2.13)	animal	0
Cast (3 2.18)	animal	0
Cast (4 2.16)	animal	0
Cast (4 2.20**)	animal	0
Cast (5 2.23)	animal	0
Cast (6 2.7)	animal	0
Cast (7 2.7)	animal	0
Cast (8 2.7)	animal	0
Esfinge (1 2.5)	animal	1
Esfinge (2 2.5)	vegetal	1
Esfinge (3 2.5)	bacteriano	0
FE MV (1 2.3)	animal	1
FE MV (2** 2.5)	bacteriano	0
FE MV (3 2.5)	vegetal	0
Norma (1 2.5)	bacteriana	1
Norma (2 2.5)	animal	0
Norma (3 2.5)	vegetal	1
PHall (1 2.8)	paramecio	0
PHall (2 2.8)	bacteriano	0
PHall (3 2.9)	vegetal	1
PHall (4 2.9)	animal	1
FCE (1 2.6)**	<i>Euglena</i>	0
FCE (2 2.6)**	<i>Escherichia coli</i>	0
FCE (3 2.7)	animal	1
FE BP (1 2.5)	ameba	1
FE BP (2 2.5)	bacteriano	1

FE BP (3 2.7)	vegetal	0
FE BP (4 2.7)	animal	0
MH MB (1a 2.4)**	bacteriano	1
MH MB (1b 2.4)**	bacteriano	1
MH MB (1c 2.4)**	bacteriano	1
MH MB (1d 2.4)**	bacteriano	1
MH MB (1e 2.4)**	bacteriano	1
MH MB (1f 2.4)**	bacteriano	1
MH MB (2 2.5)	animal	0
MH MB (3 2.6)	animal	0
MH MB (4 2.6)	vegetal	0
MH SB (1 2.8)	animal	1
MH SB (2 2.8)	vegetal	1
NM (1 2.6)	bacteriano	0
NM (2 2.7)	animal	1
NM (3** 2.7)	vegetal	1
PaGM (1 2.6)	vegetal	0
PaGM (2 2.7)	bacteriano	0
PaGM (3** 2.8)	animal	1
PaGM (4 2.8)	vegetal	1
PaTCH (1 2.2)	<i>E. coli</i>	0
PaTCH (2 2.2)	<i>Euglena</i>	0
PaTCH (3 2.3)	animal	0
PaTCH (4 2.3)	vegetal	1
Sant (1)**	bacteriano	0
Sant (2)	animal	1
Sant (3)	vegetal	1
Trillas (1 2.5)	¿?	0
Trillas (2 2.10)	vegetal	0
Trillas (3 2.10)	animal	0
Vicens (1 2.3)	bacteriano	0
Vicens (2 2.4)	bacteriano	0
Vicens (3 2.4)	bacteriano	0
Vicens (4 2.34)	animal	0
Vicens (5 2.34)	vegetal	0

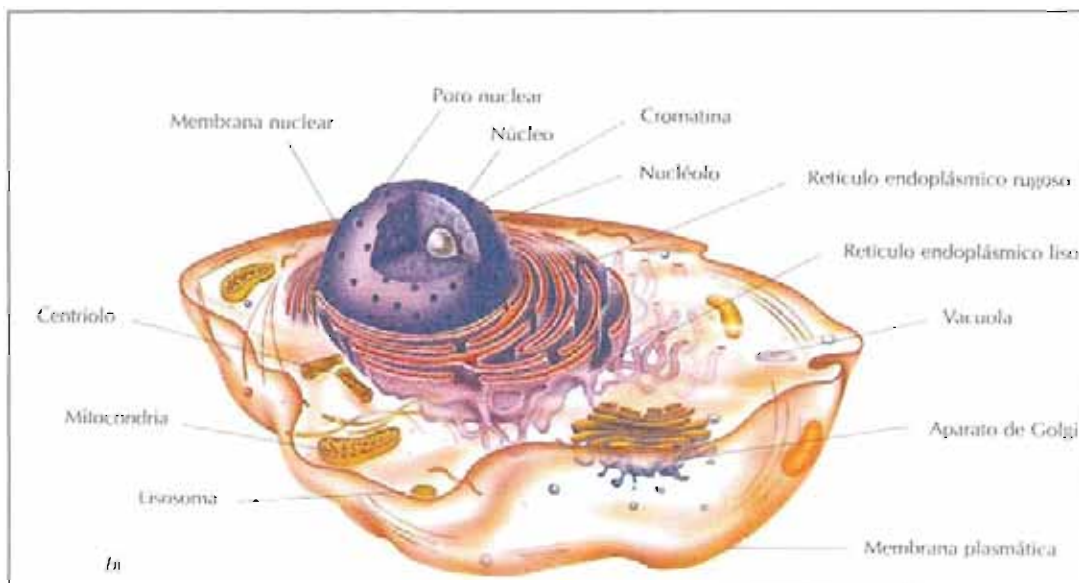
* aunque se trata de un criterio subjetivo, con colores agresivos me refiero a que en el primer contacto visual con este tipo de tonos se produce un efecto de rechazo que no invita a la “lectura” de la ilustración, ver Cap 1.

Para analizar la calidad de los colores representados en las ilustraciones de célula del tipo analítico (aquellas que muestran a la célula y a sus estructuras), se hizo una comparación de éstas con los ejemplos de mapas batimétricos antes mencionados en el **Cap 1**. A partir de la **Tabla 44**, se puede ver que de un total de 66 ilustraciones de célula se identificaron 26 que presentaban colores en tonalidades arco iris, visualmente agresivos y artificiales, semejantes al ejemplo del mapa batimétrico diseñado sin tomar en cuenta a la DME. Dicha coloración, podría impedir una buena “lectura” de las ilustraciones por los estudiantes, esto es la diferenciación de las estructuras celulares. Por ejemplo, al ver la

ilustración **FCE (3 2.7)** en primer instancia se produce un efecto de rechazo. Por el contrario, los colores naturales y agradables a la vista de la ilustración **Trillas (3 2.10)** invítan a su “lectura.”



FCE (3 2.7)



Trillas (3 2.10)

ii) grosor de los grafismos

Tabla 45. Grosor de los grafismos con respecto a la delimitación de la ilustración de célula.

grosor de grafismos	ilustraciones	# de ilustraciones	porcentaje
> la delimitación de la ilustración	Cast (1 2.6) (3 2.13 y 2.18) (4 2.16 y 2.20**) (5 2.23) Esfige (1, 2 y 3 2.5) FCE (1 y 2 2.6)** (3 2.7) FE BP (3 y 4 2.7) FE MV (2** y 3 2.5) MH MB (3 y 4 2.6) Norma (1, 2 y 3 2.5) MH MB (2 2.5) MH SB (1 y 2 2.8) PaTCH(1 y 2 2.2) (3 y 4 2.3) Vicens (2 y 3 2.4) Sant (2) y (3)	32	62.7%
= ó < la delimitación de la ilustración	FE MV (1 2.3) NM (12.6) (2 y 3** 2.7) PaGM (1 2.6) (2 2.7) PHall (1 y 2 2.8) (3 y 4 2.9) Trillas (1 2.5) (2 y 3 2.10) Vicens (4 y 5 2.34) PaGM (3** y 4 2.8) Vicens (1 2.3) Sant (1)**	19	37.3%
total		51	100.0%

Recordemos que los grafismos (líneas y flechas) que pertenecen a una ilustración tienen la función de unir las etiquetas a las estructuras correspondientes y de acuerdo a la estrategia mínima efectiva, al disminuir el grosor de los grafismos (elementos secundarios) con respecto a la delimitación de la imagen se producen visualmente capas de fondo inactivo con respecto a la figura por lo que se facilita la “lectura” de la misma. De acuerdo a este principio, se clasificaron como aceptables a aquellos grafismos que presentaran un grosor igual o menor al de la delimitación de la ilustración e inaceptables a aquellos que presentaran un grosor mayor. A partir de la **Tabla 45** se puede observar que no se está considerando a la DME al representar a los grafismos en la mayoría de las ilustraciones de célula y como ejemplo de ello se muestra a la figura **MH MB (3 y 4 2.6)**.

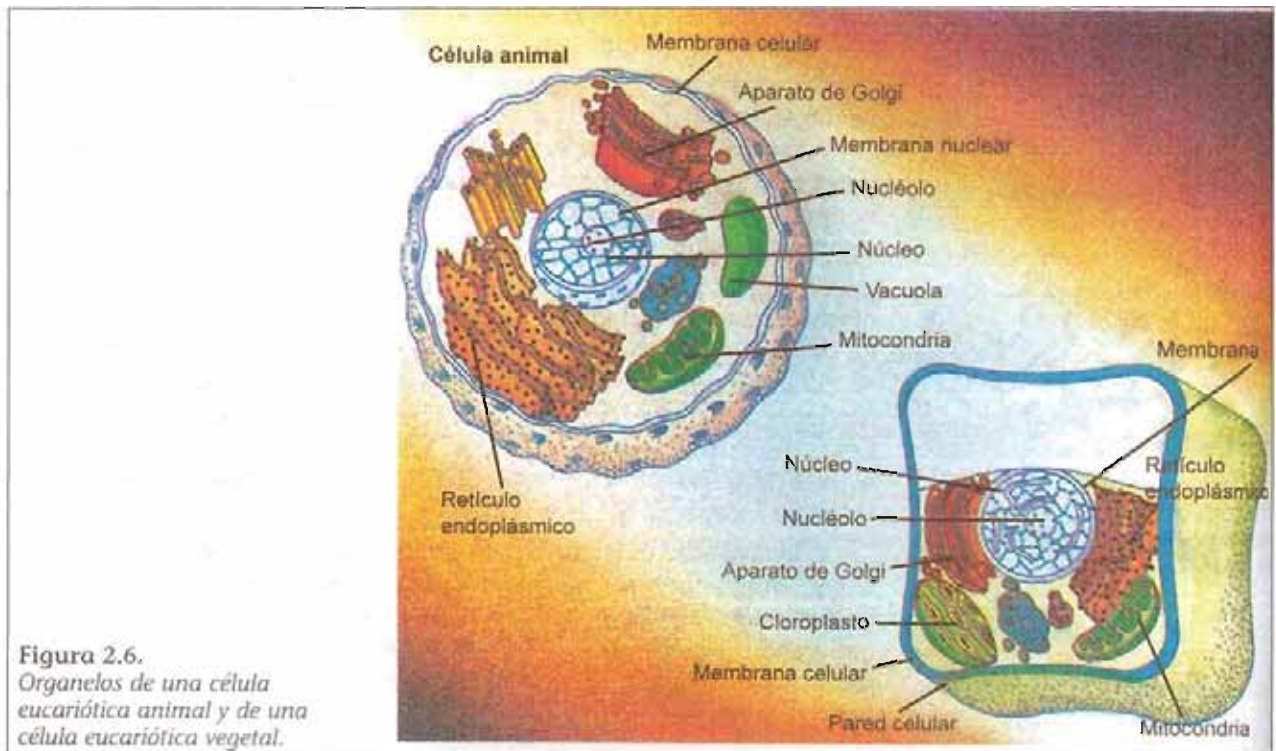
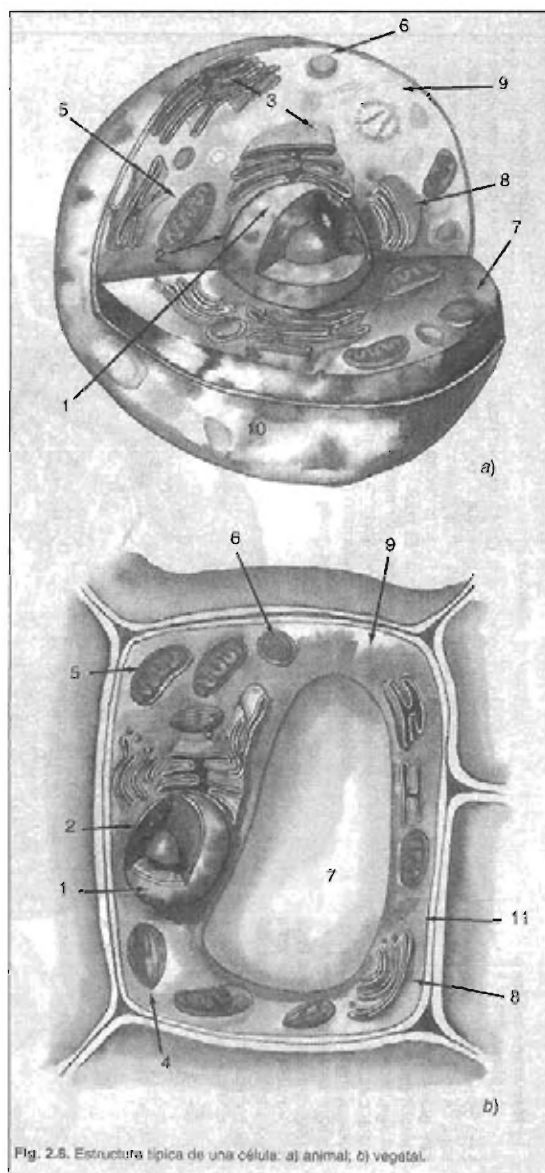


Figura 2.6.
 Organelos de una célula
 eucariótica animal y de una
 célula eucariótica vegetal.

MH MB (3 y 4 2.6)

iii) uso de etiquetas numéricas

Las etiquetas numéricas son códigos que sustituyen a la palabra en la imagen y cuyo equivalente se encuentra en el texto principal. Si se toma en cuenta la estrategia mínima efectiva es recomendable no emplear estos códigos y a cambio utilizar etiquetas verbales directamente. Se encontró evidencia del uso de etiquetas numéricas en la figura **MH SB (1 y 2 2.8)**. Ésta presentaba números del I al II equivalentes a estructuras numeradas en el texto principal.



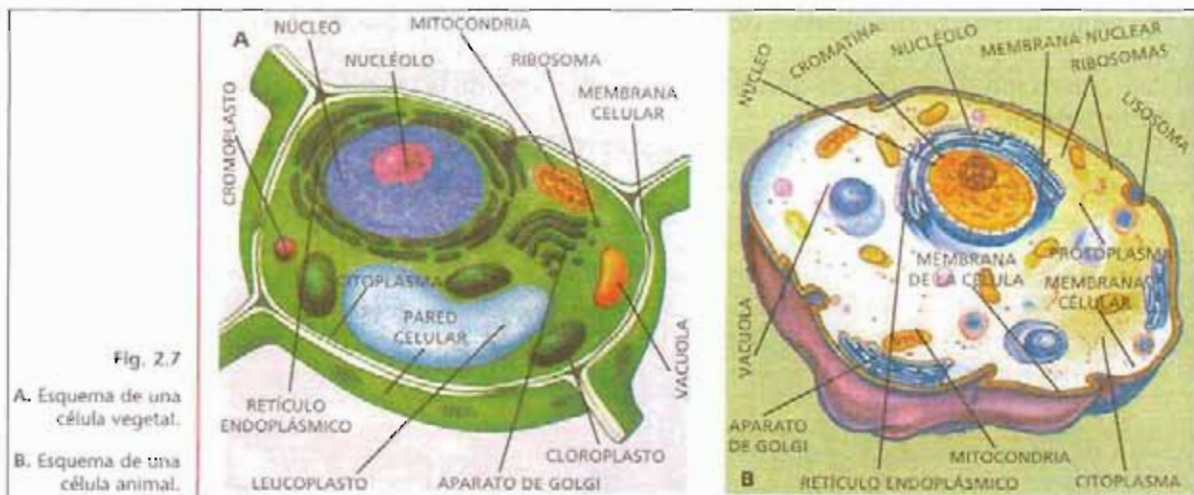
MH SB (1 y 2 2.8)

iv) distribución espacial de las ilustraciones en la figura.

Tabla 46. Ejemplos de una deficiente distribución espacial de las ilustraciones en la figura.

disposición de las ilustraciones	figura
Las etiquetas de ambas ilustraciones se encuentran en una posición horizontal, diagonal o vertical.	FE BP (3 y 4 2.7)
No hay espacio suficiente entre las etiquetas correspondientes a una ilustración con respecto a las de la otra ilustración.	PaGM (3** y 4 2.8)

Ambos casos muestran una deficiente disposición de las ilustraciones en el área de la página designada para la figura, ya que éstas se perciben “apretadas” en este espacio, lo cual podría tener consecuencias negativas en su “lectura”. A continuación se muestra la figura **FE BP (3 y 4 2.7)**, que además de esta falla presenta etiquetas verbales sobre sus ilustraciones de célula como queda recogido en la **Tabla 47**.



FE BP (3 y 4 2.7)

v) etiquetas verbales o numéricas sobre la ilustración.

Tabla 47. Etiquetas verbales o numéricas sobre la ilustración de célula.

tipo de etiqueta	nombre o número	ilustración
verbal	mitocondria y centriolos	Cast (5 2.23)
	citoplasma y pared celular	FE BP(3 2.7)
	membrana de la célula, membrana celular y protoplasma	FE BP (4 2.7)
	retículo endoplásmico	MH MB (3 2.6)
	vacuola, nucleolo y retículo endoplásmico	PaGM (1 2.6)
	retículo endoplásmico rugoso y membrana celular	Sant (3)
numérica	2, 3 y 10	MH SB (1 2.8)
	1,2,3,4,5 y 7	MH SB (2 2.8)
total	22 etiquetas	8 ilustraciones

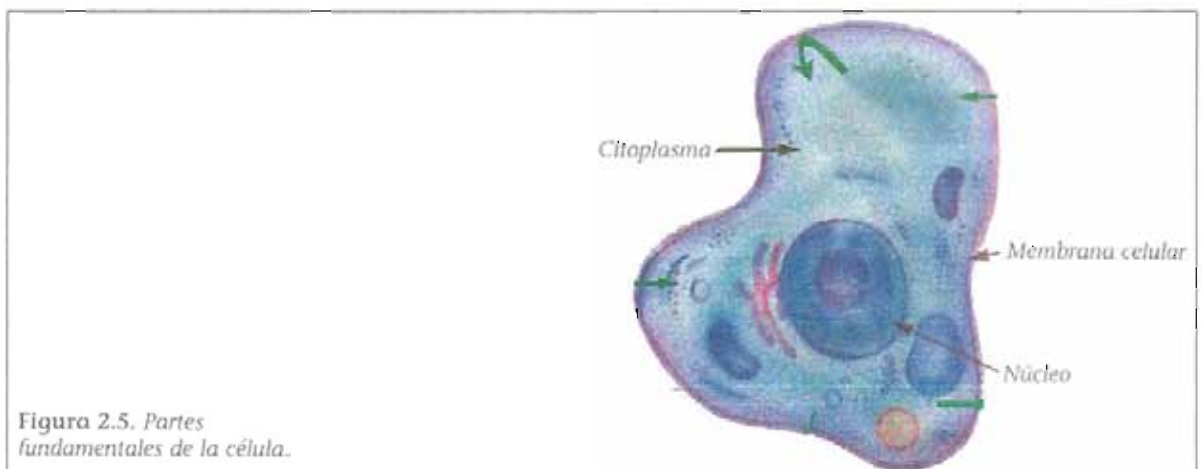
De los datos mostrados en la **Tabla 47**, puede observarse que el mensaje alfanumérico portado por las etiquetas se encuentra empalmado con el icónico en un total de ocho ilustraciones. De acuerdo con los planteamientos de la estrategia mínima efectiva esto puede tener un efecto negativo en la “lectura” de la ilustración, debido a que los elementos secundarios (en este caso las etiquetas) al encontrarse sobre la esquematización estarían compitiendo con la información primaria (el esquema de la célula).

vi) grafismos extras en la ilustración.

Tabla 48. Ejemplos de grafismos extras en la ilustración.

grafismo extra	ilustración
Dos líneas unen al aparato de Golgi con su etiqueta. Esto es, sobra una línea	Esfinge (2 2.5)
Cinco flechas verdes	MH MB (2 2.5)
Una flecha extra, ya que no une ninguna etiqueta a la célula animal	PaGM (4 2.8)

Considero que los grafismos encontrados son extras en la ilustración debido a que no están cumpliendo con un papel dentro de la misma, como se puede observar en **MH MB (2 2.5)**. Por lo tanto en base la estrategia mínima efectiva, éstos son considerados elementos secundarios que añaden ruido visual, esto es, compiten con la información primaria (la ilustración de célula) y dificultan la “lectura” de la imagen.



MH MB (2 2.5)

6.3 REPRODUCCIÓN DE LA MISMA ILUSTRACIÓN DE CÉLULA

Al realizar el análisis de la muestra de ilustraciones de célula, se encontró evidencia de ilustraciones repetidas en el mismo texto, en libros de distintas editoriales e incluso en libros dirigidos a distintos niveles educativos.

Tabla 49. Reproducción de la misma ilustración de célula.

ubicación de la reproducción	ilustraciones	# de ilustraciones repetidas
en el mismo libro de texto	Cast (3 2.13 y 2.18)	1
	Cast (4 2.16 y 2.20 **)	1
en diferentes libros de texto	Cast (3 2.13) y Norma (2 2.5)	1
	Cast (5 2.23) y PaTCH (3 2.3)	1
	Cast (1 2.6) y NM (3** 2.7)	1
	Vicens (1 2.3) (2 y 3 2.4) y FiveKingdoms (1) (2)** y (3)**	3
	Sant (2) y Molecular Cell Biology (1)	1
	total	9

Nota: Las ilustraciones encontradas en libros de texto de nivel universitario aparecen subrayadas.

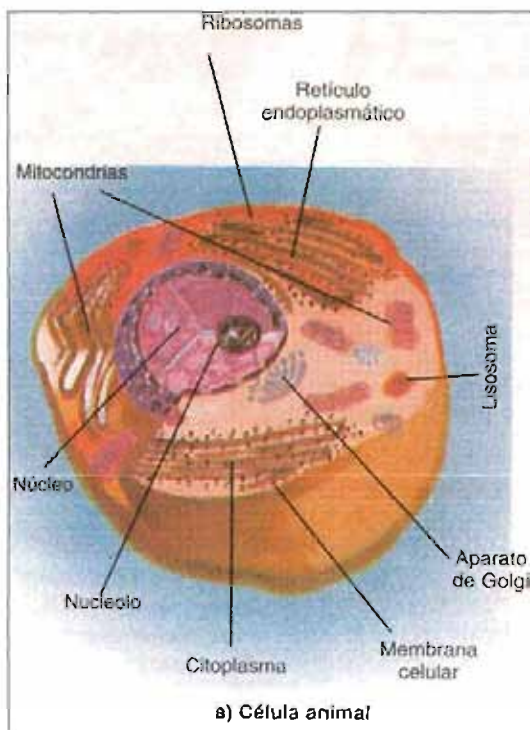
A partir de la **Tabla 49** se puede observar que dentro del libro de texto correspondiente a la editorial Castillo existe la reproducción de la misma ilustración en dos ocasiones. Mientras que una de estas ilustraciones **Cast (3 2.13)** vuelve a aparecer, pero en otro libro de la editorial Norma. Las otras dos ilustraciones de Castillo: **Cast (5 2.23)** y **Cast (1 2.6)** aparecen cada una en distintos libros. Por otro lado, cuatro ilustraciones encontradas en dos libros de secundaria: **Vicens (1 2.3)(2 y 3 2.4)** y **Sant (2)** coinciden con aquellas encontradas en dos libros de nivel universitario.

Al comparar a estas ilustraciones entre sí se encontraron modificaciones importantes en cuanto a la esquematización de la envoltura nuclear, la presencia del centriolo, el tamaño de las estructuras celulares, el mensaje y la información presente en el rótulo así como en el uso de etiquetas verbales como se muestra a continuación:

Tabla 50. Comparación de la esquematización de la envoltura nuclear entre las ilustraciones que reproducen a la misma célula.

tipo celular	ilustración	# de bicapas esquematizadas	esquemmatización
animal	Cast (3 2.13)	2	diferente
	Cast (3 2.18)	1	
animal	Cast (3 2.13)	2	diferente
	Norma (2 2.5)	1	
animal	Cast (5 2.23)	2	diferente
	PaTCH (3 2.3)	1	
vegetal	Cast (1 2.6)	1	igual
	NM (3** 2.7)	1	
animal	Cast (4 2.16)	1	igual
	Cast (4 2.20**)	1	
animal	Sant (2)	2	igual
	Molecular Cell Biology (1)	2	

La **Tabla 50** muestra que al comparar la envoltura nuclear entre los primeros tres pares de ilustraciones de la célula animal, ésta se esquematiza de distinta forma, esto es con una y dos líneas. Tal es el caso de **Norma (2 2.5)** y **Cast (3 2.13)**, respectivamente. Por el contrario, en el resto de los pares se mantiene igual, ya sea representada con una o con dos líneas en ambas ilustraciones.



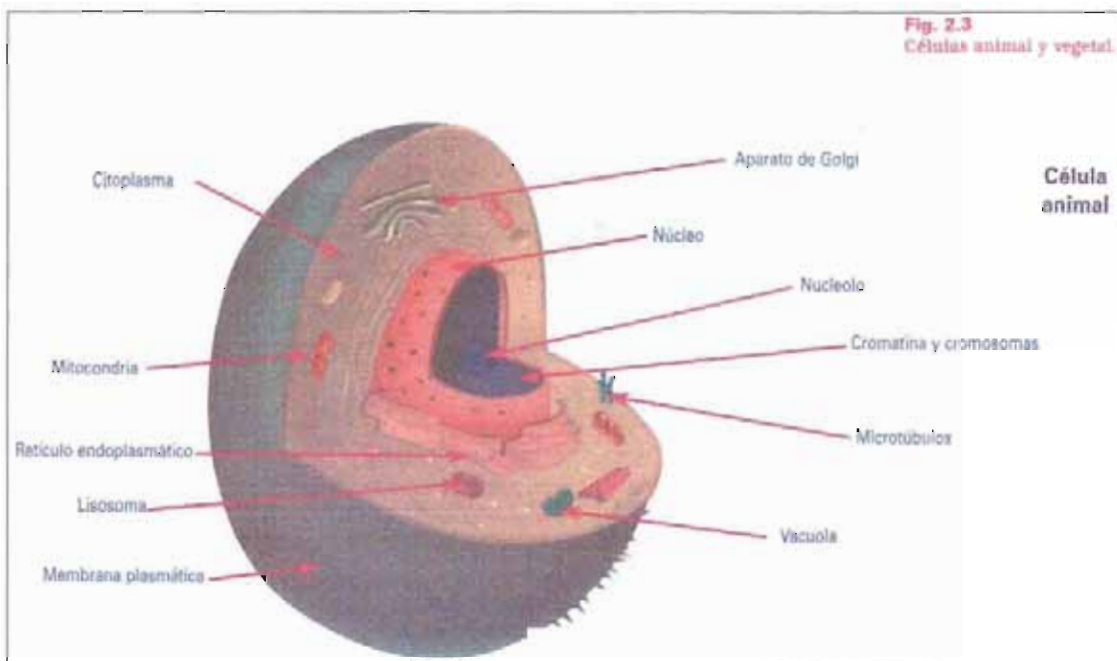
Norma (2 2.5)



Cast (3 2.13)

Comparación de la presencia del centriolo en dos ilustraciones de la misma célula animal.

Como se plasmó anteriormente en la **Tabla 37**, en el libro de secundaria de Trejo, *et al.* (1998) el objetivo de colocar las ilustraciones de una célula animal y una célula vegetal en la misma figura **PaTCH** (3 y 4 2.3) parece ser comparar sus estructuras, ya que por un lado, el texto principal menciona que los centriolos son estructuras exclusivas de las células animales, mientras que la pared celular y los plastos lo son en las vegetales. Por otro lado, en la ilustración de la célula vegetal, las etiquetas que nombran a los cloroplastos y a la pared (estructuras que no comparte con la célula animal), aparecen resaltadas en amarillo. Sin embargo, en el esquema **PaTCH** (3 2.3) que corresponde a la célula animal no se esquematizan los centriolos. En cambio, en la ilustración **Cast** (5 2.23) sí se puede observar la presencia de dicha estructura.



PaTCH (3 2.3)

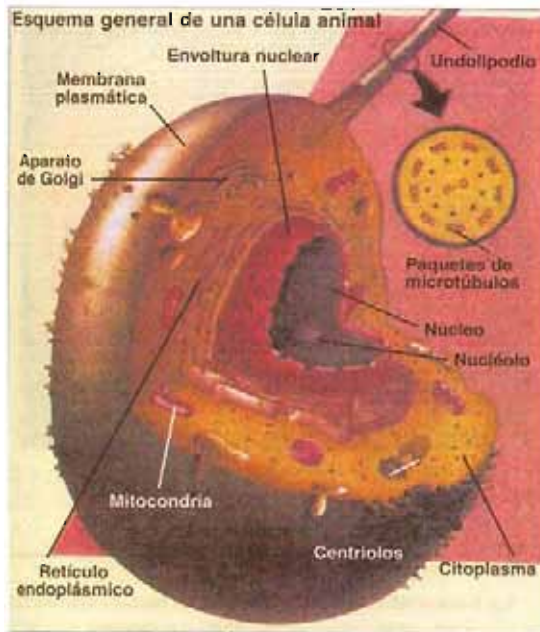


Fig. 2.23 La célula con núcleo y partes.

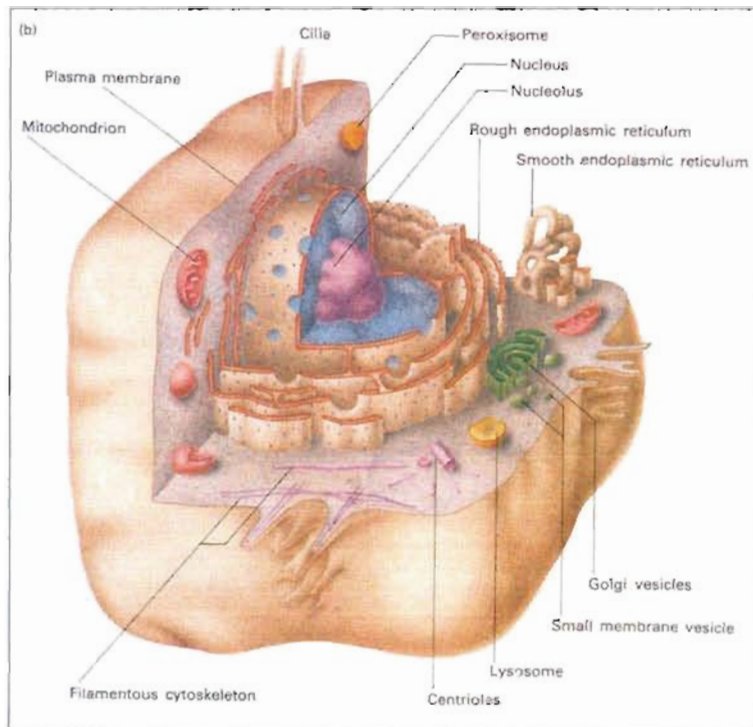
Cast (5 2.23)

Tabla 51. Comparación entre dos ilustraciones que reproducen a la misma célula en cuanto al tamaño de sus estructuras con respecto al núcleo.

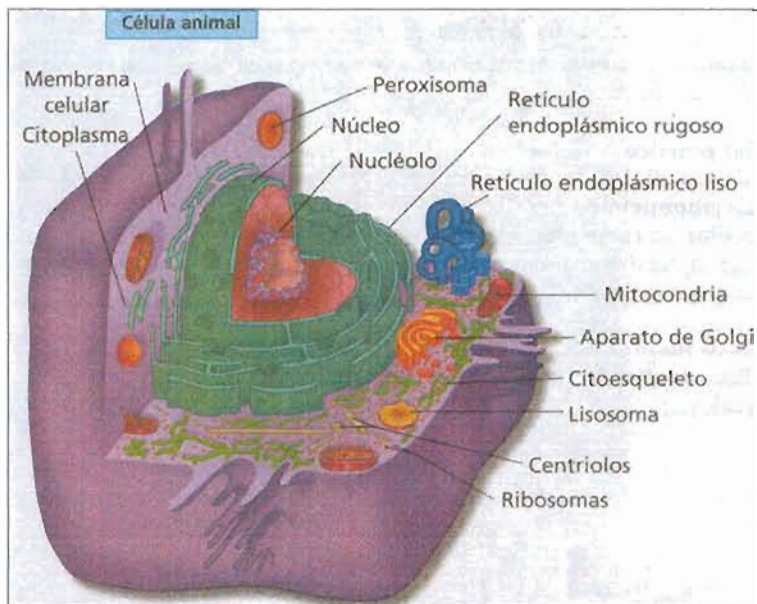
estructura	tamaño (cm)	
núcleo	3.8	2.6
mitochondria	0.4	0.2
lisosoma	0.6	0.6 *
peroxisoma	0.5	0.5 *
centríolo	0.2	0.2 *
ribosoma	0.05 *	0.05 *
citosqueleto (microtúbulos)	0.1 *	0.1 *
ilustración	Molecular	Sant (2)
	Cell Biology	
	(1)	

Nota: el asterisco indica las estructuras que no se encuentran en proporción al tamaño del núcleo.

La **Tabla 51** muestra que en la ilustración del libro universitario Molecular Cell Biology (1) de Lodish, *et al.* (1995) solamente los microtúbulos no se encuentran en proporción al tamaño nuclear (ya que estos tienen un diámetro de 25nm, 120 veces menor al nuclear). En cambio, en la ilustración **Sant (2)** del texto de secundaria vemos cómo todas las estructuras salvo la mitochondria no se encuentran en proporción al núcleo.



Molecular Cell Biology (1)



Sant (2)

Por otra parte, se hallaron diferencias en estas mismas ilustraciones en cuanto al mensaje del rótulo como puede notarse en la **Tabla 52**. A partir del enunciado que corresponde al rótulo de la ilustración **Sant (2)** se extrae la idea de que las células esquematizadas representan la realidad. En contraste, el rótulo que acompaña a esta misma

ilustración reproducida en el texto universitario claramente enuncia que la célula representada es un modelo.

Tabla 52. Comparación del mensaje del rótulo entre dos ilustraciones correspondientes a la misma célula en cuanto a si ésta representa la realidad o un modelo de la misma.

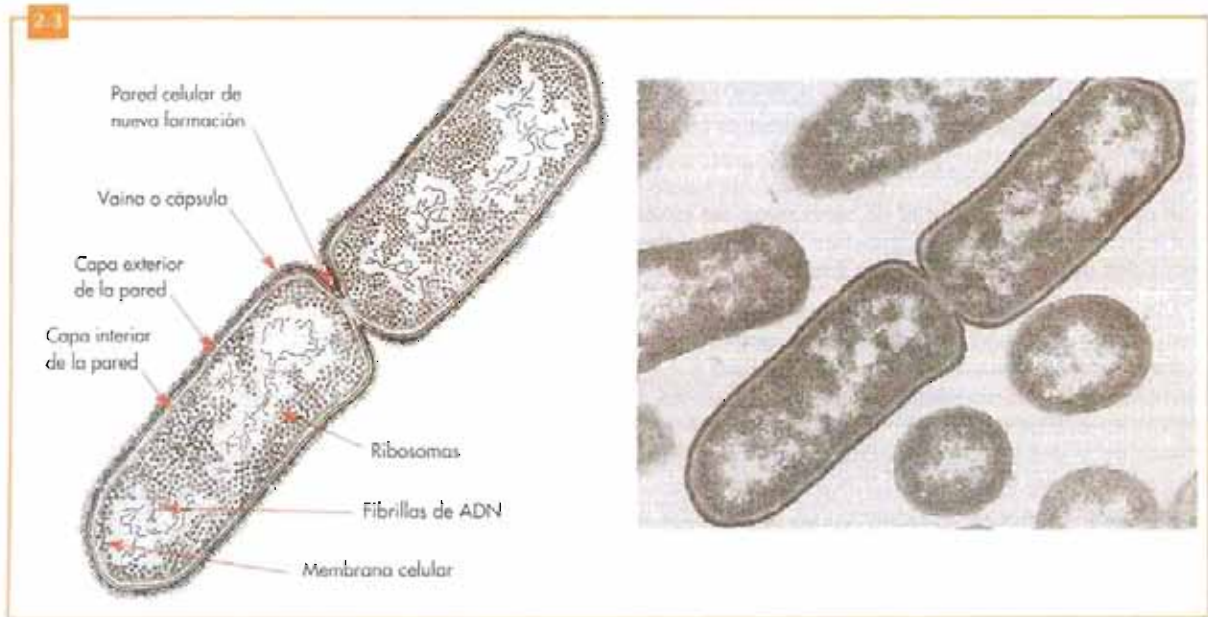
ilustración	rótulo	realidad	modelo
Sant (2)	Ejemplos de células eucariontes	X	
<u>Molecular Cell Biology</u> (1)	Estructura “típica” de una célula animal. No todas las células animales contienen todos los organelos, gránulos y estructuras fibrosas aquí mostradas, y otras subestructuras pueden estar presentes en algunas células. Las células animales también difieren de manera considerable en tamaño y en la prominencia de varios organelos y subestructuras.		X

Comparación de la información del rótulo entre seis ilustraciones correspondientes a tres reproducciones de las misma célula y del uso de las etiquetas verbales en dos de ellas.

Si se compara la información contenida en los rótulos correspondientes a las ilustraciones de la segunda y tercera edición del libro universitario Five Kingdoms: An illustrated guide to the phyla of life on earth. de Margulis y Schwartz (1988 y 1998) con aquella presente en los rótulos de las imágenes del libro de la editorial Limusa / Vicens-Vives: **Vicens** (1 2.3) (2 y 3 2.4), se encontró que hay pérdida de la siguiente información en el libro de secundaria:

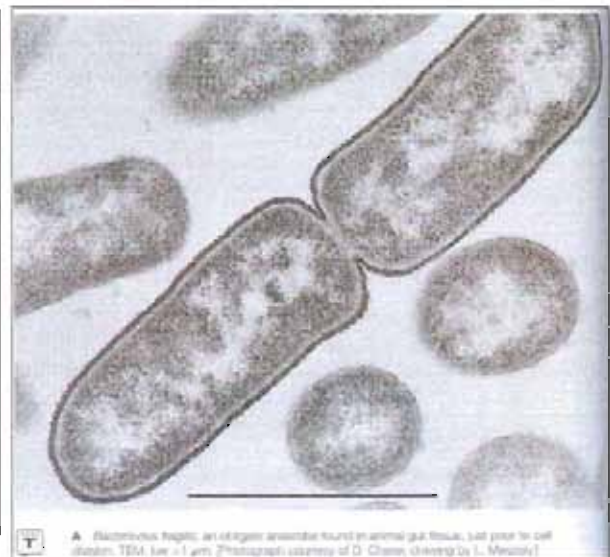
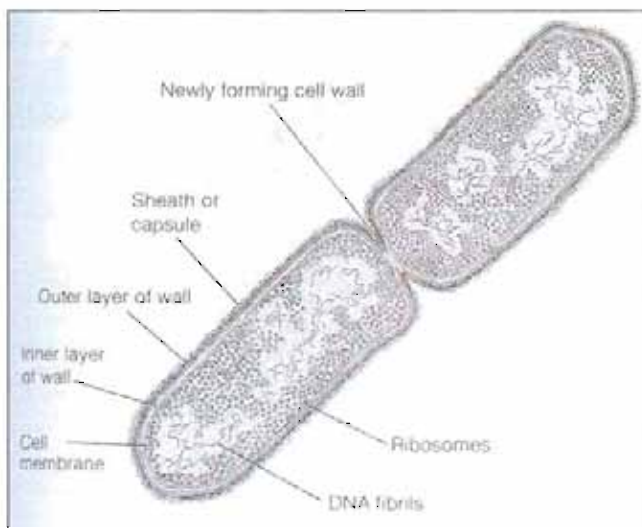
- 1) La barra de escala equivalente a una micra en la micrografía.
- 2) El tipo de micrografía, a partir de un microscopio electrónico de transmisión (TEM).
- 3) La etapa del ciclo en la cual se encuentra la bacteria mostrada, que es previa a la división celular.

En el caso particular de la ilustración **Vicens (1 2.3)**, al compararla con su equivalente en el libro **Five Kingdoms (1)**, además de existir dichas diferencias en el rótulo, se encontró un error en el uso de las etiquetas del tipo de nomenclatura. Esto es, los ribosomas que se etiquetan como tales también reciben el nombre de membrana celular y fibrillas de ADN como puede verse a continuación:



La *Bacteroides fragilis* es un ejemplo de bacteria que se encuentra en el tejido intestinal de los animales: su tamaño aproximado es de 1 μm .

Vicens (1 2.3)



Five Kingdoms (1)

CAP. 7. DISCUSIÓN

Las ilustraciones de la célula como modelos educativos y la función del rótulo para aclararlo en un libro de texto.

De manera general se puede decir que un modelo es la representación de un objeto o idea, mientras que el modelaje es el proceso mediante el cual se forma dicha representación (Gilbert, 1993 en por Tregidgo y Ratcliffe, 2000). En el caso de la construcción del conocimiento científico, un *modelo* normalmente resulta de la representación de un nuevo objeto, evento o idea (el *blanco*) mediante uno más familiar (la *fuentes*). Es importante mencionar que el *modelo* elaborado sólo puede estar relacionado con algunas de las propiedades del *blanco*. Por otro lado, en la enseñanza de la ciencia el modelaje es distinto ya que ésta tiene como uno de sus objetivos que el alumno conozca los modelos científicos existentes. Los modelos “científicos” tratados en esta actividad son esencialmente *modelos de consenso*, esto es, que han sido aceptados dentro de la comunidad científica y para enseñar este tipo de modelos se generan los llamados *modelos educativos* (Tregidgo y Ratcliffe, 2000).

Considerando lo anterior y con respecto a la muestra de ilustraciones de células analizadas en este trabajo, se puede decir que éstas son *modelos educativos*, debido a que las encontramos en materiales didácticos y presentan convenciones biológicas y artísticas en su esquematización. Como ejemplos de ello, está la forma y el color de la célula y de sus estructuras. En cuanto a la forma en el grupo de las bacterias, los editores eligen las formas de bacilo y coco, en las células animales las redondeadas y en las células vegetales las poliédricas. Por otro lado, ciertas estructuras celulares como las mitocondrias y cloroplastos se presentan en forma arriñonada. En lo que se refiere al color, existe la tendencia de representar en verde a la célula vegetal y a sus cloroplastos y a la célula animal en tonalidades rosadas.

Por otra parte, al revisar el mensaje que contienen los rótulos en los textos de secundaria con respecto a si las ilustraciones que éstos acompañan representan células

reales o modelos de las mismas, se encontró que en la mayoría de los casos no están cumpliendo con su papel. Como se mencionó en el Cap. 3, los rótulos son nexos entre el texto principal y las ilustraciones y dada la naturaleza polisémica de las mismas (Vekiri, 2002) éstos limitan la ambigüedad en su interpretación. Aunado a esto, es importante tomar en cuenta lo reportado en los Estándares Nacionales de Educación Científica de los Estados Unidos de Norteamérica (1996) sobre la idea que tienen los estudiantes de secundaria con respecto a lo que es un modelo, una copia física de la realidad (y no una representación conceptual). A partir de esto, se puede sugerir que la función de los rótulos sea como mínimo aclarar que las ilustraciones se tratan de modelos celulares.

La función que tienen las ilustraciones y sus correspondientes rótulos y etiquetas para ubicar al estudiante con respecto al tamaño celular y al tamaño de las estructuras celulares.

Sabemos que debido a su tamaño, la mayoría de las células no pueden ser percibidas a simple vista, por lo cual requerimos extender este sentido a través de un microscopio. Ésta característica representa uno de los factores que contribuyen a que la célula sea un concepto abstracto y por lo mismo, no es sorprendente encontrar que los estudiantes de secundaria confundan a la célula con otros niveles de organización de la materia y de la vida. Por otra parte, como ya se mencionó anteriormente, el valor que presenta una ilustración se encuentra en su capacidad de transmitir información que sería difícil de entender si se presentara de otra forma o incluso que no puede presentarse de otra manera (Pérez de Eulate, *et al.*, 1999). Esto es, a partir de la ilustración de un objeto no sólo obtenemos información sobre su forma sino también y de manera directa sobre su tamaño y orientación en el espacio (Schnotz, 2002). En especial, una ilustración puede facilitar la visualización por parte de los estudiantes de un objeto o situación descrita en el texto que no les es familiar (Peek, 1993) como lo es la célula. Por lo anterior, sería recomendable proporcionar al estudiante un contexto a partir de esquematizaciones de la célula en conjunto con etiquetas y rótulos correspondientes que lo ubiquen en las escalas del tamaño celular y de las estructuras celulares.

A partir del análisis de las figuras en las que se comparan dos ilustraciones de célula (una eucarionte con una procarionte) y a su vez se muestran las estructuras que presenta cada tipo celular, se puede deducir que hay una tendencia a agrandar a la célula procarionte. Incluso, esta célula se representa más grande que la eucarionte y por lo tanto que se pierde la proporción en tamaño entre ambas células, según los rangos encontrados bibliográficamente. Como consecuencia de ello, sería conveniente y como una mínima acción, mencionar que las células ilustradas no se encuentran a escala entre sí dentro del rótulo. También se recomienda mostrar en otra figura la proporción en tamaño entre una célula procarionte y una eucarionte, de acuerdo a la bibliografía.

En el caso del tamaño de las estructuras celulares, los resultados revelan que en la mayoría de las ilustraciones no se guardaba proporción entre ellas de acuerdo a los rangos encontrados en la bibliografía. Por lo cual, se sugiere tomar como base a dichos rangos para esquematizar a las células y en caso de que no se logren respetar, se podría recurrir en última instancia al rótulo para aclarar justamente que los tamaños de los organelos no se encuentran proporcionados entre sí.

Por otra parte, sería importante que el texto principal y/o rótulo mencionaran, cuáles estructuras celulares pueden observarse con la resolución de un microscopio óptico y cuáles a partir de un microscopio electrónico.

La esquematización de la membrana y pared celular en las ilustraciones de célula.

Al considerar la confusión que tienen los estudiantes de secundaria entre la membrana y la pared celular y después de revisar la esquematización de ambas estructuras en las ilustraciones de célula vegetal y bacteriana de los libros oficiales se puede ver que existe una relación entre ambas. En otras palabras, es probable que el origen de esta confusión se deba en gran medida a la escasa diferenciación gráfica entre estas estructuras y/o a un descuido en el empleo de las etiquetas verbales. Por ejemplo, en el caso de las células vegetales, algunas de sus ilustraciones presentan además de la esquematización de la membrana y pared celular a la pared de la célula adyacente (cuya presencia indica que la

célula representada forma parte de un tejido). Sin embargo, esta estructura no se encuentra etiquetada en la mayoría de los casos, lo cual también podría contribuir a generar esta confusión.

Cabe mencionar que la omisión de la membrana celular y la presencia de la pared celular en 47% de las ilustraciones de la célula vegetal es un hecho que coincide con los resultados de la investigación de Barras (1984). Este autor identifica como un error conceptual presente en algunos libros de texto de biología a “las células de las plantas presentan pared celular pero no tienen membrana celular”.

Los resultados obtenidos frente a los artículos del acuerdo No. 236

Si se toman en cuenta los resultados que surgen de esta investigación, por lo menos en lo que respecta al concepto de célula, sale a relucir que no sólo existen deficiencias en la elaboración de los libros de texto oficiales de secundaria de biología, sino también durante el proceso de revisión de los mismos. Ya que según lo que se establece en el acuerdo No. 236 de la SEP, (2005), éstos materiales didácticos debieron haber cumplido con ciertos lineamientos que quedan recogidos en los artículos que a continuación se señalan, para poder ser sometidos a revisiones y posteriormente ser autorizados. (Se marcan en *itálicas* las partes de los artículos que de acuerdo a los resultados de esta investigación considero que se han descuidado).

Art. 3º -Se establece que los libros deberán apegarse a los propósitos establecidos en el plan de estudio de educación secundaria vigente y que “los contenidos programáticos deberán desarrollarse a partir de *información científica actualizada*”.

Al revisar el contenido biológico del texto principal, rótulos y etiquetas, se encontró que la gran mayoría de los libros de texto presentaban concepciones inaceptables de acuerdo al estado actual de la biología. En lo que se refiere al texto principal, vemos que éste muestra en algunos libros una postura antropocéntrica al darle un valor más importante a los eucariontes que a los procariontes y en otros textos hace una simplificación al clasificar a los seres vivos en unicelulares y pluricelulares. Asimismo, al hacer afirmaciones como: “los cloroplastos y la pared celular son exclusivos de las células vegetales” y “**todas**

las células presentan membrana, citoplasma y núcleo”, se dejan fuera a grupos de seres vivos como los hongos, protoctistas y bacterias. Por otra parte, el texto principal presentaba definiciones erróneas como: “un plasto es un órgano” y en conjunto con las etiquetas empleaba términos considerados obsoletos como el de protoplasma.

Art. 4º -Se enuncia que los libros deberán incluir textos, ilustraciones y actividades, *cuidando que estos tres elementos guarden una adecuada correspondencia entre sí.*

Al analizar el grado de correspondencia entre los elementos de los libros de texto de secundaria (ilustraciones, texto principal, rótulos y etiquetas verbales) con respecto al concepto de célula vemos un número considerable de casos en los que se encontraron distintas relaciones negativas: apoyo a concepciones inadecuadas, contradicciones, ausencia de algún elemento pertinente y uso de terminología distinta. Esta falta de concordancia puede deberse en parte a que los autores y/o editores no manejan una “información científica actualizada” y también a lo señalado por Deforge (1991), quien dice que a menudo en la elaboración de éstos materiales didácticos, el texto principal, las ilustraciones y las leyendas (rótulos y etiquetas) siguen distintos caminos de realización y únicamente se reúnen en un mismo lugar en el montaje de la maqueta.

En el caso particular del concepto de la envoltura nuclear, al revisar el grado de correspondencia entre todos los elementos pertenecientes a los siete libros de secundaria cuyo texto principal contenía la concepción errónea de que el límite del núcleo celular es la membrana nuclear, se encontró que la mayoría de las esquematizaciones de esta estructura e incluso las etiquetas verbales y algunos rótulos apoyaban esta concepción. El resto de las ilustraciones, aunque representaban a la envoltura nuclear con dos membranas de manera correcta contradecían al contenido inadecuado del texto principal, lo cual coincide con los resultados de la investigación de Blystone (1987b) quien notó esta misma relación negativa de correspondencia entre las ilustraciones y el texto pero en libros del nivel bachillerato.

Aunado a estos resultados, dicho autor indagó las ideas de estudiantes de bachillerato quienes aunque consultaban libros universitarios (que presentaban el concepto de envoltura nuclear de manera adecuada) retenían la idea de una única membrana nuclear. Frente a esto, Blystone hace una crítica a los autores de los libros de texto de bachillerato y

menciona que al tratar de adecuar este concepto al nivel de su audiencia, lo simplifican a tal grado, que están introduciendo información incorrecta.

A partir de todo lo anterior, quizás habría que evaluar si los conceptos que se están enseñando en el nivel secundaria como el de envoltura nuclear son demasiado complejos y convendría omitirlos desde un principio, en lugar de diluirlos y por consiguiente mal informar al estudiante. Si se recuerda lo expuesto anteriormente en el Cap. 3, vemos enunciado el tema de “La membrana nuclear y sus funciones” desde el Plan de Estudios de Secundaria, en el cual se basan los autores de los textos oficiales.

Art. 6º- “Las ilustraciones deberán: acentuar su importancia, al igual que los textos, para comunicar contenidos programáticos *guardando una alta calidad gráfica y editorial*; evitar presentar deformaciones grotescas de la realidad; *incluir el pie de ilustración correspondiente*”.

Como ya se había señalado antes en la metodología, aunque los aspectos formales o de diseño se analizaron a parte del contenido biológico, estas dos dimensiones se encuentran ligadas entre sí en las ilustraciones de célula. Los resultados obtenidos a partir de la revisión de los aspectos formales señalan que todavía se puede mejorar la *calidad gráfica y editorial* de los textos oficiales. Esto con el objetivo de facilitar al estudiante la “lectura” de las ilustraciones así como el establecimiento de conexiones entre éstas y los elementos verbales.

En lo que se refiere a la compaginación, al tomar en cuenta el principio de proximidad de la Gestalt y el de contigüidad propuesto por Mayer, *et al* (1995 y 1996), se debe cuidar que las ilustraciones estén citadas dentro del texto principal, ubicarlas en la misma página del texto que las cita y evitar cometer errores al citar a la ilustración (citarlas en el texto principal con una clave que no corresponda).

Por otra parte, para contribuir a una buena “lectura” de la ilustración de acuerdo al principio de *figura-fondo* y a la estrategia de diseño de la DME, se sugiere:

1) buscar una diferenciación entre la *figura* y el *fondo*, cuidando que la delineación de la *figura* no sea confusa y que su color no sea igual al del *fondo*.

- 2) evitar utilizar colores saturados arco iris y artificiales y en su lugar emplear pocas tonalidades naturales, cuya saturación sea gradual para que no sólo sean agradables visualmente, sino permitan una buena “lectura” de la información biológica que se pretende mostrar. Además se recomienda buscar una correspondencia y armonía cromáticas.
- 3) que el grosor de los grafismos que unen a las etiquetas a sus estructuras correspondientes sea menor a la delineación de la ilustración.
- 4) que no se utilicen etiquetas numéricas.
- 5) darle un espacio suficiente a las ilustraciones en la página, para evitar que se perciban “apretadas”. Esto es, buscar el balance de los espacios negativos con respecto a los gráficos.
- 6) evitar que las etiquetas se encuentren sobre la *figura* de la célula, sino en el *fondo*.
- 7) evitar que hayan grafismos extras que no cumplan con un papel dentro de la ilustración y sólo estén metiendo ruido a la “lectura” de la ilustración.

Descuido en el proceso de reproducción de las ilustraciones de célula

Por último, la reproducción de ilustraciones en los libros de texto oficiales muestra no sólo que algunas de ellas sufren modificaciones en algún momento del proceso a tal grado de que su contenido biológico se vuelve erróneo o se pierde información importante que estaba presente en el rótulo y en las etiquetas para su interpretación. El hecho de que existan ilustraciones en los textos oficiales que provienen de libros de texto universitarios es un indicador de que no se está cuidando que su contenido biológico sea adecuado para el nivel educativo o conceptual de los estudiantes de secundaria.

Cabe mencionar que además de estos descuidos, se encontró un problema grave que debe ser atendido: en ninguna de las ilustraciones provenientes de textos universitarios se le da crédito al ilustrador original, lo cual es una violación a los derechos de autor.

CAP. 8. CONCLUSIONES

La revisión constante del contenido de los textos de biología de secundaria resulta una parte fundamental para mejorar la enseñanza de esta disciplina en el país, no sólo para que éste no presente errores y sea adecuado al estado actual de la disciplina, sino también al nivel conceptual de los estudiantes de este nivel educativo.

Para evitar ser posibles fuentes de confusiones en el público que los emplea, los libros de texto deben constituir unidades con coherencia entre sus componentes. Es necesario entonces resaltar que las ilustraciones no son triviales en un libro de texto; éstas requieren del mismo análisis y cuidado que deben tener los elementos verbales.

Como punto de partida para la evaluación de los elementos que conforman a los libros de texto de secundaria y para la elaboración de estos materiales didácticos resulta importante tener un conocimiento de las ideas previas y confusiones de los estudiantes de este nivel educativo con respecto al concepto de célula así como de las estrategias de diseño de ilustraciones basadas en la cognición visual.

En el caso particular de las ilustraciones de célula, es indispensable que se cuide su calidad biológica y artística. Esto es, se sugiere que la persona encargada de producir o reproducir una ilustración posea el conocimiento biológico pertinente para evitar cometer errores conceptuales. Este problema del inadecuado manejo de la información se puede paliar a través de la interacción del ilustrador con el autor del texto.

Es importante mencionar que existen convenciones en los modelos biológicos que aparecen ilustrados en los libros de texto que surgen de la biología y del arte y que deben ser aprendidas tanto por los docentes como por los estudiantes. Por lo cual se sugiere considerar a la alfabetización visual, que involucra tanto a la codificación como a la decodificación del mensaje visual, como una práctica para lograr este objetivo.

Considero que la alfabetización visual deberá convertirse en un aspecto de casi tanto peso como los enfoques teóricos y conceptuales debido a que por una parte, el docente transmite sus “ideas previas gráficas” a los estudiantes y por otra, en el aula es común la elaboración de esquemas en el pizarrón como una práctica didáctica.

En investigaciones posteriores sería importante evaluar a fondo justamente cuáles son las dificultades que tienen tanto los estudiantes como los maestros en la interpretación de ilustraciones sobre la célula y de otros conceptos científicos.

CAP. 9. PROPUESTA DE ILUSTRACIÓN DE LA CÉLULA CON BASE EN LOS CRITERIOS ANALIZADOS

A partir de las recomendaciones que se derivan del análisis realizado en este trabajo, se proponen tres figuras (**A**, **B** y **C**) y sus correspondientes rótulos que podrían ser incluidas en los libros de texto de secundaria. Dichas figuras pretenden ejemplificar el tamaño, la estructura y la tridimensionalidad celular, respectivamente.

Las ilustraciones se realizaron con lápices acuarelables sobre papel. En el caso de la ilustración perteneciente a la **figura C**, se construyó un modelo tridimensional en barro y se iluminó con luz artificial para conocer como se proyectaba la sombra de cada organelo. Por último, éstas fueron escaneadas y se les adicionaron los grafismos y etiquetas utilizando el software de edición de imágenes Adobe Photoshop 6.0.

En la elaboración de las figuras se cuidó el contenido biológico así como los aspectos formales o de diseño. Esto es, teniendo en mente por un lado, aclarar ciertas confusiones y contrastar algunas ideas previas inadecuadas de los estudiantes del nivel medio básico sobre el concepto celular y por el otro, buscar la coherencia entre los componentes del libro de texto propuestos: las ilustraciones y sus etiquetas y rótulos. Cabe mencionar que debido a que no se incluye al texto principal dentro de esta propuesta, los rótulos presentan cierta información que podría estar incluida en el texto principal tal como las preguntas dirigidas a los estudiantes sobre las figuras y por lo tanto podrían ser menos extensos.

El contenido biológico elegido en las figuras tomando en cuenta las confusiones e ideas previas de los estudiantes de secundaria.

Figura A

Los modelos representados están ordenados de menor a mayor tamaño, se encuentran a escala y además existen etiquetas numéricas que indican su tamaño promedio real. Esto

para contribuir a aclarar la confusión que presentan los estudiantes de secundaria de la célula con otros niveles de organización.

Figuras B y C

Se busca una diferenciación de los límites celulares y nucleares con el objeto de resolver la confusión entre membrana y pared celular y contrastar la idea de que la envoltura nuclear está compuesta por una sola membrana.

Figuras A, B y C

Se aprovechó el papel del rótulo como guía en la interpretación de las figuras (aclarando entre otras cosas que las ilustraciones que contienen representan modelos y que en el caso de las figuras B y C las células y las estructuras celulares no se encuentran a escala entre sí en tamaño). Asimismo, se cuidó que no hubieran errores en el uso de las etiquetas verbales.

Los aspectos formales o de diseño empleados en las figuras considerando a los principios de la Gestalt y a la estrategia de la DME.

Figuras A, B y C

Se evitó que la delineación de las ilustraciones fuera confusa y que el grosor de los grafismos fuera igual o menor que dicha delineación.

Figuras B y C

En cuanto al color, éste se empleó para diferenciar a las estructuras celulares entre sí y de su fondo (el citoplasma). Al mismo tiempo se eligió que la coloración fuera constante entre las estructuras de los modelos representados y que no fuera agresiva visualmente. Lo anterior con el objeto de facilitar al estudiante la identificación de las estructuras comunes y distintas en los distintos modelos celulares.

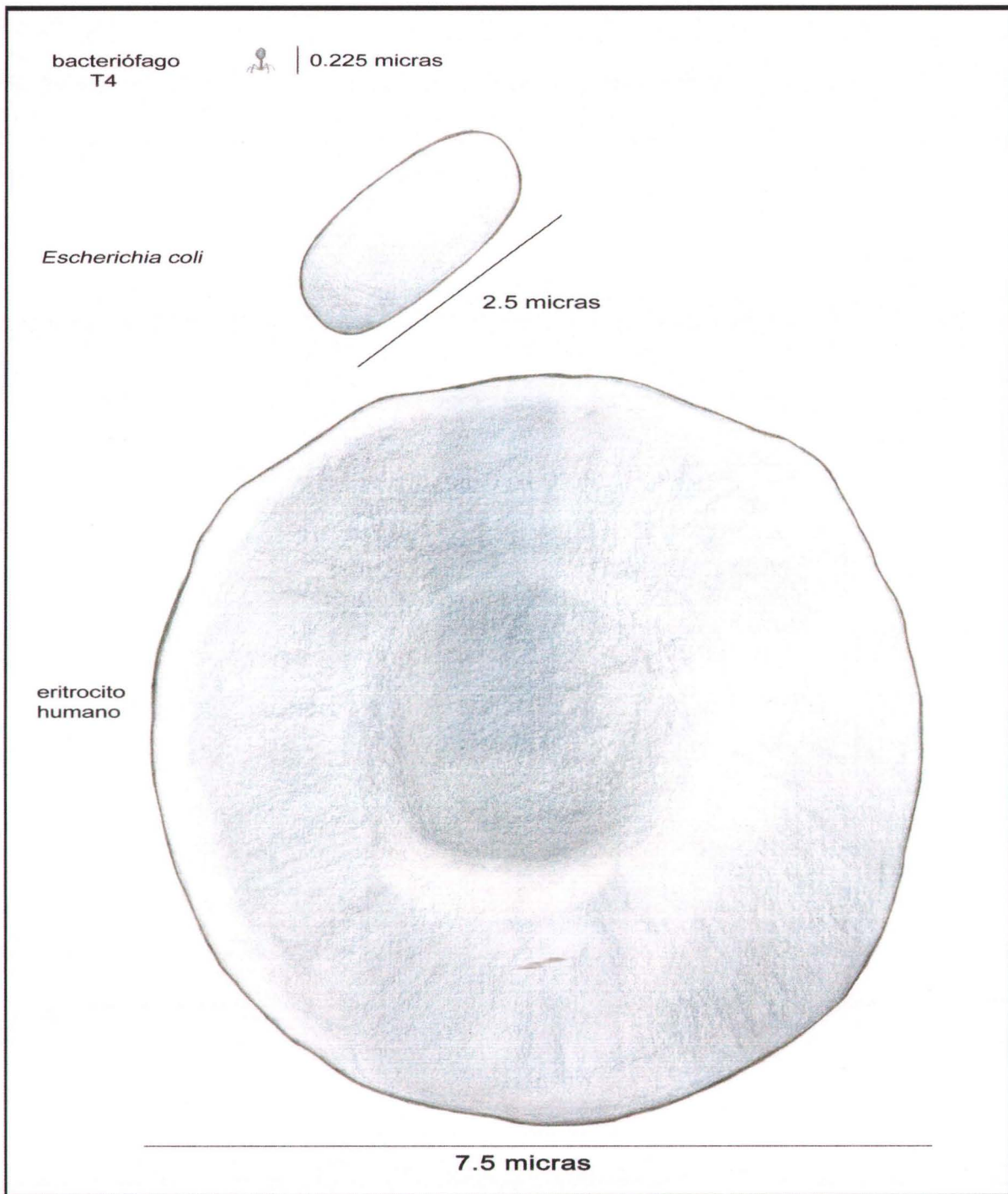


Figura A. Modelos que representan el tamaño de un virus con respecto al de una célula procarionte y una eucarionte. Los modelos del virus (bacteriófago T4), de la bacteria (*Escherichia coli*) y de una célula de tu sangre (eritrocito) se encuentran a escala entre sí y de acuerdo a su tamaño promedio real. Es importante notar que el eritrocito es una célula de tamaño pequeño, considerando que las células animales miden en promedio entre 10 y 30 micras. A partir de la información presentada en la figura ¿puedes calcular la escala empleada en la esquemmatización?

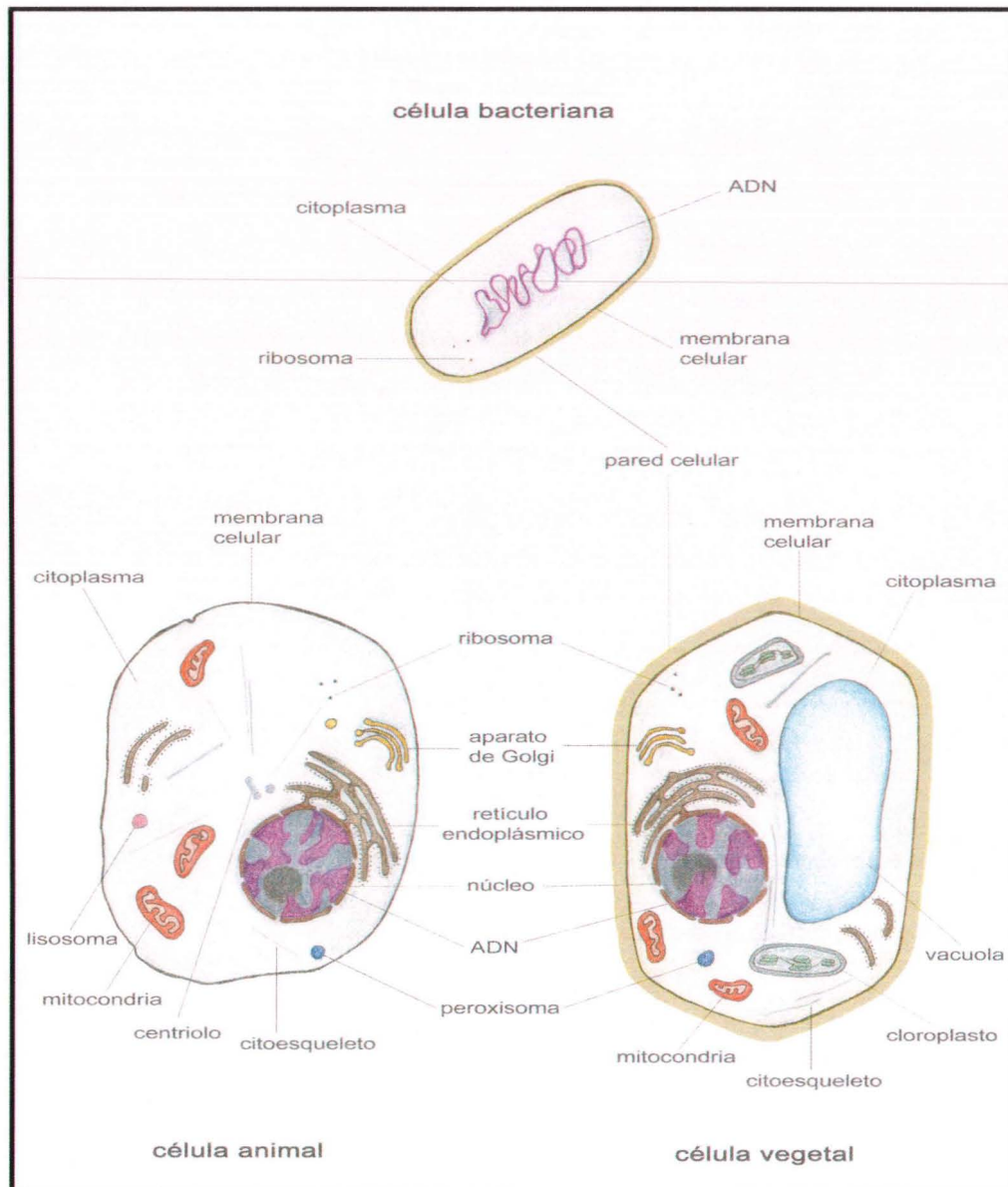


Figura B. Modelos que representan la estructura de una célula procarionte (bacteriana) y de dos células eucariontes (animal y vegetal) a partir de secciones delgadas de las mismas. Esta figura tiene como objeto mostrar las semejanzas y diferencias en la estructura de las células procariontes y eucariontes. Debido a esto, se agrandó el tamaño del modelo de la bacteria con respecto al de los modelos eucariontes y el tamaño de las estructuras celulares, por lo cual se pierde la escala entre las células y sus componentes. Es importante mencionar que no todas las células contienen todos los organelos y estructuras fibrosas aquí mostradas y que en algunas células pueden existir otras estructuras que no se encuentran representadas en estas ilustraciones. Además las células bacterianas, animales y vegetales difieren de manera considerable en cuanto a su tamaño, forma y en la prominencia de varios organelos y estructuras celulares. Es importante aclarar que aunque las células eucariontes y procariontes presentan ciertas estructuras en común éstas difieren entre sí en algunos aspectos. Por ejemplo se puede observar en la figura que el ADN en el modelo de la bacteria está libre en el citoplasma, mientras que en los modelos de células animal y vegetal se localiza dentro del núcleo. ¿Qué diferencias existen entre los ribosomas de las células procariontes y eucariontes? ¿Cuál es la composición de la pared celular bacteriana y la vegetal?

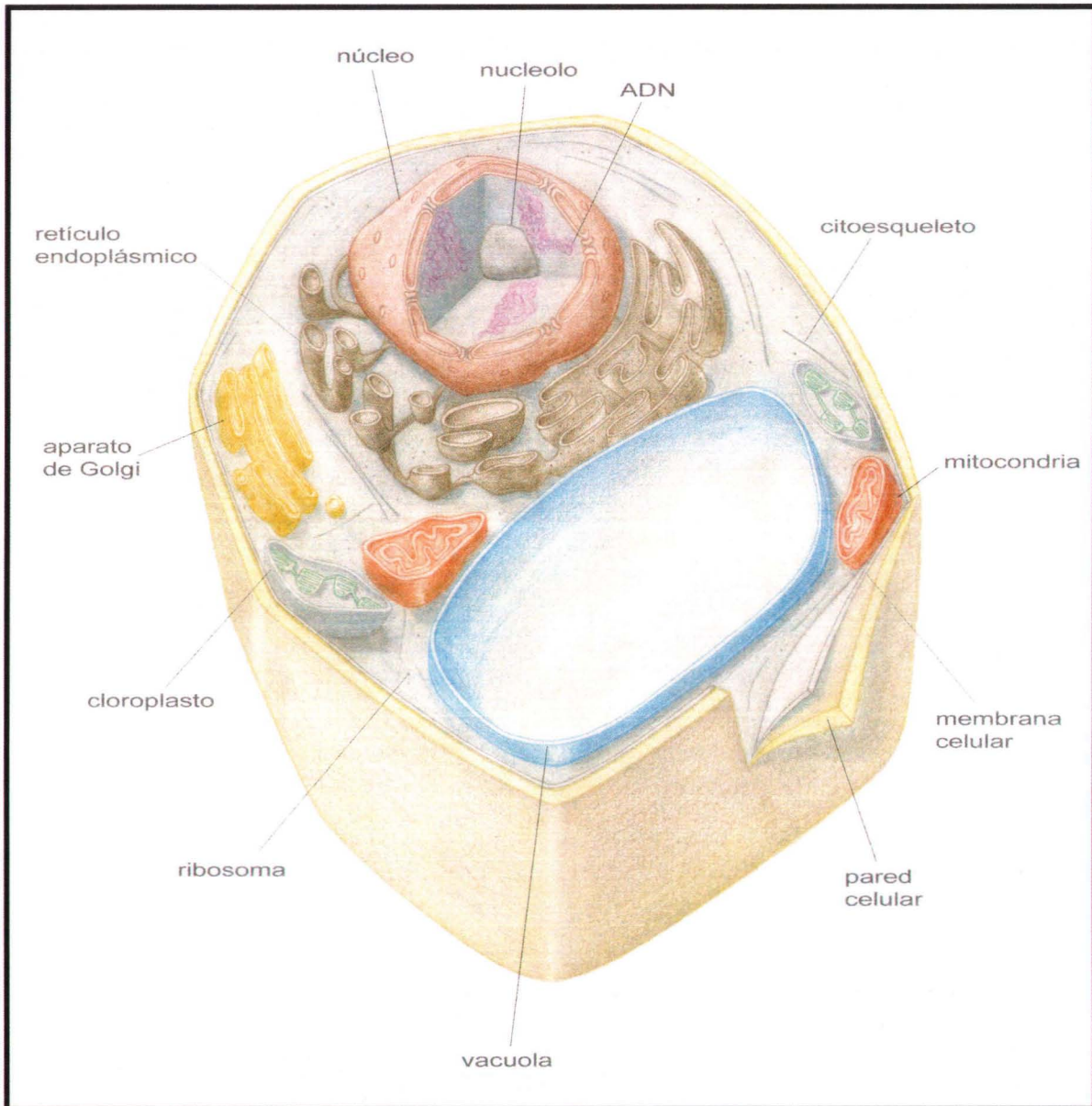


Figura C. Modelo de la estructura tridimensional de una célula vegetal. Con este modelo de célula vegetal se ejemplifica la tridimensionalidad que caracteriza a todas las células. Es importante mencionar que con el objeto de mostrar los componentes de este tipo celular se agrandó el tamaño de sus estructuras celulares, por lo cual se pierde la escala entre éstas. Nótese además que no todas las células vegetales contienen todos los organelos y estructuras fibrosas aquí mostradas y que en algunas células pueden existir otras estructuras que no se encuentran representadas en esta ilustración. Las células vegetales difieren de manera considerable en cuanto a su tamaño, forma y en la prominencia de varios organelos y estructuras celulares.

BIBLIOGRAFÍA

- Abimbola, I.O. y Baba, S. (1996). Misconceptions & alternative conceptions in science textbooks: The role of teachers as filters. *The American Biology Teacher*, 58(1), 14-19.
- Arnheim, R. (2001). Arte y percepción visual. Psicología del ojo creador. Madrid : Alianza Editorial. 514pp.
- Avers, C. (1991). Biología Celular. (I. de León y A.J. Pérez, Trads.). México: Grupo Editorial Iberoamérica. 748 pp. (Trabajo original publicado en 1986).
- Barras, R. (1984). Some misconceptions and misunderstandings perpetuated by teachers and textbooks of biology. *Journal of Biological Education*, 18(3), 201-206.
- Blystone, R. V. (1987a). College Introductory biology textbooks. An important communicative tool. *The American Biology Teacher*, 49(7), 418-425.
- Blystone, R. V. (1987b). Post-secondary level knowledge of plant cell fine structure. *Journal of College Science Teaching*, 15(5), 437-443.
- Caballer, M.J. y Giménez, I. (1993). Las ideas del alumnado sobre el concepto de célula al finalizar la educación general básica. *Enseñanza de las Ciencias*, 11(1), 63-68.
- Constable, H., Campbell, B. y Brown, R. (1988). Sectional drawings from science textbooks: an experimental investigation into pupils' understanding. *Br. J. Educ. Psychol.*, 58, 89-102.
- Díaz, J. y Jiménez, M. (1996). ¿Ves lo que dibujas? Observando células con el microscopio. *Enseñanza de las ciencias*, 14(2), 183-194.
- Dimopoulos, K., Koulaidis, V. y Sklaveniti, S. (2003). Towards an Analysis of Visual Images in School Science Textbooks and Press Articles about Science and Technology. *Research in Science Education*, 33(2), 189-216.
- Deforge, Y. (1991). Las imágenes didácticas en las obras escolares. En: J. Costa, y A. Moles (Eds.). Imagen Didáctica. Enciclopedia del Diseño. (pp. 207-215) Barcelona, España: Ediciones CEAC, S.A.
- Dreyfus, A. y Jungwirth, E. (1988). The cell concept of 10th graders: curricular expectations and reality. *International Journal of Science Education*, 10(2), 221-229.
- Duit, R. y Treagust, D. (1998). Learning in science- from behaviorism towards social constructivism and beyond. Learning science through models and modelling. En:

B. J. Fraser y K. G. Tobin (Eds.). International Handbook of Science Education. (pp. 3-25). Gran Bretaña: Kluwer Academic Publishers.

Durfort, M. (1998). Consideraciones en torno a la enseñanza de la biología celular en el umbral del siglo XXI. *Alambique*, 16(abr), 93-108.

Escovedo, S., Cléa, A. & Reznik, T. (2000). Models of the human circulatory system in science textbooks: Building a framework for representation analysis. Proceedings of the III Conference of European Researchers in Didactic of Biology, Santiago de Compostela, España, 217-228.

Flores, F., Tovar, Ma. E., Gallegos, L., Velásquez, Ma. E., Valdés, S., Saitz, S., Alvarado, C. y Villar, M. (2000). La representación de la célula y sus procesos en estudiantes de bachillerato: Una visión integral. México, D.F.: Dirección General del Colegio de Ciencias y Humanidades.

Gagliardi, R. (1988). Cómo utilizar la historia de la ciencia en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), 291-296.

Gilbert, J. K. y Boulter, C. (1998). Learning science through models and modelling. En: B. J. Fraser y K. G. Tobin (Eds.). International Handbook of Science Education. (pp. 53-66). Gran Bretaña: Kluwer Academic Publishers.

González, M. A. (Ed). (1999). Diego Rivera. Arte y revolución. (pp. 19) Ciudad de México, México: INBA/ Landucci Editores.

Gould, S. J. (Ed.). (2001). The Book of Life. Nueva York, NY, EE. UU.: W.W. Norton & Company. 256 pp.

Hackling, M. (1982). An examination of secondary students' understanding of inheritance concepts. *The Australian Science Teachers Journal*, 28(1), 13-20.

Hardin, J. G. (1956). Meaninglessness of the word protoplasm. *The Scientific Monthly* 82, 112-120.

Heinich, R., Molenda, M., Russell, J. y Smaldino, S.E. (2002). Instructional media and technologies for learning. N.J., EE. UU.: Merrill-Prentice Hall. 377 pp.

Hendee, W. (1997). Cognitive interpretation of visual signals. En: Hendee, W. y Wells, P. (Eds.). (pp. 152-154). The perception of visual information. N.Y., EE. UU.: Springer-Verlag.

Hodges, E. R. (1989). Scientific illustration: A working relationship between the scientist and artist. *Bioscience*, 39(2), 104-111.

Hodson, D. (1986). Rethinking the role and status of observation in science education. *J.*

Curriculum Studies, 18(4), 381-396.

- Holliday, W. (1990). Textbook illustrations. Fact or filler? *The Science Teacher*, dic, 27-29.
- Jahn, T. L. (1979). How to know the protozoa. Iowa, EE. UU: Wm. C. Brown. 279 pp.
- Kandel, E. (1995). Construction of the visual image. En: E. R. Kandel, J. H. Schwartz y T. M. Jessell (Eds.). Essentials of neural science and behavior. (pp. 387-405). Stamford, CT, EE. UU. : Appleton & Lange.
- Kangas, P. (1998). Art & the Ecosystem. *The American Biology Teacher*, 60 (1), 20-26.
- Kaveski, S., Margulis, L y Mehos, D.C. (1983). There's no such thing as a one-celled plant or animal. *The Science Teacher*, (dic), 34-43.
- Kelsey, C. (1997). Detection of vision information. En: Hendee, W. y Wells, P. (Eds.). (pp.44-46). The perception of visual information. N.Y., EE. UU.: Springer-Verlag .
- Kearsey, J. y Turner, S. (1999). How useful are the figures in school biology textbooks? *Journal of Biological Education*, 33(2), 87-94.
- Kudo, R. (1982). Protozoología. (Trad). México: Editorial Continental, SA de CV. 905 pp. (Trabajo original publicado en 1977).
- Levie, W.H. & Lentz, R. (1982). Effects of text illustrations: A review of research. *Educational Communication and Technology*, 30(4), 195-232.
- Lodish, H., Baltimore, D., Berk, A., Zipursky, L., Matsudaira, P. y Darnell, J. (1995). Molecular Cell Biology. (3era. ed) N.Y.: Scientific American Books, Inc. pp. 145
- Lynch, M. (1990). The externalized retina: Selection and mathematization in the visual documentation of objects in the life sciences. En: M. Lynch y S. Woolgar. (Eds.). (pp. 153-185). Representation in scientific practice. Cambridge, MA.: MIT Press.
- Macnab, W. y Johnstone, A.(1990). Spatial skills which contribute to competence in the biological sciences. *Journal of Biological Education*, 24(1), 37-41.
- Magner, L. (1994). A history of the life sciences. N.Y.: Marcel Dekker Inc. pp. 187-207.
- Margulis, L. y Schwartz, K. (1988). Five kingdoms: An illustrated guide to the phyla of life on earth. (2nda. ed) N.Y.: W.H. Freeman and Co. pp 44-45.
- Margulis, L. y Schwartz, K. (1998). Five kingdoms: An illustrated guide to the phyla of life on earth. (3era. ed) N.Y.: W.H. Freeman and Co. pp 58, 82-83.

- Mathewson, J. H. (1999). Visual-spatial thinking: An aspect of science overlooked by educators. *Science Education*, 83, 33-54.
- Mayer, R. E., Steinhoff, K., Bower, G. y Mars, R. (1995). A generative theory of textbook design: Using annotated illustrations to foster meaningful learning of science text. *ETR &D*, 43(1), 31-43.
- Mayer, R. E., Bove, W., Bryman, R., Mars, R. y Tapanco, L. (1996). When less is more: Meaningful learning from visual and verbal summaries of science textbook lessons. *Journal of Educational Psychology*, 88(1), 64-73.
- Mayer, R. E. (1999). Designing instruction for constructivist learning. En C. M. Reigeluth (Ed.). (pp.141-159). *Instructional – design theories and models vol. II. A new paradigm of instructional theory*. N.J., EE.UU.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Mayr, E. (1982). The growth of biological thought. Cambridge, Mass: Harvard Univ. Press. pp. 652-658.
- Montull, R. (1998). La ilustración en el libro documental de temática científica. Una experiencia particular. *Educación y Biblioteca*, 91, 45-48.
- Peek, J. (1993). Increasing picture effects in learning from illustrated text. *Learning an Instruction*, 3, 227-238.
- Perales, F. J. y Jiménez, J. (2002). Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 369-386.
- Pérez de Eulate, L., Llorente, E. y Andrieu, A. (1999). Las imágenes de digestión y excreción en los textos de primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 165-178.
- Pérez Ransanz, A.R. (1999). Khun y el cambio científico. México, D.F.: FCE. pp. 274
- Pommerville, J.C. (2004). Alcamo's fundamentals of microbiology. Sudbury, Mass. EE. UU.: Jones and Bartlett Publishers.
- Pozo, J. A, Gómez Crespo, M. A., Limón, M. y Sanz, A. (1991a). Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: las ideas de los adolescentes sobre la química. Madrid: CIDE. pp. 27-55.
- Pozo, J. A, Sanz, A., Gómez Crespo, M. A. y Limón, M. (1991b). Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: una interpretación desde la psicología cognitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, 9(1), 83-94.
- Roth, W. M. , Bowen, G. M. y McGinn, M. (1999). Differences in graph-related practices between high school biology textbooks and scientific ecology journals.

Journal of Research in Science Teaching, 36(9), 977-1019.

Schnotz, W. (2002). Towards an integrated view of learning from text and visual displays. *Educational Psychology Review*, 14(1), 101-120.

Secretaría de Educación Pública. (1993). Plan y programas de estudio. Educación básica. Secundaria 1993., México, D.F.

Secretaría de Educación Pública. (2003) Programa de Distribución de Libros de Texto para Secundaria. Catálogo de libros de texto para secundaria 2° 2003-2004. Editorial SEP offset SA de CV.

Solso, R. (1994). Cognition and the visual arts. EE. UU.: MIT Press. 294 pp.

Sternberg, R.J. (2003). Cognitive Psychology. EE. UU.: Thomson-Wadsworth. 597 pp.

Starr, C. y Taggart, R. (2001). Biology the unity and diversity of life. CA, EE. UU. : Brooks/Cole. 942 pp.

Staver, J. (1998). Constructivism: Sound theory for explicating the practice of science and science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(1), 501-520.

Storey, R.(1990). Textbook errors & misconceptions in biology: Cell structure. *The American Biology Teacher*, 52(4), 213-218.

Tredidgo, D. y Ratcliffe, M. (2000). The use of modelling for improving pupils' learning about cells. *School Science Review*, 81(296), 53-59.

Tufte, E. (1997). Visual explanations. Images and quantities, evidence and narrative. Chesire, CT, EE. UU.: Graphics Press. pp. 73-77.

Vekiri, I. (2002). What is the value of graphical displays in learning? *Educational Psychology Review*, 14(3), 261-312.

Wandersee, J.H., Mintzes, J.J. y Novak, J.D. (1994). Research on alternative conceptions in science. En D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 177-210). NY: Macmillan Publishing Co.

Wood, P. (1979). Scientific illustration. A guide to biological, zoological, and medical rendering techniques, design, printing and display. (pp. 12-13) Nueva York, NY, EE. UU. : Van Nostrand Reinhold Co.

Woolfolk, A. (1996). Psicología Educativa. Edo.Mex, México: Prentice Hall. pp.275-279.

Zamora S. y Guerra, M. (1993). Misconceptions about cells. Reporte Técnico, Universum, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

DIRECCIONES ELECTRÓNICAS

ERIC. (2004). Thesaurus. Processing and Reference Facility, En:
<http://www.ericfacility.net/extra/pub/thesfull.cfm?TERM=Visual%20Literacy>, 29 sept. 2004.

Lowe, R. (2000). Visual literacy and learning in science. ERIC Digest, # ED463945. Columbus, OH: ERIC Clearinghouse for Science Mathematics and Environmental Education. En: <http://www.ericfacility.net/ericdigests/ed463945.html>, 29 sept. 2004.

National Science Education Standards. (2004). National Academies Press. Washington, E.E.U.U. (pp. 116) En:
<http://books.nap.edu/books/0309053269/html/116.html#pagemiddle> , 9 nov. 2004

SEP, (2005). Acuerdo número 336 por el que se determinan los lineamientos a que se sujetará el procedimiento para autorizar el uso se libros de texto destinados a escuelas de nivel de secundaria.(Publicado en el Diario Oficial de la Federación el Jueves 18 de diciembre de 1997) En:
<http://www.sep.gob.mx/work/appsite/dgajuridicos/10ac236.HTM>, 12 feb.2005

APÉNDICE 1.

BIBLIOGRAFÍA DE LOS TEXTOS OFICIALES DE SECUNDARIA

clave	bibliografía
Cast	Limón, S., Mejía, J. y Terrazas, B. (2000). <u>Biología 2</u> . Monterrey, N. L., México: Ediciones Castillo. pp 231.
Esfinge	Peredo, R.C. (1999). <u>Biología 2</u> . Edo. Mex., México: Editorial Esfinge. pp 238.
FE BP	Ramos, G. y Ramos, M. F. (1998). <u>Biología práctica 2</u> . México, D. F.: Fernández Editores. pp 176.
FE MV	Beltrán, M. (1999). <u>El mundo vivo 2</u> . México, D. F.: Fernández Editores. pp 238.
FCE	Pérez, I, y Piñón, G. (1998). <u>Biología 2</u> . México, D. F.: Fondo de Cultura Económica. pp 212.
MH MB	Martínez, M., Cortés, L. y Luján, E. (1999). <u>Maravillas de la Biología</u> . México, D. F.: McGraw Hill / Ediciones Pedagógicas. pp 247.
MH SB	Robles, C. y Aréchiga, F. J. (2000). <u>Biología: La vida en una palabra</u> . México, D. F.: McGraw Hill / Ediciones Pedagógicas. pp 195.
Norma	Fernández, M. S. y Ibarra, J. O. (1999). <u>Científicos 2</u> . Edo. Mex., México: Grupo Editorial Norma. pp 250.
NM	Andrade, L. y Ponce, R. M. (1999). <u>Biología 2</u> . México, D. F.: Editorial Nuevo México. pp 224.
PaGM	Lira, I. y Márquez, M. L. (2001). <u>Biología 2</u> . México, D. F.: Editorial Patria. pp 227.
PaTCH	Trejo, F. J., Cruz, B. S. y De Hita, M. C. (1998). <u>Biología 2</u> . México, D. F.: Editorial Patria. pp 192.
PHall	Sainz, L. C., Saldaña, Y. A. y Sainz, K. I. (1998). <u>Biología 2</u> . La dinámica de la vida. Edo. Mex., México: Prentice Hall /Pearson Educación. pp 206.
Sant	García, F. (2001). <u>El universo de la vida 2</u> . México, D. F.: Editorial Santillana. pp 208.
Trillas	Reyes, E., García, P. y Cota, E. (2001). <u>Biología Interactiva</u> . México, D. F.: Trillas. pp 150.
Vicens	Campos, P., Sanmartí, N., Torres, M. D., Mingo, B., Fernández, M. A., Boixaedras, N., de la Rubia, M. A., Rodríguez, R., Pintó, R. y Gullón, M. J. (2002). <u>Biología 2</u> . México, D. F.: Limusa -Vicens Vives. pp 230.
-----	Guillén, F. (2002). <u>Biología 2</u> . <u>Naturaleza y movimiento</u> . Edo. Mex., México: Prentice Hall /Pearson Educación. pp 148.
-----	Infante, H. V. y Hernández, G. (1997). <u>Biología 2</u> . México, D. F.: Editorial Santillana. pp 208.

APÉNDICE 2.

ILUSTRACIONES DE CÉLULA

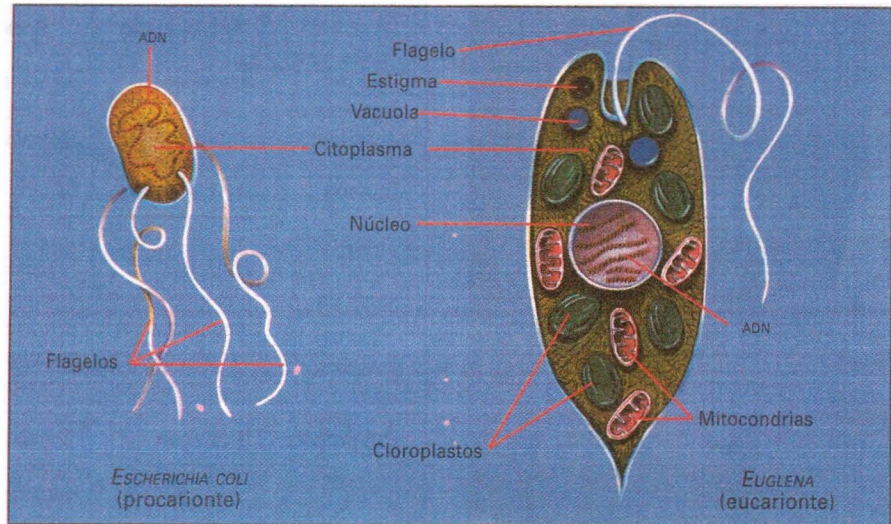


Figura 2.6a. Diferencias entre células procariontes y eucariontes.

FCE (1 y 2 2.6)**

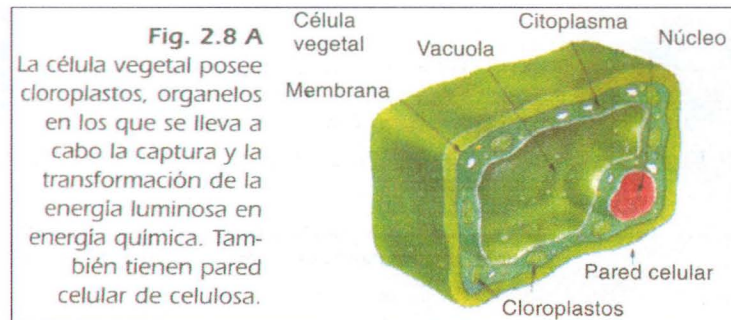


Fig. 2.8 A
La célula vegetal posee cloroplastos, organelos en los que se lleva a cabo la captura y la transformación de la energía luminosa en energía química. También tienen pared celular de celulosa.

FE MV(2** 2.5)

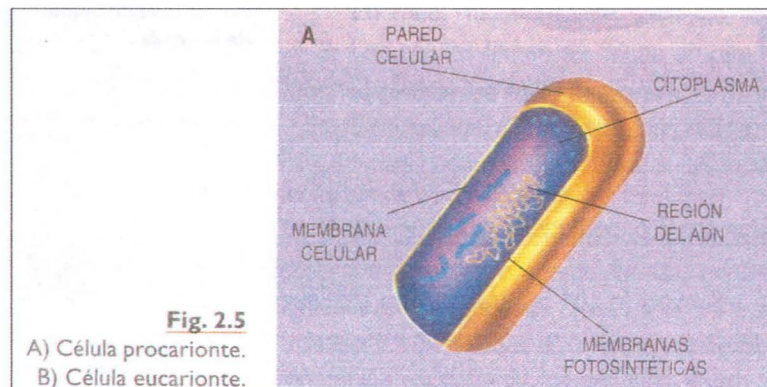
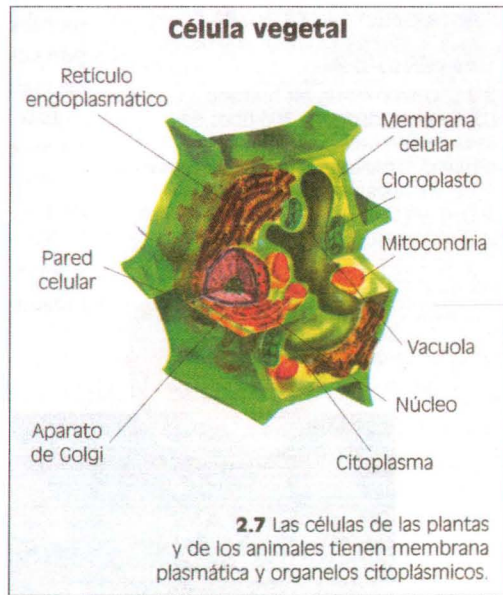


Fig. 2.5

A) Célula procarionte.
B) Célula eucarionte.

PaGM (3**2.8)



NM (3** 2.7)

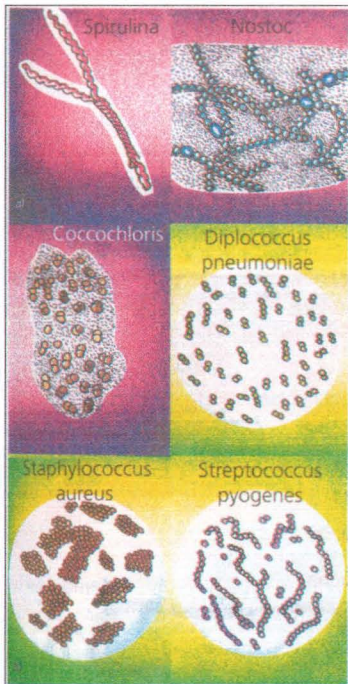
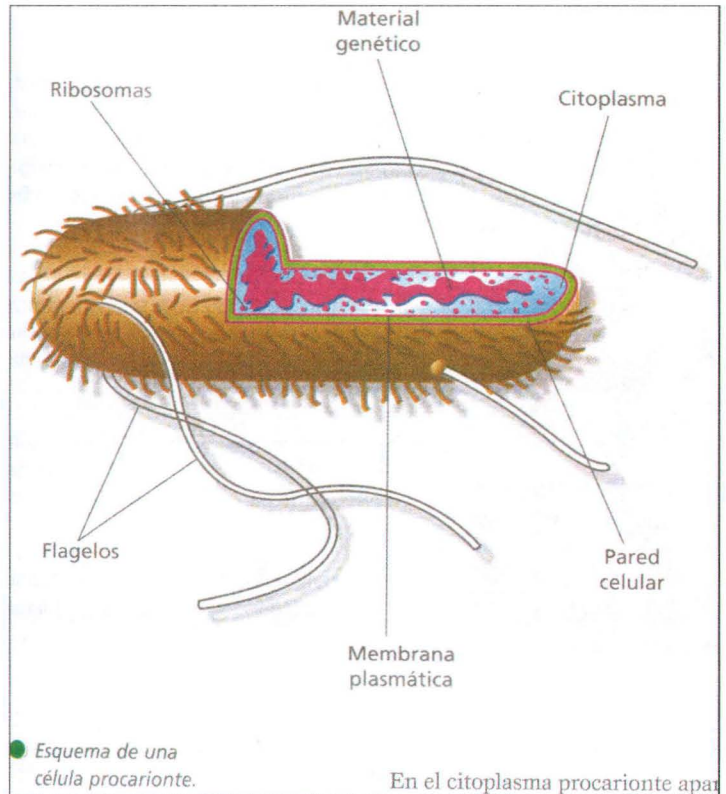


Figura 2.4. Ejemplos de colonias de procariontes: a) cianobacterias, b) bacterias.

MH MB (1a,b,c,d,e y f 2.4)**



Sant (1)**

Célula animal

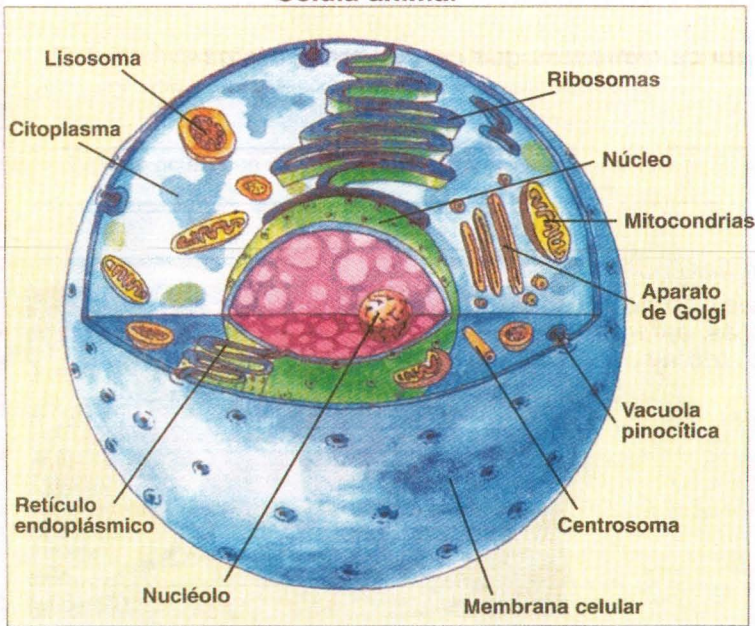


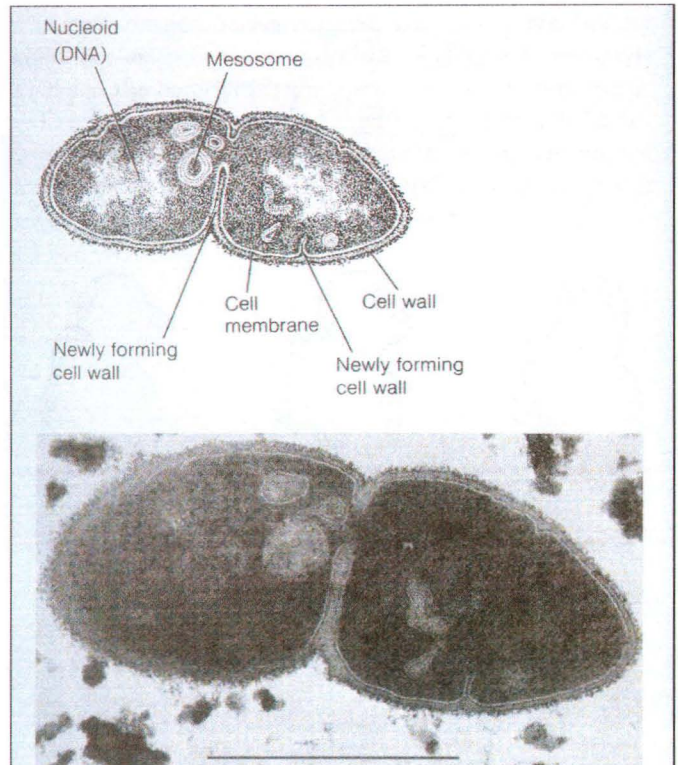
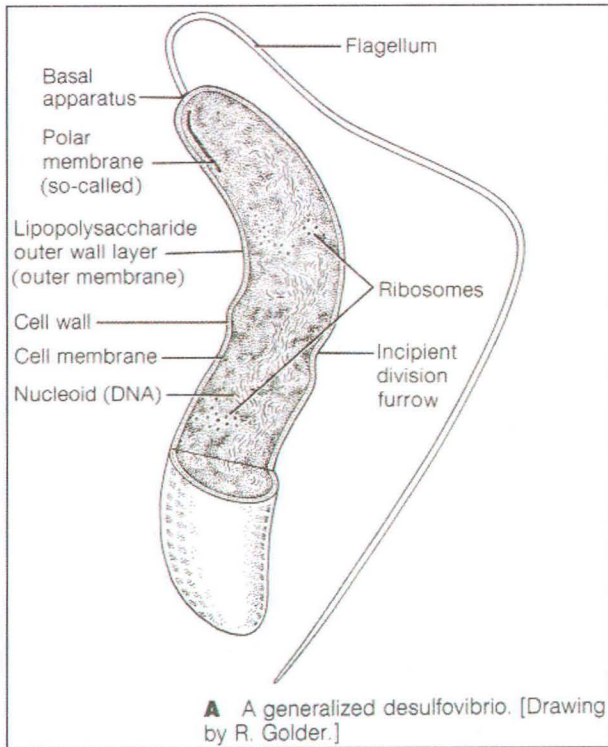
Fig. 2.20 En el citoplasma de las células se realiza la mayor parte del metabolismo celular.

Cast (4 2.20**)

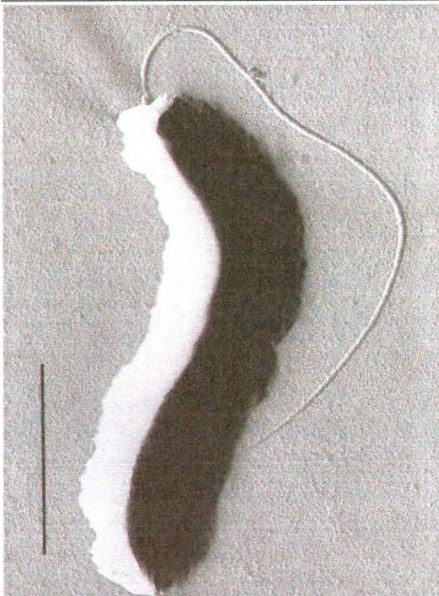


Fig. 2.9 Las bacterias son organismos formados por células procariontes.

Cast (2a,b,c y d 2.9)**



A *Methanobacterium ruminantium*, a methanogenic bacterium taken from a cow rumen. The bacterium has nearly finished dividing: a new cell wall is almost complete. Notice that a second new cell wall is beginning to form in the right-hand cell. TEM, bar = 1 μm . [Photograph courtesy of J. G. Zeikus and V. G. Bowen, "Comparative ultrastructure of methanogenic bacteria." Reproduced by permission of J. G. Zeikus and the National Research Council of Canada from the *Canadian Journal of Microbiology* 21:121-129 (1975). Drawing by I. Atema.]



C *Desulfovibrio desulfuricans*. These comma- or vibrio-shaped bacteria inhabit anaerobic sulfur-rich environments. TEM (negative stain), bar = 1 μm . [Courtesy of T. M. Hammill and G. J. Germano, *Canadian Journal of Microbiology* 19:753-756 (1973).]

Five Kingdoms (3)**
[correspondiente a Vicens (3 2.4)]

Five Kingdoms (2)**
[correspondiente a Vicens (2 2.4)]

Programas

Primer grado

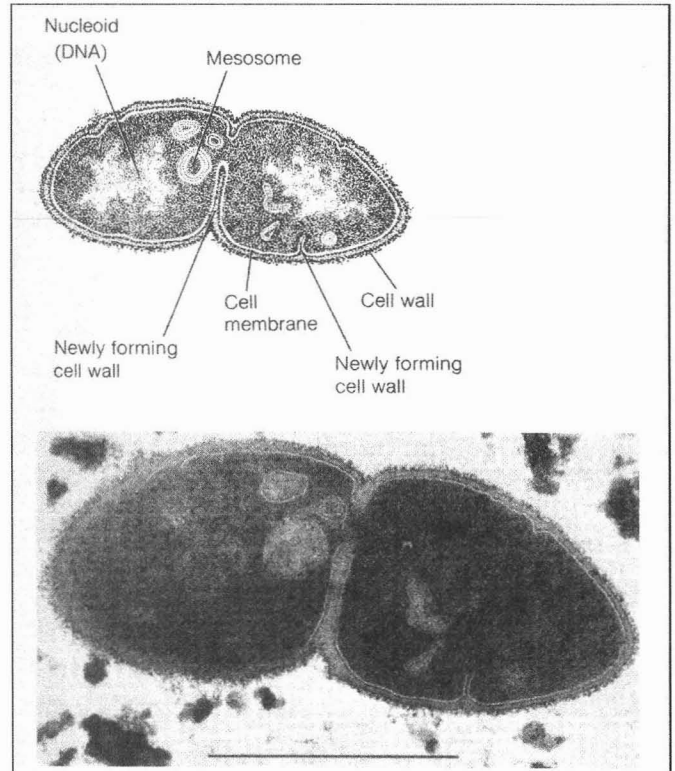
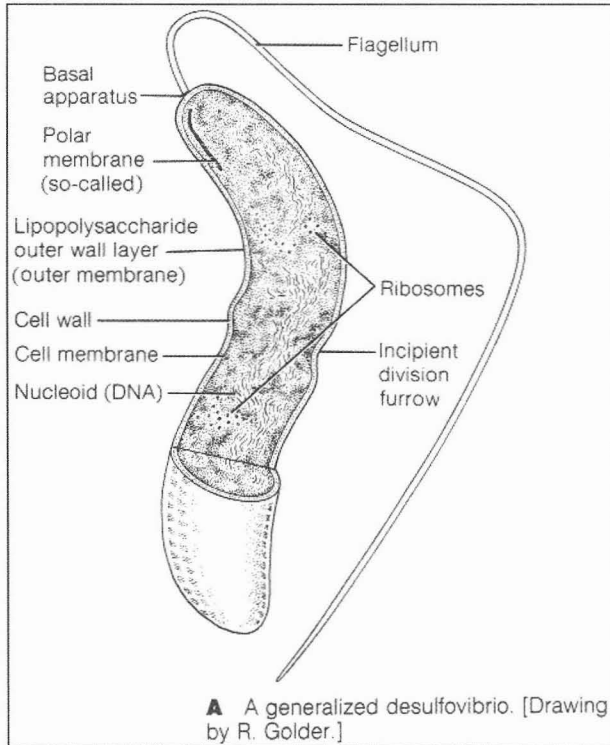
El mundo vivo y la ciencia que lo estudia

- Historia y desarrollo de la biología
 - Primeros conocimientos sobre los seres vivos
 - Los trabajos de clasificación de Aristóteles
 - La Edad Media: herbolaria, medicina y anatomía
 - El descubrimiento del mundo microscópico: Leeuwenhoek
 - Evolución y herencia: Darwin y Mendel
 - La teoría sintética de la evolución
 - El panorama actual
 - Biología y sociedad: la relación de la biología con las otras ciencias
- Los seres vivos: el objeto de estudio de la biología
 - Las características de los seres vivos (crecimiento, reproducción, irritabilidad, movimiento, metabolismo, organización, adaptación)
 - Los componentes de los seres vivos: elementos, moléculas y células
- Los métodos de la biología
 - Conocimiento subjetivo y objetivo
 - El conocimiento empírico y el método científico

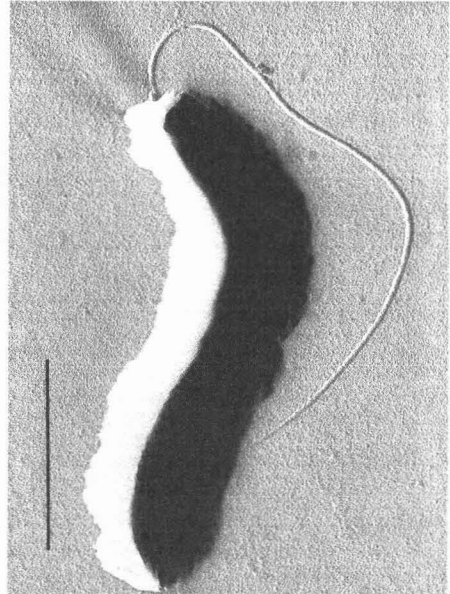
- La experimentación en biología
- La comparación en biología
- La observación en biología
- El laboratorio escolar
 - Su función
 - Los materiales en el laboratorio
 - Normas de seguridad
 - Ejemplos de trabajo en laboratorio
- Prácticas de campo
 - Su función
 - Los materiales de la práctica de campo
 - Ejemplos de investigaciones de campo
- Sentido y utilidad de los estudios de biología
 - Conocimiento de los seres vivos
 - Salud
 - Alimentación
 - Conservación ambiental

Evolución: el cambio de los seres vivos en el tiempo

- Ideas preevolucionistas
 - Las primeras ideas: el fijismo
 - Lamarck
- Darwin y la selección natural
 - Darwin y el viaje del Beagle
 - Las influencias de Darwin: Malthus y Wallace
 - La variabilidad y sus fuentes
 - La selección natural
 - La publicación de *El origen de las especies*
- Evolución, diversidad y adaptación
 - El origen de la diversidad biológica y la especiación
 - El principio de adaptación



A *Methanobacterium ruminantium*, a methanogenic bacterium taken from a cow rumen. The bacterium has nearly finished dividing: a new cell wall is almost complete. Notice that a second new cell wall is beginning to form in the right-hand cell. TEM, bar = 1 μm . [Photograph courtesy of J. G. Zeikus and V. G. Bowen, "Comparative ultrastructure of methanogenic bacteria." Reproduced by permission of J. G. Zeikus and the National Research Council of Canada from the *Canadian Journal of Microbiology* 21:121-129 (1975). Drawing by I. Atema.]



C *Desulfovibrio desulfuricans*. These comma- or vibrio-shaped bacteria inhabit anaerobic sulfur-rich environments. TEM (negative stain), bar = 1 μm . [Courtesy of T. M. Hammill and G. J. Germano, *Canadian Journal of Microbiology* 19:753-756 (1973).]

Five Kingdoms (2)**
[correspondiente a Vicens (2 2.4)]

Five Kingdoms (3)**
[correspondiente a Vicens (3 2.4)]

- El neodarwinismo: nuevas evidencias para la teoría de la evolución

Los seres vivos en el planeta

- El origen de la vida
 - La generación espontánea
 - Spallanzani y Needham
 - Pasteur
 - La panspermia
 - El creacionismo
 - La teoría de Oparin-Haldane
 - Los experimentos de Miller y Urey
- Las eras geológicas
 - Los fósiles
 - Tipos de fósiles
 - Técnicas de fechamiento de fósiles
 - Criterio de división de las eras geológicas
 - La vida en las diferentes eras geológicas
 - Evolución humana
- Biodiversidad
 - Tipos de seres vivos (terrestres, acuáticos; aerobios, anaerobios; autótrofos, heterótrofos)
 - Importancia de la biodiversidad
 - Las razones que provocan la pérdida de biodiversidad
 - Especies en extinción
 - La gran diversidad biológica de México
- La clasificación de los seres vivos
 - Criterios extrínsecos e intrínsecos
 - Las primeras clasificaciones
 - Los trabajos de Linneo
 - Niveles taxonómicos

- Los cinco reinos de los seres vivos: monera, protoctista, hongos, animales y plantas
- El uso de los nombres científicos

Ecología: los seres vivos y su ambiente

- ¿Qué es la ecología?
 - Origen del término
 - Importancia del estudio de los procesos ecológicos
- Los sistemas ecológicos
 - Los factores bióticos y abióticos del ambiente
 - Los ciclos del carbono, el nitrógeno y el agua
 - El principio de la fotosíntesis
 - Las cadenas alimentarias y la transferencia de energía
- Los ecosistemas
 - La dinámica de un ecosistema
 - Diferentes tipos de ecosistemas
 - El ecosistema local
- Consecuencias de la actividad humana en el ambiente
 - La tala inmoderada y sus consecuencias
 - El sobrepastoreo
 - La contaminación ambiental
 - La pérdida de la biodiversidad
- Acciones para prevenir problemas ambientales
 - Fuentes alternativas de energía
 - Regeneración del suelo
 - Reforestación y reciclaje
 - Medidas anticontaminantes

Genética: la ciencia de la herencia

- Las ideas sobre la herencia antes de Mendel
 - Los primeros procesos de domesticación

- La hibridación
- El descubrimiento de los gametos: espermatozoides y óvulos
- Los trabajos de Mendel
 - Genotipo y Fenotipo
 - Dominancia y recesividad
 - Las leyes de Mendel
 - Los chícharos: una elección afortunada
- El ADN
 - El enigma de la estructura del ADN
 - El modelo de Watson y Crick
 - Funcionamiento general
- Cromosomas y genes
 - ¿Qué es un gen?
 - Los cromosomas y su importancia
 - El cariotipo
- Genética humana
 - Herencia ligada al sexo
 - Enfermedades hereditarias y alteraciones genéticas
 - La interacción entre los genes y el ambiente
- La manipulación de la herencia
 - Clonación de organismos
 - Procesos de inseminación artificial
 - Fecundación *in vitro*

Segundo grado

Niveles de organización de la materia viva

- Elementos que forman la materia viva
 - Composición química de los seres vivos: C, H, O, N, S, P
 - El carbono: elemento base de los compuestos orgánicos
 - Compuestos orgánicos útiles para el hombre (petróleo, plásticos, medicamentos)
- Biomoléculas
 - Los carbohidratos: el combustible principal de la célula
 - Los lípidos: energía de reserva y materia prima de las membranas
 - Las proteínas: moléculas de usos múltiples (su papel estructural, enzimático, como anticuerpos, etcétera)
 - Enzimas: activadores metabólicos
 - Ácidos nucleicos: las moléculas de la información
 - Un caso especial: los virus

La célula

- Desarrollo histórico del concepto de célula
 - Los trabajos de Robert Hooke
 - La teoría celular de Schleiden y Schwann
 - La célula: unidad anatómica, fisiológica y de origen de los seres vivos
 - Células procariontes y células eucariontes
 - Diferentes tipos de células en el cuerpo humano
- El sistema membranal
 - La membrana celular y sus funciones

- Alimentación celular: endocitosis, vesículas y lisosomas, exocitosis
- La membrana nuclear y sus funciones
- El retículo endoplásmico, los ribosomas y la síntesis de proteínas
- Aparato de Golgi y secreción
- El citoplasma
 - Las mitocondrias y la respiración celular
 - Los cloroplastos y la fotosíntesis
- El núcleo y la división celular
 - Los cromosomas
 - La mitosis
 - La meiosis
 - El ADN y la replicación
 - El ARN y la transcripción

Funciones de los seres vivos

- Relación tejido-órgano-sistema
 - Tejidos: su función y estructura
 - Órganos: su función y estructura
 - Sistemas: su función y estructura
- Respiración
 - La función de la respiración
 - Órganos especializados en la respiración
 - Respiración aerobia y anaerobia
- Circulación
 - La función de la circulación: transporte de oxígeno y alimentos
 - El medio de circulación, sangre, linfa, savia
 - Los órganos especializados en la circulación
- Nutrición

- La necesidad de alimento
- Órganos especializados en nutrición
- Crecimiento
 - Glándulas y hormonas
 - Las etapas del crecimiento de los seres vivos
 - Cambios en la talla
- Reproducción
 - La función de la reproducción
 - Reproducción sexual y asexual
 - Órganos especializados en la reproducción
- Percepción y coordinación
 - Los órganos de los sentidos
 - El sistema nervioso central
 - El sistema nervioso autónomo

Reproducción humana

- Sistema reproductor femenino y masculino
 - Caracteres sexuales primarios y secundarios
 - Madurez sexual
 - Órganos sexuales y su función general
- El ciclo menstrual
 - La ovulación
 - El periodo menstrual
- Fecundación y embarazo
 - La relación sexual
 - La fecundación: unión del espermatozoide y el óvulo
 - El desarrollo embrionario
 - El parto
- Métodos anticonceptivos
 - Métodos químicos

- Métodos mecánicos
- Métodos naturales
- Métodos quirúrgicos
- La importancia social de las medidas anticonceptivas
- Enfermedades de transmisión sexual
 - ¿Qué es una enfermedad de transmisión sexual?
 - Mecanismos de prevención
 - Consecuencias para la salud de algunas enfermedades de transmisión sexual (sida, sífilis, gonorrea, herpes)
- Responsabilidad del estudiante hacia la vida
 - La importancia del respeto a los seres vivos
 - El papel del hombre en la transformación del planeta
 - El futuro

La Salud

- La alimentación: base de la salud
 - La importancia de una dieta equilibrada
 - ¿Qué son las Calorías?
 - Los tres grupos de alimentos (cereales y tubérculos; frutas y verduras; leguminosas y alimentos de origen animal)
 - ¿Qué comemos los mexicanos?
- Enfermedades infecciosas y parasitarias más comunes en el hombre
 - Las enfermedades locales más comunes y su agentes
 - Los mecanismos de prevención
- Uso de los servicios de salud
 - Las clínicas de salud
 - La importancia de una opinión especializada sobre la salud
- Tabaquismo, drogadicción y alcoholismo
 - Las causas de las adicciones
 - El tabaquismo y sus consecuencias para la salud
 - El alcoholismo y sus consecuencias para la salud
 - La drogadicción y sus consecuencias para la salud