

**ESTRUCTURAS SUSTANTIVA Y SINTÁCTICA DEL CONOCIMIENTO BIOLÓGICO.  
ANÁLISIS DE UN TEXTO UNIVERSITARIO**

**PRESENTADO POR**

**EDGAR ALFONSO BECERRA VARGAS**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN  
DEPARTAMENTO DE POSGRADOS  
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN  
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN CONOCIMIENTO PROFESIONAL DEL PROFESOR DE  
CIENCIAS**

**BOGOTA 2013**

**ESTRUCTURAS SUSTANTIVA Y SINTÁCTICA DEL CONOCIMIENTO BIOLÓGICO.  
ANÁLISIS DE UN TEXTO UNIVERSITARIO**

**PRESENTADO POR**

**EDGAR ALFONSO BECERRA VARGAS**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE MAGISTER EN EDUCACIÓN**

**DIRECTOR: EDGAR ORLAY VALBUENA USSA  
DOCTOR EN DIDACTICA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES**

**UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL  
FACULTAD DE EDUCACIÓN  
DEPARTAMENTO DE POSGRADOS  
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN  
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN CONOCIMIENTO PROFESIONAL DEL PROFESOR DE  
CIENCIAS  
BOGOTA 2013**

**NOTA DE ACEPTACIÓN.**

---

---

---

---

Firma del Director.

---

Jurado Interno.

---

Jurado Externo.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco al doctor Edgar Orlay Valbuena Ussa, director del proyecto por su asesoría y acompañamiento orientación y motivación para culminar satisfactoriamente el proyecto.

A la profesora Dolly Ruiz, quien acompañó y asesoró las primeras etapas del proyecto de investigación, muchas gracias y espero su pronta recuperación.

Al profesor Robinson Roa, jurado de la presente investigación por sus correcciones, lectura del documento, aportes y apoyo.

Al profesor Alejandro Castro, jurado de la presente investigación por la lectura paciente del documento, por sus correcciones y aportes.

A la profesora Análida Hernández por su acompañamiento, críticas, consejos y respaldo.

A los profesores Elías Amórtegui y Mónica Correa por sus aportes a este trabajo y por facilitar documentos que permitieron enriquecerlo.

A las compañeras del seminario de investigación por sus observaciones a los elementos preliminares del proyecto y su acompañamiento durante la maestría.

A la Secretaría de Educación de Bogotá D.C, institución que mediante el FOFAG financió parte de los costos de la maestría.

A mi esposa Patricia Rodríguez, mis hijas Astrid Valeria, Diana Sofía y Sara Lizeth quienes con profundo amor y paciencia me acompañaron y motivaron en este proceso.

1. Información General	
<b>Tipo de documento</b>	Tesis Maestría.
<b>Acceso al documento</b>	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central.
<b>Título del documento</b>	Estructuras Sustantiva y Sintáctica del Conocimiento Biológico. Análisis de un Texto Universitario.
<b>Autor(es)</b>	Edgar Alfonso Becerra Vargas.
<b>Director</b>	Edgar Orlay Valbuena Ussa.
<b>Publicación</b>	Bogotá D.C.
<b>Unidad Patrocinante</b>	Universidad Pedagógica Nacional, Secretaria de Educación Bogotá D.C.
<b>Palabras Claves</b>	Estructura sustantiva, Estructura Sintáctica, Conocimiento Biológico. Libro universitario, conocimiento del contenido, Biología, Análisis de contenido.

2. Descripción
<p>El trabajo consistió en la caracterización del contenido del libro titulado “Biología” Autores : Salomon, Eldra; Berg, Linda; Martin Diana y Villedo, Claude. Octava edición, 1996. Mc GrawHill-Interamericana. México D.F.</p> <p>Teniendo en cuenta categorías de análisis para el Conocimiento Biológico y sus estructuras Sustantiva y Sintáctica. Se empleó una metodología cualitativa, con un enfoque interpretativo. Para sistematización de la información se empleó análisis de contenido.</p>

3. Fuentes
<p>Abell, S. (2007). Research on Science Teacher Knowledge. Columbia. University of Missouri. Columbia.</p> <p>Bardin, L. (1986). El Análisis de Contenido. Madrid. Ediciones Akal.</p> <p>Bertalanffy, L. (1963). Concepción Biológica del Cosmos. Santiago de Chile. Ediciones de la Universidad de Chile.</p> <p>Jacob, F. (1986). La lógica de lo viviente. Barcelona. Editorial Salvat.</p> <p>Kliebard, Herbert (1965). Structure of the disciplines as an educational slogan. Teachers College Record, LXVI (7), Pp 598-603.</p> <p>Mayr, E. (2006). <i>Por qué es única la biología</i>. Buenos Aires: Katz Editores.</p> <p>Mayr, E. (1982) El Crecimiento del Pensamiento Biológico. Press of Harvard Press, Cambridge.</p>

Traducido por Rodrigo Torres. Universidad Pedagógica Nacional

Mayr, E. (1998) Causa y Efecto en la Biología. En Historia y Explicación en Biología. Sergio Martínez, Ana Barahona(compiladores). México. Fondo de Cultura Económica, Pp 82-95

Salomon, E. Berg, L. Martin D. y Villee, C. Biología de Villee. Octava edición, 1996. México D.F. Mc GrawHill-Interamericana.

Schwab, J. (1978). Science Curriculum and Liberal Education. Seleted Essays. Edited by Westbury, Ian and Wilkof, Neil. Chicago: United States of America. The University Chicago Press.

Shulman, Lee (1986) Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. American Educational Research Association, 15 (2), Pp 4-14

Shulman, Lee (2005) Conocimiento y Enseñanza: fundamentos de la nueva reforma. Profesorado. Revista de Curriculum y Formación del profesorado, 9 (2), Pp 1-30

Solaz-Portoles, J. (2010). La naturaleza de la ciencia y los libros de texto de ciencias: una revisión Facultad de Educación UNED. Educación XXI, 13(1), Pp 65-80

#### 4. Contenidos

Se presenta la caracterización de las estructuras sustantiva y sintáctica del Conocimiento Biológico en un libro de texto universitario. Se parte del hecho de que la estructura de las disciplinas es un componente del conocimiento del contenido (subject matter), el cual a su vez hace parte del conocimiento del profesor.

El problema de investigación se planteó teniendo en cuenta que si bien varios autores retoman el concepto de las estructuras sustantivas y sintácticas planteado por Schwab (1978). Este aspecto se ha limitado al estudio de concepciones sobre conceptos y en algunos estudios a las interrelaciones de los mismos. Todos estos en relación con profesores en formación, recién graduados o experimentados.

Se evidencia poco desarrollo con relación a la estructura sintáctica y sustantiva de las disciplinas más allá de considerarlas como concepciones en la mente del profesor. Lo cual hace necesario avanzar en propuestas que permitan conceptualizar los elementos a tener en cuenta para identificar la estructura de las disciplinas particulares como el resultado de los referentes teóricos construidos desde las comunidades científicas y desde las transformaciones que se generan cuando pasan a ser objeto de enseñanza.

Para contribuir con esta problemática la presente investigación realiza la caracterización de la estructura del Conocimiento Biológico presente en un libro de texto universitario de Biología, teniendo en cuenta categorías diseñadas con este fin y la aplicación de la metodología cualitativa y la técnica de análisis de contenido.

Para el análisis de resultados se realizó comparación entre el contenido del texto y elementos teóricos consultados de fuentes bibliográficas relacionada con autores que aportan a la comprensión de la Biología como una ciencia autónoma, con un objeto de estudio propio, con unos principios explicativos, con marcos conceptuales variados y metodologías diversas.

Se concluye que el libro presenta una estructura sustantiva fundamentada principalmente en conceptos en relación con teorías como principios explicativos de la Biología. Aunque, se presentan una gran cantidad de términos, datos y situaciones particulares, explicados al detalle y muchas veces de forma aislada, lo cual impide en gran medida encontrar interrelaciones y elementos organizativos.

En relación con la estructura sintáctica se presenta la observación y la realización de experimentos como las principales formas que permiten llegar a principios explicativos en la Biología.

Finalmente, se analizan algunas aplicaciones del conocimiento de la estructura del Conocimiento Biológico en la formación de futuros profesores de Biología. Entre estas consecuencias se pueden especificar.

- La necesidad que los programas de formación inicial implementen cursos o seminarios que complemente la formación específica en los conocimientos propios de la disciplina. En especial se debe contemplar aquellas disciplinas que permitan abordar aspectos tales como la epistemología, la sociología y la historia de las ciencias, entre otras.
- Esto implica necesariamente contar con profesores formadores capaces de orientar a los profesores en formación respecto a estas disciplinas que ayudan a comprender la dimensión y naturaleza del Conocimiento Biológico.
- Los programas de formación deben establecer procesos de orientación para que los profesores en formación tengan la capacidad de seleccionar y utilizar variadas fuentes bibliográficas que permitan.
- Se debe incorporar el análisis de texto en las actividades de orientación de la formación, tendiendo a formar en los futuros profesores la capacidad de abordar las fuentes bibliográficas de una forma reflexiva que implique en algún momento tomar distancia en cuanto a los contenidos de los libros.

## 5. Metodología

El trabajo que se presenta corresponde a un enfoque cualitativo interpretativo, utilizando la estrategia de análisis de contenido para procesar la información, la cual se basó en ubicar el contenido del libro "Biología" Autores: Salomon, Eldra; Berg, Linda; Martin Diana y Vilee, Claude. Biología de Vilee. Octava edición, 1996. Mc GrawHill-Interamericana. México D.F.

Se utilizaron categorías definidas para caracterizar el Conocimiento Biológico en el marco del grupo de investigación Conocimiento Profesional del Profesor de Ciencias.

La investigación se desarrolló en tres fases: Contextualización, categorización y análisis de información: En la fase de contextualización se realizó la delimitación teórica, teniendo en cuenta antecedentes y aspectos teóricos, se delimitó y formuló el problema, se establecieron los objetivos y se delimitaron los capítulos del libro a analizar. En la fase de la categorización se delimitaron unidades de información en cada capítulo y se ubicaron en las categorías de análisis

correspondientes. Se interpretó cada categoría para conocer la tendencia del contenido, para esto se comparó con aspecto de referencia en relación con la consulta realizada para aspectos de las estructuras sustantiva y sintáctica de la Biología.

## 6. Conclusiones

*Como conclusiones del trabajo se presentan las siguientes:*

*Se encuentran en la estructura sustantiva contenidos que dan indicios que permiten ver que en el texto se considera que el Conocimiento Biológico está conformado por principios generales (leyes, teorías, conceptos) los cuales conforman el marco explicativo de estructuras, funciones, sucesos y procesos relacionados con los seres vivos u organismos.*

*La explicación de estos elementos teóricos se presenta en dos formas principales. La primera se da en relación a términos, datos y algunos conceptos de forma detallada y precisa, dejando pocas posibilidades de establecer conexiones e interrelaciones. La segunda implica que la explicación de los conceptos se hace en relación con una teoría, por ejemplo la teoría sintética de la evolución, lo que permite ver el conocimiento de una forma más sistémica y holística.*

*En relación con la estructura sintáctica se plantea que la observación y la realización de experimentos son las principales metodologías que permiten alcanzar el Conocimiento Biológico. Siendo considerados como necesarios para demostrar la validez de hipótesis, confirmar o respaldar principios generales, validar el conocimiento o desechar ideas erróneas.*

*Se observa carencia de elementos que se relacionan con la condiciones contextuales del conocimiento, no se tiene en cuenta la condiciones socioculturales que influyen en la validación, en la metodología, en las preguntas que guían la investigación, lo cual implica que la Biología se presenta como una ciencia descontextualizada.*

*Igualmente, no se da mucha relevancia a elementos que permitan entender a la Biología como una ciencia autónoma, las categorías que dan indicios acerca de este aspecto como lo son objeto de estudio, estatus epistemológico, organización disciplinar y perspectiva interdisciplinar presentaron muy baja frecuencia de unidades de información y las pocas que se reportaron no profundizan en estos aspectos.*

*Finalmente, se concluye que es necesario que los programas de formación inicial de profesores de Biología tengan como uno de sus propósitos abordar los elementos implicados en la estructura de las disciplinas para garantizar que efectivamente estos hagan parte del conocimiento del profesor.*

<b>Elaborado por:</b>	Edgar Alfonso Becerra Vargas
-----------------------	------------------------------

<b>Revisado por:</b>	Edgar Orlay Valbuena Ussa
----------------------	---------------------------

<b>Fecha de elaboración del</b>	29	04	2013
---------------------------------	----	----	------



***Resumen:***

--

--

--

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. ANTECEDENTES</b>	1
1.1 Investigaciones Grupo Conocimiento Profesional del Profesor de Ciencias.	1
1.2 Investigaciones sobre libros de texto.	11
<b>2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.</b>	17
<b>3. OBJETIVOS.</b>	20
<b>4. MARCO TEÓRICO.</b>	21
4.1 Conocimiento de la materia a enseñar.	21
4.1.1 La estructura de las disciplinas.	22
4.1.2 Estructura sintáctica.	23
4.1.3 Estructura sustantiva.	25
4.2 Aspectos de la estructura del Conocimiento Biológico.	27
4.2.1 Estructura sustantiva del Conocimiento Biológico.	28
4.2.2 Estructura Sintáctica del Conocimiento Biológico.	37
4.3 El papel de los libros de texto en la enseñanza.	40
<b>5. METODOLOGÍA.</b>	45
5.1 Perspectiva y enfoque de investigación.	45
5.2 Técnicas de interpretación.	46
5.3 Sistema de categorías.	47
5.3.1 Categorías para la estructura sustantiva.	47
5.3.2 Categorías para la estructura sintáctica.	48
5.4 Fases de investigación.	50
5.5 Objeto de investigación.	51
<b>6. RESULTADOS Y ANALISIS.</b>	54
6.1 Resultados estructura sustantiva.	54
6.2 Resultados estructura sintáctica.	79
6.3 Tendencias generales: estructura del Conocimiento Biológico.	88
6.4 Implicaciones para la formación del profesor de Biología.	100
<b>7. CONCLUSIONES.</b>	104
<b>8. BIBLIOGRAFIA.</b>	108
<b>ANEXOS.</b>	113
Anexo 1. Sistema de categorías.	113

Anexo 2. Matrices de datos.

117

**Anexo 3.** Unidades de información.

194

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Trabajos de investigación desarrollados por el grupo	
Conocimiento Profesional del Profesor de Ciencias UPN.	2
Tabla 2. Antecedentes reportados análisis de textos.	11
Tabla 3. Consideraciones acerca de lo vivo.	32
Tabla 4 Sistema de categorías.	113
Tabla 5: Ejemplo de la matriz utilizada para la sistematización de datos.	51
Tabla 6 Resumen de tendencias para cada categoría de las estructuras..	
Sustantiva y sintáctica Conocimiento Biológico en el libro Biología de Villee.	89
Tabla 7. Resultados en relación con el objeto de estudio.	117
Tabla 8. Categoría organización discursiva: Hipótesis.	118
Tabla 9. Organización Discursiva: leyes.	119
Tabla 10 Organización discursiva: teorías y principios.	120
Tabla 11. Organización discursiva: definiciones y conceptos.	127
Tabla 12. Organización discursiva: Datos y términos relacionados con aspectos bioquímicos.	135
Tabla 13. Organización discursiva: Datos y términos relacionados con aspectos biológicos.	138
Tabla 14. Organización discursiva: datos o términos relacionados con aspectos biofísicos.	150
Tabla 15. Organización discursiva: datos o términos, relacionados con Biología Molecular.	151
Tabla 16. Organización discursiva: descripciones en el ámbito Bioquímico.	151
Tabla 17. Organización discursiva: descripciones Biológicas.	154
Tabla 18. Organización discursiva: aspectos descritos a nivel físico.	169
Tabla 19. Resultados con relación a tradición científica de la Biología.	169
Tabla 20. Resultados con relación a Estatus Epistemológico.	173
Tabla 21. Resultados en relación a perspectiva interdisciplinar.	173
Tabla 22. Resultados con relación a Organización disciplinar.	174
Tabla 23 Resultados categoría Generalizaciones.	174
Tabla 24. Resultados con relación a metodología.	180
Tabla 25. Resultados con relación a Observación y experimentación.	182
Tabla 26. Resultados con relación a experimento.	187
Tabla 27. Resultados con relación a Condiciones Socioculturales de la producción del conocimiento.	191
Tabla 28. Resultados con relación a Finalidad del Conocimiento.	192

## INTRODUCCIÓN.

Entre los elementos que forman parte del conocimiento de los profesores, el conocimiento del contenido específico de la materia es sin lugar a duda uno de los más relevantes y de mayor influencia en el ejercicio de la enseñanza ( Shulman, 1986 y 2005; Abell, 2007). Un profesor con escaso o nulo conocimiento del contenido de enseñanza no podrá hacer de esta un ejercicio pleno de la enseñanza, tendrá serias dudas y no logrará implementar estrategias que permitan realizar la construcción del conocimiento escolar acerca del área de enseñanza. Este conocimiento del contenido según Grossman, Wilson y Shulman (2005), puede ser diferenciado en varios elementos entre los cuales se encuentran los contenidos propiamente dichos, la estructura sustantiva, la estructura sintáctica y las creencias que poseen los profesores.

La estructura sustantiva se entiende como aquellos conceptos y principios explicativos que se establecen como marcos que delimitan el alcance de las investigaciones y le dan sentido a los datos en una disciplina particular (Schwab, 1978). También, ha sido entendida como los principios explicativos y organizativos de una disciplina, tales como teorías, conceptos y leyes, la forma como se organizan y las interrelaciones que se establecen entre estos.

La estructura sintáctica del conocimiento hace referencia al componente del conocimiento que permite entender los elementos relacionados con la forma como se produce y la forma como estos conocimientos son validados en el seno de una comunidad académica. Es decir, el contenido respecto a un conocimiento no solo se limita a las teorías, leyes, conceptos o definiciones propias, sino que tiene en forma implícita o explícita consideraciones acerca de los métodos que se utilizan para su producción, la forma como se estructuran sus principios teóricos, la tradición como han llegado a conformarse, el estatuto de científicidad, los elementos socioculturales de validación y las finalidades del conocimiento, entre otros.

Las fuentes mediante las cuales un profesor en formación empieza a tener contacto con el *corpus* de conocimientos mediante los cuales fundamentará su enseñanza hacia el futuro son variadas, entre estas se encuentran los conceptos explicados directamente por los profesores, los construidos desde la participación en paneles, foros, seminarios, congresos, las discusiones con sus pares, la adquirida a través de medios audiovisuales, la implementación de prácticas de laboratorio y de campo y la que se encuentra directamente en diferentes presentaciones de textos escritos como lo son revistas, artículos, libros y la internet.

Los libros de texto se consideran como una fuente relevante del conocimiento de una disciplina científica, estos buscan en primera medida la socialización de los principios teóricos que sustentan el conocimiento y constituyen una de las principales fuentes de información mediante las cuales los profesores constituyen su pensamiento. Con relación a la formación constituyen una fuente de acercamiento a los contenidos de enseñanza de una disciplina en particular.

Teniendo en cuenta lo anterior, el problema central que aborda la presente investigación está relacionado directamente con la caracterización de las estructuras sustantiva y sintáctica del Conocimiento Biológico que se subyacen en un libro de texto universitario, titulado “Biología” (Salomon, Berg, Martin y Vilee, 1996), para esto se centró dicho análisis en doce categorías relacionadas, las cuales fueron propuestas por el grupo Conocimiento Profesional del Profesor

de Ciencias. Estas se agrupan con relación a las estructuras sustantiva y sintáctica. El problema se contextualiza de acuerdo con la propuesta de Joseph Schwab (1962) acerca de la estructura de las disciplinas y los planteamientos de autores como Shulman (1986 y 2005); Grossman, Shulman y Wilson (2005) Garritz y Trinidad (2004) Ball y McDiarmid (1996) acerca de la importancia del conocimiento de la materia a enseñar (*subject matter*) en el conocimiento del Profesor.

El análisis del libro se realizó desde una metodología que obedece a un enfoque interpretativo desde una perspectiva cualitativa. El sentido de lo interpretativo busca identificar según Martínez (2006) los elementos clave o variables que inciden en un fenómeno, en este caso se busca reconocer aquellos elementos que puedan dar indicios acerca de la estructura sustantiva y sintáctica del Conocimiento Biológico. La técnica utilizada para la obtención y sistematización de información de los datos de investigación es el análisis de contenido, técnica que según Bardin (1991) permite conocer el significado de los elementos simbólicos de un texto que sea presentado ya sea en forma escrita o grabada. Para esto se identifican unidades de información, las cuales corresponden según este autor en frases o párrafos que permitan hallar significados.

Los resultados indican que el texto presenta una estructura sustantiva que hace énfasis en aquellos elementos que están relacionados con teorías, conceptos, términos y situaciones acerca de los seres vivos u organismos como objeto de estudio de la Biología. Estos elementos en la mayoría del contenido se especifican tanto que no se establecen interrelaciones, lo cual puede implicar una imagen acumulativa del Conocimiento Biológico. En relación con elementos asociados a la percepción del Conocimiento Biológico como un conocimiento autónomo el texto aporta muy pocos elementos que permitan concluir acerca de este aspecto.

En relación con la estructura sintáctica los resultados indican que esta se asocia directamente a un problema de verificación y validación del conocimiento, lo cual se refleja en la tendencia a considerar que se requiere de la observación y la realización de experimentos para formular principios explicativos, para determinar la veracidad de las hipótesis y reemplazar teorías caducas o que no correspondan a la evidencia experimental.

Finalmente, a partir de los resultados se presentan algunas posibles consecuencias que se pueden derivar de la forma como el libro analizado aborda el Conocimiento Biológico, se determinaron consecuencias a nivel de formación de futuros de Biología.

El informe se estructura en ocho capítulos empezando por los antecedentes, los cuales hacen referencia a trabajos de grado, tesis y artículos en relación con dos aspectos: el abordaje que el Grupo Conocimiento Profesional del Profesor de Ciencias ha realizado respecto al Conocimiento Biológico y en segundo lugar se muestran investigaciones referentes a libros de texto universitarios principalmente en relación con análisis respecto a la transposición didáctica y la naturaleza de la ciencia, principalmente de la Química.

En los capítulos 2 y 3 se presentan aquellos aspectos que permiten delimitar el problema de investigación presentando las preguntas que se pretendió resolver y los objetivos de la investigación

El Capítulo 4 aborda el marco teórico, presentando elementos respecto al conocimiento del contenido de la materia a enseñar, incluyendo aspectos teóricos sobre las estructuras sustantiva y sintáctica. Se plantean posibles elementos a tener en cuenta para caracterizar las estructuras sustantiva y sintáctica del Conocimiento Biológico. Se cierra con aspectos sobre la importancia de los libros de texto en el currículo y la enseñanza.

El capítulo 5 presenta los aspectos metodológicos, incluyendo perspectiva y enfoque, instrumentos de análisis (análisis de contenido), sistema categorial, fases de investigación y objeto de estudio.

El capítulo 6 presenta los resultados, los cuales se refieren a descripción e interpretación de unidades de información para llegar a identificar tendencias respecto a las estructuras sustantiva y sintáctica del Conocimiento Biológico presentes en el libro. Así como algunas implicaciones en la formación de profesores que se derivan del análisis del libro de texto.

El capítulo 7 presenta las conclusiones que se derivan del análisis del libro respecto a las estructuras sustantiva y sintáctica del Conocimiento Biológico.

Finalmente, se presentan las fuentes bibliográficas que se utilizaron para el desarrollo de la investigación.

Como anexos se presentan las categorías de investigación, las matrices de datos y las unidades de información analizadas.

## 1. ANTECEDENTES

A continuación se presentan algunas investigaciones que se relacionan con indagación acerca de aspectos epistemológicos, históricos o filosóficos de las ciencias. Esta revisión se divide en dos grandes grupos: investigaciones realizadas en el marco del grupo Conocimiento Profesional del Profesor de Ciencias (CPPC) e investigaciones realizadas puntualmente en libros de ciencias, los cuales incluyen libros universitarios de Química y algunos a nivel de Secundaria y Educación Media.

Además, se presentan algunos artículos publicados por integrantes del grupo Conocimiento Profesional del Profesor de Ciencias en relación con Estado del arte sobre los trabajos prácticos en la enseñanza de la Biología abordados en publicaciones, Hipótesis de progresión del conocimiento biológico y del conocimiento didáctico del contenido biológico y La enseñanza de la Biología como Campo de conocimiento. Esto últimos se consultaron en las revistas *Tecné*, *Episteme* y *Didaxis*, y *Bio-grafía*.

Los trabajos de grado y las tesis de Maestría han sido consultadas en su mayoría del archivo de la Biblioteca Central de la Universidad Pedagógica Nacional y la base de datos del Departamento de Química de la misma Universidad (periodo 2004-2011). Como descriptores se utilizaron: análisis de textos, análisis de libros, Conocimiento Biológico y Transposición didáctica. Algunos de los trabajos de grado y tesis de Maestría han sido suministrados directamente por los autores.

Se consultaron artículos en publicaciones electrónicas como la Revista Electrónica de Investigación en Ciencias, utilizando como descriptores: análisis de textos, investigación libros. Para esta revista se consultó el periodo comprendido entre 2004 y 2011.

En formato físico (papel) solo se consultó artículo titulado “Los libros de texto: Filosofía e historia de las ciencias” Castro (2003), el cual se encuentra en la revista *Nodos y Nudos* (N.15 año 2003) la cual se encuentra en la Hemeroteca de la Universidad Pedagógica Nacional y en su página web [www.pedagogica.edu.co](http://www.pedagogica.edu.co).

### **1.1 Investigaciones desarrolladas en el grupo Conocimiento Profesional del Profesor de Ciencias.**

Se presentan en la tabla 1 una síntesis de investigaciones realizadas en el Grupo Conocimiento profesional del Profesor de Ciencias de la Universidad Pedagógica Nacional. Estas investigaciones aunque no se realizaron para abordar el análisis de libros, se presentan con el fin de situar este trabajo de investigación con respecto a la línea en la que se inscribe y vislumbrar cómo se ha abordado la problemática de la epistemología del conocimiento Biológico en relación con la formación de futuro profesores.



Tabla 1: Trabajos de investigación desarrollados por el grupo Conocimiento Profesional del Profesor de Ciencias (CPPC) de la Universidad Pedagógica Nacional, relacionados con aspectos epistemológicos del Conocimiento Biológico.

AUTOR	ASPECTOS ESTUDIADOS	ASPECTOS METODOLÓGICOS	RESULTADOS RELACIONADOS CON ASPECTOS EPISTEMOLÓGICOS
Valbuena (2007)  Tesis Doctoral	Caracterizar las concepciones de 23 futuros docentes, sobre el Conocimiento Biológico y el Conocimiento Didáctico del Contenido Biológico, al iniciar y finalizar el proceso formativo en el <i>Seminario de Pedagogía y Didáctica I</i> .  Describir y analizar los cambios en las concepciones de los futuros docentes al finalizar el proceso formativo del <i>Seminario de Pedagogía y Didáctica I</i> del programa de Licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional (Colombia).	Investigación con enfoque cualitativo interpretativo  Se plantearon categorías acerca del conocimiento biológico y conocimiento didáctico del contenido y en relación con estas se desarrollaron hipótesis de progresión. La información se recogió a partir de cuestionarios, entrevistas, registro de observaciones de seminarios y reuniones y revisión de documentos relacionados con planeación y evaluación.	Con relación a la categoría denominada Conocimiento Biológico se evidencian tres concepciones : <b>“Concepción A:</b> El Conocimiento Biológico se caracteriza por ser objetivo y universal, y/o estudiar conceptos generales de la Biología, y/o producirse a partir de la observación y la experimentación. Fase inicial (13/23) Fase final(9/23) - <b>Concepción B:</b> El Conocimiento Biológico se caracteriza por ser de naturaleza cambiante e interdisciplinar, y/o estudiar conceptos fundamentales de lo vivo y las relaciones hombre-naturaleza, y/o producirse a partir de la observación y la experimentación. Fase inicial (9/23) Fase final (8). - <b>Concepción C:</b> El Conocimiento Biológico se caracteriza por ser de naturaleza sistémica, y/o estudiar lo vivo como sistema, o por la dificultad en la experimentación y en la formulación de leyes y teorías para su producción. Fase inicial (1/23) Fase final (9/23).
Sánchez (2007)  Trabajo de Grado Licenciado en Biología.	Formular las proposiciones apropiadas para el diseño de una escala Likert que permitan la indagación de las concepciones sobre el Conocimiento Biológico (CB) en el marco del conocimiento profesional del Profesor de Biología.	El trabajo es de enfoque cualitativo, basado en una revisión documental. Como herramienta metodológica se utilizó el sistema de categorías con hipótesis de progresión Como instrumento para indagar las concepciones sobre el CB fue la escala Likert.	Se formularon 102 proposiciones para la escala Likert correspondientes a las concepciones relacionadas con categorías epistemológicas y a las finalidades del Conocimiento Biológico.  El trabajo confirma la conveniencia de la escala Likert como un instrumento que permite la indagación de concepciones, ya que se presenta como un conjunto de proposiciones ante las cuales se solicita una posición de los sujetos, estas posiciones se pueden considerar indicativos de las concepciones que hay tras ellos.
Bernal (2008)  Trabajo de Grado	Analizar los referentes sobre el conocimiento biológico en docentes en formación, pertenecientes al	Responde a un enfoque cualitativo, más exactamente el método	Los estudiantes analizados desconocen la tradición científica del Conocimiento Biológico, pero

Licenciado en Biología	programa de Biología en el Centro Regional Valle de Tenza (CRVT) Universidad Pedagógica Nacional.	de análisis del contenido. La principal fuente de información estuvo constituida por una escala Likert, conformada por 50 proposiciones. También, se utilizó una entrevista semiestructurada. Los resultados obtenidos fueron comparados con la hipótesis de progresión sobre CB, modificada por Sánchez (2007) y tomada de Valbuena(2007)	reconocen a la Biología como una ciencia autónoma. Establecen de igual forma que la Biología tiene una relación interdisciplinar con otras ciencias y conocen quiénes y cómo producen el Conocimiento Biológico.
Gutiérrez (2008). Trabajo de Grado Licenciado en Biología.	Indagar y analizar los referentes sobre conocimiento biológico que tienen 10 docentes en formación del Proyecto Curricular de Licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional en los diez semestres de formación Teniendo en cuenta las siguientes subcategorías : Tradición científica de la Biología, estatus epistemológico, perspectiva interdisciplinar, generalización, perspectivas de estudio, organización discursiva, metodología, experimentación y observación, actores que intervienen en la producción del conocimiento y finalidades.	Aplicación de una escala Likert, la cual constaba de 46 proposiciones. Posteriormente se aplicó entrevistas semiestructuradas.	Los resultados muestran que futuros licenciados consideran: La Biología tiene una tradición científica menor que otras disciplinas, anteponiendo a está saberes como la Física, la Química o la Astronomía. La Biología tiene un estatus propio y goza de particularidades tales como conceptos propios y explicaciones exclusivas. Tienen en cuenta que la Biología necesita de otros saberes para explicar lo biológico. Además, afirman que el lenguaje matemático es requerido para las explicaciones biológicas solo en algunas ocasiones. Dicen que el estudio de las relaciones entre las partes es más relevante que las partes por si mismas desligadas de las demás. Consideran que la Biología se encuentra estructurada por conceptos que forman a su vez teorías, leyes y paradigmas. Siendo, indispensable que el conocimiento biológico sea avalado por una comunidad científica. Finalmente, consideran que el contexto (social, político, cultural) influye sobre el Conocimiento Biológico.
Amórtegui y Correa (2009). Trabajo de Grado.	Caracterización de las prácticas de campo planeadas en el marco del ciclo de fundamentación del programa de licenciatura en Biología de La Universidad Pedagógica Nacional.	Se realizó un trabajo descriptivo desde un enfoque cualitativo. Utilizando análisis de contenido y teniendo en cuenta categorías para	Los formadores (docentes) conciben la Biología como una ciencia autónoma con criterios de validación propios, con objeto de estudios en relación con lo vivo. En relación con producción del

Licenciado en Biología		caracterizar trabajos prácticos en la enseñanza de la Biología. Como instrumentos se utilizó entrevistas semiestructuradas y análisis de documentos.	conocimiento se concibe como principal fuente la observación, influenciada por diferentes factores (realidades, cosmovisiones e intenciones). En relación con la imagen de ciencia se considera como una construcción no excluyente y que puede ser falseada.
Valbuena (2011)  Artículo	Se realiza el abordaje de dos constituyentes del Conocimiento Profesional del Profesor de Biología. Presentando la perspectiva del autor respecto al Conocimiento Profesional del Profesor de Biología Biológico (estructuras sustantiva y sintáctica) y el Conocimiento Didáctico del Contenido Biológico. Se propone una hipótesis de progresión, tanto para el Conocimiento Biológico, como para el Conocimiento Didáctico del Conocimiento Biológico.	Se realizó la revisión de antecedentes y de referentes teóricos.	Para el Conocimiento Biológico Estructuras sustantiva y sintáctica) la hipótesis de progresión plantea dos extremos: la perspectiva fisicalista y la visión estructural-sistémica. Para el Conocimiento Didáctico del Contenido Biológico la hipótesis de progresión plantea dos polos: el reduccionismo biológico y la perspectiva integradora transformadora.
Amórtegui (2011)  Tesis de Maestría	Caracterización de las concepciones sobre Prácticas de Campo y su relación con el Conocimiento Profesional del Profesor, de 23 estudiantes de sexto semestre de Licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional durante el periodo 2010-II.	Enfoque cualitativo Aplicación de análisis de contenido, teniendo en cuenta categorías para caracterizar trabajos prácticos en la enseñanza de la Biología. Técnicas para recolección de información: Cuestionario, taller, encuesta y observación participante.	Los 23 estudiantes de sexto semestre de formación en licenciatura conciben la Biología como una ciencia particular, cuyo objeto de estudio es lo vivo. Resaltando que se produce mediante la experimentación y la observación. En cuanto a imagen de ciencia solo un estudiante identifica la Biología como una ciencia humanística y constructivista.
Correa (2012)  Tesis de Maestría	Caracterización de trabajos prácticos en la enseñanza de la Biología a partir de 216 publicaciones en 16 revistas especializadas (periodo 2004-2008) y análisis de sus aportes a la formación docente.	Enfoque cualitativo, interpretativo hermenéutico, investigación documental (modalidad estado del arte) Instrumento de sistematización: RAE.	Los artículos analizados hacen poca referencia explícita a aspectos epistemológicos de la Biología.
Correa y Valbuena (2012)  Artículo	Se presenta la investigación: Estado del arte sobre los trabajos prácticos en la enseñanza de la Biología (2004-2008): un aporte a la formación docente, cuyo objetivo fue Caracterización de trabajos prácticos en la enseñanza de la Biología a partir de 216 publicaciones en 16	Enfoque cualitativo, interpretativo hermenéutico, investigación documental (modalidad estado del arte) Instrumento de sistematización: RAE.	Se encuentra que existe una tendencia mayoritaria a considerar las prácticas como alternativa a aspectos específicos de enseñanza aprendizaje, lo cual implica reconocerlas como componente fundamental del Conocimiento Didáctico del Contenido.

	revistas especializadas (periodo 2004-2008).		
Rozo (2012) Tesis de Maestría	Se analizan guías de laboratorio de Bioquímica utilizadas por cuatro programas colombianos de educación superior en formación de docentes de Ciencias Naturales.	Se plantea la metodología desde un enfoque cualitativo. Utilizando el análisis de contenido para caracterizar guías de laboratorio desde categorías planteadas para el estudio de trabajos prácticos.	Se identificaron elementos epistemológicos de las guías en relación con las estructuras sustantiva y sintáctica de la Bioquímica. En relación con la estructura sustantiva se encontró que las guías reportan contenidos y temáticas. Acerca de la estructura sintáctica se reporta que las guías presentan elementos relacionados con la forma como se produce el conocimiento mediante la utilización de técnicas de análisis cualitativo, reconocimiento e identificación de sustancias.
Valbuena, Correa y Amórtegui (2012) Artículo.	Se sistematizó el contenido de 161 artículos sobre Enseñanza de la Biología publicados durante los años 2007 y 2008 en 17 revistas especializadas. Teniendo como pregunta ¿Cuáles son las características del campo de conocimiento que se ocupa de la Enseñanza de la Biología?	Enfoque cualitativo, interpretativo, hermenéutico, utilizando la estrategia de análisis documental y la modalidad de estado de arte. Como instrumento se utilizó se la elaboración de Raes de revistas de educación, haciendo énfasis en las especializadas en Enseñanza de las Ciencias y de la Biología.	Se identificaron tendencias que apoyan la tesis de considerar la enseñanza de la Biología como un campo de conocimiento. Aunque no se encontraron resultados concluyentes, siendo necesario ampliar el periodo de tiempo de análisis de las publicaciones. En las tendencias se mencionan. Las publicaciones a bordan investigaciones acerca de la enseñanza en poblaciones estudiantiles, analizando problemáticas específicas. En cuanto a los problemas de investigación se destacan tres grandes agrupaciones: enseñanza aprendizaje de conceptos específicos, trabajos prácticos y concepciones sobre conceptos biológicos), lo cual podría corresponder a posibles líneas de investigación.
Valbuena, et al. (sin fecha de publicación) Documento	Documento que presenta el sistema de categorías sobre el Conocimiento Biológico basados en las características de dicho conocimiento teniendo en cuenta: estructura sustantiva, estructura sintáctica, contenidos y finalidades.	Revisión de antecedentes y referentes teóricos respecto al Conocimiento Biológico. Validación de expertos y el estudio de concepciones de futuros profesores.	Se planteó la hipótesis de progresión para tres categorías: Perspectiva epistemológica del Conocimiento Biológico, Estructuración de los contenidos Biológicos y Finalidades del Conocimiento Biológico. Para la categoría Perspectivas epistemológicas se propuso las siguiente subcategorías: tradición científica de la Biología, estatus epistemológico, perspectiva interdisciplinar, generalización, perspectiva de estudio, organización

			discursiva, metodología, experimentación y observación, experimento, actores que intervienen en la producción.
--	--	--	--

Estos trabajos, tesis de Maestría y publicaciones se retoman en el sentido de su preocupación por la caracterización del Conocimiento Biológico como parte del pensamiento, del conocimiento y de las prácticas de los profesores en formación. Considerando dentro de las categorías de trabajo algunas que están en relación con elementos de orden epistemológico del Conocimiento Biológico. Los aportes de cada una de estas se resumen a continuación.

El sistema de categoría que permiten caracterizar el conocimiento Biológico y que son retomadas en la presente tesis ha sido desarrollado como parte del trabajo del grupo Conocimiento Profesional del profesor de ciencias y han sido utilizadas en trabajos de grado. Este sistema de categorías se plantean en relación con la Hipótesis de Progresión, la cual según Valbuena (2011) considera dos extremos: la perspectiva fisicalista y la visión estructural-sistémica.

Para la construcción del sistema de categorías y la Hipótesis de Progresión, el Grupo Conocimiento Profesional del Profesor de Ciencias se ha fundamentado en la revisión de antecedentes y de referentes teóricos, la validación de expertos y el estudio de concepciones en futuros profesores en relación con el Conocimiento Biológico. En la presente investigación se revisaron los documentos producidos por el grupo antes mencionado, referenciándose a Valbuena et al (sin fecha de publicación); Valbuena (2007); Valbuena (2011); Sánchez (2007); Bernal (2007) y Gutiérrez (2008).

El sistema de categorías que se ha propuesto hasta el momento implica 14 aspectos referentes al Conocimiento Biológico: Objeto de Estudio, Organización Discursiva, Perspectiva de Estudio, Tradición Científica, Estatus Epistemológico y Científico, Perspectiva Interdisciplinar, Estructura, Generalización, Metodología, Observación y Experimentación, Experimento, Condiciones Socioculturales de la Producción del Conocimiento y Finalidades del Conocimiento. A continuación se presenta la síntesis de tres trabajos de grado en los que se incluye este sistema de Categorías.

Sánchez (2007), formula 102 proposiciones para una escala Likert correspondientes a concepciones relacionadas con categorías epistemológicas y con las finalidades del Conocimiento Biológico.

Bernal (2007), Cuyo trabajo de grado para optar el título de licenciada en Biología analiza los referentes del Conocimiento Biológico en profesores en formación pertenecientes al programa de Biología en el Centro Regional Valle de Tenza de la Universidad Pedagógica Nacional. Este trabajo concluye que mayoritariamente los profesores en formación desconocen la tradición científica de la Biología, la consideran como una ciencia autónoma, reconocen que tiene una relación de interdisciplinariedad con otras ciencias, conocen quienes y como se produce el conocimiento.

Gutiérrez (2008), analiza los referentes del conocimiento disciplinar en relación con el conocimiento profesional en docentes en formación inicial del proyecto curricular de licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional. Este trabajo concluye que los futuros licenciados

consideran que la Biología tiene una tradición científica menor que otras disciplinas, anteponiendo a está saberes como la Física, la Química o la Astronomía.

Los docentes en formación tienen claro que la Biología tiene un estatus propio y goza de particularidades tales como conceptos propios y explicaciones exclusivas.

Tienen en cuenta que la Biología necesita de otros saberes para explicar lo biológico.

Afirman que el lenguaje matemático es requerido para las explicaciones biológicas solo en algunas ocasiones.

Dicen que el estudio de las relaciones entre las partes es más relevante que las partes por sí mismas desligadas de las demás.

Los futuros docentes consideran que la Biología se encuentra estructurada por conceptos que forman a su vez teorías, leyes y paradigmas.

Para los maestros en formación es indispensable que el Conocimiento Biológico sea avalado por una comunidad científica.

Finalmente, consideran que el contexto (social, político, cultural) influye sobre el conocimiento biológico.

Estos trabajos comentados con anterioridad se fundamentan en la tesis doctoral de Valbuena (2007), la cual buscaba caracterizar las concepciones de los futuros docentes sobre el Conocimiento Biológico y el Conocimiento Didáctico Contenido Biológico, al iniciar y finalizar el proceso formativo en el *Seminario de Pedagogía y Didáctica I en el marco del programa de licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional*. Los resultados de esta tesis reportan la existencia de tres concepciones en torno al Conocimiento Biológico. Encontrándose diferencias entre la situación al comienzo del seminario y al finalizar el mismo.

Se reportan el trabajo de grado de Amórtegui y Correa (2009) y la tesis de maestría de Amórtegui (2011), las cuales se centran en caracterizar las prácticas de campo que se planean en el programa de formación de licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional. Se retoman para este trabajo las conclusiones en relación a categorías epistemológicas para el conocimiento Biológico, ambos trabajos presentan tres categorías: Biología como ciencia, objeto de estudio de la Biología, producción del Conocimiento Biológico e imagen de ciencia.

El trabajo de grado de Amórtegui y Correa (2009), se centró en los profesores formadores del programa de licenciatura en Biología, que desarrollan para la fecha su labor en el ciclo de fundamentación. Los autores reportaron que estos docentes manifestaron tener una imagen de la biología como una ciencia autónoma, cuyo objeto de estudio es lo vivo, con criterios propios de validación del conocimiento, cuya producción procede básicamente de la observación influenciada por factores tales como la ideología y las cosmovisiones.

La tesis de maestría de Amórtegui (2011), se centró en profesores en formación que cursaban el sexto semestre del programa de licenciatura en Biología. Los resultados de esta tesis indican que los profesores en formación identifican la Biología como una ciencia particular, diferente a otras

ciencias en cuanto a temáticas, herramientas, formas de ver el contexto, finalidades, discurso, prácticas, finalidades.

Al igual que en la tesis anterior se reporta que el objeto de estudio de la Biología es lo vivo, aunque no se presentan cual es el status que los estudiantes le dan desde una perspectiva ontológica.

Con relación a la producción de conocimiento, se reporta las siguientes conclusiones

- Son muy pocos los estudiantes que tienen elementos que les permitan diferenciar cómo se produce en conocimiento en Biología.
- Algunos estudiantes consideraron que la producción del conocimiento requiere de experiencias, experimentación y observación.
- En relación con la imagen de ciencia son pocos los estudiantes que reportaron elementos que les permita dar cuenta de esta categoría.

La tesis de maestría de Correa (2012), se centró en el estudio de 216 artículos publicados por 16 revistas especializadas en enseñanza de las ciencias. Los resultados con respecto a categorías epistemológicas indican que en los artículos analizados se hace poca referencia a este aspecto. En los pocos artículos que incluyen este aspecto se hace referencia al objeto de estudio, producción del Conocimiento Biológico e imagen de ciencia. Se reportan las siguientes conclusiones: la Biología tiene como objeto a los organismos, los cuales tiene particularidades que requieren un estudio particular. Se encuentra que los trabajos prácticos dan una imagen distorsionada de ciencia, promoviendo generalmente una visión empiro-inductivista.

Parte de los resultados de la anterior tesis de maestría es presentada en forma de artículo en la revista Bio-grafía. Escritos sobre la Biología y su enseñanza por Correa y Valbuena (2012), se muestran exclusivamente los resultados relacionados con la imagen de práctica. Concluyéndose que las prácticas se consideran un componente fundamental del Conocimiento Didáctico del Contenido Biológico, por cuanto se considera como alternativa aspectos específicos de enseñanza-aprendizaje.

La tesis de maestría de Rozo (2012), presenta elementos acerca de las estructuras sustantiva y sintáctica de la Bioquímica en relación con las prácticas de laboratorio. El autor relaciona la estructura sustantiva con los contenidos y temáticas que se presentan en las guías, las cuales evidencian cuatro tendencias: biomoléculas (clasificación, composición y estructura química); enzimas, actividad catalítica nivel digestivo; enzimas, actividad catalítica a nivel químico y almidones (metabolismo). En relación con la estructura sintáctica se reporta que las guías presentan el análisis cualitativo aplicado al reconocimiento e identificación de sustancias. Se presentan como tendencias metodológicas la comparación de resultados con tablas de control, el seguimiento de protocolos, aplicación de pruebas cualitativas específicas, aplicación de pruebas in vitro, utilización de material biológico o derivado de estos, y actividades relacionadas con consultas bibliográficas, tabulación de datos, cálculos algorítmicos y responder cuestionarios.

Finalmente, se presenta el artículo “la Enseñanza de la Biología ¿un campo de conocimiento” Valbuena, Correa y Amórtegui (2012), en el cual se muestran los resultados de la indagación

sobre el estado del arte, tomando 161 artículos sobre enseñanza de la Biología publicados en revistas especializadas entre los años 2007 y 2008. Aunque los resultados no son concluyentes se encontraron tendencias que apoyan las tesis de considerar la Enseñanza de la Biología como un campo de Conocimiento ya que se vislumbra especificidad en cuanto se observa que la mayoría de los artículos tienden a presentar investigaciones acerca de la enseñanza en poblaciones estudiantiles, abordando problemáticas diversas, lo que indica especificidad. Aunque dada la dispersión en las áreas de estudio, los procesos y conceptos biológicos abordados por los artículos no se evidencia un objeto de estudio. Se evidencian tres posibles líneas de investigación: enseñanza aprendizaje de conceptos específicos, trabajos prácticos y concepciones sobre conceptos biológicos.

Las investigaciones anteriores muestran que en el grupo de Conocimiento Profesional del Profesor de Ciencias existe un interés marcado por la caracterización del Conocimiento Biológico y su relación con la enseñanza de la Biología como un campo de conocimiento, así como un componente básico del Conocimiento del profesor de Biología. Existiendo una preocupación constante por determinar la especificidad de dicho conocimiento y su estatus propio como elementos que permiten diferenciarlo de otros conocimientos y profesiones.

De las investigaciones descritas se puede extraer que existe una preocupación por llegar a caracterizar el Conocimiento Biológico como un componente del Conocimiento del Profesor desde la perspectiva del *subject matter*. De la revisión de estas investigaciones se puede concluir que los campos de fundamentación de estos trabajos se pueden resumir de la siguiente forma:

- Concepciones sobre el Conocimiento Biológico. Se enmarca en el sentido del Conocimiento del Contenido como componente del Conocimiento del Profesor. En este aspecto se busca comprender cuáles son las concepciones de profesores en formación en torno a aquellos elementos que permiten diferenciar y caracterizar el Conocimiento Biológico como autónomo con respecto a otros conocimientos y cómo estas concepciones pueden cambiar a través de un proceso de formación.
- Actividades de formación: Consideran la naturaleza del conocimiento Biológico que está implícita en actividades de formación, tales como las prácticas de laboratorio y las prácticas de campo. Al igual que en el ítem anterior, la investigación se centra en aquellas concepciones acerca de los elementos que permiten diferenciar al conocimiento Biológico como autónomo, las fuentes de producción y la imagen de ciencia que están presentes tanto en el planteamiento de las actividades como en el pensamiento del profesor formador y del profesor en formación.
- Estructura sustantiva y Sintáctica: Este aspecto se presenta en una tesis de maestría (Rozo, 2012), en esta investigación se considera la estructura sustantiva como las temáticas y contenidos, mientras que la estructura sintáctica se considera como las formas de producción del conocimiento.

En artículos publicados por miembros del grupo Conocimiento Profesional del Profesor, la estructura sustantiva y sintáctica como componentes del conocimiento del contenido se considera que son necesarios para la enseñanza, influyendo en la forma como se configuran los temas que se



decide incluir en el currículo. La estructura se define entre dos niveles (hipótesis de progresión), la perspectiva fisicalista y la visión estructural sistémica.

El aporte de estas investigaciones al presente trabajo se puede considerar en los siguientes puntos:

- Permiten situar esta investigación con respecto a la línea que el grupo Conocimiento Profesional del Profesor de Ciencias. Se puede considerar que la idea de estructura ya se encuentra implícita en algunas de las investigaciones realizadas por este grupo. Se retoma en algunos artículos y en una tesis en forma explícita. No obstante, se hace necesario seguir avanzando en su conceptualización ya que en muchos de estos trabajos si bien se encuentran algunas aproximaciones, falta ser más precisos acerca de que elementos permiten delimitar la estructura sustantiva y sintáctica del Conocimiento Biológico. Aspecto en el que esta tesis pretendió avanzar.
- Se encuentra que parte de las tesis plantea el problema de la formación en relación con el Conocimiento Biológico, avanzando en la investigación sobre enseñanza aprendizaje, en especial acerca de actividades de formación de profesores de Biología como lo son prácticas de laboratorio y de campo. Esto permite ubicar la presente investigación en un contexto, en el cual se pregunta acerca de la influencia de los materiales de enseñanza en la conformación de Conocimiento Biológico como parte del Conocimiento Profesional del Profesor.
- Las investigaciones se han situado en el plano de las concepciones acerca de la naturaleza del Conocimiento Biológico y con la excepción de la investigación que hace acerca de publicaciones (Correa, 2012), no se han abordado situaciones en las que se considere el Conocimiento como el resultado de la actividad investigativa de comunidades científicas, es decir como efectivamente objetivo. Este aspecto se pretendió abordar en la presente investigación en tanto los libros de texto pretenden dar a conocer el conocimiento desde esta perspectiva.

Complementando los aportes que se derivan de las tesis y artículos desarrollados por el grupo Conocimiento Profesional del Profesor de Ciencias, en la presente investigación se tiene en cuenta como antecedentes acerca del Subject Matter y la estructura de la materia a enseñar algunos tendencias investigativas que son reportadas por Abell (2007), las cuales se presentan brevemente a continuación.

Abell (2007) realiza una revisión exhaustiva de las investigaciones que se ha llevado a cabo en un lapso de 15 años, respecto tanto al conocimiento del contenido (subject matter), como con relación a la estructura de la materia a enseñar incluyendo a la Biología. Esta autora reporta las siguientes autores, tendencias y aportes:

La investigación acerca de la educación en Biología incluye estudios del conocimiento sustantivo y sintáctico.

Unos pocos de estos estudios se han interesado en encontrar las concepciones de los profesores acerca de conceptos específicos. Las investigaciones que la autora coloca como ejemplos estudios realizados en acerca de las concepciones sobre el concepto respiración en profesores sudafricanos

(Sanders, 1993), el estudio acerca del entendimiento de profesores británicos del concepto de sustentabilidad (Gayford, 1998) y la investigación acerca del entendimiento del concepto de selección natural (Green, 1990).

Igualmente, Abell (2007) menciona dos estudios (Jungwirth, 1975 y Barass, 1984) que puntualizan en los conceptos erróneos introducidos por los libros de texto y por los profesores que los usan acerca de células, respiración, intercambio de gases y homeostasis.

Hasta aquí los estudios se refieren a conceptos aislados. Los estudios del entendimiento acerca de las interacciones entre conceptos biológicos por profesores son relativamente recientes (mediados de la década del noventa del siglo pasado). Estos estudios exploran un aspecto relevante de la estructura, centrado no solamente en los elementos constitutivos del conocimiento, sino en las interacciones entre estos y emplean como métodos las llamadas tarjetas de tareas, el juego lotto y el mapeo, estas técnicas buscan vincular, tópicos o temas entre sí. Abell (2007), da como ejemplos el estudio realizado acerca de las concepciones de célula en profesores de Biología en el nivel junior superior israelí (Douvdevany, Dreyfus y Jungwirth, 1997) y el estudio de Tamir (1992), realizado en profesores en formación y practicantes acerca de cómo estos organizan temas biológicos y sus percepciones acerca de su propio conocimiento y temas importantes.

## 1.2 Antecedentes con relación análisis de textos

Se presenta en la tabla.2 una síntesis de investigaciones realizadas en relación a análisis de libros, la mayoría corresponden a investigaciones realizadas en la maestría de Docencia de la Química ofrecida en la Universidad Pedagógica Nacional. Esta se consultó directamente en medio digital del catálogo en el departamento de Química de la Universidad.

Además se incluyen tres artículos que reportan investigaciones con relación a libros de texto para la educación media, análisis de libros de Química destinados al formación de ingenieros y una investigación con relación a la teoría evolutiva en libros de nivel secundario. Las fuentes de consulta fueron la revista electrónica de investigación en ciencias y la revista Nodos y Nudos de la Universidad Pedagógica Nacional.

Tabla 2: Antecedentes sobre investigaciones de textos en relación con aspectos epistemológicos

Autor	ASPECTOS ESTUDIADOS	ASPECTOS METODOLOGICOS	RESULTADOS RELACIONADOS CON ASPECTOS EPISTEMOLÓGICOS
Castro (2003) Artículo	Se realizó un análisis de la manera como se aborda la teoría de la evolución en algunos libros de texto para la educación secundaria.	En el artículo no se especifica la metodología.	Se observa un desconocimiento de la dimensión histórica y filosófica, presentándose errores conceptuales.
García (2004) Tesis de Maestría	Hacer una selección y análisis de textos relacionados con la enseñanza de la bioquímica y con la	Entrevista a docentes de Química general y Química Inorgánica con el fin de seleccionar los libros de texto.	El estudio de la transposición didáctica y el análisis de la confiabilidad de los textos didácticos indicaron que para los

	<p>propuesta del modelo de estructura química del ADN.</p> <p>Analizar e interpretar la información obtenida sobre la transposición didáctica de la propuesta del modelo de la estructura química del ADN en relación con la confiabilidad de los textos seleccionados.</p>	<p>Técnica para análisis de textos: Análisis de contenido aplicado a unidades de análisis en relación con categorías establecidas.</p>	<p>textos seleccionados, se trata de una orientación empiro-positivista, acumulativa y lineal, que deja de lado los aspectos histórico-epistemológicos, metodológicos y contextuales, implicados en la construcción del conocimiento científico.</p>
<p>Castro (2006)</p> <p>Tesis de Maestría</p>	<p>Realizar un estudio histórico-epistemológico del modelo operon-Lac.</p> <p>Analizar histórica, epistemológica y didácticamente la manera como es tratado el modelo operon Lac en textos universitarios de diversas áreas temáticas.</p> <p>Proponer un modelo que permita explicar la interrelación que se presenta entre la actividad científica, la didáctica de las ciencias y los discursos histórico-epistemológicos.</p>	<p>Estudio crítico de 10 libros universitarios de Biología celular y molecular, Biología general, bioquímica y microbiología.</p> <p>El enfoque de investigación es cualitativo.</p> <p>Instrumento de recolección de información: ficha de registro de afirmaciones acerca de los diferentes criterios de análisis.</p>	<p>No se tiene en cuenta la imagen de ciencia desde la cual se concibe como un proceso discontinuo, marcado por rupturas y bifurcaciones.</p> <p>Los libros están saturados de hechos científicos, carentes de problemas de contexto, de investigaciones e incluso privados de espacio y temporalidad.</p> <p>Se ignoran planteamientos actuales con relación con los discursos históricos, epistemológicos y didácticos, se hace énfasis en los contenidos conceptuales.</p>
<p>López (2008)</p> <p>Tesis de Maestría</p>	<p>Elaborar una reconstrucción histórica y epistemológica de la construcción y aceptación del modelo científico para los fenómenos electroquímicos, realizando un análisis crítico de las publicaciones originales mediante las cuales se propuso y aceptó el modelo.</p> <p>Analizar la presencia de categorías de modelo en conceptos relacionados con la electroquímica en libros universitarios de Química general y Química inorgánica.</p>	<p>Entrevista a docentes de Química general y Química Inorgánica con el fin de seleccionar los libros de texto.</p> <p>Técnica para análisis de textos: Análisis de contenido aplicado a unidades de análisis en relación con categorías establecidas.</p>	<p>Los libros universitarios analizados no contribuyen a formar una imagen histórica del modelo para los fenómenos electroquímicos, dejando una imagen de vacío en cuanto al desarrollo histórico e imprecisiones de carácter conceptual en relación con el saber sabio.</p> <p>Prevalciendo una visión lineal del desarrollo histórico de los acontecimientos científicos.</p> <p>No existe una preocupación por abordar la producción del conocimiento científico en sus aspectos lógicos, ideológicos, lingüísticos e históricos.</p> <p>Predomina una visión de ciencia netamente experimental, desde una perspectiva</p>

			empiriopositivista.
Herreño (2009)  Tesis de Maestría	Determinar la confiabilidad de los libros de texto respecto a la versión del modelo del octeto de Lewis y Langmuir.	Estudio histórico-epistemológico de los documentos originales donde sustenta el modelo Lewis-Langmuir. A partir de este estudio se definieron veinte criterios agrupados en seis categorías para el análisis de los textos. Los textos se seleccionaron por entrevista a docentes de secundaria y a docentes de programas de formación en Química de dos universidades. Se estudiaron 10 libros, cinco de educación media y cinco universitarios.	Se concluye que los libros de texto desconocen aspectos históricos que han contribuido a construir la ciencia, mostrándola simplificada y absolutista. Se profundiza poco en los aspectos históricos y epistemológicos que contribuyeron a la construcción del modelo del octeto.
Moreno (2009)  Tesis de Maestría	Caracterizar histórica y epistemológicamente el proceso que dio lugar al modelo semicuántico de Borh. Contrastar la caracterización histórica epistemológica de los artículos originales con la caracterización del modelo de Borh presente en los libros de texto. Utilizados en la enseñanza de la Química en Educación Media en algunos colegios de Bogotá y en la formación de profesores de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas.	Entrevista a docentes de educación media y revisión del <i>syllabus</i> del programa curricular de Química de La Universidad Distrital Francisco José de Caldas para seleccionar los textos. Estudio de los documentos originales donde se describe el desarrollo del modelo semicuántico de Borh, con el fin de hacer una caracterización histórica y epistemológica. De allí se formularon los descriptores para el análisis de los textos. La identificación de los descriptores en los libros se hizo mediante un instrumento de resumen con valores.	La transposición didáctica que realizan los textos del modelo semicuántico de Borh promueven una versión de ciencia que no está acorde con las concepciones de actividad científica aceptada actualmente. Esto puede influir formando una imagen deformada de la ciencia con implicaciones didácticas con un enfoque que promueve una visión empirista, una observación atórica, la descripción analítica y el aprendizaje memorístico.
Luna y Carreri, (2011)  Artículo	Presenta un análisis de las lógicas epistemológicas presentadas por tres textos escolares de editoriales argentinas destinados al nivel medio del sistema educativo.	Se analizaron tres libros de física, teniendo en cuenta dos dimensiones: organización y contenido del texto; categorías de análisis del discurso epistemológico. Estas se construyeron a partir de la lectura de los textos	Se encontró que en dos textos se promueven concepciones epistemológicas cercanas al positivismo y al positivismo lógico. Presentándose referencias descontextualizadas y fragmentadas de las teorías epistemológicas. En un texto se presenta una complejización de la mirada hacia el campo

			científico y las teorías físicas.
Martin et al (2011) Artículo	Se indagó acerca de las concepciones en relación con el conocimiento científico y con el conocimiento tecnológico que se aborda en los textos de Química general utilizados en la facultad de ingeniería de la Universidad de Buenos Aires.	Se estudiaron veinte libros de Química general utilizados en la formación de ingenieros. Los libros se estudiaron desde tres dimensiones (Positivista, sistémica y socio histórica) y desde tres categorías: Referencia a la química como ciencia básica sin mencionar la tecnología o presentándola como ciencia aplicadas; Énfasis en las aplicaciones de la Química con referencias más directas a la tecnología y la tecnología como conocimiento autónomo.	Se encontraron tres grupos de textos: Los que desde una perspectiva positivista, consideran la Química como una ciencia básica, sin mencionar la tecnología. Los que resaltan más las aplicaciones de la química. Presentándose textos con una perspectiva positivista y textos desde una visión sistémica o con combinaciones de las dos. Textos que presentan la tecnología como autónoma, teniendo elementos de orientación sistémica.

En este apartado se presentan tesis, en su mayoría de Maestría en Docencia de la Química, en las cuales se aborda el estudio de modelos de la química (aunque hay una tesis que aborda un aspecto de Biología Molecular) en especial se centran en comparación del contenido de libros de química general, algunos de fisicoquímica, con reconstrucciones históricas y epistemológicas que permitieron la aceptación de modelos (por ejemplo el operon lac, enlace de valencia), la cual se realizó a partir de la revisión de los documentos originales que permitieron la aceptación de dichos modelos por la comunidad científica. Esto tiene como fin establecer la confiabilidad de los textos en cuanto llegar a comprender que tanto los contenidos de los libros se alejan o se acercan al conocimiento disciplinar y si realizan una transposición didáctica adecuada.

En términos generales la mayoría de los autores consideran que los libros no tienen una concordancia con los documentos originales, en especial porque no presentan una visión histórica de los modelos y presentan en su mayoría una visión netamente experimental con orientación empiropositivista. Los aportes de estas tesis se resumen a continuación.

Visión ahistorica de las ciencias : esta aspecto hace relación a la ausencia en los libros de elementos que muestren los procesos históricos que permitieron la propuesta de los modelos, sin tener en cuenta la discontinuidad de la ciencia, las ruptura y bifurcaciones que se generan en el transcurrir histórico del conocimiento, encontrándose por varios autores una visión lineal de la historia de las ciencias. Castro (2006 y 2003); López (2008); Herreño (2009) y Garcia (2004)

Visión experimental de la ciencia: este aspecto hace relación a considerar que el conocimiento científico procede únicamente de datos empíricos obtenidos a partir de la experimentación, algunos de los autores identifican esta consideración con un modelo empírico y positivista de la ciencia. López (2008); Moreno (2009).

La ciencia como acumulación de datos: esta conclusión es reportada por Castro (2006), quien afirma que los libros estudiados están saturados de hechos científicos, carecen de elementos que

son necesarios para entender la ciencias y sus modelos como lo son los problemas que abordaron los científicos, el contexto en el cual se realizó la investigación y las investigaciones que permitieron llegar a determinado conocimiento. Esto implica una visión de ciencia acumulativa, simplista y absolutista. Herreño (2009).

Estas investigaciones permiten situar el presente trabajo en relación con el estudio puntual de libros de texto universitarios. Se encuentra que la preocupación principal de estos trabajos se sitúa en torno a conceptos particulares, en este caso en su mayoría modelos explicativos de la química y algunos de la Física, en especial el problema de la transposición didáctica al comparar la forma como abordan estos modelos los libros con los artículos originales que se publicaron por los científicos que llegaron a conceptualizar estos modelos. Este tipo de trabajos en relación con conceptos particulares son reportados por Abell (2007), como parte de las investigaciones acerca de la estructura del conocimiento. Esto en parte porque abordan principios organizadores del conocimiento que permiten configurar la estructura de la disciplina.

Esta tendencia de considerar los conceptos en forma separada implica que la estructura de las disciplinas no ha sido abordada en todos sus elementos. Es decir no se reportan investigaciones en torno a los textos que impliquen la presentación por ejemplo de interrelaciones conceptuales y los ejes de organización de una disciplina en particular. Ese tipo de estudios son reportados por Abell (2007), con relación a profesores (en formación, recién graduados, experimentados) pero no se tienen referencias que indiquen que esta problemática haya sido abordada en relación con los libros de texto.

Las investigaciones reportadas con relación a los libros de texto, si bien no consideran la estructura de la disciplinas, sí permiten situar la problemática de los libros como fuentes de conocimiento para la enseñanza, la configuración del currículo y la formación de profesores. Los elementos de estas investigaciones que se tuvieron en cuenta fueron:

- Contextos de producción del conocimiento: se hace referencia a que los libros de texto no vinculan los problemas que se abordaron los científicos, los contextos en los cuales se realizaron las investigaciones y las investigaciones que permitieron llegar a determinados conocimientos. Esto puede ser considerado como parte de la estructura sintáctica ya que haría mención a las condiciones de producción del conocimiento.
- La ciencia como acumulación de datos: se encuentra que se reporta esta condición en los estudios. Esta situación se considera como asociada a la estructura sustantiva ya que estaría haciendo mención a la falta de interrelaciones en la forma como se presentan los modelos y conceptos.
- Se presenta a los experimentos como método predominante en la producción de las ciencias, afirmando varios de los autores consultados que esto implica una visión empro-positivista. Esto implica que estas investigaciones en parte al preocuparse por la forma como se produce la ciencia en forma implícita están asumiendo elementos de la estructura sintáctica.

En conclusión, las investigaciones reportadas referente a los libros de texto permiten contextualizar la presente investigación ya que dan elementos de reflexión en torno a como se ha

considerado el estudio de algunos elementos de tipo epistemológico que pueden ser relacionados con la estructura de las disciplinas.

## 2. PROBLEMA DE INVESTIGACION

La materia a enseñar y su interacción con la pedagogía, según Garritz y Trinidad (2004) fue propuesta por Lee Shulman en 1983 como el paradigma perdido de la investigación sobre la enseñanza. Esta idea resaltaba la importancia de centrarse en el conocimiento del profesor y resultó sorprendente ya que se desviaba del tipo de investigaciones que hasta entonces se habían desarrollado y que tenía como tema central la formas del comportamiento del profesor y dejaban de lado aspectos relacionados con su pensamiento. Bajo esta idea, Shulman (1986 y 2005) propone el conocimiento base como una de las categorías o componentes propios del conocimiento del profesor que son necesarios para la enseñanza. Inicialmente Shulman (1986) propone que el conocimiento base está conformado por tres categorías –Conocimiento del contenido (*Subject Matter*), conocimiento pedagógico del contenido y conocimiento curricular- Posteriormente, Shulman (1987) amplía su propuesta de conocimiento base a siete categorías, considerando además de las tres ya mencionadas, el conocimiento didáctico general, el conocimiento de los alumnos y sus características, conocimiento de los contextos educativos y conocimiento de los objetivos, las finalidades y los valores educativos, y de sus fundamentos filosóficos e históricos.

El conocimiento del contenido de la materia a enseñar contempla aquellos contenidos propios de las disciplinas que se constituyen en la base central de los procesos de enseñanza. Un conocimiento profundo de la materia a enseñar ha sido considerado como elemento esencial y deseable para asegurar una enseñanza eficaz. Autores como: Shulman (1986 y 2005), Grossman, Shulman y Wilson, Stodolsky y Grossman (2005) Ball y McDiarmid (1996) resaltan la importancia del conocimiento del contenido en aspectos centrales y relevantes de la planeación, gestión y evaluación de las actividades de enseñanza y de otros aspectos del currículo.

Igualmente, Shulman (1986 y 2005) considera como un aspecto central del conocimiento del contenido lo que se ha denominado como estructura, retomando la propuesta elaborada por Joseph Schwab, quien plantea como uno de los aspectos que inciden en la planeación del currículo las denominadas estructuras sustantiva y sintáctica de las disciplinas (Schwab, 1978). Se considera que la estructura de las disciplinas al hacer parte del Subject Matter o conocimiento de la materia a enseñar se puede contemplar como un componente del Conocimiento del profesor, Shulman (1986 y 2005) considero esto como uno de los componentes del conocimiento deseable para la enseñanza y Grossman, Shulman y Wilson (2005) contemplan la estructura de las disciplinas como un elemento del Conocimiento del Contenido, el cual a su vez es un componente del conocimiento del Profesor.

Además de las investigaciones y estudios citados por Abell (2007) (ver antecedentes) se puede concluir que parte del problema acerca del conocimiento del contenido y la estructura ha sido relacionado directamente con el entendimiento de lo sustantivo desde al ámbito de las concepciones y el comprensión personal de los conceptos de una disciplina a enseñar y las interacciones entre temas o tópicos, lo que ha llevado por ejemplo que autores como Hauslein, Good y Cummins



(1992) a plantear que los profesores tienen una estructura del conocimiento propia que se diferencia de la estructura de los científicos en sí. De tal forma que se puede pensar que la estructura de la materia a enseñar dista de la estructura que se presenta en la disciplina que se genera como producto de la actividad investigativa de una comunidad científica en particular. Se vislumbra que entre el conocimiento producido por las comunidades científicas de una disciplina y el conocimiento que posee un profesor acerca de dicha disciplina para la enseñanza se dan diferencias que implican una transformación.

La investigación acerca del conocimiento del contenido y sobre la estructura de las disciplinas como componente de dicho conocimiento se ha centrado de acuerdo con la anterior en su caracterización en el conocimiento del profesor y además en su incidencia en la enseñanza. Sin embargo, poco se conoce acerca de la incidencia de los procesos de formación, las fuentes de acceso al conocimiento y las estrategias de formación y los materiales curriculares, entre otros factores propios del currículo en la conformación del conocimiento en relación a los aspectos estructurales de la materia a enseñar.

La presente investigación aborda esta problemática, concretamente se centra en el ámbito de los materiales curriculares, entre los cuales se encuentran los libros de texto. Estos se constituyen en una de las fuentes que permiten a los profesores en formación acceder al conocimiento de la materia a enseñar. Se constituyen según diferentes autores (Torres, 1998; López, 2007; Díaz, 2002 y Martín, 2000) en un recurso de amplio uso en el aprendizaje y la enseñanza, teniendo una función en la legitimación social del conocimiento que transmiten e incluso representan uno de los medios por los cuales los estados y las sociedades controlan los requisitos que consideran pertinentes para considerar a una persona como educada. Su efecto en la gestión del currículo es tan amplio que incluso puede llegar a deslegitimizar al profesor cuando se convierten en la única fuente de toma de decisiones, en especial cuando el profesor tiene deficiencias en sus conocimientos.

El estudio de libros de texto ha sido abordado por investigaciones que exploran diversos aspectos, entre los que se pueden señalar en relación con las ciencias según Solaz (2010):

- Estudio de la forma como se presentan modelos en los libros de texto.
- Estudios acerca de la naturaleza de las ciencias.
- Estudios acerca de cómo se introducen conceptos y teorías específicas en libros de textos destinados a una disciplina en particular.
- Estudios acerca de la imagen de ciencia.
- Presentación de la definición de ley y teoría.
- Estudios acerca de la información que ofrecen los textos escolares sobre el método científico.
- Análisis acerca de la visión de validación del conocimiento.
- Trabajos acerca de la presencia de contextos de descubrimiento científico en los textos.

Como se puede observar en las tendencias investigativas reportadas por Solaz (2010), existe una preocupación central en relación con aspectos de índole epistemológica alrededor del estudio de los

textos, investigaciones que en su mayoría se realizan en textos escolares destinados a diferentes niveles educativos –predominantemente al nivel secundario o sus equivalentes en distintos países-.

En relación con la estructura de las disciplinas no se encontraron referencias que indicaran que este haya sido un aspecto abordado por la investigación alrededor de los textos. Si bien se abordan estudios de conceptos específicos, como por ejemplo los presentados en los antecedentes de la presente investigación, estos presentan conceptos individuales en relación con aspectos epistemológicos que permiten establecer comparaciones entre la forma como fueron abordados por la comunidad científica y la forma como son abordados en los libros de texto.

Pero no se encuentra que las investigaciones hagan referencia a aspectos relevantes de la estructura como lo son la organización de los principios explicativos de la disciplina en el texto, las interacciones entre conceptos y los marcos explicativos que sitúan a una disciplina como un campo de conocimiento autónomo y diferenciado.

En este contexto el problema central que se pretendió abordar en la presente investigación se fundamentó en considerar cuál es el aporte que un libro de Biología general da con respecto a las estructuras sustantiva y sintáctica del Conocimiento Biológico. Se aborda la problemática del libro de texto como fuente del conocimiento del profesor. Además, se buscó contribuir a la caracterización de la estructura del conocimiento Biológico, determinando posibles aspectos y categorías que se puedan tener en cuenta para abordar futuras investigaciones en este ámbito.

Teniendo en cuenta los anteriores elementos que delimitan el problema de investigación, este se formula mediante los siguientes interrogantes:

¿Cuáles son los principales elementos que caracterizan e identifican las estructuras sustantiva y sintáctica del Conocimiento Biológico?

¿Cuáles son los elementos acerca de la estructura sustantiva y sintáctica del Conocimiento Biológico que son aportados por el contenido de un libro universitario de Biología?

¿Qué implicaciones en la formación del profesor de Biología representa el análisis de las estructuras sustantiva y sintáctica del Conocimiento Biológico?

¿Qué aplicaciones tiene, desde esta investigación, el análisis de las estructuras sustantiva y sintáctica para la formación de profesores de Biología?

### 3. OBJETIVOS.

#### **Objetivo general.**

Caracterizar la estructura sustantiva y la estructura sintáctica del Conocimiento Biológico (CB) que se presenta en un libro universitario de Biología.

#### **Objetivos específicos.**

Identificar los elementos que caracterizan las estructuras sustantiva y sintáctica del Conocimiento Biológico.

Identificar y analizar los contenidos del texto universitario seleccionado, referente a las estructuras sustantiva y sintáctica del Conocimiento Biológico.

Analizar las posibles aplicaciones que se derivan de la caracterización de la estructura sustantiva y sintáctica del Conocimiento Biológico para la formación de profesores de Biología.

#### 4. MARCO TEORICO.

En este apartado se presenta una revisión teórica sobre los aspectos más relevantes acerca del conocimiento de la materia a enseñar como una de las categorías del conocimiento que debe poseer un profesor para la enseñanza, haciendo énfasis en las estructuras sustantiva y sintáctica como un componente esencial de este conocimiento y su importancia. Se plantean desde la revisión bibliográfica los posibles elementos y categorías para la caracterización de las estructuras sustantiva y sintáctica del Conocimiento Biológico y se cierra este capítulo con una revisión acerca de la importancia de los libros de texto para la enseñanza, el aprendizaje y la gestión del currículo.

##### 4. 1 Conocimiento de la materia a enseñar.

En lo referente al conocimiento de la materia a enseñar (subject matter) en el presente trabajo se considera como una de las categorías del conocimiento base para la enseñanza (Shulman, 1986 y 2005). El cual es definido por Shulman (1986, p.9), como la “cantidad y organización del conocimiento por sí mismo en la mente del profesor”. Mientras que para Grossman, Shulman y Wilson (2005 p.11), el conocimiento del contenido se “refiere a la “materia de una disciplina: información objetiva, organización de principios, conceptos centrales”.

Esta categoría implica entonces el conocimiento que tiene un profesor acerca de una disciplina en particular, el cual es considerado por Valbuena (2011), como un componente en el Conocimiento Profesional del Profesor, formando conjuntamente con otros elementos como lo son conocimiento del contexto, conocimiento pedagógico, conocimiento metadisciplinar y conocimiento didáctico del contenido una estructura compleja y única, que incide en el proceso de enseñanza, permitiendo al profesor la regulación, la reflexión y la transformación de los procesos de enseñanza. Siendo según Ball y McDiarmid (1996), un requisito primordial de la enseñanza que permite comprender aquello que se va a enseñar, influyendo en las tareas de la enseñanza tales como la selección de las actividades de aprendizaje, el tipo de preguntas que se realizan, la forma como se evalúa. Esto implica que el conocimiento de la materia a enseñar permite al profesor tomar decisiones en torno a la forma como va orientar la enseñanza de determinados temas. Esta situación es ilustrada por Grossman, Shulman y Wilson (2005), quienes mencionan profesores que ignoraban determinados contenidos decidían dejarlos de lado o simplemente dirigían sus esfuerzos a guiar su enseñanza hacia contenidos en los cuales se sentían más seguros. De allí que el desempeño y eficacia del profesor frente a sus estudiantes, así como la sensación de auto eficacia percibida por un profesor pueda estar influida como un factor relevante por el grado de conocimiento que se tenga acerca de la materia a enseñar. Igualmente, Stodolsky y Grossman (1995), consideran que el Subject matter es uno de los organizadores primarios de la vida profesional de los profesores, influenciando aspectos tales como las prácticas de enseñanza, la forma como los profesores piensan el currículo y la enseñanza.

La importancia del conocimiento del contenido radica entonces en su influencia en las decisiones que el profesor toma en varios aspectos de su gestión de la enseñanza y el aprendizaje, tales como:

Estilo de la instrucción: Conocer bien el contenido de la materia a enseñar puede determinar que un profesor gestione o evite determinadas prácticas de enseñanza, Grossman, Shulman y Wilson (2005), indican el ejemplo de una profesora de inglés que evitaba el contacto visual con aquellos estudiantes que podían hacer preguntas difíciles ya que no conocía bien los contenidos de gramática relacionados con esta materia, en contraste su conocimiento de la literatura hacía que las clases fueren abiertas y se permitiera las preguntas y comentarios de los estudiantes.

Conocimiento de los fundamentos conceptuales centrales de la materia: Un conocimiento adecuado de la materia permite diferenciar cuales son los conceptos centrales y los temas de relevancia. Lo cual según Stodolsky y Grossman (1995), tiene influencia en la organización del currículo

Conocimiento de los fundamentos que subyacen a pruebas evaluativas particulares, lo cual permite una mejor orientación hacia los estudiantes para que puedan entender los aspectos de la prueba en los que hay que hacer hincapié, formular los ejercicios de enriquecimiento o entender las interrelaciones de las pruebas en diferentes capítulos.

Selección de contenidos de enseñanza: la confianza de un profesor en su conocimiento incide en los temas que decide o incluir o evitar, de tal forma que el currículo refleja los conocimientos que un profesor o un colectivo de profesores tienen respecto a una materia de enseñanza.

#### **4.1.1 La Estructura de las disciplinas.**

Como conocimiento de la materia a enseñar no se entiende únicamente conocer los contenidos específicos, ni las definiciones de un *corpus* teórico relacionado con una disciplina o un campo específico del conocimiento como puede pensarse inicialmente. Elementos que si bien son importantes dentro del conocimiento de la materia a enseñar resultan insuficientes al momento de comprender la complejidad que presentan en su mayoría las disciplinas que se enseñan. Para Shulman (1986), pensar acerca del conocimiento del contenido implica ir más allá del dominio de los hechos y conceptos de un dominio, es necesario comprender la estructura de la materia. Igualmente Shulman (2005), enfatiza esta necesidad al considerar que es relevante la comprensión de las estructuras de la materia enseñada, la cual según este autor comprende los principios de organización conceptual y los principios de indagación. El conocimiento de estos principios pueden ayudar a identificar cuáles son las destrezas y las ideas importantes en un ámbito del saber, de qué manera quienes generan conocimiento incorporan nuevas ideas y descartan las defectuosas y cuáles son las reglas y procedimientos de un buen saber académico y de la investigación. Estos principios según este autor pueden compararse con los que Schwab ha planteado como conocimiento de las estructuras sustantivas y sintácticas.

Igualmente, Grossman, Shulman y Wilson (2005), presentan las estructuras sustantivas y sintácticas como dimensiones que hacen parte hacen del conocimiento de la materia que influencia la enseñanza y el aprendizaje.

El significado de estructura se toma de Ferrer (1994. p. 1126) “Se entiende por estructura algún conjunto o grupo de elementos relacionados entre sí según ciertas reglas o grupo de elementos funcionalmente correlacionados”. Es decir que la estructura se puede entender como la disposición

y el orden de las partes dentro de un todo, existiendo un patrón según el cual los objetos y las interrelaciones están articulados. De tal forma que como estructura se entiende no solamente como los componentes de un sistema, sino la forma como se organizan teniendo en cuenta su distribución y orden.

Como estructura de una disciplina se puede entender según Bruner (1960) citado por Kliebard (1965), los conceptos básicos, principios, generalizaciones explicativas y puntos de vista, aunque estos componentes dependen en sí del tipo de disciplina a la que se refiera y a las percepciones individuales de lo que es fundamental para una disciplina. Esta distinción del concepto de estructura se propone en términos de la organización curricular, es decir no busca entender en sí la estructura de un campo de conocimiento tal y como es producido por los especialistas, por ejemplo, en Biología no se buscaría entender la estructura disciplinar tal y como es producida en los centros de investigación o en el ámbito de la comunidad científica, sino se busca entender la estructura como objeto de enseñanza. El plan de estudios dice Kliebard (1965), debe reflejar los puntos centrales de un campo, es decir aquellos elementos que resultan determinantes para comprender su organización para la enseñanza y el aprendizaje, los cuales para este autor corresponden a principios básicos, teorías, conceptos y similares que puedan ser adaptados para este propósito. Es decir que la estructura de la materia enseñar (subject matter) implica básicamente conocimientos que se presentan y la forma como estos conocimientos se organizan, para autores como Gess-Newsome y Lederman (1993), Lederman, Gess-Newsome y Latz (1994), los conocimientos son de naturaleza individual y corresponden a concepciones y/o la organización de un área específica de conocimiento.

La estructura de la materia a enseñar implica entonces el conjunto de principio explicativos (teorías, leyes, conceptos, hechos) y las interrelaciones que se pueden establecer entre estos. Se enmarca en general como la organización que tiene una disciplina como un sistema, en el cual no solo existe una serie elementos aislados entre sí, no se concibe como un catálogo de temas a enseñar, sino como un esquema en el cual los conceptos y demás principios explicativos de la disciplina interrelacionan subordinándose unos con otros, creando dependencia explicativa mutua –en la cual para entender un tema se hace necesario comprender la red de interacciones con otros- se conectan y se contradicen.

De tal forma que para la presente investigación, la estructura de la materia a enseñar se refiere a los conceptos y demás principios explicativos, a las interrelaciones y en general a la organización que tiene una disciplina, incluyendo sus procesos metodológicos.

#### **4.1.2 Estructura sintáctica.**

Schwab (1978)<sup>1</sup>, plantea que las estructuras de las disciplinas pueden ser entendida sintácticamente en términos de las formas lógicas que exhiben, afirmando que en una disciplina investigativa de carácter científico, habría que buscar diferentes métodos de verificación y justificación de las conclusiones y describir estos como constitutivos de la estructura disciplinar. Esta idea de los

---

<sup>1</sup> Si bien la mayoría de autores retoman a Schwab (1963), en la presente tesis se revisó a Schwab (1978)

elementos sintácticos de las estructuras de las disciplinas ha sido interpretado por Shulman (1986), desde una perspectiva que haría pensar un enfoque popperiano, ya que este autor considera que la estructura sintáctica corresponde a las “formas en que la verdad o falsedad, validez o invalidez son establecidas”, agrega seguidamente que cuando existe competencia respecto a una determinada fenomenología, la sintaxis de una disciplina provee las reglas para determinar cuál de estas demandas exhibe un mayor orden, siendo posible determinar lo que es legítimo decir en un dominio disciplinario y lo que rompe las reglas.

Este planteamiento ha sido retomado por otros autores, algunos de ellos colaboradores de Shulman, básicamente bajo la idea de considerar la estructura sintáctica como los aspectos de validación que existen al interior de las disciplinas, Grossman, Shulman y Wilson (2005), evidencian las estructuras sintácticas de una disciplina como los cánones de evidencia que son usados por una comunidad disciplinaria con el fin de guiar la investigación, son los medios por los cuales un conocimiento es introducido y aceptado en la comunidad.

Garriz y Trinidad (2004 p.15), presenta el concepto de estructura sintáctica como el “conjunto de formas que permiten establecer la verdad o falsedad, la validez o invalidez de alguna afirmación sobre un fenómeno dado” En esta afirmación estos autores retoman la idea de validación del conocimiento como parte de las estructuras de las disciplinas. Considerándose que la estructura sintáctica hacen referencia a los métodos de producción del conocimiento y las formas de validar y legitimar dicho conocimiento.

Estas afirmaciones respecto a la estructura sintáctica harían pensar que se hace referencia a un problema de tintes epistemológicos, en cuanto se relaciona con la formas como se produce o se considera que se llega al conocimiento científico, Schwab (1978), manifiesta que la estructura de las disciplinas científicas surge de los diferentes tipos de pruebas y diferentes maneras de interpretar la evidencia.

Esto significa que la estructura de una disciplina se deriva de las diferentes tipos de pruebas y de diferentes vías de interpretación de la evidencia. Para Schwab (1978), la veracidad de una afirmación no depende de sí misma, son el contexto, la estructura del problema, las pruebas, la inferencia y la interpretación en las cuales se inscribe, las que revelan los diferentes sentidos en los cuales la afirmación es verdad.

Se puede decir, entonces que la estructura sintáctica de una disciplina hace referencia a aquellos elementos que permiten llegar a consolidar los marcos explicativos y los elementos teóricos (leyes, teorías y conceptos) que conforman la base teórica de una disciplina. Se puede afirmar que conocer la estructura sintáctica de una disciplina para su enseñanza es comprender los ámbitos de producción del conocimiento, los cuales no se pueden generalizar ya que dependen de la dinámica particular de cada disciplina.

Ahora, los elementos a tener en cuenta para determinar cuál es la estructura sintáctica de una disciplina no son muy claros en la propuesta inicial de Schwab (1978) y en los autores que retoman esta propuesta no se establece claramente cuáles pueden ser dichos elementos- Muchos autores que retoman la propuesta de Schwab se centran en la estructura sustantiva y dejan de lado la estructura sintáctica-.

En una discusión que Schwab (1978), realiza acerca de la estructura de las disciplinas desde el positivismo de Comte, afirma que desde esta postura la estructura sintáctica de las disciplinas es relativamente simple. Cada disciplina presupone un orden uniforme de fenómenos accesibles a la observación, lo cual es suficiente para descubrir por inspección.

Nótese, que en esta afirmación se hace alusión directa una forma de alcanzar el conocimiento, lo que se puede considerar una metodología. Se da a entender que desde los presupuestos del positivismo de Comte para llegar a descubrir algo solo basta con aplicar la observación y reportar aquello que se observó. Eso implica que los aspectos sintácticos de la estructura de una disciplina están en concordancia con visiones particulares de cómo se alcanza el conocimiento y de los métodos que están acordes con dicha visión.

De allí que en la presente investigación se considere como estructura sintáctica a los procesos que están implicados en la producción del conocimiento – en este caso el Biológico- abordándose elementos tales como el papel de la observación, la experimentación, el experimento, las narrativas históricas entre otras metodologías que han sido reportadas como relevantes en la formulación de los principio explicativos de la Biología.

#### **4.1.2 Estructura sustantiva.**

La estructura sustantiva de las disciplinas es retomada por Shulman (1986), Garritz y Trinidad (2004), como parte del conocimiento del contenido, expresando que esta se debe entender como la organización de los conceptos básicos y principios de una disciplina que permite incorporar los hechos. Al igual que la estructura sintáctica, la estructura sustantiva de las disciplinas es un planteamiento original de Schwab (1978), quien expresa que las estructuras de las disciplinas puede ser aproximadas sustantivamente en términos conceptuales que permiten definir, delimitar y analizar la materia que se investiga. Para este autor las disciplinas presentan diferencias en las estructuras que son el resultado de la utilización por parte de los científicos de diferentes concepciones<sup>2</sup> de su subject matter para guiar sus investigaciones. A modo de ejemplo cita las diferencias que se presentan en la Física cuando se investigan todos los fenómenos como si surgieran de la conducta de las partículas, frente a las investigaciones que tratan fenómenos como movimientos ondulatorios.

Grossman, Shulman y Wilson (2005), consideran la estructura sustantiva como los marcos exploratorios o paradigmas que permiten guiar la investigación en un campo y dar sentido a los datos. Igualmente, Hauslein, Good y Cummins (1992), mencionan la estructura sustantiva como la descripción de las diversas formas como se organizan e interaccionan los hechos y conceptos, aunque estos autores citando a Shavelson (1974), indican que para los científicos de vanguardia en las disciplinas, la estructura sustantiva contiene las leyes, factores y principios de la disciplina y las relaciones conceptuales entre estos.

---

<sup>2</sup> En el texto de Schwab (1978) el autor utiliza el término conceptions. Se coloca aquí el fragmento textual del autor "...we would look for differences of structure which arise when different scientists use different conceptions of their subject matter to guide their enquiries" ( p.246).



Se visualiza entonces que la estructura sustantiva haría referencia a dos posibles aspectos de las disciplinas objeto de enseñanza, por un lado se contemplan los marcos exploratorios que pueden delimitar la investigación y que según Schwab restringen el tipos de preguntas que en un momento dado se hace en una disciplina y la forma como estas preguntas son abordadas, lo cual en Grossman, Shulman y Wilson (2005), corresponden a paradigmas, aunque en el texto estos autores no explicitan el sentido que tiene el término paradigma.

Sin embargo, la lectura de la estructura de las revoluciones científicas de Kunh (2004), permite aclarar para efectos de la presente investigación que la idea de paradigma puede ser considerada en relación con las estructura sustantiva de una disciplina, la razón que permite llegar a esta conclusión se fundamenta en las siguientes reflexiones sustraídas de libro en mención.

En primer lugar se considera como paradigma, Kunh (2004 p.14), los “logros científicos universalmente aceptados que durante algún tiempo suministran modelos de problemas y soluciones a una comunidad de profesionales” Esto implica según este mismos autor que las personas que se comprometen con un paradigma compartido, se orientan bajo las mismas normas y prácticas científicas. Los paradigmas vigentes en un momento dado vendrían a limitar la acción de la investigación delimitando los problemas que se investigan, las preguntas que se formulan y las maneras como se abordan las posibles soluciones.

De tal forma que el establecimiento de un paradigma en una comunidad permite durante algún tiempo, en el cual es reconocido, guiar su práctica ulterior. Esto se debe tal y como lo expone Kunh (2004), a que los paradigmas tienen dos características, la primera se relaciona con el hecho de que un paradigma carece de precedentes, siendo capaz de atraer un número duradero de partidarios, es decir se establece como una novedad. La segunda se relaciona con el hecho de que un paradigma define una serie de problemas por resolver. Los paradigmas de esta forma constituyen leyes, teorías, aplicaciones e instrumentaciones que proporcionan modelos de los que surgen tradiciones particulares y formas de investigación. Esto implica que los paradigmas vienen a definir los alcances y limitaciones de un campo específico de investigación.

Esta consideración de la estructura sustantiva implicaría diferentes marcos conceptuales que llevaría que una disciplina no presente solo una estructura sino que convivan diferentes estructuras en un momento dado o que a lo largo del desarrollo histórico de una ciencia se hayan tenido diferentes formas de estructuración. Schwab (1978), menciona para la Biología tres de formas de concebir a los organismos para los propósitos de investigación, los cuales se presentan brevemente aquí.

- Teniendo en cuenta el interés por la fiabilidad y la simplificación, los biólogos pueden concebir los organismos como muchos pares fijos determinados de conexiones causa-efecto. De esta concepción se deriva un modelo simple de experimentos, datos ordenados y relativamente fáciles de interpretar. Se deriva el conjunto de conocimientos, el cual tiene una estructura de catálogo.
- La flexibilidad como característica de los organismos: se considera la idea de homeostasis, en la cual el organismo se asume como una colección de puntos de equilibrio, alrededor de cada uno de estos ocurren un limitado grado de variación. Las investigaciones realizadas

bajo esta forma de considerar a los organismos busca cuáles son esos puntos de equilibrio, como el cuerpo viviente se puede desviar y retornar a estos y cuáles son los mecanismos que permiten la desviación el control de su rango y el retorno.

- El sistema o la unidad como característica del organismo: se concibe el organismo como un vasto y complicado mecanismo de retroalimentación (feedback) en el cual un daño o cambio en una parte es seguida por cambios correctivos en otras partes. Esta visión se niega a atomizar el organismo en muchos mecanismos correctivos, busca descubrir el sistema general de condiciones que definen “estar vivo” (las comillas son del autor). Entonces se trata de descubrir los sistemas concretos y específicos que cumplen estas condiciones generales.

Estos ejemplos implican diferencias sustantivas de la estructura, la cual según Schwab (1978), tiene efectos radicales sobre lo que se puede llamar conocimiento del sujeto a investigar. De tal forma que para esta investigación en parte el problema de la estructura sustantiva tiene que ver con aquellos aspectos que delimitan el estudio de un objeto particular en un momento dado. Esto implica que dependiendo de los marcos explicativos generales la proyección de la investigación en relación con un objeto de estudio particular puede cambiar, de manera que las consideraciones acerca un fenómeno no son iguales ni siquiera en una misma disciplina, Schwab (1978), ilustra esta situación, mencionando que existen diferencias en las investigaciones de Física cuando esta es abordada considerando los fenómenos desde el comportamiento de las partículas a cuando la investigación de los fenómenos se aborda como movimiento de ondas.

El segundo aspecto que se considera como parte de la estructura sustantiva, se relaciona con lo anterior ya que las diferentes visiones que se emplean para abordar el estudio de un objeto particular de conocimiento, llegan a delimitar lo que es lícito decir acerca de dicho objeto. Es decir la estructura sustantiva está relacionada con los principios explicativos (leyes, teorías, conceptos) que se derivan de los marcos generales que delimitan a una disciplina en particular y la forma como estos principios se interrelacionan para dar una unidad de contenido.

De tal forma que para la presente investigación la estructura sustantiva se refiere los principios explicativos de la materia a enseñar (en este caso la Biología), las interrelaciones que se pueden establecer entre estos y los marcos explicativos generales que han guiado de alguna manera la constitución del Conocimiento Biológico.

#### **4.2 Estructura del Conocimiento Biológico.**

Precisar cuáles son los elementos que conforman la estructura del Conocimiento Biológico es bastante problemático en el sentido que al ser un conocimiento bastante diverso pueden existir diversas maneras de considerar su estructura. Schwab (1978), menciona que la Biología puede tener aproximadamente seis estructuras, aunque este autor no especifica cuáles son estas. Valbuena (2011), manifiesta así mismo que existe diversidad de propuestas acerca de la estructuración de este conocimiento.

En este apartado se hace una revisión acerca de algunos elementos que pueden ser tenidos en cuenta al momento de caracterizar estructuralmente el Conocimiento Biológico, los cuales se

derivan de categorías propuestas por el grupo Conocimiento Profesional del Profesor de Ciencias para caracterizar este conocimiento y de la revisión bibliográfica de autores.

#### **4.2.1 Estructura Sustantiva del Conocimiento Biológico.**

Para el propósito de la presente investigación se considera la estructura sustantiva del Conocimiento Biológico como aquellos elementos que hacen referencia por un lado al objeto de estudio y el conjunto de principios, leyes, teorías y conceptos que conforman su marco teórico y que se especifican como organización discursiva, así como los marcos exploratorios o conceptuales que lo han delimitado, en este caso se identifican tendencias tales como mecanicismo, el vitalismo, el holismo y sistémica.

##### **Objeto de estudio.**

Aunque, el objeto de estudio no se contempla en las propuestas iniciales acerca de la estructura sustantiva, se incluye como un elemento esencial ya que cada disciplina y sus principios explicativos se conforman alrededor de un objeto particular desde el cual se fundamenta la razón de ser de la investigación. Es decir el conjunto de principios explicativos de una disciplina se alcanza en relación a un objeto que permite diferenciarla de otras disciplinas y en torno al cual se estructura el conocimiento haciendo mención de su naturaleza, propiedades, sistemas e interrelaciones.

En la Biología este objeto de estudio según Jacob (1986), empezó a configurarse entre finales del siglo XVIII y comienzos del siglo XIX, es en este periodo de tiempo cuando el estatuto en el cual se sitúa a los seres vivos cambia en relación con la visión que de los mismos se tenía desde la antigüedad hasta el renacimiento. Igual idea se puede encontrar en Valencia (1989), quien afirma que la Biología no existía antes del periodo de tiempo antes mencionado, este autor es radical en su afirmación cuando manifiesta "... para desconcierto, incomodidad y asombro de algunos "biólogos", antes del siglo XIX no podemos hablar de Biología y si esto es así, es porque lo vivo mismo no existía", esta afirmación no implica que aquello a lo que llamamos plantas o animales fuera creado desde la Biología, sencillamente según Jacob (1986), la mirada que de estos se hacía no correspondía a un conjunto de seres que se diferenciaban del resto de las cosas, en pocas palabras la Biología como tal no podía ser delimitada ya que no existe ningún objeto en torno al cual enmarcar sus investigaciones.

Para Jacob (1986), esta delimitación que diferenciaría al Conocimiento Biológico de la historia natural y de las tendencias fisicalistas, como lo fue por ejemplo el mecanicismo, lo constituyó la aparición del sentido de la organización, esta es entendida como el orden profundo que subyace a las estructuras visibles, son el conjunto de interrelaciones que permiten articular las partes en función a un orden que es dictado por el todo, los órganos visibles están coordinados por unas funciones invisibles. "los seres se distinguen de las cosas por su organización" Jacob (1986). La cual constituirá el conocimiento de lo vivo, conformará el objeto de estudio de lo que hoy conocemos como Biología. Ciencia cuyo nombre y concepto se debe conjuntamente a Lamarck, Treviranus y Oken.

Esto permite pensar que cuando Valencia (1989), determina que no existía la Biología, no lo hace en el sentido de desconocer o ridiculizar las ideas que permanecieron en torno a los seres desde la

antigüedad, lo manifiesta en el sentido que el estatus de científicidad de la Biología como ciencia de lo vivo, solo tuvo sentido cuando contó con un objeto de estudio que permitiera, tal y como lo manifiesta “pasar de la historia natural (con la científicidad que le era propia) a la Biología (como ciencia no de la clasificación, sino de las correlaciones específicas de los diferentes organismos) no se efectuó en la época de Cuvier sin la transformación de una positividad en otra.” La Biología surgiría entonces no como la continuidad de un discurso desde el cual se consideraba a los seres desde su estructura visible, sino como un rompimiento en la manera de considerarlos, esta manera según Jacob (1986), aparece una nueva ciencia que estudia al ser vivo al que una cierta organización confiere unas propiedades singulares.

La posibilidad de la emergencia de la Biología como una ciencia autónoma implica entonces un rompimiento, una modificación del discurso, desde el cual se centra la naturaleza discontinua de esta ciencia con relación a la tradición del saber que hasta entonces se había considerado como verdadero. En palabras de Valencia (1989, p.10), “la Biología no es el resultado de una acumulación de saber en dónde los logros de cada época son el escalón para nuevas formulaciones, sino el ejercicio de una racionalidad que encuentra su expresión en la confrontación de posiciones, conceptos y teorías que llevan a la pérdida de concepciones tenidas por verdaderas”.

Estas concepciones tenidas como verdaderas hacen referencia a las perspectivas que dominaron el pensamiento desde la Antigüedad hasta el Renacimiento, las cuales no permitían visualizar a los seres vivos como diferentes a las cosas. De tal forma que se llegó a considerar según Jacob (1986), en el siglo XVI a los seres vivos bajo las mismas ideas que desde la antigüedad griega habían sido consideradas para explicar cualquier ser o cosa de la naturaleza. Este autor plantea “ Cuando Cardan, Fernel o Aldrovando hablan de los seres, repiten más o menos lo que ya decían Aristóteles, Hipócrates o Galeno” estas ideas que tuvieron una permanencia de más o menos 21 siglos hacían las siguientes apreciaciones

- Existe una composición similar común a todos los cuerpos de este mundo, las cosas así como los seres son la combinación de cuatro elementos, a saber el fuego, el agua, el aire y la tierra.
- La forma caracteriza a los cuerpos, esta precede la creación de las cosas.
- Teniendo en cuenta las dos anteriores, cada ser o cosa es una combinación particular de materia y forma.
- La naturaleza es el artífice que coloca la forma en la materia para crear astros, piedra o seres, mas esta solo actúa bajo los diseños de Dios. Las cosas y los seres son producto de un acto de creación, la expresión de un poder supremo, una inteligencia que tras decidir hacer el mundo, lo ordena, lo conserva y lo dirige.
- “El orden establecido en un ser vivo no se distingue del que reina en el universo. Todo es naturaleza y la naturaleza es una” (Jacob, 1986 p.21). De esta manera no existe discontinuidad entre las cosas y los seres.

Con el advenimiento del siglo XVII, las ideas que se tienen acerca de los seres vivos cambiarían. Con el desarrollo de la física newtoniana y el desplazamiento que se da en el conocimiento hacia

el desciframiento de la naturaleza por la razón humana, desde el cual ya no se busca según Jacob (1986), la contemplación de la naturaleza, sino captar los fenómenos, penetrar en ellos, unirlos por medio de leyes, reducir su complejidad a la simplicidad de los elementos que los componen. Los seres vivos serán explicados, analizados desde la perspectiva mecanicista, obedecen a sus leyes que se expresan en forma de cálculos.

Los seres vivos serán entonces considerados máquinas que se insertan en una naturaleza que obedece ya no a los designios de Dios, sino a las leyes de la razón, las cuales indican que la naturaleza entera es una máquina que obedece a las leyes del movimiento. Según Mahner y Bunge (2000), el mecanicismo puede tener dos versiones, el fisicoquimicalismo y el maquinismo, el primero implica que los organismos son sistemas físico-químicos extremadamente complejos, sin leyes o propiedades propios; el segundo afirma que los organismos son propiamente máquinas.

De esta manera surge una nueva unidad en la naturaleza, astros piedras y seres se pueden explicar bajo las mismas leyes fundamentales, ya no por analogía sino por los principios físicos que son comunes a todos. Un ser vivo podrá ser analizado entonces al igual que cualquier cosa del universo en términos del movimiento. En esta época no existen criterios que permitan hacer rupturas en la naturaleza, la continuidad que existe fundamentada en las leyes de la Física y la mecánica impediría según Mayr (2006), establecer diferencias entre la materia viviente y la inerte. Por lo tanto en este periodo se carecería de una autonomía en el conocimiento que permitiera pensar en el surgimiento de una ciencia que se centrara exclusivamente en el estudio de lo vivo.

Como reacción a esta tendencia surgiría el vitalismo, el cual fundamenta la existencia de un principio vital, una fuerza vital, la cual según Jacob (1986), es considerada una cualidad particular de la materia constituyente de los seres vivos, a esta fuerza según Mayr (2006), se le denominó *Lebenskraft o vis vitalis* y a quienes afirmaban su existencia se les conoció como vitalistas, tendencia que constituyó toda una línea de pensamiento que se puede situar desde comienzos del siglo XVII hasta principio del siglo XX. Esta tendencia que incluso se prolongó más allá del surgimiento de la Biología como ciencia moderna, llegó a un desuso como posible explicación de lo vivo en tanto los experimentos que se hicieron para demostrar la existencia de la *Lebenskraft* fracasaron, y el surgimiento de la genética y de la Biología Molecular habría de ocuparse y resolver parte de los problemas que se pretendían resolver con el vitalismo (Mayr, 2006), parecería que la discusión a este respecto se zanjaría con esta simple alusión y bastaría para considerar a la Biología potencialmente diferente a otras ciencias.

Sin embargo, el concepto de organización resultaría no ser el punto de llegada, sino más bien el punto de partida para una serie de discusiones e incógnitas que doscientos años después de la aparición del término Biología aún rondan el estatuto de esta ciencia y que hacen que la delimitación de su objeto de estudio siga siendo problemático en la medida que existen particularidades en torno a la naturaleza de determinados significados que giran en torno a lo vivo como lo son:

1. El asunto de la Teleonomía, como indicativo de la existencia de una finalidad en la existencia de los seres.

2. El papel de la Física y la Química en la delimitación de lo vivo y su subsecuente reduccionismo.
3. La Biología como una ciencia no unificada. En la cual subsisten existencia al menos dos ramas claramente definidas, tal y como lo define Mayr (2006), una relacionada con la fisiología o Biología Funcional y la otra relacionada con la evolución o Biología evolutiva.

Hoy en día el estatuto del objeto de estudio de la Biología ha superado la simple concepción de organismo como un conjunto de estructuras que se relacionan entre sí para generar determinado orden y generar de estas interacciones el funcionamiento del ser vivo. El nivel descriptivo tiende a considerar que un organismo es un sistema, cuya característica esencial según Maturana y Varela (1994), es la capacidad que tiene de transformar la materia, generando como producto su propia organización, esta propiedad que estos autores denominan autopoiesis implica reconocer que se presenta una organización “como un sistema de procesos de producción de componentes concatenados que generan los procesos (relaciones) de producción que los producen a través de sus continuas interacciones y transformaciones”

Estos componentes concatenados son considerados, no como simples estructuras que se relacionan unas con otras se consideran según Mahner y Bunge (2000), como biosistemas, esta concepción de lo vivo según estos autores, se puede adoptar como una tercera posición que ellos denominan biosistemismo, desde la cual se reconoce a los seres vivos como compuestos por subsistemas fisicoquímicos, pero a diferencia del fisicoquimicalismo se reconoce la existencia de propiedades emergentes, en particular leyes de las que sus componentes carecen.

Desde esta consideración, Mahner y Bunge (2000), afirman que “las unidades de la ciencia biológica son el organismo-en-su-ambiente, así como sus diferentes subsistemas (moléculas, órganos) y supersistemas (población, comunidad, ecosistemas), tienen cierta composición. Estos biosistemas serían de dos clases; los elementales, cuya implicación es no estar compuestos por otros biosistemas y los sistemas compuestos que presentarían al menos dos biosistemas en su composición. Siendo el biosistema más inclusivo el organismo por cuanto no estaría supeditado a componer otros biosistemas de mayor complejidad. Estos biosistemas no se comportarían como simples agregados estructurales ya que en la medida de sus interrelaciones y complejidades emergen propiedades que no se encontrarían en cada biosistema.

Esta conceptualización del organismo como biosistema integrado, implicaría entre otras cosas que el reduccionismo el cual ha sido una constante preocupación en la diferenciación de la Biología con respecto a la Física y a la Química carece de sentido ya que los componentes estructurales de un biosistema como por ejemplo las moléculas que lo componen no permiten por si solos hacer una explicación completa de las propiedades emergentes que se presenta a medida que se integran los distintos biosistemas que conformaran el organismo. Los organismos deben ser entonces estudiados desde una perspectiva holística que implique un acercamiento como sistema altamente complejos no reductibles a sus compuestos.

Es de resaltar que la idea de Biosistema planteada por Mahner y Bunge (2000), no se limita a considerar los sistemas menores al organismo. En este planteamiento se propone la existencia de sistemas superiores o mayores al organismo como lo son por ejemplo los ecosistemas, las

comunidades y las poblaciones. Esto implica que en la Biología no solo se puede establecer los organismos, su estructura y funciones como objeto de estudio, sino que puede pensar que los biosistemas mayores al organismo son objeto de estudio de la Biología.

Así mismo, Bertalanffy (1963), considera que un organismo es un sistema, un complejo de elementos que se encuentran en una relación recíproca en la cual está implicado el principio de totalidad. Este principio enunciado como parte de lo que este autor denomina concepción organísmica hace referencia al hecho de la modificación de las propiedades de las partes cuando están en coordinación con el conjunto, de manera que un órgano, un tejido, una célula o las sustancias que están presentes en un organismo tienen propiedades diferentes y se comportan de manera distinta cuando son aisladas. Ese principio considera la imposibilidad de reducir o entender el todo a partir de sus partes, lo cual evidencia la imposibilidad tal y como lo plantea Mayr (2006) de considerar en el marco explicativo de la Biología la reducción del todo a sus componentes más pequeños, de tal manera que la explicación sería tarea fácil una vez se inventariara y se conociera la función de las partes.

El organismo como un todo implica la existencia de propiedades emergentes cuando los distintos componentes de la organización se integran, conocer estas propiedades según Bertalanffy (1963), constituye el sentido, la tarea de la Biología. De tal forma que el objeto de estudio de esta ciencia se guía no simplemente a contemplar a los seres vivos o a estudiar aspectos particulares, sino a entender la organización misma.

Resumiendo (tabla 3) el estatuto de los seres vivos ha cambiado a través del tiempo, ha estado sujeto a distintas condiciones de pensamiento y conocimiento que han limitado la mirada del hombre no solamente hacia el mundo que le rodea sino también la concepción de sí mismo, de su papel en el mundo. En el transcurso de la historia se ha pasado desde una perspectiva que no los diferenciaba de las cosas a una mirada que los ve como organizaciones altamente complejas

Tabla 3 Consideraciones acerca de lo vivo teniendo en cuenta a Jacob (1986); Mahner y Bunge (2000); Maturana, Varela (1994); Mayr (2006); Valencia (1989) Bertalanffy (1963).

Época	Denominación	Estatus de lo vivo	Nivel explicativo
Antigüedad-Renacimiento(siglo XVI)	Predomina el animismo.	Los seres vivos no tienen un estatus propio, no se diferencian de las cosas, hacen parte de un continuo natural creado. Únicamente se diferencian por su forma, mas no por su esencia. Forman parte de un continuo natural y secuencial que va de las cosas inanimadas al hombre.	Al no ser diferentes a las cosas y demás cuerpos de la naturaleza, se explican por analogías en relación con su estructura visible, la cual se replica en otros seres y cosas de la naturaleza. Están sumergidos en un manto de creencias y mitos.

Siglo XVII y Siglo XVIII	Mecanicismo.	Los seres vivos son considerados maquinas, obedecen a las leyes del movimiento(mecánica) Son analizados en términos de fuerzas, movimientos, poleas y embragues.	Son analizados en términos de sus partes (reduccionismo), no existe la necesidad de un estudio diferenciado ya que cumplen las leyes del movimiento al igual que cualquier objeto del universo.
Siglo XII Comienzos del siglo XX.	Vitalismo.	Las particularidades de lo vivo son explicadas desde la existencia de una fuerza vital o Lebenskraft, la cual es responsable de la existencia de la vida.	Según Jacob(1986)el vitalismo fue un avance en el establecimiento de un estatus propio de los seres vivos, conto con aceptación incluso dentro de la Biología.
Siglo XIX.	Organicismo.	Los seres vivos adquieren una autonomía, dada por la idea de la existencia de una organización.	La existencia de la organización se da como un rompimiento epistémico que permitió diferenciar a los seres vivos y darles un estatus propio que según Jacob(1986) permitió el surgimiento de la Biología como ciencia autónoma.
Mediados del Siglo XX.	Biosistemas.	Se considera a los seres vivos como biosistemas complejos, estructurados por otros biosistemas desde los cuales emergen propiedades que configuran el organismo como un todo o unidad diferenciada e individual , capaz de regularse y construirse a sí misma	Su estudio escapa a los métodos experimentales. Su descripción supera las barreras del organismo mismo, al situarlo en una perspectiva holística desde la cual no puede ser reducido a su partes ya que los diferentes biosistemas que lo conforman configuran propiedades emergentes que no se



		mediante procesos fisiológicos y adaptativos, denominados autopoiesis (Maturana, 1994) que permiten mantener y crear la organización.	encuentran en los componente básicos. El sentido de autopoiesis remite al estudio de sistemas que van más allá de los límites del organismo, como lo son el ecosistema, la biosfera.
--	--	---	--

### **La autonomía de la Biología.**

La autonomía de la Biología como ciencia ha sido en el transcurso de su desarrollo un aspecto polémico ya que no existe una idea unificada de su estatus epistemológico. Esta consideración se presenta en forma de dos posiciones, la que considera a la Biología subordinada a la Física y aquella que considera a la Biología como una ciencia autónoma con una serie de elementos que le dan un estatus propio no reducible a las leyes y principio explicativos de las ciencias fisicoquímicas.

En la historia de la Biología se han presentado tendencias que buscan establecer diferencias y evitar el reduccionismo, la que más influencia o notoriedad ha tenido se conoció como el vitalismo, surgió según Mayr (2006) como reacción al mecanismo cartesiano que consideraba a los organismos como máquinas. El vitalismo ocupó un lugar preponderante en la Biología hasta mediados del siglo XX, teniendo exponentes notables como Bergson y Driesch. Como ya se había indicado, la idea central definida y defendida por los vitalistas consideraba que “el movimientos y demás manifestaciones de la vida en los organismos son controlados por una fuerza invisible, la *Lenbensskraft* o *vis vitalis*, Mayr (2006. P, 38)

Esta fuerza vital marcaría la diferencia entre los seres inertes y los seres vivos, la invocación de esta fuerza misteriosa permitiría considerar algunas de las características de los organismos que no se presentan en los objetos y que por consiguiente no pueden ser explicadas desde la perspectiva de la Física. Como por ejemplo la capacidad de reproducción, la fecundación, etc.

El vitalismo perduró desde principios del siglo XVII hasta comienzos del siglo XX, su fin fue posible en la medida que la visión que se tenía acerca de los organismos fue cambiando, permitiendo que la Física y la Química tomaran nuevamente posición en su estudio. La posibilidad del análisis fisicoquímico, vendría acompañada según Jacob (1986), de un cambio de estatuto de la organización, refiriéndose al hecho que la estructura de los elementos determina la estructura y su integración, de tal forma que la explicación de los procesos biológicos se desplazarían hacia el estudio de sus componentes. Implicaría esto que la complejidad puede ser reducida al entendimiento de unos pocos elementos y que esencialmente la Biología puede ser reducida a los principios físicos, perdiendo su autonomía y por lo tanto se consideraría una rama de la Física

Es precisamente el argumento de la complejidad el que es utilizado por Mayr (2006), para considerar que los organismos no pueden ser explicados en términos de las leyes Físicas y que por la tanto la Biología tendría principios propios que permitan explicar la complejidad de los organismos, siendo una ciencia autónoma. Desde este argumento se piensa que contrario a lo que afirma el reduccionismo no se puede realizar una explicación completa de los sistemas aislando sus componentes básicos. Esto se debe a que en los distintos niveles de organización que presenta un organismo emergen relaciones que no se encontraban en el nivel anterior, por ejemplo los distintos componentes moleculares de la célula no pueden por sí mismos y en forma aislada dar una idea de la complejidad organizacional de la célula. Según Jacob (2006), la organización es mirada desde una perspectiva de integración y de una complejidad que se acrecienta como el resultado de integraciones sucesivas que resultan en la medida que los elementos se comuniquen entre sí y modulen recíprocamente sus actividades particulares en función con el objetivo que persigue el conjunto.

Esta postura implicaría que la Física y la Química se relacionan con la Biología en el sentido de lograr una explicación de los componentes básicos que sustentan cada uno de los niveles de organización que se presentan en los organismos, se defiende desde esta postura el hecho de que la realidad de los seres biológicos es irreductible a la Física y por lo tanto el análisis que se hace de esta realidad se debe construir desde perspectivas más holísticas, esto lo reafirma Mayr (2006), cuando menciona que al tornarse obsoleto el vitalismo, la mayoría de los biólogos adoptó un organicismo holístico, rechazando las formas más extremas del reduccionismo. El enfoque holístico implica el estudio de las interacciones entre los componentes del sistema, pero con el único fin de comprender el sistema como un todo no reductible a sus componentes.

Bertalanffy (1963), afirma que considerar a los organismos implica una tendencia diferente al mecanicismo y al vitalismo ya que ambas tendencias al buscar negarse mutuamente reafirman una forma reductible de considerar a los organismos como máquinas. Considerando este autor la concepción organísmica, la cual implica tres principios básicos: la totalidad (el organismo como un todo no reductible a sus partes, la dinámica (el organismo como un sistema que cambia y se acomoda a las circunstancias) el organismo como principio (no solamente como resultado de estímulos externos, sino con un funcionamiento propio).

Desde el enfoque holístico el análisis biológico debe abordarse teniendo en cuenta los siguientes principios, según Mayr (2006):

- Los sistemas biológicos son ordenados, deben sus propiedades a una organización y no simplemente a sus propiedades fisicoquímicas de los componentes fisicoquímicos.
- En los sistemas complejos, como lo son los biológicos, aparecen en forma emergente propiedades que no se encuentran en los componentes y tampoco pueden ser predichas a partir del conocimiento de los componentes.
- Las propiedades de un sistema complejo no son necesariamente reductibles, (o explicadas por los niveles inferiores del sistema.

-Los sistemas biológicos almacenan información adquirida históricamente y no accesible al análisis fisicalista reduccionista.

Esta perspectiva de la no reducción de los sistemas biológicos a sus componentes fisicoquímicos implica que la Biología tampoco puede ser reducida a los principios explicativos de la Física y la Química y que por lo tanto presenta una autonomía teórica que implicaría que los organismos no pueden ser explicados desde la mayoría de las leyes y principios utilizados para explicar los seres inertes. Las regularidades presentadas en el mundo viviente no son casos especiales de las teorías físicas ya que muchas de las teorías biológicas no se derivan directamente de principios de leyes o principios físicos (principio de derivabilidad) considerándose que estas no son una consecuencia lógica, como es el caso de los principios que constituyen la teoría evolutiva, ninguno de los cuales tiene paralelo o surgió desde la física. Tampoco, se cumple el principio de conectabilidad, el cual implicaría que todos los términos de la Biología pueden ser redefinidos por términos que estén presentes o sean propios de la Física.

Esto implica según Bertalanffy (1963) que los principios básicos de explicación en Biología son diferentes a la Física en tanto es imposible desdoblar de modo completo los fenómenos de la vida a unidades elementales. Como ya se indicó el problema de la Biología es la organización, por lo tanto para este autor esto implica leyes propias que permitan conocer las interrelaciones y las propiedades inherentes que surgen cuando las partes son modificadas por el todo.

### **Los principios explicativos en Biología.**

Como se indicó anteriormente los principios explicativos que constituyen a una disciplina se consideran en esta investigación como parte fundamental de la estructura sustantiva. Se presentan a continuación algunas reflexiones que permitan delimitar la naturaleza de los principios explicativos en el Conocimiento Biológico.

Según Mayr (1982), un criterio para realizar el diagnóstico de las ciencias consiste en el establecimiento de leyes y su capacidad determinista y predictiva. Fischer, Wandersee y Moody (2000), hacen mención de la regla de Bronowsky, según la cual la confianza en una ciencia está determinada por el grado que esta sea hecha matemática, esto se puede significar como el hecho de que los principios explicativos de una ciencia puedan ser expresados en términos de algoritmos o ecuaciones matemáticas. De tal forma que el conocimiento teórico de una ciencia es valorado en término de poder ser reducido a unos pocos principios preferiblemente matemáticos que no solo expliquen el fenómeno como tal sino que además permitan conocer su estado futuro. Esta perspectiva es difícil de mantener en el conocimiento Biológico, no porque este carezca de regularidades, sino como lo plantea Mayr (1982), estas son casi que invariablemente de naturaleza probabilística. Esta tendencia probabilística en el estudio de los fenómenos biológicos, estaría presente en el pensamiento que dio lugar al desarrollo de la Biología a mediados del siglo XIX y según Jacob (1986), constituyó toda una corriente de pensamiento, no solo presente en la Biología, sino en muchas ramas de otras ciencias, como por ejemplo la termodinámica en las ciencias Físicas, en las cuales el estudio de los fenómenos se empezó a dar en términos de poblaciones en la razón que implicaba un número alto de entidades o unidades.

La Biología se torna indeterminista en el sentido no de la imposibilidad de dar explicaciones, sino en el sentido de permitir predicciones probabilísticas, no absolutistas, según Mayr (1982), “debido a la complejidad de los sistemas jerárquicos, el alto número de posibles opciones en cada paso y las numerosas interacciones de procesos que se dan simultáneamente” (p.11) Este sentido la alta complejidad de los sistemas vivientes con interacciones y propiedades que emergen en los distintos niveles de su organización (incluyendo los poblacionales, los ecológico y evolutivos) harían de estos sistemas cuyos estados solo pueden ser predictivos en el sentido de la probabilidad, en la cual se manifiesta puede ser, puede ocurrir, pero en el cual el viraje de los acontecimientos puede manifestar comportamientos inesperados.

Según Mayr (1982 y 2006), las generalizaciones en Biología se organizan dentro de un marco de conceptos, de tal manera que el progreso en las ciencias biológicas se puede considerar en buena medida el desarrollo de conceptos o principios. Los cuales pueden estar estructurando unidades explicativas mayores, como lo son las teorías, por ejemplo la teoría sintética de la evolución tiene por conceptos principales a selección natural y variabilidad genética, entre otros. Es decir en Biología la unidad fundamental de la organización del conocimiento es el concepto, los cuales no implican necesariamente la reducción a principios fundamentales, sino que pueden describir la complejidad y la interrelación que los fenómenos biológicos poseen. De tal forma que esquematizar o analizar la estructura del Conocimiento Biológico implica tener claro al menos cuáles son los conceptos fundamentales y sus interrelaciones. Estos conceptos deben permitir entender el conocimiento Biológico en toda su dimensión, la cual citando a Canguilhem (1976), puede corresponder a características tales como: especificidad, individualización, totalidad e irreversibilidad.

Por lo tanto preguntarse acerca de la estructura sustantiva del conocimiento Biológico implica situar los principales conceptos, la forma como se organizan en el marco de teorías y tendencias explicativas – mecanicismo, organicismo, holismo, sistemas- las interrelaciones que se establecen entre los mismos y su relación con diferentes ramas de la Biología

#### **4.2.2 Estructura sintáctica del Conocimiento Biológico**

En este apartado se presentan algunos de los elementos que permiten considerar la estructura sintáctica del Conocimiento Biológico, la cual para esta investigación se consideró como las formas de producción del conocimiento. Se hace énfasis en la naturaleza múltiple que esta estructura presenta, siendo imposible reducir su dinámica a un único método o enfoque investigativo

En primer lugar se presenta la realización de experimentos, los cuales han sido considerados tradicionalmente como una de las bases fundamentales de las ciencias, de tal forma que la condición de científicidad de un hecho, acontecimiento o fenómeno está determinado por la capacidad de que pueda ser sometido a la experimentación, al menos así se pensó desde la epistemología clásica de las ciencias.

Los experimentos en Biología han sido identificados por Mayr (2006), como propios de la fisiología (la cual este autor denomina como Biología Funcional), la aplicación de este método la presenta Canguilhem (1976), cuando manifiesta que para Claude Bernard, “solo a través de la

experimentación se pueden descubrir las funciones biológicas” (p. 19). Esto implica que es necesaria no solo la observación pasiva de las estructuras y los órganos para deducir la función, sino que es necesario intervenir sobre el órgano y su función para llegar a conocerla. Esta actitud hacia la consideración de los organismos surge según Canguilhem (1976), con el concepto de medio interno, el cual es causa y efecto de las experimentaciones, y ha exigido sobre todo una conversión teórica que permita superar la concepción del medio exterior. Concebir el medio interno dice este autor fue un elemento necesario para fundar la Biología experimental.

El fisiólogo por medio del análisis experimental debe llegar en consecuencia a descomponer el organismo, aislar sus componentes pero sin concebirlos aisladamente. Se concibe que experimentalmente el todo puede ser entendido mediante el estudio de sus partes, siendo posible la aplicación de los métodos de la física y la química para analizar los fenómenos biológicos, sin desconocer los fenómenos específicos y las leyes particulares de la Biología. Para entender experimentalmente a los seres vivos la fisiología ha empleado básicamente dos formas, la primera consiste en inducir enfermedades, imitando estados patológicos, provocando lesiones lo más localizadas posibles y analizando sus consecuencias, las lesiones pueden ser inducidas por medios mecánicos o químicos.

La segunda forma empleada experimentalmente por la fisiología, la constituye la introducción de variaciones en el medio ambiente, para hacer aparecer determinado fenómeno basta con colocar un ser vivo, un órgano, un trozo de tejido en unas condiciones ambientales bien concretas y luego se hacen variar las condiciones. La experimentación en este sentido se fundamentaría en hacer variar los factores que entren en contacto con la parte externa de un ser vivo, ya que estos factores ejercen algún efecto sobre el ser vivo, se buscaría entender las funciones o variables internas a través de la modificación mediante medios físicos y químicos de variables externas.

Los experimentos en fisiología, buscan la manipulación directa de los organismos, haciendo variaciones del orden estructural y funcional, las cuales consisten en la supresión deliberada de las estructuras o modificación del funcionamiento de las mismas, para después comparar con las estructuras y las funciones que exhiben los organismos no sometidos a modificación, de manera que los experimentos en fisiología siguen la práctica de tener grupos control o testigos que permitan determinar hasta donde un comportamiento o la supresión de un proceso se debe a la intervención que se da sobre los organismos.

En segundo lugar, se tiene como un método en la conformación del conocimiento Biológico a las narrativas históricas, estas según Mayr (2006), son propias de la Biología evolutiva, la cual según este autor estudia las causas remotas. Las narrativas históricas estarían más acordes a lo que Sober (1996), denomina particulares históricos, secuencias particulares de acontecimientos históricos. Desde este punto de vista el estudio de la evolución estaría más centrado en este tipo de acontecimientos, la Biología estaría más interesada por reconstruir, por llegar a comprender los sucesos que han permitido los cambios en las especies, describiendo objetos particulares, sin pretender llegar a la formulación de leyes, entendidas estas como aquellos enunciados que adoptan la forma de si-entonces, características de la física .

Sober (1996), presenta como la filogenética y la paleobiología son esenciales para el entendimiento de la evolución, al referirse al pasado remoto pueden ser consideradas desde un punto de vista histórico, la filogenética al pretender la reconstrucción de las relaciones genealógicas tendría el objetivo de una ciencia histórica y haría mención a objetos particulares en tanto las relaciones filogenéticas entre dos especies difícilmente pueden ser generalizables al conjunto total de las especies que habitan el planeta. La paleobiología por su parte adquiere el estatus de ciencia histórica en tanto pretende la reconstrucción a partir del registro fósil de acontecimientos del pasado.

Al mencionar la narrativa histórica en Biología como un aspecto importante en su estudio, no se está haciendo una simple mención metodológica, se está reconociendo que estas se debe realizar en cuanto reconoce un atributo presente en los organismos y no está presente en los fenómeno Físicos o químicos, según Bertalanffy (1963. p.124), “los organismos aparecen como seres históricos” en tanto tienen una historia evolutiva y sus condiciones cambian en relación con el tiempo

Esta visión de la producción del Conocimiento Biológico, es formulada por Mayr (2006), sin embargo en esta investigación se considera que definir un método como restringido a una u otra rama de la Biología deja de lado el hecho de que los métodos de investigación obedecen más a los problemas que se plantea la comunidad científica, a los paradigmas vigentes en determinado momento y a las condiciones contextuales asociados a la dinámica de las comunidades científicas. De manera que al analizar la estructura sintáctica de la Biología se debe entender que estos métodos expuestos, primero no se restringen a una u otra rama de la Biología y en segundo lugar que estos no son los únicos métodos de producción del Conocimiento Biológico que se reportan a través del desarrollo histórico de este conocimiento.

Es así como, no se puede descartar la utilización de experimentos en ramas diferentes a la fisiología, incluso muchas de las evidencias acerca del origen de la vida y la evolución proceden de la realización de experimentos. Dawkins (2010), presenta en su libro titulado “evolución” varios ejemplos acerca de posibles experimentos que han permitido comprender el proceso evolutivo, aquí se presenta uno de estos ejemplos.

Dawkins (2010), menciona un experimento realizado con ratas, las cuales fueron seleccionadas artificialmente para resistir el deterioro de los dientes, realizando el seguimiento durante 17 generaciones, se obtuvo que el periodo sin deterioro por la caries aumentara hasta cuatro veces después de solo una docena de generaciones de selección sistemática contra la caries. Para este autor este tipo de trabajos constituyen verdaderos experimentos en tanto se comparan resultados obtenidos de manipulaciones o intervenciones deliberadas.

Además, con respecto a otras formas de abordar la producción del conocimiento Biológico se puede decir que dado la diversidad de problemas, así como las diferentes ramas que subsisten al interior de la Biología, se pueden mencionar por ejemplo los estudios poblacionales de corte estadístico, los estudios comparativos y taxonómicos – Esto son mencionados por Castro (2011) siguiendo a Hacking, como estilos de razonamiento - el primero según Castro (2011, p. 7), implica “El análisis estadístico de regularidades dentro de las poblaciones y el cálculo de probabilidades”. Según Jacob (1986) con la introducción a mediados del siglo XIX de los estudios estadísticos, la

Biología al igual que otras ciencias pasaría a ser una ciencia cuantitativa de manera que el estudio de los seres vivos se convertiría en una ciencia de la medida, la introducción del análisis estadístico corresponde más que a una práctica a una postura de las ciencias de aquella época, la cual surgió con el estudio de la termodinámica, un campo de la Física en el cual se plantearía el problema del estudio de las moléculas.

El segundo implica según Castro (2011, p. 7), “La puesta en orden de lo diverso por la comparación y la taxonomía”. Los estudios comparativos y taxonómicos, fundamentados en la observación directa de características morfológicas en un primer momento –ya que es de anotar que la taxonomía en la actualidad implica otros tipos de estudios como los serológicos, inmunológicos, enzimáticos y moleculares- tuvo como propósito hallar un orden en la diversidad de los organismos. Castro (2011) hace ver como desde la perspectiva darwiniana las clasificaciones deben dar cuenta de las genealogías, permitiendo comprender los parentescos evolutivos. Entonces, se puede considerar que la evolución necesita de procesos de comparación y clasificación para ser comprendida y que los estudios taxonómicos van más allá de una simple tipología de los organismos para convertirse en una comprensión de los procesos históricos que han dado lugar a la diversidad biológica.

Teniendo en cuenta lo anterior se puede formular que para la presente investigación la estructura sintáctica del Conocimiento Biológico puede ser caracterizada teniendo en cuenta al menos cuatro formas de producción del conocimiento, las cuales han subsistido a lo largo de la historia de la Biología y han llegado incluso a solaparse dependiendo de los propósitos, problemas y enfoques que han sido asumidos por la investigación biológica en un momento dado. Estas formas corresponden a los experimentos, los estudios estadísticos, los estudios comparativos y taxonómicos, y las narrativas históricas.

### **4.3 El papel de los libros de texto en la enseñanza**

Sin duda los libros representan y han representado en el aprendizaje y en la enseñanza un recurso de amplio uso en todos los niveles educativos. Siendo hasta hace pocos años la principal fuente de información acerca de las diferentes disciplinas y campos del conocimiento. Según Torres (1998, p. 153)

...el libro de texto facilita la conservación y difusión de información y, por supuesto, la educación de un mayor número de personas, con menores inversiones económicas y mayor rapidez.

Los libros no solo deben ser concebidos como una simple fuente de información, según Martín (2000) estos tienen una función en el proceso educativo de legitimación social del conocimiento que transmiten. Se constituyen de esta manera en una forma de socialización de un conjunto de ideales, propósitos, fines políticos, económicos y morales entre otros que un grupo humano considera como válidos para la formación de sus integrantes. Siendo desde la invención de la imprenta la manera de permanencia de los ideales y las tradiciones que se buscan transmitir y perpetuar a través de las generaciones. Según Torres (1998) los libros (en este caso los de texto) representan la visión de los estados y las comunidades autónomas (contexto español) acerca de los requisitos que son necesarios para considerar a una persona como educada y en general la definición institucional de cultura.

De esta manera en general los libros (en especial los utilizados en los procesos educativos formales) según Martín (2000, p. 1)

el «libro de texto» pasa a ocupar un lugar socialmente determinante ya que opera como el medio entre los contenidos que deben ser enseñados y su instrumentación efectiva en el uso que de ellos deben hacer docentes y alumnos a partir de las modalidades que propone para transmitirlos.

Se puede considerar entonces que los libros tienen un papel fundamental en la transformación de los conocimientos, son mediadores entre conocimientos construidos por las comunidades científicas, artísticas, literarias, entre otras y el aprendizaje que de estos deben hacer quienes cursan diferentes niveles de educación. Se constituyen de esta forma no como un simple recurso de enseñanza, se conforman como un elemento de transformación que puede llegar a influir en aspectos del conocimiento del profesor como lo es el Conocimiento Didáctico del contenido.

Los libros están presentes en todos los intentos que se llevan a cabo para lograr la alfabetización de grandes sectores de las poblaciones, constituyéndose en una herramienta de apoyo a la labor de instructores y profesores. Incluso puede constituir un importante fuente de información y a veces la guía principal de la enseñanza en aquellos profesores que de alguna manera no tienen un conocimiento adecuado de la materia a enseñar, tal y como lo reportan Grossan, Shulman y Wilson (2005)

Es decir que el libro se constituye como un elemento didáctico muchas veces central en el currículo, siendo a veces la única fuente de referencia con respecto a contenidos e incluso para las metodologías con las cuales cuenta y se apoya el profesor. Según Moody (2000) los libros de texto tienen importancia como un factor determinante en el currículo (el autor hace mención al currículo de ciencias, en especial Biología) de tal manera que las encuestas que se aplican a los profesores unas tras otra demuestran la confianza que estos tienen en los libros que recomiendan a los estudiantes.

Esta confianza de los profesores en el libro de texto, puede incluso aumentar su incidencia en las decisiones que los profesores deben tomar con respecto a las situaciones de enseñanza, de tal forma que Moody (2000) manifiesta que los libros de texto pueden funcionar como planos virtuales del currículo. Constituyéndose incluso en muchas ocasiones como el currículo mismo cuando los profesores no pueden tomar distancia de sus contenidos o se constituyen en las únicas fuentes de indagación, esta situación como se había indicado anteriormente se profundiza cuando los profesores tienen un conocimiento incompleto o ausente de la materia a enseñar.

Se puede considerar que los libros cumplen una labor didáctica y pedagógica que trasciende la simple transmisión de información, según Berzal (2005) los materiales curriculares (en los que están los libros) ayudan a estructurar y aun guiar los procesos de enseñanza – aprendizaje y tienen incidencia en el tipo de evaluación que se realiza. Los libros en efecto mediante la información que poseen, no solo ejercen una pauta sobre los contenidos, determinando incluso cuáles son los que se tendrán en cuenta para la enseñanza, también pautan tareas y sugieren actividades.

Esta situación de la influencia del libro como fuente de guía ya veces de sustitución del profesor en cuanto a la dirección del currículo puede resultar en un factor de desprofesionalización, tal y



como lo considera López (2007), esto sucede cuando el libro de texto se apropia de la vida de la clase, estando por encima de otros elementos de planeación. En especial si no se realiza un proceso de adecuación en relación a los instrumentos de planeación de la clase: proyecto curricular, programaciones, entre otros. Esta autora considera que los libros juegan un papel importante en la desprofesionalización en cuanto pueden llevar a la pérdida de la autonomía en cuanto a la toma de decisiones por parte de los profesores, enumera una serie de factores de desprofesionalización como lo son:

- La toma de decisiones en cuanto a la selección de contenidos y actividades puede quedar por fuera del ámbito decisorio del profesor. En especial cuando no se realiza una crítica a las decisiones del texto y se siente seguridad en ellas como un criterio de buen hacer profesional.
- La búsqueda de la concreción y la objetividad en los contenidos considerando que un buen texto es aquel que se acerca a la visión técnica de la enseñanza que concibe el saber como algo acabado, objetivo, no sometido a revisión crítica. Se puede agregar a esta consideración que detrás de esta concepción de enseñanza se encuentran implícitas concepciones de producción y validación de conocimiento tanto en el texto como en el pensamiento del profesor.
- Entender el libro como un compendio de saber que puede servir como programación ya que da la seguridad de poseer unos mínimos que no son negociables y que pueden ser considerados como base en la autoevaluación de los estudiantes.
- Los libros de texto proporcionan actividades que los profesores pueden limitarse a aplicar
- La consideración que se hace de los libros como transmisores de contenidos, cuando el profesor acepta esta tarea de transmisión de contenidos, asume limitar su cometido a aspectos mecánicos, repetitivos y descontextualizados.

Torres(1998), manifiesta que en gran parte el condicionamiento del currículo por parte de los libros de texto depende de una postura de los gobiernos de los Estados que al tener una definición de que es un ciudadano educado favorecen la adopción de libros de texto que de alguna manera defiendan determinados intereses. Esto indica que los libros en sí mismos ya tienen una carga ideológica no neutral, así se pretenda que lo sean, la cual tendrá un efecto implícito o explícito sobre los contenidos y su estructura, permitiendo esto pensar que si el libro trata de una disciplina o área del conocimiento en particular esta carga ideológica en si misma ya marca una diferencia entre el conocimiento disciplinar y el conocimiento efectivamente enseñado, se reitera la función del libro como un elemento de transformación didáctica del contenido disciplinar.

De allí la importancia que tiene la investigación en torno a los libros que se utilizan en los ámbitos educativos. Según Díaz (2002), estudiar los libros usados en la enseñanza y su modo de empleo permite hacer un acercamiento al estilo pedagógico de las clases, a la mentalidad didáctica del profesor y las metodologías que se utilizan en clase. Los libros que un profesor decide utilizar como guía de su enseñanza, refleja parte del pensamiento del profesor, no porque este sea el autor directo de los textos, sino porque la elección que hace, la forma como emplea el texto, la relevancia que tiene en las clases y en general todas las decisiones que se toman en

torno y alrededor del texto dependen de una serie de elementos tales como las ideologías, los referentes epistemológicos, las creencias y los contextos de acción del profesor. De allí que Moody (2000), considere que la investigación en torno a los libros debe contemplar las razones por las cuales los profesores deciden basarse en determinados libros de texto y las actitudes que acompañan esas razones.

Berzal (2005), indica que las investigaciones acerca de los textos se han orientado en relación con la enseñanza específica de las ciencias a indagar acerca de los contenidos (presencia de algún contenido específico), el enfoque en los tópicos propuestos, destacándose los trabajos acerca de las concepciones acerca de la ciencia, ya que tienen un alcance amplio y por los aportes epistemológicos e históricos que conllevan. También, menciona que algunos investigadores se orientan hacia la descripción y conocimiento adecuado de los textos en relación con la investigación educativa, esto con el fin de acercarse a la comprensión de la realidad científica representada por los textos y a influir en la producción y selección de estos materiales.

La investigación de los libros en la enseñanza de las ciencias es un elemento que según Solaz (2010), es un indicativo de la importancia que tienen los libros, ya que estos se han convertido en un objeto de investigación para los investigadores en la didáctica de las ciencias. Este autor presenta una síntesis de trabajos investigativos que abordan aspectos relacionados con la naturaleza de las ciencias en libros de texto que comprenden desde el año de 1988 hasta el año de 2009. Los puntos centrales que son mencionados por el autor respecto a los resultados de las investigaciones consultadas son las siguientes:

- En las investigaciones que se orientaban hacia el análisis de la presentación de modelos en los libros se reporta la ausencia de los aspectos epistemológicos que los fundamentan. Se presentan los modelos como objetos reales, no como construcciones representativas de los fenómenos de la naturaleza y no se mencionan las normas correspondientes a su validez.
- En relación con las teorías y leyes no se presentan las discusiones acerca de su función en los procesos de indagación científica.
- Se presentan en su mayoría explicaciones tendientes a dar a conocer resultados, pero no se incluyen explicaciones tendientes a la descripción de las dificultades conceptuales y experimentales que acompañan el desarrollo de los conceptos científicos.
- Hacen mucho énfasis en el contenido científico, sin hacer ningún énfasis en la investigación. Presentando una visión acumulativa del conocimiento, sin considerar el desarrollo histórico de los conceptos.
- La visión empírico-inductiva del conocimiento prevalece. En algunos de los textos se presentan problemas cuya resolución implica un desarrollo de carácter algorítmico.
- Ausencia de contextos de descubrimiento científico,
- Desconocimiento de la creatividad como un elemento en la investigación científica. Con una simplificación extrema de la metodología científica, presentando una visión fundamentada en el inductismo ingenuo.

- La ciencia como una actividad individual, con científicos que trabajan solos y realizan descubrimientos, negando de esta forma el carácter comunitario y colectivo de la labor científica.
- Se suele ignorar el carácter social de la ciencia, sin presentar los efectos de la ciencia sobre la economía, la sociedad y los valores personales.
- La validación del conocimiento se presenta como exclusivamente determinada por la experimentación, desconociendo el papel de la comunidad científica en la validación y aceptación del conocimiento científico.
- Los contenidos científicos se presentan en forma de leyes, teorías, conceptos y principios, sin que se tomen en cuenta los problemas históricos y/o epistemológicos que originaron el desarrollo del conocimiento científico.

Como puede leerse en los párrafos precedentes la investigación acerca de los libros muestran un panorama de la utilidad de estos libros como guías que sustenten el proceso de enseñanza de las ciencias en el cual se presentan muy pocos elementos que se relacionen con aspectos epistemológicos e históricos de las ciencias. Se hace énfasis en la presentación de contenidos, situación que se considera como el principal objetivo o razón de ser de los libros de texto, Predominando una visión exclusivamente informativa en la cual la ciencia no se asume de una manera crítica y se contribuye a considerar una imagen deformada de la ciencia, cuyas implicaciones ya se presentaron en la sección acerca del conocimiento de la materia enseñar como componente del conocimiento profesional del profesor de ciencias.

## 5. METODOLOGIA.

En el presente capítulo se muestran los aspectos relacionados con la metodología de este estudio, la cual de manera general involucra un enfoque cualitativo-interpretativo, la estrategia análisis del contenido, el sistema de categorías para la caracterización del Conocimiento Biológico, la descripción del objeto de estudio y las etapas metodológicas. A continuación se profundiza en cada uno de estos aspectos.

### 5.1 Perspectiva y enfoque de investigación.

El presente trabajo se sitúa desde una perspectiva cualitativa, en tanto su propósito central es llegar a producir datos descriptivos e interpretativos situados en un contexto estructural y situacionales, características que según Fernández y Pertegas (2002), corresponde a este tipo de investigaciones. Siendo relevante en su tendencia descriptiva de las cualidades de los fenómenos, buscando no abarcar la totalidad de la realidad sino que produce conceptos particulares, buscando entender un fenómeno con la mayor profundidad posible. Esto implica que los resultados de la investigación cualitativa se refieren a objetos particulares, centrándose en los detalles más que en la exactitud.

La presente investigación retoma algunas de las características que según Taylor y Bogdan (2000), son propias de las metodologías cualitativas. Tales características son las siguientes:

- Se utiliza una perspectiva holística, los escenarios y las personas como un todo, no reducible a variables. Si bien la presente investigación parte de categorías acerca del Conocimiento Biológico propuestas por investigaciones anteriores desarrolladas por el Grupo conocimiento Profesional del Profesor, se busca dar una visión general de cómo se configura la estructura del Conocimiento Biológico en el texto analizado, de tal forma que el análisis particular de cada categoría busca contribuir a dicha visión.
- Se sitúa a las personas en el marco de referencia de ellas mismas. La investigación cualitativa en este sentido considera que cada realidad es particular, única en cuanto las interacciones de sus elementos, el investigador debe experimentar la realidad tal y como otros la experimentan.
- La investigación cualitativa busca una comprensión detallada de la perspectiva de las personas, no pretende alcanzar la “verdad” o la moralidad. Aquí, se parte del hecho que de manera alguna se pretende llegar a conclusiones que se consideren absolutas y generalizables a cualquier libro universitario de Biología, se busca determinar la posible configuración de la estructura del Conocimiento Biológico en un libro particular. Las conclusiones a partir del análisis del contenido si bien pueden ser retomadas para otros estudios similares, se debe tener en cuenta que se constituyen en marcos de referencia pero en sí se debe tener en cuenta que cada libro de texto tiene configuraciones propias que emana del sello personal de sus autores.
- Teniendo en cuenta esta perspectiva se considera que el enfoque general de investigación corresponde a descriptivo-interpretativo. El sentido de lo interpretativo busca identificar según Martínez (2006) los elementos clave o variables que inciden en un fenómeno, en este caso se

pretende reconocer aquellos elementos que puedan dar indicios acerca de la estructura sustantiva y sintáctica del Conocimiento Biológico, buscando de esta manera no la constatación de teorías, sino la construcción de explicaciones acerca de fenómenos particulares, se busca la construcción de una posible explicación de cómo se puede estar presentando la estructura del Conocimiento Biológico en el texto *Biología* (4 edición, 1996) autores: Eldra Pearl Salomon, Linda R. Berg, Diana W. Martin y Claude Villee.

El acercamiento desde enfoques cualitativos implica que cada análisis pueda ser abordado como único para los diferentes actos de comunicación que se pretenden estudiar ya que aunque dos autores aborden un mismo tema, las intencionalidades pueden variar en función tanto de los contenidos expresos, como de los contenidos latentes. Además, los contenidos se vuelven particulares en la medida que son aplicables a un contexto particular que funciona como un punto de referencia donde se desarrollan los mensajes y significados. Para efecto de la presente investigación se establece como marco de referencia los elementos categoriales respecto al Conocimiento Biológico desde el cual se analiza el sentido del texto (ver tabla 4).

## 5.2 Técnicas de interpretación

Según Páramo y Otálvaro (2006), como interpretación de los datos se considera la manera como se analiza la información recogida. En este caso la técnica utilizada para la obtención y sistematización de información de los datos de investigación es el análisis de contenido, técnica que según Bardin (1991), permite conocer el significado de los elementos simbólicos de un texto que sea presentado ya sea en forma escrita o grabada. Para esto se identifican unidades de información, las cuales corresponden según este autor en frases o párrafos que permitan hallar significados.

El análisis de contenido se fundamenta en la lectura como instrumento de recolección de información, diferenciándose de la simple lectura en su carácter sistemático, objetivo, replicable y válido. Es decir, la lectura en el análisis de contenido busca la producción de datos que puedan ser sometidos a una metodología de carácter científico, el cual debe posibilitar la realización de inferencias (interpretación) desde los datos a su contexto, teniendo en cuenta no solamente el contenido expresos (explícito), también debe permitir un acercamiento al contenido latente (implícito), el cual implica aquellos sentidos ocultos que el autor pretende transmitir, lo que posibilita que el análisis pueda ser abordado desde un enfoque cualitativo.

Como técnica de interpretación de los datos en análisis de contenido implica realizar triangulación de información, es decir se toman diferentes aspectos de la información y se hallan relaciones entre estos. En el caso que ocupa la presente investigación la triangulación se hace desde la comparación de sentido y significados que se encuentran en forma explícita o implícita en el contenido del libro en relación con referentes teóricos establecidos para cada una de las categorías implicadas en el estudio (ver tabla 4) Para efectos de la comprensión e interpretación del contenido del libro seleccionado, la triangulación obedece a los siguientes elementos.

- Agrupación de unidades de información: implica agrupar bajo una proposición que pueda sintetizar el contenido y significado de dos o más unidades de información. Estas agrupaciones implican hallar elementos comunes en cuanto al contenido de las unidades de información permitiendo hallar una síntesis respecto a sentido que los autores han querido plasmar en el texto.
- Referentes: Como referentes se entiende para esta investigación una idea general que se puede derivar del contenido del libro, siendo indicativo de la intención o sentido que en forma implícita o explícita pueden dar cuenta de la tendencia que se presenta en relación a los elementos y

categorías establecidas para caracterizar el conocimiento Biológico. Los referentes se especifican en relación con las unidades de información y las proposiciones de agrupación.

- Tendencias generales por categorías y capítulos: A partir de los referentes establecidos se procede a triangular la información que de estos se deriva para establecer las tendencias que se presentan para cada una de las categorías de análisis en los diferentes capítulos del libro (ver resultados tabla 8).
- Tendencias generales por categorías: Finalmente se establecieron desde las tendencias presentadas para las diferentes categorías en cada uno de los capítulos una o dos tendencias generales, determinando el nivel en el cual se sitúa el conocimiento del libro.

### 5.3. Sistema de categorías:

En este apartado se describe el sentido de cada una de las categorías que se utilizaron para analizar los contenidos respecto al Conocimiento Biológico. Se presentan en total 12 categorías, las cuales han sido propuestas por el grupo Conocimiento profesional del Profesor de Ciencias. En la presente tesis estas categorías han sido ubicadas según puedan dar indicios acerca de la estructura sustantiva o la estructura sintáctica ver tabla 4.

#### 5.3.1. Categorías para la estructura sustantiva

Como se planteó en el marco teórico, para la presente investigación la estructura sustantiva se plantea como el conjunto de principios explicativos (leyes, teorías y conceptos) que hacen parte del conocimiento de una disciplina así como los marcos explicativos generales que permiten delimitarlo y la organización del conocimiento. Para lograr la caracterización del libro cuyo análisis se aborda, se utilizaron cinco categorías, las cuales corresponden a: objeto de estudio, organización discursiva, organización disciplinar, estatus epistemológico, perspectiva interdisciplinar y tradición científica, cada una de las cuales se explica a continuación.

Objeto de estudio: se busca identificar cuáles son las consideraciones acerca del objeto de estudio de la Biología es decir su especialidad, su campo de estudio. Se establece para esta categoría dos posibles consideraciones: los seres vivos como entidades fisicoquímicas que pueden ser explicados desde leyes físicas y químicas. Los organismos como biosistemas con diferentes niveles de organización en los cuales emergen propiedades que configuran el organismo como un todo capaz de regularse.

Esta categoría corresponde a una dimensión ontológica, se incluye en el presente estudio por cuanto se considera que la estructura de una disciplina en particular se configura alrededor del objeto de estudio. La comprensión del objeto de estudio resulta central en la delimitación del *subject matter*, esto, lo manifiesta Schwab (1978, p. 249) al decir que “diferentes órdenes de fenómenos, diferentes tipos de ser, cada cual requiere una disciplina porque cada uno es tratable por un único método de examen”.

Organización discursiva: Hace referencia a los fundamentos teóricos que dan sustento al Conocimiento Biológico. Se presentan básicamente dos posturas de acuerdo con el marco teórico. La que considera que la unidad discursiva se fundamenta en leyes y teorías, siendo posible la formulación de leyes universales expresadas en forma de algoritmos matemáticos. Esta la postura expresada por Bertalanffy (1963) que considera la posibilidad de enunciar leyes propias de los organismos, las cuales deben expresar las particularidades de estos y sus propiedades emergentes de su organización y esta la postura expresada por Mayr (2006), desde al cual se considera los

conceptos como las unidades de construcción discursiva, ya que su estructuración es la que puede dar lugar o no al surgimiento de teorías.

También, se incluye la forma como se organiza y se configura el conocimiento. Por esto se entiende si en la estructura del contenido del texto presenta los diferentes elementos teóricos (teorías, leyes, conceptos y términos) de forma aislada, integrada, interrelacionada. En este aspecto de la organización discursiva se pretendió ver si la estructura da elementos para considerar el conocimiento cómo un catálogo de contenidos o como un sistema interrelacionado de elementos que puedan dar cuenta de la complejidad de los fenómenos biológico.

Tradición científica: Se relaciona directamente con especificar qué tan antigua o reciente es la Biología, es decir si sus marcos explicativos y teóricos, así como su reconocimiento como ciencia han estado presentes desde tiempos antiguos o por el contrario son más bien recientes. Para esta categoría se consideran dos posiciones; La Biología como una ciencia antigua, tanto o más que las ciencias físico-químicas o la Biología como una ciencia reciente cuyo origen se remonta al siglo XIX cuando emergen nuevas concepciones que delimitan a los organismos como objeto de estudio.

Estatus epistemológico: En esta categoría se considera si la Biología presenta elementos que permitan diferenciarla de otras ciencias, teniendo autonomía con marcos explicativos propios y diferentes que hagan relación a singularidades difíciles de abordar desde otros tipos de ciencias. Se definen dos posiciones: Considerar la Biología carece de estatus propio, reduciéndose su marco explicativo a principios físico-químicos o considerar la Biología como una ciencia autónoma cuyos principios explicativos no se reducen a los principios de las ciencias físicas.

En esta categoría se pretendió visualizar si en los aspectos discursivos del texto se incluyen los marcos explicativos generales que delimitan el Conocimiento Biológico y le dan autonomía. Se aborda si en el texto se presentan en forma explícita aspectos tales como las diferentes perspectivas de abordaje del estudio de los organismos, como lo son el mecanicismo, las corrientes organicista, la corriente holística o la corriente sistémica.

Perspectiva interdisciplinar: En esta categoría se busca establecer si se considera que la Biología se integra o se relaciona con otras disciplinas, recurriendo a saberes y fuentes diversas. Se establece dos posibles alternativas: Considerar a la Biología como un conocimiento disciplinar que no establece circulación de los conceptos o esquemas cognitivos con otras ciencias o contrariamente la Biología como una ciencia que establece circulación de conocimientos con otras ciencias, dependiendo de estas para establecer sus principios explicativos o aportando en la solución de problemas comunes.

Organización disciplinar: esta categoría busca establecer si la Biología es una ciencia unificada o si está constituida por disciplinas particulares cada una de ellas con un objeto de estudio y con una autonomía no solo desde lo teórico, sino también desde lo metodológico.

### **5.3.2. Categorías para la estructura sintáctica.**

Como se indicó en el marco teórico, se considera la estructura sintáctica como las formas de producción del conocimiento. Haciendo énfasis en que se considera básicamente las metodologías que han dado lugar a la configuración del conocimiento Biológico. Se incluyeron seis categorías que corresponden a generalización, metodología, observación y experimentación, experimento, finalidades del conocimiento y aspectos socio-culturales de la producción del Conocimiento Biológico. A continuación se explica cada una de las categorías.

**Generalización:** en esta categoría se establece la existencia o ausencia en el texto de ideas que se planteen como generales o universales respecto a los fenómenos biológicos y respecto a los organismos en su totalidad o hacia grupos específicos. Se incluyó este aspecto como parte de la estructura sintáctica en tanto se quiso analizar si en el texto se encontraba elementos que permitieran visualizar

**Metodología:** Esta categoría hace referencia directa la metodología como forma de producción del conocimiento. Se plantean tres posibles tendencias: Considera que la Biología sigue un único método de naturaleza experimental, la cual permite comprobar las hipótesis formulada después de una observación objetiva y rigurosa. La segunda posibilidad se refiere al planteamiento de Mayr (2006) según el cual existen diferencias metodológica entre la Biología funcional, la cual es experimental, y la Biología evolutiva, cuya metodología básicamente se fundamenta en las narrativas históricas. La tercera implica que en Biología pueden existir y combinarse diferentes formas de investigación, como lo son experimentales, taxonómicos, estadístico, narrativo, matemático, la metodología se considera variable y dependerá de los problemas a resolver.

**Observación y experimentación:** esta categoría busca explorar un aspecto particular de la metodología como lo es la posibilidad de la realización de observaciones y experiencias como forma de producción del conocimiento. Se buscó determinar si en el texto se presentan la observación como una metodología central y determinante en la consolidación del Conocimiento Biológico, si se reflexiona sobre posibilidades y limitaciones.

**Experimento:** Esta categoría busca explorar un aspecto particular de la metodología como lo es la realización de experimentos. Se presenta tres posibilidades de tendencias: la primera posibilidad sitúa el experimento de acuerdo a una visión positivista en el sentido de considerarlo como replicable y predictivo. La segunda posibilidad indica que en Biología la posibilidad de aplicar experimentos se limita a la Biológica funcional, siendo imposible tener experimentos replicables y predictivos ya que los sistemas vivos son complejos, constantemente cambiables y por lo tanto establecer predicciones respecto a sus comportamientos no siempre es posible. La tercera posibilidad implica que la realización de experimentos es un estilo de razonamiento cuya aplicación depende de los propósitos y problemas de investigación, los cuales limitan su capacidad de ser replicados y su capacidad predictiva, así como las ramas de la Biología en que pueden ser aplicados.

**Condiciones Socio- culturales de la Producción del Conocimiento Biológico:** esta categoría busca establecer si el Conocimiento Biológico es relacionado en el texto con las condiciones contextuales de su producción. Se presentan dos posibilidades de análisis: El Conocimiento Biológico como independiente a las condiciones contextuales, las cuales no inciden en el proceso de producción, de manera que quien produce el conocimiento no está influenciado por factores sociales, culturales, políticos, económicos, entre otros. La segunda posibilidad implica la influencia de las condiciones contextuales en la producción del conocimiento, la cual se configura y se limita por factores sociales, políticos, culturales, económicos, entre otros.

**Finalidad del Conocimiento:** esta categoría se refiere a los propósitos que se siguen o se pretenden alcanzar mediante el conocimiento, se configuran dos posibilidades: El Conocimiento Biológico busca, desde una perspectiva naturalista, la producción de principio generales(leyes, teorías y conceptos) que permitan la explicación de los fenómenos de la vida(estructura, composición, función y clasificación). La segunda posibilidad implica que la finalidad del Conocimiento Biológico no se limita a la producción de conceptos explicativos, sino que desde una perspectiva



integradora trasciende a plantear elementos para el desarrollo de actitudes y valores en relación con lo vivo, y a producir conocimiento aplicados, todo esto hacia la comprensión de los vivos, su valoración y conservación.

#### **5.4 Fases de investigación:**

La investigación se llevó a cabo en cuatro fases que se describen a continuación

Selección del libro: El libro se seleccionó teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- Ser un libro de Biología que sea usado a nivel universitario.
- Tener una amplia difusión y uso como texto de consulta.
- Tener implícita una intención educativa, es decir que se tenga como propósito la formación en torno a la comprensión de la Biología.
- Posibilidad de que su contenido aporte elementos relacionados con las estructuras sustantiva y sintáctica.
- Tener un amplio reconocimiento como un texto que aporta a la formación en torno al Conocimiento Biológico.
- Tener autores reconocidos, cuya formación y trayectoria profesional respalden el nivel del texto.

Lectura del libro: Una vez se seleccionó el libro objeto de análisis se procedió a realizar una lectura de su contenido con el fin de conocerlo y realizar la selección de los capítulos que se incluirían en el trabajo de investigación.

Selección unidades de información: En esta fase se procedió a seleccionar unidades de información que dieran indicios acerca del problema a investigar. Como unidad de información se consideran frases y párrafos completos que presenten un significado claro respecto a una o más categorías acerca del Conocimiento Biológico y a las estructuras sustantiva y sintáctica del mismo. Cada unidad de información es identificada con un código que consta de la letra **V** que indica la inicial del apellido de uno de autores, en este caso Villee, con la letra **C** que indica capítulo, el número del capítulo (1,4,28 o 32) y entre paréntesis un número asignado a cada unidad en particular, ejemplo VC1(4) indica que se trata de la unidad cuatro situada en el capítulo uno de la Biología.

Categorización de unidades de información: Cada unidad se ubicó según su contenido en una o más categorías utilizadas para caracterizar las estructuras sustantiva y sintáctica del Conocimiento Biológico, cada una fue explicada en el apartado anterior.

Las unidades de información se agruparon hasta donde fue posible utilizando proposiciones, las cuales se definen como una frase o conjunto de frases con un sentido o significado que permita sintetizar la información o ideas principales. Aunque dada la especificidad del contenido para un gran número de unidades de información, estas aparecen en forma individual en la matriz de datos.

Sistematización: Los datos obtenidos a partir de la lectura del libro se sistematizaron utilizando dos matrices o tablas tomadas y reformadas de otros estudios que implican el análisis de contenido.

La matriz de datos (tabla 5) consta de tres columnas. La primera presenta los códigos de identificación asignados a las unidades de información, la segunda columna corresponde a la proposición de agrupación y la tercera al referente. Esta matriz se utilizó para la sistematización de la información correspondiente a cada una de las categorías implicadas en el estudio.

Tabla 5. Ejemplo de la matriz utilizada para la sistematización de datos.

UNIDAD DE INFORMACIÓN (EVIDENCIA)	PROPOSICION(AGRUPACIÓN)	REFERENTE
VC1(12) VC1(13) VC1(15) VC1(17))	La observación y la experimentación son elementos esenciales en el método científico. A partir de estos se logra alcanzar generalización y regularidades que permitan predecir relaciones de causa y efecto entre dos fenómenos. Además, las observaciones permiten dar elementos para confirmar o rechazar como válida una hipótesis.	La observación y la experimentación como parte esencial del método científico ya que permiten alcanzar la generalización y encontrar regularidades en las ciencias

La segunda matriz de datos es similar a la descrita, pero se le agregó una columna la cual corresponde a ámbito o aspecto de estudio, entendiendo por esto si la agrupación de unidades de información se ubica o hace referencia aspectos bioquímicos, biológicos, físicos, biomoleculares. Ese modelo de matriz no se utiliza para sistematizar toda la información, se limita básicamente a la categoría denominada Contenidos Específicos ya que se encontró que muchas de las unidades de información y agrupaciones se referían a aspectos variables que no hacían únicamente referencia a aspectos biológicos.

### 5.5 Objeto de investigación:

En la presente investigación se abordó el análisis de las estructuras sustantiva y sintáctica del Conocimiento Biológico presentes en el libro titulado Biología, autores Eldra Pearl Salomon, Linda R. Berg, Diana W. Martin y Claude Villee (Octava edición, 1996. Mc GrawHill-Interamericana, México D.F), del cual reposa un ejemplar en la biblioteca central de la Universidad Pedagógica Nacional.

Este libro está destinado a ser usado en el estudio de las ciencias Biológicas en el ámbito universitario norteamericano y ha sido traducido a varios idiomas como ruso, chino, polaco, francés, español e italiano. Lo cual implica que se está ante una obra de una amplia tradición y difusión en el mundo, lo cual le da una gran importancia en la medida que tiene varias ediciones – la primera apareció a mediados del siglo pasado- y ha formado parte de la formación de varias generaciones de profesionales vinculados a sectores relacionados con las ciencias biológicas. Siendo una obra representativa no solo en su país de origen sino que ha trascendido fronteras. Esto lo reafirma el editor de la edición analizada cuando dice que es un texto de amplia difusión, uso e influencia en estudiante hispanos.

Sus autores están respaldados por una amplia formación en Biología, proceden de Universidades Norteamericanas de trayectoria reconocida y que gozan de gran prestigio a nivel mundial y se han desempeñado como profesores de facultades que se relacionan con las Ciencias Biológicas. A continuación se muestra una breve descripción de los autores:

Claude Villee, es sin lugar a dudas el autor más notorio de este texto, el libro se identifica mucho con su persona, siendo el autor original de las primeras ediciones. A lo largo de su vida académica fue profesor de zoología en la universidad de Berkeley, profesor asistente al Universidad de Carolina del Norte y desde 1941 hasta su jubilación en 1991 en la Universidad de Harvard como Andelot profesor de Química Biológica. Esto puede implicar que el libro en mención tiene un

acercamiento bastante riguroso y completo al Conocimiento Biológico en tanto es escrito por personas cercanas a los principales centros de producción del conocimiento.

Eldra P. Salomon, Ha sido en el transcurso de su vida profesional escritora de libros de texto a nivel universitario destacados en Biología, Anatomía humana y Fisiología. Profesora durante 20 años de Biología y enfermería y profesora adjunta y miembro de la facultad de posgrados de la Universidad del Sur de Florida (EUA), Graduada de maestría en ciencias Universidad de la Florida. Maestría en administración y doctorado en la Universidad del Sur de la Florida. Además, es psicobióloga con especialización en neurofisiología de experiencias traumáticas.

Linda R Berg: profesora y autora de libros de texto galardonados. Licenciada en Educación Científica, con maestría en ciencias en botánica y doctorado en fisiología vegetal de la Universidad de Maryland. Profesora Colegio Universitario Park de la Universidad de Maryland durante 17 años y Profesora en Colegio Universitario de San Petersburgo en florida durante 8 años.

Dian W Martin: directora de la sección de Biología general de la división de Ciencias de la Vida en la Universidad de Rutgers. Tiene maestría en Ciencias de la Universidad Estatal de la Florida, doctorado en la Universidad de Texas en Austin y posdoctorado de la Universidad de Pricenton.

Como se puede observar los autores del libro analizado cuentan con formación en Biología, todos han tenido experiencia en el aspecto docente como profesores universitarios y dos tienen experiencia en la escritura de libros de texto universitarios. Esta combinación de personas especialista en la disciplina, profesores y escritores de libros hace que el texto analizado tenga no solo la intención de divulgar los principios explicativos, sino que tenga una firme intención educativa, lo cual puede ser indicativo de que se busque el debido equilibrio entre el saber puramente disciplinar y el saber que se requiere para la enseñanza.

Otra característica que hace de este libro ideal para el análisis es el abordaje que pretende realizar acerca de los procesos de producción del conocimiento. Esto lo manifiestan los autores en el prefacio, afirmando “una apreciación de la ciencia requiere no solo considerar los productos de la misma sino profundizar en los procesos gracias a los cuales se ha adquirido el conocimiento científico. Se introduce en el primer capítulo los métodos científicos y en todo el texto se proporcionan ejemplos del trabajo experimental para ilustrar los métodos modernos de la Biología” ( Salomon, Berg, Martin y Vilee, 1996. p. XIII). Tal y como se especificó en el marco teórico esto puede hacer referencia a la estructura sintáctica.

El libro está conformado por 38 capítulos distribuidos en siete secciones, sin incluir la introducción.

Se analizaron cuatro capítulos del libro en mención, los cuales corresponden a: capítulo N. 1 introducción: Biología y método científico, Capítulo N.4: Células y tejidos, capítulo N. 28 la teoría cromosómica de la herencia, y capítulo N. 28: Principios y teorías de la evolución.

El capítulo N. 1 se escogió teniendo en cuenta la posibilidad de encontrar elementos que permitieran relacionar a la Biología con el denominando método científico, lo cual implica necesariamente la comprensión de la estructura sintáctica. También, se esperaba encontrar en este capítulo elementos de la estructura sustantiva que dieran luces acerca de la autonomía y organización de la Biología como ciencia.

El capítulo N. 4 acerca de células y tejidos, se escogió teniendo en cuenta que posiblemente abordaba aspectos relacionados con el desarrollo de la teoría celular y conceptos asociados a dicha teoría, lo cual daba la posibilidad de encontrar en esta capítulo aspectos centrales para comprender y caracterizar la estructura sustantiva. Además, se escogió dada la importancia de la teoría celular en

el desarrollo de la Biología como ciencia y su papel central en la comprensión de aspectos estructurales y funcionales de los organismos.

El capítulo acerca de la teoría cromosómica de la herencia se selecciona teniendo en cuenta que presenta los fundamentos y conceptos que han delimitado el estudio de la herencia como uno de los ejes fundamentales que han permitido estructural a la Biología como una ciencia autónoma. Por lo tanto se asumió que al igual que el capítulo cuatro que era posible que al analizarlo se encontraran elementos que permitieran caracterizar tanto la estructura sustantiva como la estructura sintáctica.

El capítulo acerca de principios y teorías de la evolución se seleccionó teniendo en cuenta la importancia que la teoría evolutiva, en especial la derivada del darwinismo tiene en la conformación de la Biología. Esta teoría en especial ha sido considerada como aquella que finalmente es distintiva de la Biológica y para algunos autores como por ejemplo Mayr (2006), la que llega a diferenciar a esta ciencia de la Física y la Química.

## 6. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este apartado se muestran los resultados y su discusión. Primero se muestra la descripción e interpretación de las tendencias que se observaron para cada categoría de las estructuras sustantiva y sintáctica, las cuales se condensaron en tendencias generales en relación con cada capítulo y el libro analizado. Finalmente, se muestra las implicaciones de las tendencias observada en relación con la formación del profesor, el conocimiento del profesor

### 6.1 Resultados estructura sustantiva

A continuación se presenta la discusión de resultados y las tendencias identificadas para cada una categorías correspondientes a la estructura sustantiva, se incluyen ejemplos de algunas unidades de información transcritas textualmente con el fin de ilustrar y ampliar la explicación. Los ejemplos aparecen identificados con el respectivo código, en cursiva y letra más pequeña (Times New Roman 10)

#### Objeto de estudio

Como se mencionó en la metodología esta categoría – la cual implica una dimensión ontológica- se incluye en la medida que la estructura de una disciplina se construye alrededor de un objeto particular que delimita el campo de acción de la investigación y la enseñanza.

Para objeto de estudio se encontró un total de 6 unidades de información (ver tabla 7, anexo 2). Estas unidades de información hacen referencia básicamente a considerar que el objeto de estudio de la Biología corresponde directamente a los seres vivos (VC1(6)) de los cuales se estudian sus formas, evolución, crecimiento y relaciones con el medio, de tal forma que para los autores estudiar la Biología implica centrarse en características y relaciones más que directamente en la vida misma, de la cual consideran es difícil dar una definición.

También, Se utiliza el término organismo para referirse al objeto de estudio de la Biología, tal y como lo muestra la unidad de información VC1(7) en la cual se menciona que los zoólogos y botánicos estudian organismos que se relacionan con el reino vegetal y el reino animal. En esta misma unidad se vuelve a utilizar el término ser vivo para referirse a la existencia de especialidades en cuanto la variedad de seres vivos exige la existencia de especialistas en cada grupo. En esta unidad se va más allá al referirse a la anatomía, la fisiología y la embriología, cada una de las cuales se ocupa de un aspecto particular de los organismos y a su vez pueden ser dedicada para el estudio de un grupo particular, fisiología de mamíferos, esta especialización también se presenta en cuanto existen especialidades que se articulan como el estudio de la estructura celular o el estudio de la estructura de los tejidos.

Los términos ser vivo y organismos se presentaron en forma indistinta a lo largo de los capítulos analizados, sin que en ninguna parte del texto se realice una presentación de cuáles son las razones que permiten identificar a los seres vivos como organismos, ya que este último constituye una de las tantas concepciones acerca de los seres vivos, siendo un concepto más específico de la Biología

y que estaría en relación con un aspecto particular como lo es el concepto de organización, el cual según Jacob (1986), surgió durante el siglo XIX y Valencia (1989) relacionaría con el surgimiento de la Biología como una ciencia con un objeto particular, es decir la connotación ser vivo que sería más antigua que la connotación de organismo no necesariamente hace a alusión cuando se le pronuncia a la Biología en particular. Esto implica que la definición del objeto de estudio plantea de por sí un problema ya que ha sido considerada por autores como Maturana y Varela(1994) Mahner y Bunge (2000), bajo la denominación de Biosistemas, la cual en sí ya es diferente a organismo, por cuanto implica a la concepción de lo vivo como sistemas.

También, se puede observar en la Unidad VC1(7) la idea de la existencia de especialización en el marco del discurso de la Biología, en cuanto a que cada rama tendría como énfasis un aspecto particular de los organismos (fisiológicos, embriológicos, anatómicos, citológicos), esto plantearía el interrogante de qué tanto se puede considerar dentro del texto que se esté presentando que cada rama de la Biología tendría un objeto particular de estudio y que pueda llegar a tener una visión integrada y holística de los organismo como tales, esta tendencia se puede observar en las siguientes unidades de información en las que se hace referencia específicamente a la genética.

*VC28(3)La rama de la biología que se ocupa de los fenómenos de herencia y variación, y estudia las leyes que rigen las semejanzas y diferencias entre individuos con ascendientes comunes se llama genética.*

Como se puede observar en esta unidad, los autores especifican que el estudio de la herencia es abordado en forma particular por la genética, haciendo énfasis en que esta rama de la Biología estudia las leyes que rigen las semejanzas y diferencias entre individuos con ascendientes comunes. Esto implica un interrogante el objeto que se presenta aquí corresponde al ser vivo, al organismo o a un aspecto más particular.

### **Organización discursiva**

En este aspecto de la estructura sustantiva se presentan aquellos elementos que al ser analizados permiten visualizar la forma como los autores conciben la organización del conocimiento en la que presentan en el texto, para esto las unidades de información han sido agrupadas teniendo en cuenta los siguientes criterios.

Unidades de información que presentan directamente la hipótesis como base fundamental del conocimiento, desde las cuales se derivan las teorías y leyes, aspectos que se delimitan en forma directa en el primer capítulo (Introducción: Biología y método científico).

Unidades de información en las cuales se presentan explicaciones acerca de leyes, las cuales se presentan mayoritariamente en el capítulo 28 (Herencia cromosómica). Así como los conceptos que conforman la llamada teoría cromosómica de la herencia (dominancia, gen, alelo hibridación, codominancia. Herencia ligada al sexo, entre otros).

Unidades de información en las cuales se presentan explicaciones acerca de teorías, mayoritariamente en el capítulo 32 (Principios de evolución) y los conceptos asociados a estas teorías (variabilidad, selección natural, gradualismo, equilibrio puntuado, especie, población, entre otros)

Unidades de información relacionadas con conceptos incluyendo algunas definiciones.

Unidades de información que incluyen datos, términos y descripciones que no hacen alusión directa teorías, conceptos o leyes

A continuación se describen e interpretan los resultados obtenidos.

### **Hipótesis**

Las hipótesis son presentadas en el texto (capítulo N.1 Introducción: Biología y método científico). Los resultados respecto a este aspecto se pueden visualizar en la tabla 8 (anexo 2).

Los autores consideran las hipótesis como explicaciones de fenómenos observados, son generalizaciones que permiten explicar las relaciones entre fenómenos y predecir las que se encuentren en fenómenos que se descubran posteriormente. Esto se constituye como el objetivo de toda ciencia, incluyendo la Biología, de tal forma que para los autores algo se constituye en ciencia en tanto tenga la capacidad de generalizar dando explicaciones y de predecir en tanto permite hacer acercamientos hacia fenómenos que estén por descubrir. Lo anterior se puede evidenciar en las siguientes unidades de información.

*VC1 (12) [hace referencia las ciencias en general] El objetivo de toda ciencia radica en brindar explicaciones para los fenómenos observados y establecer principios generales que permitan predecir las relaciones entre estos y otros fenómenos.*

*VC1(13)...Las observaciones y experimentos pueden así analizarse o simplificarse, de modo que pueda introducirse en los fenómenos observados cierto tipo de orden. Luego, las partes pueden sintetizarse o unirse para descubrir sus interacciones. Sobre la base de estas observaciones, el hombre de ciencia generaliza o elabora una hipótesis sobre la naturaleza de la observación, o quizá la enlace con una cadena de fenómenos, tal vez relaciones de causa a efecto entre diferentes fenómenos*

Igualmente los autores consideran que aunque pueden ser consideradas como generalizaciones, introducen la idea de provisionalidad al plantear que las hipótesis pueden ser modificadas como resultado de nuevas observaciones y experimentos que arrojen nuevos datos, se consideran que no representan la verdad y la universalidad absolutas.

Además, consideran que una hipótesis que ha sido suficientemente comprobada por la observación y la experimentación, ha sido suficientemente ensayada, coincide con los hechos y permite hacer predicciones válidas, se constituyen en teorías y leyes.

*VC1(16)...Son pocos los hombres de ciencia que consideran una hipótesis, aunque muy ensayada, como verdad absoluta y universal. Simplemente, esta hipótesis se considera como la más próxima a la verdad en circunstancias determinadas...*

*VC1(27) Cuando una hipótesis se ha ensayado, coincide con los hechos y permite hacer predicciones válidas, puede llamarse teoría, principio o ley. Aunque la palabra "ley" suele indicar más seguridad que "teoría", las dos son casi sinónimas.*

Esto implica en últimas que las hipótesis al originar después de ser confirmadas los principio explicativos (teoría y leyes) de una disciplina, constituyen un prerrequisito para la estructura sustantiva ya que todos los principios que se tienen por correctos en un momento dado y que constituyen los elementos de la estructura en algún momento fueron soluciones tentativas a algunos de los problemas y preguntas que se plantearon en una disciplina en particular.

## Leyes

De acuerdo con lo expresado en el apartado anterior los autores consideran como una de las formas de generalización que existen en la ciencia es la formulación de leyes. Estas son principios explicativos que buscan sintetizar los fenómenos y tienen la capacidad de predicción. Los autores presentan como leyes en forma explícita las que se relacionan con la teoría cromosómica de la herencia (capítulo 28). En este capítulo se presentan 10 unidades de información que hacen referencia directa a leyes (ver tabla 9, anexo 2).

Las leyes tal y como son presentada por los autores tienen capacidad de generalización, considerando que las leyes de Mendel rigen las similitudes y diferencias entre individuos que son heredables, es decir la gran diversidad de funciones, estructuras y formas que son una particularidad de los organismos pueden ser simplificadas, reducidas a unos pocos principios explicativos. En este sentido se reconoce a la genética una gran capacidad de síntesis similar a las matemáticas. Los autores manifiestan que precisamente los conocimientos matemáticos de Mendel constituyeron un elemento metodológico que permitió llegar a las conclusiones sobre la herencia. Esta tendencia se muestra en la siguiente unidad de información.

*VC28(41) La ciencia de la genética comparte con las matemáticas el carácter de consistir en unos cuantos principios fundamentales que una vez comprendidos permiten resolver muchos problemas. Los genotipos de los padres podrán ser deducidos de los fenotipos de la descendencia.*

La síntesis de las semejanzas y diferencias entre individuos se sintetizan en forma de dos leyes conocidas como ley de pureza de los gametos y ley de la segregación independiente de los genes (alelos), las cuales son consideradas como los ejes centrales de la genética, permitiendo explicar las semejanzas y diferencias en términos de la separación de los genes o alelos durante la formación de los gametos. La implicación de esta postura radica en que en algún momento la gran diversidad de formas, estructuras y funciones que caracterizan a los organismos puedan ser consideradas reductibles solamente a las leyes de Mendel. A continuación se presenta una de las unidades de información en las que se expresan las leyes de Mendel.

*VC28(45) La primera ley de Mendel, llamada a veces ley de pureza de los gametos o ley de segregación, se ilustra por el cruce de los cobayos, negro y pardo, como explicamos antes, y que puede definirse así: los genes se encuentran a pares en los individuos, pero en la formación de los gametos cada gene se segrega o separa del otro miembro del par, y pasa a un gameto diferente, de modo que cada gameto tiene uno, y solamente uno, de cada tipo de gene.*

Las leyes de la herencia se pueden considerar probabilísticas, esto se expresa en relación con la capacidad de predicción que los autores reconocen en cualquier generalización científica, pero en relación con las leyes de la herencia esta depende de un número alto de individuos, es decir la capacidad de predicción está en relación con las poblaciones, de tal manera que las regularidades adquieren sentido en la medida que se presentan en una dimensión poblacional. Siendo posible calcular las proporciones (3/1 en el caso de los cruces monohíbridos) de descendientes con una u otra característica aplicando la ley del producto. Esta consideración probabilística de las leyes de la herencia se presenta en las siguientes unidades de información.

*VC28(37) Todos los hechos genéticos se rigen por las leyes de la probabilidad. La predicción de cualquier hecho — por ejemplo, predecir las características de un hijo— es muy incierta; pero si el número de hechos es suficientemente*



*grande, las leyes de probabilidad ofrecen una razonable predicción de la fracción de estos hechos que será de un tipo u otro.*

### **Teorías y principios**

Las teorías como componentes del conocimiento biológico son presentadas en una alta frecuencia en el capítulo 32 sobre los principios evolutivos y en una menor frecuencia en el capítulo de células y tejidos (Ver tabla 10, anexo 2).

Con relación al capítulo sobre células y tejidos, se presenta la teoría como una generalización desde la cual es posible explicar tres aspectos fundamentales de los organismos: la estructura, la función y el origen. El término generalización estaría indicando que la variedad de formas y funciones que se presentan a nivel de todos los organismos puede ser explicada en su totalidad por los principios que hacen parte de esta teoría, la cual se presenta en forma taxativa como una regularidad universal. A continuación se presenta la unidad de información que hace mención a la teoría celular.

*VC4(4) la generalización que desde entonces ha llegado a constituir teoría celular los cuerpos de todas las plantas y animales están formados de células. Sólo pueden aparecer nuevas células por división de las preexistentes, idea emitida por primera vez en 1855 por Virchow.*

En el capítulo 32 (principios y teorías de evolución) las teorías son presentadas de manera menos taxativas, siendo consideradas más como aproximaciones que como universales absolutos, los autores consideran los principios darwinianos sobre la evolución, como una teoría bastante fuerte, derivada de la observación y apoyada por la misma, pero hacia la cual han surgido discrepancias en relación con su capacidad explicativa, en especial en lo que se refiere a si es posible que esta teoría pueda explicar el origen de la gran diversidad biológica. Se incluye como teorías alternas el equilibrio puntuado y la teoría endosimbiótica.

Los planteamientos que se abordan en relación a las diferencias entre estas hacen mención al problema del ritmo evolutivo y al papel de la variación genética en el proceso evolutivo. Situaciones en las cuales el pensamiento darwinista y la teoría de la síntesis evolutiva no se presentan en forma determinante como única explicación del proceso evolutiva -aunque la mayoría del contenido del capítulo se destina a explicarlos- sino que se exponen ideas alternativas que dan explicaciones a las mismas situaciones pero abordadas desde otra perspectiva. Eso manifiesta, al menos en este capítulo, una visión más dinámica y menos absolutista del conocimiento de la Biología en relación a como es presentado en otros capítulos en especial en el capítulo N. 4 –Células y tejidos- ya que se puede decir que ante un mismo problema o conjunto de problemas pueden considerarse teorías alternativas que colocan a la Biología como una ciencia en la cual difícilmente se puede reducir sus explicaciones a unos pocos principios.

Los planteamientos respecto al ritmo evolutivo se presentan en las unidades de información: VC32(100), VC32(9) y VC32(87), en la cuales plantean por un lado la evolución como resultado de un proceso lento de cambios acumulativos (darwinismo) y por otro se visualiza la evolución como un proceso de ritmos puntuados que se caracteriza por periodos en los cuales es lenta e

imperceptible y otros en los cuales es rápida y brusca afectado numerosos grupos (teoría del equilibrio puntuado), a continuación se dan dos unidades que reflejan lo anterior.

*VC33(9) La pregunta ahora es ¿cuál es el ritmo de la evolución? De acuerdo con los planteamientos darwinistas ésta es producto de un lento proceso de cambios acumulativos que van dando lugar a nuevas variedades, especies, géneros o familias. No obstante que este tipo de planteamientos son muy aceptados, investigadores postulan otro tipo de mecanismos que alteran este ritmo.*

*VC32(100) Para algunos investigadores como Jay Gould y Niles Eldredge, la evolución no es continua, en momentos es lenta e imperceptible, mientras que en otros es brusca y afecta a grupos enteros dentro de un proceso de equilibrio intermitente o puntuado. Según esta teoría la macroevolución, es decir, la formación de nuevos grupos de organismos a partir de un antecesor común, no es fruto de un proceso lento y gradual sino que se manifiesta bruscamente, casi como si ocurriera a saltos.*

Por otra parte, investigadores como Lynn Margulis (EUA) plantean que la evolución de los seres vivos basada en la variabilidad genética y la selección natural son incapaces de explicar los enormes cambios que en poco tiempo han experimentado las diferentes especies. Según esta investigadora, este proceso evolutivo sería excesivamente lento y direccional como para explicar la formación de organismos unicelulares complejos como los eucariontes, a partir de los procarionte. Esto se plantea en las unidades de información: VC32(10) y VC32(93)

Según los autores, Lynn Margulis, plantea el origen de los eucariontes a partir de relaciones endosimbióticas entre bacterias, estas asociaciones habrían dado origen a los organelos (mitocondria y cloroplastos), esta idea se fundamenta por ejemplo en la existencia del ADN mitocondrial y el ADN en el cloroplasto y en la síntesis de proteína.

Además, se presenta como la primera teoría evolutiva los planteamientos de Lamarck, como primera teoría seguramente se esté planteando que es el primer intento por consolidar en un principio explicativo el hecho evolutivo. Esta teoría se presenta más como un antecedente previo al darwinismo que como una teoría que haga parte hoy en día del Conocimiento Biológico. Es caracterizada en el texto como una teoría que no puede ser confirmada por observación y pruebas, siendo esta la razón que se presenta para justificar el hecho de no ser una teoría aceptada actualmente. Esto pone en relieve la tendencia observada en el texto de considerar la confirmación por experimentación como un criterio amplio de validación del conocimiento. Se descuida cuáles fueron los cambios en el pensamiento y en el conocimiento que no permitieron ver como válida esta teoría y que dieron lugar a surgimiento del darwinismo. A continuación se presenta una de las unidades de información que ilustran los planteamientos de los autores sobre la teoría de Lamarck

*VC32(101) La teoría lamarquista de la transmisión hereditaria de caracteres adquiridos es atractiva. Explicaría la adaptación de muchos vegetales y animales al medio, pero en definitiva es inaceptable, puesto que las pruebas genéticas son decisivas en el sentido de que los caracteres adquiridos no se heredan. Se ha procedido a innumerables experimentos destinados a la demostrar de que dichos caracteres se propagan por herencia, pero todos han terminado en fracaso.*

En la parte final del capítulo 32, se presentan dos unidades de información en las cuales se aborda la existencia de tres enfoques acerca de los planteamientos evolutivos. El primero corresponde a

un enfoque determinista, en el cual es posible conocer los factores para que un proceso ocurra, enmarcándose en este enfoque de corriente mecanicista la síntesis evolutiva neodarwinista. En el segundo enfoque se da mayor importancia al azar en los procesos de la naturaleza, considerando a los organismos de una forma más integral. Y el tercero se considera una corriente sociobiológica, en la cual se da importancia al gen como unidad evolutiva (teoría del gen egoísta), considerando que los comportamientos sociales de los organismos están genéticamente programados para asegurar su propagación. Las unidades (VC32(102) y VC32(103) muestran los planteamientos anteriores y son las únicas en los capítulos analizados, en las cuales se presenta la existencia de diferentes enfoques en el Conocimiento Biológico, aunque solamente se presentan en relación con la evolución, esto implica una visión en la cual se plantea una disciplina diversa desde la cual un mismo problema(en este caso la evolución) puede tener diferentes abordajes desde los cuales se evidencian diferencias teóricas. A continuación se presenta una de las unidades de información que presentan esta tendencia.

*VC32(102) En términos generales podemos afirmar que acerca de la evolución, hoy día se manejan dos tipos de planteamientos que difieren fundamentalmente por el enfoque. con que visualizan los procesos dentro de la naturaleza. Uno sostiene un enfoque determinista donde, si es posible conocer los factores que influyen para que un proceso ocurra, es posible predecirlo con precisión. Dentro de este enfoque mecanicista clásico apoyado por científicos como Ernst Mayr, J. B. L. Haldane, Th. Dobzhansky, L. Stebbins y G. G. Simpson, entre otros, se enmarca la síntesis evolutiva neodarwinista que domina en gran parte el conocimiento científico. El otro enfoque, sostenido por investigadores como Niles Eldredge, Stephen Jay Gould, R. Lewontin y H. Carlson, es menos mecanicista, y otorga un papel más determinante al azar dentro de los fenómenos de la naturaleza y considera a los organismos de una manera más integral, es decir, no sólo en su parte genética, morfológica o fisiológica de manera aislada.*

Esta unidad da cuenta de un aspecto relacionado con la estructura de las disciplinas que fue señalado en el marco teórico, el cual se relacionan los marcos explicativos (paradigmas en el sentido de Kuhn) que delimitan los alcances investigativos de una disciplina y los principios explicativos acerca del objeto de estudio.

Las teorías son consideradas como unos de los fines últimos de la ciencia. Para los autores estas permiten reducir la complejidad de los fenómenos a unos pocos principios, prefiriéndose las explicaciones sencillas que resulten satisfactorias. Este planteamiento de los autores permite ver que se maneja una perspectiva de ciencia un tanto reduccionista con aspiraciones de lograr unos principios básicos que puedan explicar incluso fenómenos complejos, tal y como se puede observar en la siguiente unidad de información.

*VC1(19)Una teoría correcta, además de señalar la relación entre distintas clases de hechos, aclara y simplifica la comprensión de los fenómenos naturales. Según las propias palabras de Einstein: "En toda la historia de la ciencia, desde la filosofía griega hasta la física moderna, se ha intentado reducir la aparente complejidad de los fenómenos naturales a unas cuantas ideas y relaciones simples y fundamentales."*

Sin embargo, los autores no defienden perspectivas de inmutabilidad de la ciencia que implique que las teorías estén dadas de una vez y para siempre, esta pueden ser modificadas y abandonadas dependiendo del sustento que aporte la observación y los experimentos, de tal forma que una teoría que está acorde con los datos puede ser modificada o abandonada ante nuevas evidencias. Esto implica que los autores en forma implícita se están situando en una perspectiva de corte racionalista falsacionista que implica la

modificación de las generalizaciones por los datos experimentales. Esta tendencia se muestra en la siguiente unidad de información.

*VC1(35) En cambio, una teoría incorrecta tarde o temprano desemboca en absurdos y contradicciones evidentes. A menudo, en alguna fase de nuestro conocimiento, dos o más teorías suministran explicaciones satisfactorias para los datos conocidos. Pero con más observaciones o experimentos, alguna de las dos teorías desaparece, y tal vez ambas.*

### **Conceptos y definiciones**

En la tabla 11 (anexo 2) se muestran las unidades de información que dan cuenta de definiciones y conceptos que son utilizados por los autores para explicar en forma precisa aspectos bastantes particulares ya sea en relación a procesos, estructuras, funciones, condiciones entre otros. Dado que en este aspecto se precisan términos bastante particulares lograr agrupar las unidades de información es bastante difícil, razón por la cual casi que cada unidad de información de por sí no se encuentra formando parte de alguna agrupación. La descripción de las definiciones se presenta a nivel de capítulos ya que se abordan en forma diferente para cada uno de los capítulos analizados.

### **Capítulo N. 4 Células y tejidos**

En este capítulo se encuentran 25 unidades de información las cuales hacen referencia puntualmente a definir términos con respecto a definiciones relacionadas con funciones: este tipo de definición se presenta únicamente en una unidad de información (VC4(21), allí se presenta desde el ámbito bioquímico el término mensajero químico, el cual permite definir sustancias que están implicadas en las interrelaciones celulares. Bajo el término mensajero químico se da significado a un conjunto de sustancias que permiten la comunicación entre células.

Estructuras, procesos, funciones. En estas unidades se encuentra que algunas no hacen relación a definiciones biológicas, sino que algunas se abordan como definiciones desde ámbitos bioquímicos o desde el ámbito físico.

Definiciones de estructuras en términos de funciones: Presenta las definiciones en el ámbito bioquímico, agrupando dos unidades de información (VC1(27) y VC1(28) las cuales hacen referencia a una estructura (caveola) que se define por su función de transporte de sustancias, mediando procesos de endostosis y exostosis .

En el ámbito biológico se presenta la definición de una estructura conocida como unión comunicante (VC4(61), la cual se define como la unión entre porciones de citoplasma cuya función es permitir el intercambios de sustancias entre células.

Definiciones desde la Física: siete unidades de información hacen relación a procesos, funciones o fenómeno relacionados con el paso de sustancias (difusión, permeabilidad , osmosis y diálisis) hacia el interior o exterior de las membranas . Estas definiciones se consideran en el ámbito de la Física en tanto se abordan desde términos de esta ciencia tales como tamaño molecular, tamaño de poros, energía cinética, movimiento, concentraciones moleculares, pese a que se nombra la membrana plasmática se observa un predominio de los términos físicos un ejemplo de una unidad de información que presenta este tipo de definiciones es.

*VC4(32) Todas las moléculas de líquidos y gases tienden característicamente a moverse o difundirse en todas direcciones hasta que se encuentran distribuidas regularmente por todo el espacio disponible. Se define la difusión*

*como el movimiento de moléculas de una región de alta concentración a otra de menor concentración, producido por la energía cinética de las moléculas.*

Definiciones de procesos: Se puede agrupar tres unidades de información en la cual los términos se definen en relación con proceso o fases de procesos, encontrándose que en la unidad VC4(94) se define ciclo celular en relación con los procesos de replicación de las estructuras celulares y el proceso de división celular, mientras que en la unidad VC4(98) se definen cada una de las etapas del ciclo celular en función con los cambios que cada una implica y su duración y la unidad de información VC4(115) presenta la definición de mitosis en sentido estricto como los procesos que están implicados en la división del núcleo celular, aclarando que la definición de citocinesis está más relacionado con la división de la célula.

La unidad de información VC4(124) más que presentar una definición aborda el significado biológico de la mitosis. El cual se plantea en relación con asegurar que cada célula tenga el mismo número de cromosomas que las demás y tenga la información genética que se encuentra codificada en los cromosomas, asegurando la permanencia de las características de los organismos. Nótese que el significado se está dando en términos estructurales y en términos funcionales.

VC4(159) Hace referencia a la definición de tejido, como un grupo de células que cumplen una función, es decir por su especialización. Esta definición se complementa en la unidad VC4(58) en la cual se da la definición de especialización en términos de función y en relación con el sentido de organismo al plantear que las células no son iguales, tienen división del trabajo y dependencia mutua.

Definiciones relacionadas con la diferencias en el control se presenta en la unidad VC4(173) en relación a músculo estriado, músculo cardíaco y músculo liso, se hace una diferenciación en cuanto a la dependencia hacia el control o la voluntad de tal forma que músculo estriado se define como aquel que depende de la voluntad mientras que músculo cardíaco y músculo liso se definen como aquellos que no dependen de la voluntad.

Finalmente, se presenta en la unidad VC4(195) una definición en relación con la estructura corporal, que hace referencia a simetría como la situación de una estructura que puede dividirse en dos mitades iguales.

### **Definiciones, capítulo N.28 Teoría Cromosómica de la Herencia**

La unidad VC28(24) presenta la definición de alelo como rasgos de contraste para un carácter, siendo posible que un individuo herede uno pero no ambos.

La unidad VC28(28) presenta definiciones de términos que hacen relación a los genes para un carácter. Definiendo homocigoto, heterocigoto, alelo dominante y alelo recesivo. Como homocigoto define la situación cuando en un individuo se presentan que los genes para un carácter son iguales, heterocigoto se define como la situación en cual un alelo es dominante y el otro recesivo. Un alelo recesivo es aquel que ejerce su efecto si se presenta en estado de homocigoto y un alelo dominante es aquel que ejerce su efecto sea homocigoto o heterocigoto.

La unidad VC28(32) presenta la definición de fenotipos y genotipos, fenotipos se considera como la configuración de un individuo respecto a un rasgo heredado y como genotipo se considera al constitución genética de un individuo.

La unidad VCC28(44) define como cruce dihíbrido aquel en el cual intervienen individuos que difieren en dos rasgos, aclarando que la forma metodológica de analizarlos es la misma que se utiliza para los cruces mohíbridos.

Las unidades VC28(49) VC28(50) y VC28(51) definen situaciones en las cuales varios pares de genes pueden influirse, dos de estas situaciones se definen como genes complementarios y genes suplementarios. En la primera situación dos pares de genes se influyen de tal manera que los alelos dominantes de ambas parejas deben estar presentes para que ambos ejerzan su efecto, mientras que en la situación de genes suplementarios uno de los alelos dominantes ejerce su efecto si el otro dominante está presente, mientras que el otro alelo dominante no necesita de esta condición.

En las unidades VC28(52) y VC28(53) presentan el término herencia multifactorial, el cual se define como la situación en la cual dos o más parejas de genes independientes afectan un carácter. En un cruce multifactorial la F1 presenta fenotipos con relación a los padres y en la F2 se presenta variación con respecto a los fenotipos, con muy pocos individuos parecidos a los abuelos.

La unidad VC28(57) define alelos múltiples como aquellos que pueden ocupar un mismo locus correspondiente a una posición en cromosomas homólogos.

Las unidades VC28(63) y VC28(64) definen grupo de enlace como los genes que se encuentran próximos en un cromosoma y presentan la tendencia a ser heredados juntos. Esta condición puede explicar porque ciertos rasgos en el hombre y otros organismos tienden a manifestarse juntos en el fenotipo.

Las unidades VC28(72) y VC28(73) definen caracteres ligados al sexo como aquellos que están controlados por genes que están ubicados en el cromosoma X, de tal forma que en los machos todos los caracteres ligados al sexo proceden de la madre y en las hembras de la madre y el padre. Denomina como hemicígoteo a los varones que poseen un solo alelo para cualquier rasgo ligado al sexo.

Definiciones, capítulo 32. Teorías y principios de evolución

En la unidad VC32(9) se define evolución como un cambio gradual y ordenado que se presenta tanto en lo orgánico como en lo inorgánico. En esta definición se puede observar que se considera la evolución como un proceso general, no restringido a los organismos. Llama la atención que en la definición se considere una visión darwinista de orden y gradualidad.

La unidad VC32(29) define evolución por selección natural, la cual implica que los descendientes de ciertos individuos con determinados caracteres sobreviven contribuyendo al fondo común de genes de la siguiente generación.

La unidad VC32(42) hace mención a la definición del término polimorfismo, el cual se aplica a los organismos, teniendo en cuenta las diferencias en características determinadas genéticamente. Se observa en cierta manera la interrelación entre la genética y la evolución, de tal manera que la existencia de polimorfismos en una población con respecto a ciertos rasgos puede tener valor adaptativo.

La unidad VC32(45) define radiación adaptativa como el surgimiento de especies a partir de una sola especie ancestral que ocupan hábitat diferentes. Es una definición que se presenta en el capítulo sobre evolución ya que forma parte de la explicación de cómo han surgido las especies,

presentándose en el transcurso de la historia de la vida varias radiaciones que han permitido la diversificación de las especies.

En la unidad VC32(51) se define especie como una población de individuos, tiene en cuenta tres criterios: la similitud en características estructurales y funcionales, ancestros comunes entre los individuos y el hecho de que se cruzan entre sí en la naturaleza dando descendencia fértil. También, menciona lo difícil que es dar una definición que se pueda generalizar a todas las plantas y los animales. En cuanto a la dificultad de definir especies en la unidad VC32(58) menciona la posibilidad de que dos especies estrechamente relacionadas se pueden cruzar para dar origen a una tercera por hibridación, lo cual implica que pueden existir excepciones a la definición de especie. Sin embargo los autores no dan una definición alternativa que incluya a los híbridos o que aclare bajo qué criterios se puede clasificar organismos que tienen similitudes en las características estructurales y funcionales pero que no se reproducen, como por ejemplo las mulas que proceden del cruce entre caballos y asnos. Pese a manifestar que es difícil dar una definición de especie los autores enfatizan en la definición anteriormente señalada cuando en la unidad VC32(23) definen población genética o deme teniendo en cuenta la similitud entre individuos, la zona donde bien y la posibilidad de cruzarse entre sí.

En la unidad VC32(52) se definen las barreras de reproducción o mecanismos aislantes como aquellos factores que reducen el grado de cruzamiento entre grupos de individuos de una misma especie. En esta unidad se maneja un lenguaje de relación entre causa-efecto ya que las barreras de reproducción o aislamiento se consideran como factores que pueden reducir el grado de cruzamiento entre subgrupos en una especie.

Además de los anteriores componentes de la organización discursiva, se encontraron unidades en las cuales se presentan términos y datos que no son definidos directamente sino que se abordan, sea mencionándolos en relación con estructuras orgánicas, procesos y situaciones o presentándolos en forma de descripciones. También se ha discriminado en esta apartado cuáles de estos términos o datos son exclusivamente biológicos o proceden de otras ciencias y entran a apoyar explicaciones de índole biológica, lo cual estaría dando evidencias de algún tipo de interrelación disciplinar. Es por esto que se presentan separados en cuatro ámbitos: Bioquímico, Físico, molecular y biológico.

### Ámbito Bioquímico

En este apartado se consideraron las unidades que mencionan aspectos funcionales de las células, los tejidos y organismos que dependen de la presencia de sustancias en la composición celular. Es por esta razón que se clasifican como un dominio de índole bioquímica. En estas los autores no profundizan en aspectos tales como reacciones, rutas metabólicas o explicaciones acerca de la ultraestructura de las macromoléculas orgánicas, contenidos que serían fundamentales en un libro relacionado con bioquímica, en este texto se recurre a la bioquímica como una forma de abordar ciertos aspectos que permiten explicar la incidencia de la composición química en el funcionamiento celular y a través de este en el funcionamiento de los organismos. Ver Tabla 12 (anexo 2)

Se mencionan al menos tres funciones propias de los organismos a nivel celular que dependen de la composición:

Interrelación celular: las unidades de información VC4(108) VC4(109) VC4(20) VC4(22), (ver tabla 11) se refieren a la interrelación entre células como una función que depende de la presencia en la membrana celular de sustancias capaces de recibir información (proteínas filamentosas) y de la existencia de sustancias que se comportan como mensajeros químicos capaces de reconocer sustancias que circundan la célula y que son esenciales para la respuesta de la célula. Los mensajeros estarían también implicados en la regulación de procesos tales como por ejemplo, la regulación de la reproducción celular. A continuación se especifican dos unidades que permiten visualizar lo anterior

*VC4(20) Puede decirse que las proteínas son las que llevan a cabo las funciones específicas de transporte y reconocimiento celular. En estas moléculas se reconocen dos tipos fundamentales con base en su estructura: **proteínas filamentosas** y **proteínas globulares**. Entre las primeras algunas son conocidas como hélices alfa y se encuentran en diferentes regiones de la membrana, incluso en las zonas externas a ésta; los mensajeros y receptores químicos son parte de ellas*

*VC4(22) Otro tipo de mensajeros químicos se han **especializado** para recibir e identificar moléculas que circundan a la célula, la naturaleza de este tipo de mensajeros resulta de la combinación de proteínas filamentosas, carbohidratos (glucoproteínas) o de lípidos y de carbohidratos (glucolípidos).*

Función celular específica en un tejido: una de las unidades de información hace referencia a una función específica de un grupo celular, en este caso los eritrocitos, en los cuales la presencia de una sustancia determina la función que tienen como parte de la especialización, tal y como se puede evidenciar en la siguiente unidad de información.

*VC4(175) Las células rojas (eritrocitos) de los vertebrados contienen el pigmento hemoglobina, que puede combinarse fácilmente en forma reversible con el oxígeno. El oxígeno combinado como oxihemoglobina es transportado a las células corporales por los glóbulos rojos.*

Producción de sustancias como parte de procesos biológicos: hace mención del proceso de fotosíntesis en la cual se produce oxígeno, se relaciona entonces la bioquímica en el sentido que parte de la acción de los organismos se refleja en la producción de sustancias y en la utilización que hace de las mismas como es el caso del oxígeno en el metabolismo energético de la célula. Como ejemplo se cita la siguiente unidad de información.

*VC4(146) Como sabemos, las plantas producen cantidades importantes de oxígeno durante la fotosíntesis, que es liberado a la atmósfera. Durante la respiración utilizan este elemento para poder "quemar" azúcares y otros compuestos indispensables para obtener la energía necesaria para realizar todas sus funciones vitales.*

En otras unidades de información se menciona que las sustancias hacen parte de la composición de estructuras a nivel celular (membrana plasmática) o de la estructura de los tejidos (colágeno en el tejido conectivo). Se hace referencia también a algunos aspectos de la disposición de las moléculas en las estructuras que forman, por ejemplo, la disposición laminar que forman los fosfolípidos, los carbohidratos y las proteínas en la membrana. VC4(19), VC4(30) VC4(168).

Las explicaciones de índole bioquímica se presentan en el capítulo 32, en el cual se aborda el posible origen de sustancias orgánicas a partir de sustancias inorgánicas (VC32(67), VC32(68) y VC32(69)). En estas unidades se sustenta la idea de la existencia de sustancias inorgánicas (por



ejemplo agua, amoníaco, ) tanto en la atmósfera, el agua y la corteza terrestre, sustancias que por medio de reacciones con intervención de fuentes de energía dieron lugar a sustancias orgánicas. De tal forma que se visualiza la idea planteada por Alexander Oparin acerca del origen inorgánico de la vida. A continuación se presenta una unidad de información en la cual se muestra la idea anterior.

*VC32(68) La atmósfera terrestre en tiempos prebióticos probablemente contenía vapor de agua, metano, amoníaco e hidrógeno, de los cuales la radiación podría producir una enorme variedad de materiales orgánicos.*

Las unidades VC32(71), VC73 y VC32(74) presentan la idea del origen de las sustancias orgánicas a partir de sustancias inorgánicas como un proceso evolutivo, en el cual las sustancias van surgiendo como parte de un proceso de transformación que dará origen a una membrana de proteínas y lípidos que rodearía a los agregados prebióticos. Este proceso evolutivo ha podido ser reconstruido por investigadores, identificando la secuencia de aparición y los compuestos desde los cuales han derivado las proteínas, los azúcares y los ácidos nucleicos. A modo de ejemplo se presenta una de las unidades de información.

*VC32(74) Un paso importante en la evolución de estos agregados prebióticos iniciales habría sido la aparición de una membrana de proteína y lípido que los rodearía y que permitiría la acumulación de algunas moléculas y la exclusión de otras.*

### **Ámbito Biológico**

Como ámbito biológico, se consideran aquí a aquellos términos y datos exclusivamente propios de la Biología, es decir los que no proceden de otras ciencias o no hacen relación a explicaciones que deban ser asumidas desde términos o conceptos que procedan de otras ciencias. Estos términos o datos se relacionan directamente con características, funciones, estructuras, procesos que son propios de los organismos a nivel celular, tejidos, sistemas

Los datos que hacen relación a aspectos biológicos se distribuyen en 11 agrupaciones (ver tabla 13, anexo 2), las cuales se describen a continuación.

- La agrupación N. 1 presenta una unidad de información (VC4(48)) la cual hace referencia a una característica celular (turgencia) propias de las células vegetales que puede influir en características generales del organismo, en este caso la turgencia está relacionada con la capacidad de soporte de una planta.
- La agrupación N.2 presenta una sola unidad de información (VC4(49)), en la cual se menciona la capacidad que tienen algunos organismos marinos de almacenar sustancias como una respuesta adaptativa a la alta concentración de sustancias en el medio
- La agrupación N. 3 está conformada por solamente una unidad de información (VC4(49)), la cual se presenta dentro del texto como un dato aislado que se relaciona con la capacidad de las células de transportar contra gradiente sustancias cuando están vivas.

En la agrupación N. 4 se sitúan dos unidades de información que hacen referencia a la función de estructuras celulares, haciendo énfasis en la ultraestructura celular, la cual corresponde a componentes de las diferentes regiones celulares (Núcleo y citoplasma). En este caso las funciones mencionadas corresponden al movimiento y transporte de sustancias en el interior celular. Se

considera la ultraestructura en términos de aquellas particularidades estructurales presentes en las distintas regiones u organelos celulares que de alguna manera inciden en la dinámica de la célula. Una de las unidades se presenta manera de ejemplo

*VC4(74) Aunque no se conoce aún con detalle la estructura fina y los mecanismos de funcionamiento de poros nucleares, se ha observado que los componentes necesarios para llevar a cabo procesos como duplicación de ADN o la síntesis de ARN entran al núcleo a través de ellos, la salida de ARN hacia el citoplasma para llevar a cabo la síntesis de proteínas ocurre también a ese nivel.*

La agrupación N. 5 presenta aquellas unidades de información que mencionan la función de diferentes tejidos (vegetales y animales) planteándose la especialización funcional como una característica de los tejidos. Se presenta la siguiente unidad de información a manera de ejemplo.

*VC4(164) El epitelio sensitivo está formado por células especializadas en la recepción de estímulos buscar otra unidad.*

La agrupación N. 6 especifica dos unidades de información que hacen referencia las variaciones que se dan en el ciclo celular y en los procesos de división celular, indicando de esta forma un componente que se relaciona directamente con la regulación de los procesos biológicos, los cuales pueden tener ritmo diferentes y duración diferentes en sus etapas. En este caso se refiere a la frecuencia de la mitosis en diferentes tejidos y a la división rápida y repetitiva que se da en los huevos fertilizados. A modo de ejemplo se presenta una de las unidades de información

*VC4(97) Los huevos fertilizados de animales son raros por cuanto sufren rápidamente divisiones repetidas que pueden completarse en una hora o menos buscar otra unidad.*

La agrupación N. 7 hace referencia a la regulación de los procesos celulares, incluyendo el ciclo celular. Esta regulación estaría especificada por la programación genética y las interrelaciones que las células establecen. Los cambios de etapas en los procesos estarían mediados por señales y mensajeros químicos. La falta de regulación de los procesos implicaría la aparición de anomalías o la falta de control en las funciones celulares. Se presenta a modo de ejemplo una de las unidades que se tiene en esta agrupación.

*VC4(110) Se dice que toda célula contiene en su código genético las especificaciones necesarias para regular todas sus funciones, durante toda su vida; la capacidad reproductiva está considerada dentro de esa programación. Los investigadores han reportado la presencia de casi 30 genes que intervienen en esta función, a los que se han denominado genéricamente protooncogenes.*

La agrupación N.8 hace mención a una estructura particular relacionada con el cloroplasto conocida como estroma, de la cual no se menciona una función específica, solo indica que rodea a cada grano de un cloroplasto. Es por esto que se considera un dato aislado

La agrupación N. 9 hace mención de las funciones de organelos celulares (Subestructura celular) sin profundizar en descripciones muy detalladas de las mismas. Se menciona la función de los leucoplastos, hidrogenosomas y glicosomas, para los cuales se especifica almacenamiento de sustancias y conversión enzimática relacionadas con el metabolismo. Un ejemplo de esta agrupación es el siguiente.

*VC4(149) Se han reportado **hidrogenosomas** en algunas células bacterianas anaeróbicas estrictas (que no requieren oxígeno libre para poder sobrevivir). Este tipo de microsomas contienen todo el sistema enzimático necesario para poder degradar el ácido pirúvico (molécula intermediaria en la degradación de azúcares durante la respiración), produciendo hidrógeno.*

La agrupación N. 10 hace mención de las funciones específicas que pueden tener los componentes de un tejido, en este caso se presentan cuatro unidades de información que especifican la función

de los componentes del tejido sanguíneo. El nivel de profundización se limita mencionar las funciones mas no profundiza en una descripción más detallada de las mismas. Se presenta el siguiente ejemplo.

*VC4(177)La parte líquida de la sangre, el plasma, transporta muchos tipos de substancias de una parte del cuerpo a otra. Algunas de las substancias transportadas están en solución, otras están unidas a una u otra de las proteínas plasmáticas. En algunos invertebrados, el pigmento que transporta el oxígeno no está localizado dentro de la célula, sino disuelto en el plasma, al cual da color rojo o azul. Las plaquetas son pequeños fragmentos rotos de células voluminosas que existen en la médula ósea. Intervienen en la coagulación de la sangre.*

La agrupación N.11 hace referencia aquellas unidades de información en las cuales se mencionan aspectos relacionados con la estructura corporal, más exactamente con la división que se puede hacer de las partes del cuerpo de los animales en planos teniendo en cuenta la simetría bilateral y los nombres que pueden recibir las diferentes partes del cuerpo según su plano de ubicación. (ver tabla ) un ejemplo de una unidad de información situada en esta agrupación es el siguiente.

*VC4(194) Al referirse a las partes del organismo, los biólogos emplean los siguientes términos: anterior, que se refiere al extremo cefálico del cuerpo; posterior al extremo caudal del mismo; dorsal o sea correspondiente a la espalda; ventral, del lado del abdomen; medial, hacia la línea media, y lateral, hacia los lados. Estos términos se utilizan también para indicar posiciones relativas.*

En los contenidos respecto a datos, términos o situaciones encontradas en el capítulo N. 28 (teoría cromosómica de la herencia) se ubicaron 10 unidades de información, las cuales al hacer mención de aspectos bastante puntuales. De tal forma que la descripción de los resultados se hace para cada una de las unidades de información.

Cromosomas , estructuras genéticas: Dos unidades de información(VC28(14) VC14(21)) indican a los cromosomas como las estructuras en las cuales se ubican los genes, en la primera se presenta como unos de los aportes de los redescubridores de las leyes de Mendel fue demostrar que los genes se encuentran en los cromosomas y en la otra se menciona que las diferencias entre especies animales corresponden a la naturaleza de los factores hereditarios ubicados en los cromosomas. Se presenta una de las unidades de información de la agrupación.

*VC28(14)W. S. Sutton en Estados Unidos y Theodore Boveri en Alemania demostraron que los genes descritos por Mendel estaban situados en los cromosomas del núcleo.*

Hace mención a la diferencia entre estructuras. En este caso se menciona que las diferencias entre pares de cromosomas homólogos corresponden a tamaño, forma, muescas, las cuales corresponden a diferencias morfológicas, Unidad de información VC28(22).

La unidad de información VC28(43) Hace mención a diferencias entre individuos dada su configuración genética, en este caso indica que existen diferencia entre individuos homocigotos y heterocigotos, pudiendo estas diferencias traducirse en la a parición de enfermedades genéticas.

La unidad de información VC28(55) hace mención a distribuciones poblacionales y su representación estadística en curvas normales de distribución, en este caso con relación a las diferencias entre organismos, las cuales pueden ser producidas por factores hereditarios, factores ambientales o ambos.

La unidad de información VC28(58) Menciona los efectos del entrecruzamiento entre cromosomas homólogos sobre la herencia de los rasgos del cromosoma, los cuales a causa de este proceso no siempre se heredan juntos, es decir que más que una variación morfológica el proceso de entre

cruzamiento genera cambios funcionales, lo cual implica en una forma implícita la consideración de los genes más como unidades funcionales que como unidades estructurales.

La unidad de información VC28(60) menciona la utilidad que el conocimiento detallado que se tienen de los entrecruzamientos entre cromosomas ha permitido hacer mapas de la situación específica de los genes en los cromosomas. Se resalta en esta unidad la utilidad de un conocimiento para el avance en otros aspectos relacionados, aunque los autores no profundizan en esta idea en especial por la importancia que han tenido estos estudios por ejemplo en el mapeo genético de varias especies incluyendo el ser humano y las consecuencias prácticas (tecnologías) y éticas que de estos procedimientos se derivan.

La unidad de información VC4(61) hace mención de la imposibilidad de visualizar en la descendencia la frecuencia de entrecruzamientos, siendo solo posible visualizar la frecuencia de las recombinaciones en la descendencia, dado que pueden haber más de dos entrecruzamientos por cada locus. Nótese que en esta unidad se introduce un vocabulario guiado hacia lo estadístico, lenguaje que es propio de los estudios poblacionales.

La unidad VC28(64) menciona la importancia de los entrecruzamiento para la recombinación genética, constituyéndose en una fuente de variabilidad que posibilita la evolución. En forma explícita los autores introducen la relación entre genética y evolución, aspecto que se ampliará en el capítulo referente a la teoría evolutiva (teoría sintética de la evolución) siendo una de las pocas unidades en las cuales se manifiesta la interrelación entre las diferentes ramas disciplinares de la Biología.

La unidad VC28(74) Introduce la idea de herencia influida por el sexo, en el sentido de considerar que no todas las diferencia entre machos y hembras están determinadas por los cromosomas sexuales pero están influidas por el hecho de ser hembra o macho. Es claro que lo que se pretende es hacer una aclaración ya que esta unidad es cercana a la sección en la cual se explica la herencia ligada al cromosoma X en mamíferos y otros animales.

Las unidades VC28(75) y VC28(76) hacen mención de los efectos que sobre la expresión de genes recesivos tiene la endogamia, haciendo que los genes se vuelvan monocigotos, lo cual aumenta su expresión, esto puede estar implicado en la aparición de enfermedades genéticas. De esta unidad se puede decir que se halla una relación entre genética y salud, nombrando las enfermedades hereditarias que están influenciadas por la expresión de genes, erróneamente esta solo se asocian las condiciones de genes recesivos, lo cual puede contribuir a reafirmar la creencia de recesivo como sinónimo de defecto.

En el capítulo 32 (Principios y teorías de la evolución) se encontraron 21 unidades de información, las cuales se organizaron en 16 agrupaciones. Aclarando que algunas de estas 16 agrupaciones solo contemplan una unidad de información. Al igual que en los otros capítulos es difícil encontrar agrupaciones, dada la especificidad con la que los autores abordan cada término. A continuación se presenta una descripción de los resultados para este capítulo.

La unidad VC32(102) hace mención de las condiciones bajo las cuales se considera que una población está en equilibrio genético, es decir la frecuencia de genes permanece constante de una generación a otra, estas condiciones son que la población sea grande, existencia de apareamiento al azar, ausencia de mutaciones y ausencia de emigración o inmigración. Nótese que los autores

no aclaran que esta es una condición ideal en el sentido que en la naturaleza no se presentan poblaciones en estas condiciones. En esta unidad se manejan términos en referencia a poblaciones, es decir factores o causas que afectan a grupos de organismos.

Las unidades VC32(26) y VC32(82) a diferencia de la anterior plantean el cambio en el fondo común de genes en poblaciones que están en trance evolutivo. Mencionando las causas que promueven dicho cambio (mutación, introducción de genes extraños, selección natural y recombinación genética). Se observa que en esta unidad la evolución se presenta como eje central del contenido a la población, manejando la relación causa-efecto, factores que influyen para determinar un cambio.

Las unidades VC32(27) y VC32(28) presentan el azar como uno de los factores que determinan la evolución, siendo relevante en aquellas poblaciones con un número pequeño de individuos y que se sitúan en un área nueva, existiendo diferencias en el fondo común de genes entre la nueva población y la población original. Este desplazamiento genético es común en islas y zonas aisladas. Nótese que en estas unidades se maneja también un lenguaje de causa-efecto, siendo el azar el único factor relevante que causa la diferenciación genética y por consiguiente la evolución.

En las unidades los autores continúan presentando los factores que están implicados en la evolución, en este sentido hacen énfasis en el papel de las mutaciones, no solo como un factor que puede provocar cambios en los organismos, principalmente cuando se presentan en las primeras etapas de desarrollo, sino también en su papel como generadora de fenotipos alternantes. Los cuales, son decisivos en el proceso evolutivo, una población que posea determinadas mutaciones puede tener probabilidades de sobrevivir, Esta misma importancia es mencionada para la variación genética. Nótese que hasta aquí el texto presenta una posición darwinista acerca de la evolución, mencionando elementos que corresponden a la teoría sintética de la evolución.

Las unidades VC32(53) y VC32(55) hacen relación al aislamiento entre poblaciones causada por barreras geográfica (desiertos, glaciares montañas o mares), si estas permanecen demasiado tiempo aisladas se da aislamiento genético, el cual en su mayoría es producido por mutaciones. En estas unidades se presentan dos elementos que se relacionan directamente con las ideas darwinistas de la evolución, uno tiene que ver con los cambios genéticos como factor de diferenciación y la otra con la necesidad de un tiempo prolongado para que se presente dicha diferenciación.

La unidad VC32(31) introduce el sentido del tiempo en el cambio en el fondo común de genes en una población. Mencionado que es un proceso lento y prolongado. Además, se introduce la idea de éxito o fracaso en el sentido que un gen mutante se establece en una población dependiendo de la capacidad que le confiere a su poseedor para dejar descendencia en la generación siguiente.

La unidad VC32(35) hace mención de la relación que existe entre la fecundidad diferencial y la reproducción diferencial, de tal forma la capacidad de sobrevivir de los organismo afecta al fecundidad. Organismos con pocas posibilidades de sobrevivir tienden a tener tasas altas de fecundidad mientras que organismos con altas probabilidades de sobrevivir tienden a tener tasas bajas de fecundidad.

La unidad VC32(44) hace mención de la diferencia que existe en la capacidad para sobrevivir de los organismos heterocigotos con respecto a los organismos homocigotos, teniendo los primeros

una mayor capacidad de adaptación, sin embargo en el texto se aclara que la presencia de ambos grupos es necesaria. En forma implícita los autores están dando a entender la interrelación que existe entre la configuración genética y la capacidad adaptativa de los organismos ya que los heterocigotos tendrían mayor favorabilidad frente a la selección natural.

La unidad VC32(80) Hace mención de la variación en la intensidad evolutiva de diferentes organismos, siendo más intenso cuando se está dando el proceso evolutivo y menos intensa cuando la especie logra establecerse. Esto implicaría que la evolución presenta diferentes ritmos y que en la naturaleza habrá periodos de surgimiento de muchas especies y periodos relativamente estables, lo cual puede estar relacionado con el concepto de radicación adaptativa.

Las unidades VC32(81) y VC32(88) enfatiza en que la evolución no es un proceso direccional que lleva de lo simple a lo complejo, se observa que muchas veces una especie superior da lugar a especies más sencillas. Las mutaciones son causales no proceden de lo simple a lo complejo y de lo imperfecto a lo perfecto. Introduce la idea aunque no en forma directa de la evolución como un proceso no teleológico, es decir sin un fin determinado.

La unidad VC32(90) presenta la idea de Jay Gould acerca de la impacto de las catástrofes (pensamiento catastrofista) en el curso evolutivo, mencionando que estas han sido responsables al menos en cinco ocasiones desde la aparición de los pluricelulares de la desaparición masiva de especies. Esta unidad hace parte de otras que presentan teorías alternar al darwinismo, ya que no implican la evolución como un proceso lento y gradual.

La unidad VC32(95) presenta como fundamento de la posibilidad de que mitocondrias y cloroplastos tuvieran en algún momento vida propia, similar a bacterias de vida libre. El hecho que en estos organelos se puede observar la presencia de ADN, ARN, ARNt y ribosomas, pueden sintetizar algunas proteínas y se multiplican en forma independiente al núcleo celular. Este es uno de los planteamientos que fundamentan a la teoría endosimbiótica de la evolución.

En esta misma línea, la unidad VC32(97) presenta las ideas de Lynn Margulis, haciendo mención de un hecho que respalda a la teoría endosimbiótica, se explica la tendencia de las relaciones simbióticas a ser heredadas de una generación a otra, heredándose los mecanismos morfológicos y fisiológicos que se modifican en dichas relaciones. Esta idea implica que un factor de evolución en los organismos son los cambios que se provocan por las relaciones simbióticas, las cuales según la teoría no dependen de la variación genética y la selección natural.

### **Aspectos biofísicos**

Los datos con relación a aspectos físico-biológicos son escasos en el contenido del texto, encontrándose solo una unidad de información. En esta se presenta la relación que existe entre variables física (presión osmótica y gradiente de concentración) con la salida y entrada de sustancias de la célula y las reacciones que la misma tendría en relación con la concentración de solutos y solventes. Ver tabla 14 (anexo 2) Unidades de información VC4(43) Y VC4(45). Se clasifican como biofísicos ya que se introduce en una explicación biológica términos que provienen directamente de la Física, los cuales pueden ser aplicados a explicaciones de esta ciencia y no están necesariamente vinculadas a procesos biológicos.

### **Aspectos relacionados con Biología molecular**

Específicamente contenidos en relación con la Biología molecular son más bien escasos en el contenido de los capítulos analizados, se reportan dos que especifican contenidos a manera de comentarios o datos. La unidad VC4(82) hace mención del ADN como componente de los cromosomas y de la extensión variable de esta molécula con relación al número de nucleótidos, cantidad que cambia de una pareja de cromosomas a otra. La unidad VC4(129) hace mención del control genético que se da en las mitocondrias por cuenta del ADN mitocondrial y el ADN nuclear, cada uno de los cuales es responsable de codificar proteínas diferentes que se encuentran en distintas regiones de la estructura o están implicadas en diferentes funciones ver tabla 15 (anexo 2).

### **Descripciones**

Se discriminan en el en el siguiente apartado aquellas unidades de información en las cuales los términos y datos entran a formar parte de descripciones, se diferencian del apartado anterior en la medida que en aquel se hacía mención del término el dato pero no se realizaba una mayor descripción de los mismos. Al igual que en el apartado anterior se dan a conocer aspectos estructurales, funcionales y procesos. También, se ha discriminado en este apartado cuáles de estas descripciones son exclusivamente biológicas o proceden de otras ciencias y entran a apoyar explicaciones de índole biológica, lo cual estaría dando evidencias de algún tipo de interrelación disciplinar. Es por esto que se presentan separados en cuatro ámbitos: Bioquímico, Físico, molecular y biológico.

### **Descripciones Bioquímicas**

Se evidencian 20 unidades de información que hacen relación a la descripción situada en un ámbito bioquímico ya que se aborda la composición de diferentes estructuras a nivel celular, tisular y orgánico. Se consideran descripciones en la medida que precisa en forma medianamente profunda el nombre de las estructuras, el nombre de las sustancias que se presentan, las características estructurales y funcionales que se derivan de la composición, la disposición espacial y estructural de las sustancias y las consecuencias que esto tiene en términos funcionales ver tabla 16 (anexo 2).

Las descripciones que se realizan en el texto respecto al ámbito bioquímico se pueden analizar cómo sigue.

En relación con la membrana celular se describe la importancia de las sustancias en relación con la estructura mencionando el tipo de compuestos que hacen parte de la membrana celular, pero haciendo énfasis en que su disposición espacial influye en forma como se desplazan las sustancias a través de la misma (flujo dimensional continuo). Además menciona que el transporte de sustancia a través de la misma se da por la acción de compuesto (proteínas globulares).

La importancia de las sustancias es puesta en evidencia en relación con procesos intercelulares, en los cuales diferentes compuestos actúan como intermediarios en los procesos y las funciones. También, se evidencia que los compuestos median las interrelaciones entre las células, las

moléculas actúan como mensajeros químicos, lo cual permite entender y describir las interacciones entre los órganos y tejidos de un organismo pluricelular.

Lo anterior se evidencia en las unidades de información que hacen mención de las prostaglandinas como sustancias que al ser sintetizadas en la membrana celular pueden influir regulando procesos propios de tejidos. El conocimiento de las rutas de síntesis y la acción de estas sustancias han permitido la existencia de tratamientos médicos que se fundamentan en la inhibición o estimulación de su síntesis.

La estructura de los organelos no solo puede ser explicada en términos de las sustancias que la componen, además la disposición de la estructura tiene influencia sobre la producción de sustancias, las reacciones bioquímicas y la eficiencia de las mismas. Esto se pone en evidencia cuando los autores describen como la ultra estructura interna de la mitocondria permite que se tengan las enzimas necesarias para la transferencia de electrones o la conformación y disposición de las capas de fosfolípidos, proteínas y clorofila en los cloroplastos hacen más eficiente la transferencia energética y la difusión de la clorofila.

A nivel de tejidos se describe la composición de las estructuras extracelulares (matriz) y las consecuencias que esto tiene para las características, esto se evidencia en la unidad de información VC4(170) en la cual se describe la composición de la matriz ósea, las sustancias que componen la matriz generan las características de dureza que permite sostener el cuerpo.

Como se puede evidenciar el interés de los autores no es profundizar en los aspectos bioquímicos, sino más bien ofrecer un panorama general de la importancia de comprender los aspectos de la bioquímica para el entendimiento de la dinámica de los organismos en todos sus niveles de organización, aunque el énfasis de este tipo de descripciones se sitúa a nivel de la estructura y función de los organelos y regiones celulares. Esto hace necesario que estos aspectos sean profundizados a nivel de cursos específicos de bioquímica dentro del programa de estudios.

### **Descripciones biológicas**

La información contenida en la tabla 17 (anexo 2) que hace mención a los contenidos descriptivos de naturaleza biológica se presentan agrupados en 14 aspectos los cuales en su mayoría hacen descripciones en relación con la estructura y la función, a continuación se presentan las tendencias que se encontraron en cada uno de estos aspectos. Se mencionan el número de unidades de información encontradas para cada agrupación y se da un ejemplo de una unidad que sea representativa de la agrupación.

Agrupación N. 1 conformada por una unidad de información que hace énfasis en la función de la membrana celular en términos de intercambio de materiales y la delimitación de estructuras y funciones internas y aislamiento y diferenciación con el exterior. Describe la disposición de estructura y sustancias que permiten dar movimiento a las sustancias Ver tabla 17 (anexo 2).

Agrupación N. 2 presenta siete unidades de información Presenta una descripción del citoplasma en relación con las estructuras que contiene y son visibles con el microscopio electrónico y en términos de la descripción de sus componentes estructurales básicos (el citosol y citoesqueleto).



El citosol es descrito en términos de composición por sustancias hidrosolubles que conforman la sustancia fundamental de la célula.

El citoesqueleto se describe en tres elementos: la función, la estructura y la composición. Como función se menciona que da soporte y andamiaje a la estructura celular pero a su vez está implicado en el movimiento. A nivel estructural se describe como un armazón formado por filamentos.

En su composición se menciona que está compuesto por proteínas similares la actina y a la miosina, las cuales se relacionan con el movimiento.

*VC4(66) Encerrado por la membrana celular se encuentra el citoplasma, formado por una masa gelatinosa, el **citosol** sostenido por una inmensa red de microfilamentos denominada **citoesqueleto**, contiene un número variable de organelos en su interior.*

Agrupación N. 3, conformada por cinco unidades de información que describen la conformación estructural y la composición (ADN- proteínas) del nucleosoma, como una estructura que en la división celular dará lugar a los cromosomas.

Menciona la función de control que se ejercen los cromosomas sobre la estructura y la función (metabolismo) celular, mediante información codificada.

*VC4(75) Dentro del núcleo podemos encontrar a la cromatina, formada por delgados "hilos de ADN y proteínas que forman estructuras complejas conocidas como **nucleosomas**. Las proteínas que participan de la cromatina son de diferentes tipos, dentro de los cuales abundan las **histonas**, de las que se han reconocido cinco variedades diferentes (H1, H2A, H2B, H3 y H4)*

Agrupación N.4: Función celular, consistente en la tendencia a conservar el equilibrio con respecto al medio, mediante procesos adaptativos que permiten la modificación del contenido de agua manteniendo una presión osmótica distinta al medio. Se describe en términos de modificación de estructuras (vacuolas contráctiles), presencia de características celulares (turgencia por ejemplo) o capacidad para acumular sustancias (sales). Se ubica una unidad de información VC4(46).

En la agrupación N. 5 se ubican tres unidades de información que describen las estructuras que permiten la unión e interrelación entre las células que conforman a un tejido. Estas estructuras se pueden establecer como área de contacto entre membranas, como remaches mediante uniones por microfilamentos, como canales que interconectan citoplasmas o uniones a manera de puentes por prolongación de citoplasmas (simplasto en las células vegetales)

*VC4(59) La unión hermética es un área de fusión o contacto íntimo entre membrana de células contiguas; funciona como una especie de selladura que oblitera una parte del espacio intercelular. En invertebrados esta unión se llama también tabicada. Las uniones herméticas se localizan particularmente en el epitelio del tubo digestivo, glándulas, túbulos proximales del riñón y vejiga urinaria.*

En la agrupación N.6 se ubican 13 unidades de información que describen la función de regiones y organelos celulares, se hace mención de los elementos estructurales o de las sustancias que los componen y que de alguna manera influyen en la realización de la respectiva función

Los elementos estructurales que se describen tienen en cuenta la disposición de las membranas al exterior y al interior de los organelos, esta disposición diferencia disposiciones laminares, tubulares, en forma de disco y se menciona si forman bolsas, vesículas, cisternas, crestas.

*VC4(140) Los lisosomas, otro grupo de organelos intracelulares aislados en células animales, son menos densos que las mitocondrias y tienen aproximadamente su mismo tamaño; constan de una estructura membranosa limitante que alberga diversas enzimas capaces de hidrolizar los constituyentes macromoleculares de la célula, proteínas polisacáridos y ácidos nucleicos. Estos sacos sirven para secretar estas enzimas en la célula intacta y presumiblemente evitan que digieran el contenido de la célula. La rotura de la membrana lisosómica libera estas enzimas y explica, al menos en parte, la lisis de las células muertas o en trance de perecer, y la resorción de las células, como por ejemplo, las de la cola del renacuajo durante la metamorfosis. Como los lisosomas contienen enzimas que pueden hidrolizar los principales componentes celulares al romperse los lisosomas y liberarlos, se han denominado "sacos suicidas" por el bioquímico belga Christian De Duve.*

En la agrupación N. 7 se ubican dos unidades de información que describe la ultraestructura de la membrana nuclear, teniendo en cuenta dimensiones y disposición de las dos capas que la conforman y aíslan el núcleo. Se describen los poros que intercomunican el núcleo con el citoplasma, se tiene en cuenta su disposición en forma de flor en cuyo centro se ubica un orificio que permite la entrada o salida de sustancias.

*VC4(72) La membrana que recubre al núcleo presenta un aspecto rugoso debido a la presencia de una abundante cantidad de polisomas que la recubren en su parte externa. De hecho, esta superficie membranosa se encuentra formada por dos capas separadas entre sí por un espacio de alrededor de 15 nm. Estas dos capas membranosas forman en sí dos esferas concéntricas, la externa recubierta por polisomas, y la interna con aspecto completamente liso. De esta manera el núcleo queda aislado del resto de la célula, y a nivel de membranas, a través de poros, es donde ocurren procesos de intercambio entre el núcleo y el citoplasma*

Agrupación N.8 Se ubican dos unidades de información que Describe la ultraestructura celular en términos de la disposición de estructuras tubulares que están presentes en la base de los cilios y describe la conformación de los ribosomas en términos de las sustancias (ARN y proteínas) que están presentes en su composición y cuya disposición determinan la presencia de dos subunidades.

*VC4(93) Las células que llevan cilios en sus superficies expuestas tienen una estructura, denominada **cuerpo basal**, en la base de cada cilio. El cuerpo basal se parece mucho al centriolo, porque contiene nueve tubos paralelos. Cada cilio contiene nueve filamentos longitudinales, situados periféricamente, más dos situados centralmente. Al igual que los centriolos los cuerpos basales pueden duplicarse.*

Agrupación N. 9 se ubica una unidad de información que hace mención de un proceso celular dependiente de condiciones y características de las estructuras celulares: las condiciones que desencadenan el proceso se relacionan con proporciones de masa entre el núcleo y el citoplasma.

Agrupación N. 10 ubica seis unidades de información que describe el proceso de mitosis teniendo en cuenta los cambios estructurales que se dan en cada una de las etapas del proceso y que aseguran la distribución equitativa de los cromosomas en las células.

Los cambios estructurales se refieren básicamente a los cromosomas (condensación, migración y división) la formación del huso acromático y la citocinesis.

*VC4(116) Profase. Comienza la profase con la condensación de los filamentos de cromatina, lo que da lugar a los cromosomas, los cuales aparecen como una masa apelotonada dentro del núcleo. Al principio los cromosomas, estirados al máximo, dejan ver bien los cromómeros con distinción de tamaño y forma pudiendo, en condiciones favorables, identificarse cada uno de ellos. Cuando los cromosomas se contraen subsecuentemente los cromómeros se superponen y ya no es posible diferenciarlos entre sí. Cada mitad del cromosoma doble se llama cromátide; los dos cromátides quedan unidos al centrómero que permanece único hasta la metafase.*

Agrupación N. 11 Está conformada por una unidad de información que describe estructuras observada en bacterias que pueden dar indicios acerca del origen evolutivo de las mitocondrias. Estas estructuras se refieren a la presencia de membranas que tienen las enzimas del sistema de transmisión de electrones.

*VC4(130) Los biólogos han especulado sobre el origen evolutivo de las mitocondrias. Las células de las bacterias no contienen mitocondrias, pero sí membranas en las que se encuentran las enzimas del sistema transmisor de electrones.*

Agrupación N. 12 conformada por una unidad de información que describe un proceso celular relacionado con la aparición de sustancias oxidantes y los factores que las pueden desencadenar.

Agrupación N. 13 Se ubican 23 unidades de información que describen la función que tiene los diferentes tejidos vegetales y animales en sus respectivos organismos, se tienen en cuenta para la gran mayoría una descripción de la morfología y disposición de las células que los conforman y se menciona los órganos en los cuales se ubican estos tejidos.

Para algunos tejidos se describe la disposición y conformación de la matriz extracelular que los conforman y que influye en la función que desempeñan.

*VC4(163) Las células del **epitelio cilíndrico** son alargadas, como pilares o columnas, el núcleo suele encontrarse cerca de la base de la célula (fig. 4-47, C). El estómago y los intestinos están revestidos de epitelio cilíndrico. Las células cilíndricas pueden tener **cilios** en su superficie libre. Estas pequeñas proyecciones citoplásmicas pulsan rítmicamente y desplazan material en una dirección. Casi todo el sistema respiratorio está revestido de **epitelio ciliado** cuya función consiste en expulsar partículas de polvo, así como otras sustancias extrañas.*

*VC4(171) Atravesando toda la matriz del hueso hay los **conductos de Havers**, vías microscópicas a través de las cuales vasos sanguíneos y nervios nutren y controlan las células óseas. La matriz ósea es secretada en forma de anillos concéntricos (laminillas) alrededor de los conductos; las células permanecen en cavidades dentro de estos anillos. Las células óseas están unidas, unas a otras y con los conductos de Havers por extensiones celulares que se encuentran en conductos menores en la matriz. Las células óseas obtienen oxígeno y sustancias de base mediante estos conductos diminutos; también eliminan por esta vía los productos de desecho. Los huesos poseen también células que modifican la sustancia ósea y la capacitan para cambiar su forma en respuesta a esfuerzos sostenidos.*

*VC4(182) Tejido protector. Los tejidos protectores están formados por células con paredes gruesas para proteger las subyacentes de paredes delgadas contra la desecación o las lesiones mecánicas. La epidermis de las hojas y la capa de corcho de tallos y raíces son ejemplos de tejidos protectores. La epidermis de las hojas secreta una sustancia cerosa impermeable al agua llamada cutina, que disminuye la pérdida de agua por la superficie de la hoja.*

Agrupación N. 14, se ubica una unidad de información que describe en términos funcionales, aunque no en profundidad ya que en el texto se destinan capítulos enteros para este fin, los principales sistemas del hombre y otros vertebrados.

La idea de sistema no se presenta en el sentido de interacción de estructuras y funciones, más bien se centra en una descripción relacionada con la división del trabajo. En cierta medida se puede considerar como una generalización ya que estaría estableciendo la existencia de estructuras y funciones comunes entre organismos, en este caso entre el ser humano y otros vertebrados.

*VC4(193) En el hombre y otros vertebrados pueden distinguirse 11 sistemas de órganos:*

*Sistema circulatorio, que transporta sustancias para todo el organismo.*

*Sistema respiratorio, que proporciona un medio para el intercambio de oxígeno y bióxido de carbono, entre el torrente sanguíneo y el medio ambiente externo.*

*digestivo, de ingreso de alimentos, desdoblamiento de grandes moléculas de nutrientes en otras más pequeñas y absorción de éstas por la sangre.*

*Sistema excretor; de eliminación de los productos de desecho del metabolismo.*

*Sistema de tegumentos, que cubre y protege al cuerpo.*

*Sistema esquelético que suministra el sostén del organismo y permite los movimientos y la locomoción.*

*Sistema muscular, que colabora con el anterior en los movimientos y en la locomoción.*

*Sistema nervioso, que conduce impulsos nerviosos por todo el cuerpo e integra las actividades de los otros sistemas.*

*Organos de los sentidos, que reciben estímulos del ambiente y de varias regiones del cuerpo.*

*Sistema endocrino, que constituye otra coordinación de las funciones corporales.*

*Sistema reproductor, que permite la continuación de las especies*

### **Descripciones físicas**

Las unidades de información que hacen descripciones netamente físicas hacen referencia a las variables relacionadas con el proceso de difusión. En la unidad VC4(33) hace mención de la dependencia de la velocidad de difusión de variables como el tamaño molecular y la temperatura, describe como la disposición de las moléculas en cada uno de los tres estados (sólido, líquido y gaseoso) determina la libertad de movimiento Ver tabla 18 (anexo 2).

En la unidad VC4(35) describe la velocidad de difusión como limitado por el choque continuo de las moléculas entre sí, de manera que el desplazamiento no alcanza más de unos pocos nanómetros por segundo ya que las moléculas son frenadas constantemente por otras que se mueven en sentido contrario.

### **Tradición científica de la Biología**

Se plantea que la Biología es una ciencia antigua pero a la vez reciente. Esta idea permite entender cómo los autores manifiestan que existe una tradición científica que se origina en los griegos e incluso antes. Es decir muchas de las ideas que se tienen como esenciales en el marco actual de la Biología ya habían sido parte de la reflexión de hombres como los filósofos griegos y romanos. Por ejemplo la herencia al momento de las leyes de Mendel ya gozaba de una larga experiencia y la evolución antes de Darwin ya había sido una cuestión abordada por hombre de ciencia. VC1(1)VC1(3) VC1(4) VC28(4)VC32(3) VC32(4) VC32(12) los resultados se muestran en la tabla 19 (anexo 2).

En el siguiente ejemplo se puede apreciar esta forma de considerar la tradición de la Biología.

*VC1(3) La Biología como conocimiento organizado probablemente empezó en Grecia y Roma. La descripción y clasificación de plantas y animales, así como la práctica de la disección para el estudio de la fisiología y la anatomía encontraron sus raíces en estas civilizaciones. Los conocimientos logrados en esta época permanecieron sin modificaciones profundas hasta el renacimiento.*

Igual postura se encuentra en el capítulo sobre los principios de evolución, en el cual varias unidades de información dan cuenta de que la evolución ya era una idea que había sido propuesta por filósofos y científicos antes de la formulación de la teoría darwiniana. Los autores plantean las siguientes ideas respecto a la evolución:

- La idea de cambio se ha venido asumiendo gradualmente desde tiempo remotos y ha sido sustentada desde diferentes bases. Para el creacionismo el cambio estaba predefinido y era parte de la perfección de la creación VC32(3).
- Por varios siglos se tenía la idea de que los seres vivos tienen semejanzas y diferencias perfectamente graduadas desde su creación de manera que entre especie y especie o grupo y grupo existía una graduación que podía representarse en una gran escala del ser. Esta idea asociada al cambio perpetuo surgió en Grecia durante su periodo clásico de los siglos VI y V antes de Cristo VC32(4).
- La idea de la evolución orgánica ya había sido planteada en escritos de filósofos griegos anteriores a Cristo. En aquella época el espíritu de la filosofía griega al igual que en la actualidad

trataba de encontrar explicaciones naturales a los fenómenos. Sin embargo estas ideas resultarían demasiadas vagas por los escasos conocimientos biológicos que se poseían

- Los restos de conchas y de fragmentos que parecían dientes así como caparazones de animales evidentemente marinos encontrados en las cimas de las montañas fueron interpretados por Leonardo Da Vinci (siglo XV) como restos de animales que habían existido y luego se habían extinguido.
- La idea de la evolución orgánica fue considerada y aceptada como razonable por los eruditos a partir del renacimiento, el mismo Darwin cita en el origen de las especies a pensadores que ya habían especulado sobre la misma idea de cambio.

Por otro lado, los autores consideran que la Biología es una ciencia reciente ya que sus grandes conceptos aparecieron durante los siglos XVIII, XIX y XX. Teniendo relevancia los avances técnicos que han permitido el estudio de la complejidad estructural y funcional de los seres vivos VC1(2) y VC1(5).

En la siguiente unidad de información puede apreciarse la tendencia anterior.

*VC 1(5) En otro sentido la Biología es una ciencia joven, los grandes conceptos generales que forman el fundamento de toda ciencia se han desarrollado recientemente para la Biología. Los adelantos técnicos como el microscopio electrónico, las técnicas de preparación de tejidos han revelado un orden de complejidad completamente nuevo en la materia viva*

Esta visión de la tradición científica se refuerza en los capítulos relacionados con la teoría cromosómica de la herencia y los principios de evolución.

Estos planteamientos respecto a la tradición científica de la Biología implican que el origen y desarrollo de esta ciencia se presenta como consecuencia de adelantos técnicos, dejando de lado las ideas, preguntas y problemas que marcarían el surgimiento de nuevos conceptos en torno a los seres vivos. Desconocer estos elementos estaría colocando las ideas que se tenían por ejemplo en la antigua Grecia y en Roma en el mismo nivel que los conceptos y teorías actuales.

Contrasta esto con los elementos teóricos que sitúan el origen de la Biología entre el siglo XVIII y el siglo XIX (Jacob 1986 y Valencia 1989) quienes plantean que antes de estos siglos no existía la Biología en tanto su objeto de estudio no se encontraba diferenciado.

### **Estatus epistemológico del Conocimiento Biológico**

En esta categoría se encontraron tres unidades de información ver tabla 20(anexo 2), lo cual indica que este aspecto en forma explícita es poco abordado en el texto ya que no se dan elementos que permitan determinar si se considera a la Biología como un conocimiento diferenciado de otras ciencias.

La unidad de información VC1(5) indica la importancia que las investigaciones en Biología han tenido para dilucidar la unidad de la vida. Esto implica que el fenómeno de la vida tiene unas características que le son propias y comunes, aunque no se mencionan cuáles son los elementos que permiten pensar que en la vida hay unidad y si estos permiten diferenciarla de otros fenómenos propios de lo inerte. En esta unidad se menciona que en especial la Biología Molecular ha permitido comprender las transformaciones químicas y energéticas que caracterizan los fenómenos de la vida. Es claro que en esta unidad se está indicando que se considera que una característica de la vida está relacionada con transformaciones químicas y energéticas, por lo tanto los fenómenos de la vida tienen una naturaleza de tipo físico-químico.

En la unidad VC1(20) se reconoce el carácter científico de la Biología, aunque no tenga completamente capacidad predictiva. Esta característica planteada por Mayr (2006), permite diferenciar a la Biología de la Física y que por lo tanto se puede decir le da un estatus propio.

En la unidad VC1(31) se considera que uno de los esquemas conceptuales que más unidad le ha dado a la Biología es la descripción de los lugares en los que se desarrolla las formas de vida. En forma implícita se está haciendo mención de la ecología, aunque no se menciona por qué se hace esta afirmación, se puede pensar que para el autor algo que diferencia a la Biología es que aborda aspectos de estudio diferentes a otras ciencias.

### **Perspectiva interdisciplinaria del Conocimiento Biológico**

En esta categoría se encontraron dos unidades (ver tabla 21, anexo 2).

En el texto se presentan muy pocos elementos que hagan relación a la existencia de interdisciplinaria como un elemento constitutivo y relevante en el Conocimiento Biológico, se presenta en la unidad VC1(33) la existencia de especialistas ya que la Biología es una ciencia bastante amplia, lo cual requiere la especialización en cada una de las ciencias biológicas. Esta unidad implica que la especialización en una disciplina biológica es una consecuencia de la gran variedad y complejidad que existe en los organismos y sus interrelaciones con el entorno, lo que implica según los autores que es imposible que una sola persona pueda dominar todo el conocimiento de la Biología.

En la unidad VC4(106) se plantea que la comprensión de procesos celulares puede entenderse desde diferentes enfoques (bioquímico, genético, biofísico, inmunológico o de la Biología molecular), lo cual estaría planteando desde una manera implícita la cuestión acerca de la interdisciplinaria de las diferentes ramas que se han desarrollado en la Biología. Esto se menciona en relación con las investigaciones que se han hecho del cáncer, enfermedad cuya investigación ha implicado la confluencia de varias especialidades para la comprensión de sus causas y tratamiento.

### **Organización disciplinaria**

Esta categoría contempla 3 unidades de información (ver tabla 22 anexo 2).

Las unidades de información VC1(7), VC1(8) y VC28(3) indican en la Biología una organización por disciplinas tales como la anatomía, la fisiológica, la genética, la evolución, la embriología. Esto hace necesario que existan especialistas en cada de las disciplinas que constituyen esta ciencia. Entre estas especialidades o ramas se encuentra la genética la cual se ocupa de los fenómenos de la herencia y la variación. No se desarrolla a profundidad la diferenciación de las disciplinas, sin abordar los criterios epistemológicos que permiten diferenciarlas. Esto implica una consideración puramente nominal ya que se nombran pero no se profundiza por ejemplo en las consecuencias que para el conocimiento de lo vivo tiene una ciencia dividida en disciplinas.

## **6.2 Resultados estructura sintáctica**

### **Generalización**

Los resultados con relación a la categoría generalización se muestran en la tabla 23 (anexo 2)

Cuatro unidades de información hacen referencia a la generalización en torno a la estructura celular, desde la cual se plantea que todas las células tienen una estructura básica consistente en la presencia de una membrana celular, un núcleo y organelos celulares, aunque también se hace

mención a que existen excepciones respecto a la presencia del núcleo, existiendo células que carecen de esta estructura y otras que pueden tener varios núcleos. Las células aunque posean variedad de tamaños y formas pueden tener características comunes y una de esas características se refiere a elementos estructurales comunes.

Solo una de estas unidades hace referencia a las células eucariontes como aquellas que poseen un núcleo. No se hace mención a las células procariontes que constituyen una excepción a la generalización presentada por cuanto no poseen en su estructura el núcleo y los organelos. La siguiente unidad se presenta manera de ejemplo.

*VC4(7) Cada célula contiene un **núcleo** y está rodeada de **membrana plasmática**. Los glóbulos rojos del mamífero pierden su núcleo durante la maduración, en tanto que los músculos estriados poseen varios núcleos, excepciones. Sin embargo, a la regla general de un núcleo por célula.*

Dos unidades de información (VC4(126) y VC4(131)) hacen referencia a la generalización en torno a la estructura de las células vegetales, haciendo mención que todas las células que se encuentran en los vegetales presentan mitocondrias y plastidios. Para las primeras se hace mención de sus dimensiones y las formas que pueden adoptar cuando se observan al microscopio y para los plastidios se menciona su función de almacenamiento de sustancias. Se muestra a manera de ejemplo una de las unidades de información.

*VC4(131) Las células de casi todas las plantas poseen plástidos, pequeños cuerpos involucrados en la síntesis o almacenamiento de los productos alimenticios.*

Una unidad de información (VC4(152)) generaliza el tamaño que presentan las células, haciendo mención a un rango de medida que va entre 1 a 100 micras, aunque aclara que esta generalización tiene excepciones de células que presentan más de dos mm. Hace mención a una característica general de todas las células.

Las unidades VC4(96) y VC4(105) hacen referencia al proceso conocido como ciclo celular, para el cual se generalizan el tiempo duración de las etapas. Se generaliza que en animales y plantas bajo condiciones normales el ciclo dura 20 horas de las cuales se destina a la mitosis y el resto a la duplicación de estructuras. La división de las células está determinada por la replicación de manera que las células que nunca se dividen no entran en fase S, mientras que las que se dividen necesariamente han pasado por esta etapa.

La unidad VC4(29) hace referencia al modelo de mosaico fluido el cual permite explicar la estructura de la membrana celular. Aunque los autores no lo manifiestan en el texto, los modelos permiten realizar generalizaciones por cuanto se pueden aplicar para hacer explicaciones de fenómenos relacionados. La unidad VC4(34) igualmente presenta un modelo definido en términos físicos, ya que explica el movimiento de las partículas en una solución (movimiento browniano).

En la unidad VC28 se plantea una idea central de la teoría cromosómica de la herencia en la cual se generaliza la segregación en individuos heterocigotos (separación) de los genes de un par durante la meiosis. Cuando se da la fecundación se presentan cuatro posibles combinaciones, cada una de las cuales tiene igual probabilidad. Se reafirma el carácter probabilístico de los principios genéticos

Las unidades presentan como una regularidad derivada de los estudios de Mendel la presencia de dos factores por cada carácter. Así mismo, se presenta que en la descendencia de dos organismos

que tiene caracteres contrastantes, se presenta en la segunda generación una razón de 3:1 (para un cruce monohíbrido) que indica que por cada individuo por cada tres individuos con el factor dominante hay uno que presenta el factor recesivo. Esto implica que los principios genéticos y las relaciones de los factores en la descendencia pueden ser expresados en forma general por proporciones o razones de naturaleza matemática. Esta posibilidad que en sí misma indicaría interdisciplinaria, está ilustrada en la unidad VC28(10) en la cual se indica que los conocimientos matemáticos de Mendel le permitieron considerar que la razón 3:1 era de esperarse en el cruce dos individuos que diferían en un rasgo genético. En esta unidad se presenta en forma implícita una consideración acerca de la naturaleza determinista y predictiva de la ciencia.

En la unidad VC28(35) se plantea un punto central en las consideraciones acerca de la herencia. Haciendo mención de la expresión de las razones genéticas en términos de probabilidades. De tal forma que la razón 3:1 será aproximada entre más numerosa sea la descendencia. En esta unidad se reafirma el carácter probabilístico de los principios biológicos, no se presentan las razones genéticas como absolutos universales.

La unidad VC28(58) generaliza para animales y plantas el hecho de que existan más pares de alelos que pares de cromosomas. Estos últimos se comportan como unidades, se aparean y se separan durante la meiosis como unidades, lo cual implica que los genes de un cromosoma tienden a separarse juntos durante la meiosis. En esta unidad se generaliza un comportamiento respecto a una estructura, se conceptualiza el sentido de unidad estructural.

En el marco de la generalización en el texto se presentan las excepciones a las mismas, lo que indica que si bien en la Biología se pueden establecer sucesos generales pueden existir variaciones que no invalidan la generalización. Es el caso de los cromosomas sexuales, los cuales constituyen una excepción a la regla de que los cromosomas homólogos son iguales en tamaño y forma. En los machos esta regla no se cumple ya que el cromosoma Y es más pequeño que el cromosoma X (VC28(66)).

Las unidades VC28(67) y VC28(68) plantean como una generalización la determinación del sexo por la presencia de los cromosomas X y Y, existiendo diferencias entre animales inferiores y superiores. En los primeros la diferenciación del sexo se da por la proporción entre cromosomas X y los autosomas. En los segundos la diferenciación sexual se da por la presencia de la condición XX para las hembras y la condición XY para los machos, esta situación es propia de los mamíferos y otros grupos pero no se presenta en todos los animales. Aunque, existen excepciones como es el caso de los lepidópteros en los cuales la condición XY determina el surgimiento de hembras. Aquí se debe resaltar el hecho de considerar una condición o evento como generalizable por el hecho de presentarse en un gran número de organismos.

La unidad VC32(77). Plantea la probabilidad que en otros planetas existan las condiciones para la existencia de la vida tal y como la conocemos. Este planteamiento haría pensar que en la naturaleza existen regularidades que gobiernan los eventos y los fenómenos de tal manera que las consideraciones que se hacen para lo vivo serían válidas para explicar cualquier evento de vida que suceda en el universo.



En la unidad VC32(79). Se plantea el hecho del cambio en cromosomas y genes como la materia prima de la evolución como un acuerdo en aspectos fundamentales en los que hay unanimidad entre los investigadores. En esta unidad de información se da a entender que un criterio de generalización y de validación es que exista común acuerdo o unanimidad entre los investigadores.

### **Metodología**

Respecto al método la tendencia que se puede diferenciar en el texto va encaminada a considerar que su objetivo principal es llegar a plantear generalizaciones y explicaciones respecto a fenómenos observados. VC1(12) ver tabla 24 (anexo 2).

El planteamiento de los autores gira en torno a que el método científico se fundamenta primordialmente en la observación y la realización de experimentos. VC1(10) VC1(11)

Esta idea de la fundamentación de la generalización en observaciones y experimentos se visualiza en los capítulos acerca de herencia y evolución. Desde la perspectiva de que la posibilidad de realizar observaciones y experimentos han permitido llegar a las leyes y o principios que permiten explicar la herencia y la evolución VC28(5) VC28(10) VC32(1) VC32(18)

La siguiente unidad de información resume en parte la postura del autor frente al método científico

*VC1(12) El método científico permite establecer explicaciones y generalizaciones con respecto a fenómenos observados. La esencia de este método radica en el planteamiento, y en la búsqueda de respuestas, las cuales se deben fundamentar en observaciones cuidadosas y experimentos susceptibles de ser verificados*

Sin embargo, los autores solo hace referencia a que el método se fundamenta en preguntas en una unidad de información y no retoma un análisis profundo de esta idea.

Se desconocería desde el planteamiento de los autores que el método en el conocimiento Biológico es variado, teniendo al menos dos tendencias, una fundamentada en la realización de experimentos y la otra en narrativas históricas.

### **Observación y experimentación.**

La observación se considera por los autores como fundamental en el método científico y en el surgimiento de las leyes, teorías y principios que conforman el conocimiento en las ciencias en general. Su papel fundamental se evidencia en la afirmación que se hace en el texto acerca de que la observación es la fuente última del conocimiento biológico. Todos los principios y teorías que forman el conocimiento provienen de hechos o fenómenos observables (ver tabla 25 anexo2).

Las siguientes unidades de información son ejemplos de esta dimensión que los autores le dan a la observación.

*VC1(12) La esencia del método científico consiste en el planteamiento de preguntas y búsqueda de respuestas; ahora bien, las preguntas deben ser "científicas", originadas en experimentos y observaciones, y exactamente igual las respuestas, que deben ser susceptibles de comprobación en experimentos y observaciones ulteriores.*

*VC1(9) La fuente última de los hechos biológicos descritos en el libro, se encuentra en la observación o experimento cuidadosamente observado por algún biólogo. Los deben ser divulgados, dando los detalles de su técnica para que otros puedan repetir la misma observación. Este criterio de **repetición** hace que podamos aceptar ciertas observaciones y experimentos como verdaderos; se descartan observaciones que no puedan ser duplicadas por investigadores competentes.*

La constatación por observación puede incluso respaldar ideas que habían sido plateadas sin una base de observación directa como ocurrió con la idea de los factores determinantes de los caracteres hereditarios planteado por Mendel, la cual es plenamente confirmada según los autores por las posteriores observaciones citológicas, en especial la observación de los cromosomas. VC28(10) VC28(20).

En el capítulo 32, el cual trata acerca de los principios de la evolución, se considera la misma idea acerca de la observación. Se afirma que las explicaciones formuladas por Darwin respecto al origen de las especies dependieron o surgieron de las observaciones realizadas por él en las islas Galápagos, lo llevó a buscar una explicación diferente a las ideas creacionistas. Esta afirmación se desarrolla en la unidad de información VC32(18).

La siguiente unidad de información muestra la tendencia anterior: *VC32(1) El concepto de evolución surge de la observación de las similitudes y diferencias en la estructura y función entre animales y plantas.*

Además, la observación permitiría confirmar los planteamiento de la teoría sintética de la evolución, por ejemplo observaciones en moscas de la fruta y maíz confirmaron que en las poblaciones se producen cambios en el fondo común de genes VC28(39) VC32(44).

## **Experimento**

Un gran porcentaje de unidades de información analizadas (ver tabla 26, anexo 2) hacen referencia al experimento, lo que manifiesta la importancia que los autores le dan a este elemento dentro del marco del conocimiento expuesto, su papel en el surgimiento del conocimiento es puesto de relevancia dentro del texto, siendo considerado como un elemento esencial en las ciencias a partir de los datos obtenidos se pueden comprobar hipótesis y derivar leyes y teorías, pero a su vez estas pueden cambiar o desaparecer cuando no se adecuan a los datos obtenidos por los experimentos. Tal y como se evidencia en el siguiente ejemplo.

*VC1(9) Puede preguntarse: ¿De dónde vienen todos los hechos biológicos descritos en este libro? ¿Cómo sabemos si son ciertos? Naturalmente, la fuente última de cada hecho se encuentra en alguna observación o experimento cuidadosamente observado por un biólogo.*

El criterio de cientificidad en relación con un descubrimiento está determinado también por los experimentos, los cuales deben ser replicables por otros científicos, quienes al aplicarlos deben llegar a las mismas conclusiones. Para esto los experimentos deben ser publicados en revistas y periódicos especializados, esto permite la validación de los descubrimientos. Esta tendencia se evidencia en la siguiente unidad de información.

*VC1(10) Cuando un biólogo ha logrado un descubrimiento, lo describe en un "artículo" en el cual explica sus métodos con bastante detalle para que otros puedan repetir el experimento; da los resultados de sus observaciones, presenta las conclusiones que pueden determinar de ellas, y tal vez formula una teoría para explicarlas; además, indica la situación de estos nuevos hechos en el cuerpo constituido del conocimiento científico. Saber que su descubrimiento será sometido a juicio crítico por sus colegas significa estímulo potente para que repita cuidadosamente observaciones y experimentos buen número de veces antes de publicarlas.*

Esta tendencia se observa en los capítulos analizados en los cuales se presentan unidades de información en las cuales se da la idea de la importancia de los experimentos ya sea para descubrir regularidades que posteriormente serán leyes o teorías, comprobar las funciones de diferentes estructuras orgánicas, superar teorías caducas o supersticiones o demostrar la validez de planteamientos teóricos como por ejemplo los relacionados con la evolución.

La importancia de los experimentos para alcanzar regularidades se manifiesta en la descripción que en el texto se hace de los trabajos de Mendel, los cuales fueron fundamentales para llegar a los principios que rigen la herencia, esto se evidencia en las siguientes unidades de información.

*[Refiriéndose a las leyes de Mendel] VC28(13) En la primera década del siglo actual, experimentos con una gran variedad de plantas y animales, junto con observaciones de la herencia humana, demostraron que estos mismos principios básicos rigen la herencia en todos estos organismos.*

Para los autores, la realización de experimento incluso permiten demostrar hechos como la ocurrencia de las mutaciones y su importancia en el proceso evolutivo, así como demostrar el surgimiento de nuevas especies mediante la hibridación, tales hechos estarían relacionado con la confirmación del proceso evolutivo. Esto se evidencia en las siguientes unidades de información.

*VC32(37) El vasto número de experimentos genéticos con plantas y animales efectuados desde 1900 han demostrado que ocurren constantemente mutaciones y que los cambios en el fenotipo producidos por tales mutaciones pueden ser de valor adaptativo y contribuir a la supervivencia del organismo.*

*[Refiriéndose al surgimiento de especies por hibridación] VC32(60) El hecho de que surjan tales series naturales por hibridación y duplicación de los cromosomas es apoyado por experimentos de laboratorio que dan series similares. Uno de los más famosos de estos cruzamientos experimentales fue hecho por Karpechenko, quien cruzó rábano con col, esperando quizá obtener una planta con hojas de col y raíz de nabo. Los nabos y las coles pertenecen a diferentes géneros, pero ambos tienen 18 cromosomas.*

Los experimento también pueden ser fundamentales para superar ideas erróneas o supersticiones, tal y como lo manifiestan los autores cuando afirman que uno de los inconvenientes de la teoría evolutiva propuesta por Lamarck fue precisamente que los experimentos tendientes a demostrar la heredabilidad de los caracteres adquiridos han fracasado.

Igualmente, los experimentos de Redi y de Pasteur contribuyeron a superar la idea de la generación espontánea, la cual fue considerada verdadera durante muchos siglos hasta que se logró demostrar su falsedad en cuanto los organismos solo pueden originarse de otros seres vivos. Esto se puede evidenciar en la siguiente unidad de información

*VC32(65) El origen espontáneo de los seres vivientes en los tiempos actuales se cree extraordinariamente improbable. Los experimentos de Francesco Redi indicaron, en 1680, que no surgen cresas de novo de la carne descompuesta y relegaron al olvido la antigua superstición de que los animales podían aparecer por generación espontánea. Unos 200 años después, Luis Pasteur demostró concluyentemente que microorganismos como las bacterias no surgen por generación espontánea, sino que proceden solamente de bacterias anteriormente existentes.*

Esta visión de los experimentos incluso se hace extensible al problema del origen de la vida y han permitido apoyar la teoría de Alexander Oparin al dar evidencias que confirman que en las condiciones prebióticas se han formado compuesto orgánicos fundamentales para el surgimiento de la vida se formaron a partir de sustancias inorgánicas, tal y como lo muestran la siguiente unidad de información.

*VC32(68) Harold Urey y Stanley Miller expusieron en 1953 una mezcla de vapor de agua, y gases metano, amoniaco e hidrógeno a descargas eléctricas durante una semana y demostraron la producción de aminoácidos como glicina y alanina, junto con otros compuestos orgánicos complejos. La atmósfera terrestre en tiempos prebióticos probablemente contenía vapor de agua, metano, amoniaco e hidrógeno, de los cuales la irradiación podría producir una enorme variedad de materiales orgánicos. Aminoácidos y otros compuestos podrían obtenerse en la naturaleza actualmente mediante descargas eléctricas o radiaciones ultravioleta; pero cualquier compuesto orgánico producido de este modo podría sufrir oxidación espontánea o ser absorbido y degradado por mohos, bacterias y otros organismos.*

Finalmente los autores plantean la importancia del experimento en la demostración de las funciones de las estructuras, en especial se hace énfasis de este tipo de experimento a nivel de las estructuras celulares (capitulo 4 Células y tejidos) presentándose que los experimentos se fundamentan primordialmente en la supresión de estructuras, la realización de ensayos *in vitro* o *in vivo*, lo cual ha permitido conocer la función de partes esenciales de la célula como el núcleo y organelos, un ejemplo de esta afirmación se muestra a continuación.

*VC4(85) Análisis experimentales de función nuclear. El papel del núcleo puede estudiarse extirpándolo y observando las consecuencias de esta maniobra. El núcleo de una amiba unicelular puede extirparse por micro- disección. Después de esta operación, la célula sigue viviendo y desplazándose, pero no puede crecer, y muere a los pocos días. De ello*

*concluimos que el núcleo es necesario para los fenómenos metabólicos, fundamentalmente la síntesis de ácidos nucleídos y proteínas, que permiten el crecimiento y reproducción celular.*

### **Condiciones socioculturales de la producción del conocimiento.**

Esta categoría presenta 6 unidades de información, en las cuales se pueden distinguir dos tendencias (ver tabla 27 anexo 2).

La primera se refiere a considerar la importancia de las comunidades científicas en la validación del conocimiento, esta validación está sujeta según los autores a que otros investigadores puedan replicar los resultados reportados por una investigación, lo cual implica necesariamente que se debe realizar publicaciones en revistas, diarios especializados que permitan el acceso a la metodología y las conclusiones alcanzadas. Ejemplo de esta tendencia es el siguiente.

*VC1(9) No basta que alguien afirme en una revista científica haber comprobado un hecho determinado; debe dar todos los detalles importantes de su técnica, de modo que otros puedan repetir la misma observación. Este criterio de posible **repetición** hace que podamos aceptar ciertas observaciones o experimentos como verdaderos; se descartan las observaciones que no pueden ser duplicadas por investigadores competentes.*

Sin embargo, los autores plantean que no solo basta con haber publicado los resultados de una investigación, debe existir una valoración de los mismos que permita que la comunidad científica pueda aceptarlos. Esto no siempre sucede, siendo una investigación relegada al olvido, se manifiesta en el capítulo 28 y es la razón que los autores exponen con relación a la poca aceptación que tuvieron los trabajos de Mendel y que los mantuvieron olvidados por cerca de 35 años hasta su redescubrimiento. Esto se muestra en la siguiente unidad de información:

*VC28(11) Mendel informó sobre sus hallazgos en una reunión de la Sociedad para el Estudio de las Ciencias Naturales, de Brno, y publicó sus resultados en las actas de dicha sociedad. La importancia de sus hallazgos no fue apreciada por otros biólogos de su época, y fueron despreciados por espacio de casi 35 años.*

La segunda tendencia se encuentra en la unidad de información VC28(4) implica que la posibilidad de realizar un descubrimiento se condiciona a la existencia de conocimientos, en este caso descubrir el mecanismo hereditario se vio imposibilitado por el desconocimiento de la citológica, según los autores esto no permitió que criadores de animales y plantas lograran descubrir los mecanismos implicados en la herencia.

Además, los autores consideran en la unidad VC1(26) que la ciencia no es neutra, tiene implicaciones éticas, en especial en la realización de los experimentos y en las decisiones que se deben tomar a partir de los conocimientos, sobre todo cuando están implicadas consideraciones en torno a tratamiento médicos que con lleven a la manipulación de la vida humana.

## **Finalidad del conocimiento**

Las unidades de información que se pueden ubicar como finalidad del conocimiento, muestran como propósito de toda ciencia es llegar a establecer generalizaciones que permitan explicar los fenómenos observados, establecer relaciones entre fenómenos y lograr predecir. De tal forma que con la aplicación del método científico lo que se pretende es llegar a la formulación de leyes, teorías, principios y conceptos (Ver tabla 28 anexo 2).

Esta tendencia se puede evidenciar en la siguiente unidad de información: *(VC1(12) El objetivo de toda ciencia radica en brindar explicaciones para los fenómenos observados y establecer principios generales que permitan predecir las relaciones entre estos y otros fenómenos. Estas explicaciones y generalizaciones se logran por un tipo de sentido común organizado al que se denomina método científico.*

También, esta tendencia se observa en algunas unidades de información en la cuales se utiliza el término descubrimiento, lo cual implica que una finalidad del conocimiento es alcanzar, hallar, desentrañar, descubrir algo que está oculto y que es necesario sacarlo al luz. Cuando se menciona descubrimiento se puede pensar que para los autores parte del conocimiento existe en forma real y que la finalidad de la aplicación de un método investigativo es develarlo.

Esta tendencia a considerar que la finalidad de toda ciencia, incluyendo la Biológica, es descubrir se puede evidencia en las siguientes unidades de información.

*VC28(4) En los siglos XVIII y XIX se hicieron varios intentos de descubrir cómo se transmiten caracteres específicos de una generación a la siguiente.*

*VC28(5) Gregor Mendel, abad austríaco que crió guisantes en el huerto de su monasterio en Brno, logró descubrir las leyes básicas de la genética donde hibridadores anteriores habían fracasado.*

La segunda tendencia sobre la finalidad del conocimiento implica llegar a encontrar aplicaciones de estos conocimientos en diferentes áreas como lo son la agricultura la salud, la medicina, el trabajo social.

Esta tendencia se visualiza especialmente en el capítulo 28 (herencia cromosómica) en el cual se manifiesta que una preocupación constante de la genética es determinar la herencia específica de rasgos deseables en los organismos que puedan ser de interés agrícola y comercial. Este interés implica que se hacen cruces selectivos con el fin de conservar o prolongar estos rasgos. Las siguientes unidades de información son ejemplos de dicha tendencia.

*VC28(54) Para establecer razas o cepas animales o plantas que tengan rasgos deseables, seleccionan aquellos ejemplares que se acercan al fenotipo ideal, el cual es usado en cruces sucesivos que permitan obtener individuos homocigotos (dominantes o recesivos) que evidencien el rasgo comercial deseable.*

*VC28(34) La investigación de los genotipos mediante pruebas de apareamiento, en la cuales se observan la descendencia y sus mejoras es un método de gran importancia en la cría de animales y cultivo plantas con fines comerciales.*

### **6.3 Tendencias generales acerca de la estructura del Conocimiento Biológico**

En la tabla 6 se muestran las tendencias generales para cada una de las categorías de análisis para el Conocimiento Biológico, discriminando por cada uno de los capítulos. Se observa afirmaciones que resume cada tendencia.

Tabla 6. Resumen de tendencias para cada categoría de la estructura sustantiva y la estructura sintáctica del Conocimiento Biológico que se presentan en el libro Biología (Octava edición, 1996).

CATEGORIAS	CAPITULO N.1	CAPITULO N.4	CAPITULO .28	CAPITULO.32
Objeto de estudio	La Biología estudia los seres vivos y sus características. La biología estudia a los organismos. Existen especialidades en torno al estudio de tipo específicos, características o propiedades.	No hace mención de este aspecto, solamente en una unidad menciona el termino cosa viva, sin entrar en ninguna discusión de esta denominación.	No especifica objeto de estudio Hace más referencia a la genética, como una rama de la Biología que estudia los fenómenos de la herencia y la variación.	No especifica objeto de estudio, pero la mayoría de términos, conceptos, procesos y situaciones que aborda con relación a la evolución se explican teniendo en cuenta a las poblaciones.
Organización discursiva Hipótesis	Las hipótesis como planteamientos derivados de los hechos conocidos: Guían el diseño de experimentos y cuando los datos las confirman dan como resultado las teorías y las leyes.	No hace mención de este aspecto.	No hace mención de este aspecto.	No hace mención de este aspecto.
Organización discursiva: Leyes	Presenta las leyes como principios que surgen de la confirmación de hipótesis por la	No hace mención de este aspecto	Presenta las leyes y principios de la herencia los cuales se derivaron de los cruces realizados por Mendel.	No hace mención de este aspecto.



	observación y la realización de experimentos.		Estas leyes son deterministas en tanto pueden expresar en términos probabilísticos las regularidades que se esperan en la descendencia de dos organismos que se diferencia en dos rasgos.	
Organización discursiva: teorías	Presenta la teoría como la confirmación por medio de observaciones y experimentos de hipótesis.	Sólo hace mención a la teoría celular, haciendo mención de los principios que la conforman.	Aunque el capítulo se denomina teoría cromosómica de la herencia. En forma explícita no explica en qué consiste esta teoría.	Presenta las teorías de una manera o absolutista, si hace énfasis en los conceptos y principios relacionados con la teoría sintética de la evolución. Se presenta como teorías alternativas el equilibrio puntuado y la teoría de endosimbiótica.
Organización discursiva: términos, datos y situaciones no considerados como teorías o conceptos	No hace mención de este aspecto.	Menciona, términos y situaciones relacionadas con la estructura, función, procesos a nivel celular ultracelular, molecular, tejidos y sistemas sin profundizar. Hace descripciones de estructuras celulares, procesos celulares, ultraestructura de organelos y sus funciones, nivel molecular, tejidos y sistemas. Se subdivide en aspectos bioquímicos, netamente	Menciona, términos y situaciones biológicos relacionados con genes, cromosomas y situaciones de los organismos en relación con estos.	Menciona situaciones y términos en relación a la evolución.

		biológicos y físicos-biológicos		
Organización discursiva: Conceptos	No hace mención a este aspecto.	Da Conceptos en relación a términos estructuras, funcionales y procesos.	Da conceptos acerca procesos y situaciones en relación con la herencia	Da definiciones conceptos y términos que se relacionan con el proceso de evolución.
Tradición científica	La Biología es una ciencia antigua pero a la vez reciente. Como conocimiento organizado surgió probablemente en Grecia y Roma. La Biología es una ciencia joven, sus conceptos principales se han desarrollado recientemente.	Menciona la observación del corcho por parte de Hooke, quien acuñó el término célula para describir las cavidades que estaban en un corte de corcho.	Antes de Mendel el problema de ella herencia ya había sido abordado, sin embargo la ausencia de conocimientos adecuados y la utilización de métodos inadecuados no permitió llegar a comprender los mecanismos de la herencia.	La idea de cambio surgió en tiempos remotos. Siendo planteada la idea de evolución por filósofos griegos. La idea d evolución orgánica ya había sido aceptada como racional en el renacimiento.
Perspectiva interdisciplinar.	Se plantea la organización de la Biología de disciplinas y la existencia de especialistas en cada una de ellas.	La comprensión de los procesos celulares relacionados con el cáncer han sido comprendidos teniendo en cuenta varios enfoques.	Incluye el abordaje del estudio de la herencia con elementos matemáticos, como lo son el cálculo de probabilidades.	No menciona este aspecto en forma directa. Aunque al hacer referencia a la teoría sintética de la evolución y en el abordaje de su explicación puede dar elementos en forma implícita hacia considerar la interdisciplinariedad

Organización disciplinar.	Se plantea la organización de la Biología de disciplinas y la existencia de especialistas en cada una de ellas.	No se mencionas este aspecto.	Hace mención de la genética como una rama de la Biología que estudia la herencia de las diferencias y similitudes entre organismo.	No menciona este aspecto.
Generalización.	El objetivo de la ciencia es llegar generalizar, estableciendo principios generales con carácter explicativo y predictivo.	Se generalizan la existencia de estructuras comunes a nivel celular en animales y plantas.	Generaliza términos, situaciones y procesos en relación a la segregación de genes y cromosomas o como consecuencia de la misma.	Generaliza términos, conceptos, situaciones y procesos en relación a las teorías y principio de la evolución, teniendo en cuenta que estos se refieren a la población como eje central del proceso evolutivo.
Metodología.	El objetivo de toda ciencia es llegar a plantear generalizaciones y explicaciones respecto a fenómenos observados. Esto se logra mediante la implementación del método científico, fundamentado en la observación la experimentación.	No se hace mención directa al método.	El método de cruzar organismos con rasgos contrastantes, contar la descendencia.	No se hace mención directa al método.
Observación y	La observación es la	Observación con el microscopio ha	La observación permite	De la observación se deriva el

experimentación.	fuelle última del conocimiento.	sido clave para descubrir la estructura celular.	constatar las leyes y principios de la herencia.	concepto de evolución. La observación permite la comprobación de los planteamientos evolutivos.
Experimento.	Como criterio de científicidad, la valides y comprobación de hipótesis y planteamiento de leyes y teorías.	Permiten demostrar la relación entre estructura y función de organelos y otras estructuras.	Permiten descubrir regularidades con capacidad demostrativa, predictiva y generalizable para explicar la herencia.	Permiten descubrir regularidades y tienen capacidad demostrativa ya se para respaldar teorías, o superar errores.
Condiciones socio culturales de la producción del conocimiento.	La validación del conocimiento depende del criterio de <b>replicación</b> de observaciones y experimentos por otros investigadores, previa publicación de resultados.	No evidencia este aspecto.	Conocimientos previos para lograr los planteamientos acerca de la herencia. La citología como condición para comprender la herencia. Un conocimiento es válido en tanto sea aceptado por una comunidad científica.	No evidencia este aspecto.
Finalidad del conocimiento	Lograr principios generales que permitan explicar fenómenos, halla relaciones causa-efecto y predecir.	No menciona este aspecto.	Selección de organismos de e interés comercial y agrícola, estudio de su herencia.	No menciona este aspecto.

La información contenida en la tabla anterior permite realizar las siguientes aproximaciones a la caracterización del texto en relación a las categorías para las estructuras sustantiva y sintáctica del Conocimiento Biológico.

### **Estructura sustantiva**

#### **Componente ontológico: objeto de estudio**

Se presenta poca discusión en torno al objeto de estudio, se afirma que la Biología estudia a los seres vivos, su estructura, función, crecimiento, evolución y relaciones con el medio. Se utiliza el término organismo indistintamente al término ser vivo, dando por sentado que el lector entiende porque a los seres vivos se les puede denominar como organismos.

Sin embargo, de la revisión bibliográfica se puede establecer que la diferenciación del objeto de estudio en la Biología es problemático en el sentido que ser vivo tiene diferentes connotaciones y que su estatuto ha sido considerado por diferentes autores planteando consideraciones tales como biosistemas desde la organización molecular (bioquímica) Manher y Bunge (2000), organismos como sistemas abiertos uniformes, Bertalanffy (1963), organismos como máquinas, Maturana y Maturana y Varela (1997)

Principios explicativos generales: Se entiende aquí como el sentido que da el texto a leyes, teorías y principios. En este sentido se puede decir que para el texto en el Conocimiento Biológico existen principios generales como los son la leyes, las teorías y los conceptos.

Las leyes hacen mención únicamente a la herencia, y recibe esta denominación los principios generales que permiten explicar las diferencias y semejanzas que se presentan entre organismos con una ascendencia común, es decir las características heredadas. Estas leyes se caracterizan por deterministas en el sentido que se puede considerar las proporciones en que un rasgo se va a presentar en la descendencia en términos probabilísticos, es decir esto solamente tiene sentido en la medida que se tenga en cuenta una gran cantidad de individuos. La probabilidad indica que en términos estadísticos un fenotipo se puede presentar en relación a otros en determinada proporción pero no es absolutamente seguro que se presente.

Esta consideración de las leyes de la herencia como leyes estadísticas, no absolutamente universal, está acorde con los planteamientos de Jacob (1986) quien considera las leyes de la herencia surgieron en un momento en que el pensamiento de la ciencia se orientó a considerar las fluctuaciones poblacionales.

Teorías: éstas se abordan de manera exclusiva en el capítulo 32 (teorías y principios de la herencia) aunque en el capítulo N.1 (Introducción: Biología y método científico) se hace mención que son el resultado de la confirmación de las hipótesis a través de la observación y la realización de experimentos. En el texto se aborda de manera profunda la teoría sintética de la evolución derivada del darwinismo, se dice que es una teoría bastante coherente con un amplio sustento probatorio. Sin embargo presenta también la teoría del equilibrio puntuado y la teoría endosimbiótica, las cuales ponen en duda que el proceso evolutivo sea el resultado de un proceso lento y gradual en el cual intervienen la aparición de la variación genética (Mutación, recombinación).

Esto pone en evidencia que en el texto se considera que las teorías aunque derivadas de la observación y la experimentación como principios que pueden tener ciertos elementos de provisionalidad, no consideradas como universales absolutos y que dependen en últimas de la corriente de pensamiento desde las cuales se presenten. En el texto se considera la teoría sintética como inscrita en una corriente mecanicista, mientras la teoría del equilibrio puntuado como propia de una corriente donde el azar es más significativo.

Conceptos: en el texto se presentan algunos conceptos (por ejemplo célula, selección natural) que se abordan en relación a las teorías, siendo estructurantes y abordando cuestiones particulares de los organismos. Esta tendencia de considerar dentro del marco explicativo general de la Biología, estaría acorde con los planteamientos de Mayr (2006) quien considera los conceptos como los principales elementos explicativos de la Biología.

En relación aquellos términos o datos que no se especifican como teorías, leyes conceptos, se encontró que estos corresponden a más de la mitad de las unidades de información. La mayoría de estas unidades se presentan en el capítulo de células y tejidos, siendo la presentación de datos y términos en forma de descripciones el aspecto más frecuente. Esto puede indicar que se considera a la Biología como una ciencia básicamente descriptiva (en especial la Biología Funcional) Mayr (2006). En el texto la particularidad de estos aspectos hizo bastante difícil hallar regularidades que permitieran hacer agrupaciones. Además, en el texto no se presentan interrelaciones, dado que la estructura del texto implica una división por secciones que básicamente presenta un conocimiento fraccionado en este caso (capítulo 4) en relación a los componentes estructurales de las células, tejidos u organismos (sistemas). Esto marca una diferencia por ejemplo con el

capítulo de evolución, en el cual los términos, definiciones se presentan en relación con un eje que es la teoría sintética de la evolución.

### **Tradición científica**

Presenta elementos relacionados con aspectos históricos de la Biología, en los cuales se considera como una ciencia que se ha desarrollado desde la antigüedad, afirmando que tuvo su origen en los filósofos griegos quienes ya reflexionaban sobre aspectos concernientes a los seres vivos y en Roma ya que había escritores como Plinio que ya incluían escritos sobre seres vivos, mencionado también a Galeno que sentó las bases de la anatomía. Así como considera parte de la tradición de la Biología los herbarios y bestiarios de la Edad Media y el interés que en el Renacimiento mostró la historia natural para conocer más a fondo la estructura, funciones y costumbres de un gran número de plantas y animales. Por esto en el texto se afirma que la Biología es una ciencia antigua.

Además, se afirma que los principales conceptos aparecieron recientemente (siglos XIX y XX), la aparición de los nuevos conceptos no se asumen en el texto como resultado de cambios en perspectivas diferentes o como el surgimiento de problemas y preguntas que impliquen como la manifiesta Valencia (1989), un cambio en el carácter de científicidad, el cual como ya se había mencionado implicó el surgimiento de un objeto propio que diferenciara a las cosas de los organismos.

Esta visión de la historia de la Biología considera una continuidad lineal que lleva desde la antigüedad hasta la actualidad, muestra una ciencia sin sobresaltos, cuyo conocimiento ha sido acumulado a través del tiempo. Menciona que los dos últimos siglos se han presentado nuevas perspectivas, pero no hace claridad cuáles son estas y coloca la diferencia en relación a avances tecnológicos dados en Física y Química que influyen en el conocimiento molecular.

Sin embargo, esta visión de la historia de la Biología choca con planteamientos de autores como Valencia (1989) y Jacob (1986) quienes sitúan el origen de la Biología en el siglo XIX, considerando que su diferenciación como ciencia se debe no a adelantos técnicos, sino a una nueva perspectiva de considerar lo viviente, a un nuevo marco conceptual que permitió separar y diferenciar los seres vivos de las cosas; ocupando el concepto de organización un lugar central en el origen de la Biología.

### **Estatuto epistemológico**

Son pocos los indicios que se encuentra en el texto acerca de la autonomía de la Biología de las otras ciencias, en especial de la Física. Básicamente estos planteamientos se refieren a el estudio del

hábitat de los organismos, lo cual es considerado como un aspecto que ha diferenciado a la Biología, y la unidad molecular de los fenómenos biológicos, cuyo estudio a través de técnicas Fico-químicas han permitido los avances reciente en Biología.

En el texto no se presentan planteamientos que han sido propuestos para diferenciar a la Biología tales como:

Las propiedades emergentes que se presentan como resultado de la organización y que diferencian a los organismos y que no los hacen reductibles a las leyes de la Física. Bertalanffy (1963) plantea que esto hace necesario enunciar leyes propias de los organismos

La naturaleza no reductible de los organismos a sus partes, donde el estudio de los elementos no es suficiente para explicar el todo Bertalanffy (1963) Mayr (2006).

### **Perspectiva interdisciplinar**

Son pocos los elementos que se encuentran en el texto acerca de la relación de la Biología con otras disciplinas científicas. Se hace mención por ejemplo que la comprensión de los procesos celulares implicados en el cáncer ha sido abordada desde diferentes enfoques y la contribución de las matemáticas en la enunciación de los principios explicativos de la herencia, pero en general los contenidos del texto no toman en cuenta este aspecto. Se muestran en el texto algunas explicaciones de orden bioquímico, Físico y molecular pero estos ser determinan como elementos constitutivos de la Biología y no como disciplinas que se interrelacionen.

### **Organización disciplinar**

Son pocos los elementos que dan cuenta de este aspecto. Se menciona la existencia de ramas o disciplinas en la Biología, cada una de las cuales aborda ya sea el estudio de un tipo especial de organismos ( por ejemplo, zoología botánica) o un aspecto concreto de los organismos, ya sea su morfología, funcionamiento (fisiología) su desarrollo embrional (embriología), la herencia de los caracteres (genética), entre otros. El texto indica que esta división es necesaria dado la extensión de los conocimientos no se puede aspirar a que una sola persona los conozca en su totalidad.

### **Estructura Sintáctica**

Como estructura Sintáctica se define todos aquellos contenidos del texto que dan cuenta de las formas de producción del conocimiento, así como elementos acerca de su producción. Las tendencias para cada una de las categorías se presentan a continuación.



## **Generalización**

En esta categoría se evidenciaron unidades de información que indican que en Biología pueden darse como producto de la validación del conocimiento generalizaciones de enunciados que se hacen extensibles a los organismos (en el caso del texto estos son animales y plantas) el criterio que se tuvo en cuenta fue que en la unidad de información se utilizara la palabra “todos” que indica que lo que se está afirmando es válido para una gran mayoría de organismos, por ejemplo afirma que todas las células vegetales tienen presencia de plastidios.

En cuanto a la coherencia de este planteamiento con los autores consultados se puede decir que contrasta con la posición de Mayr (2006) quien afirma que dada la diversidad que se encuentra en los organismos es imposible establecer generalizaciones ya que cada evento es particular. Concuere con el planteamiento de Bertalanffy (1963) quien reconoce que existe esta diversidad y que a medida que se avanza en orden de complejidad aparecen nuevas propiedades, pero afirma que esto no es impedimento para hallar regularidades explicativas que denomina leyes.

## **Metodología**

El texto hace mención del método científico como la fuente de la cual procede el conocimiento. Este método tiene la característica de fundamentarse en la observación y la realización de experimentos. Los cuales tienen como confirmar mediante la acumulación de datos (evidencias) la hipótesis que han sido planteadas, dando lugar a principios generales que expliquen fenómenos y que determinen las posibles relaciones entre estos. De manera que si en el curso de las observaciones y los experimentos se encuentran evidencias que no respalden un principio (teoría o ley) puede ser replanteado o incluso olvidado.

Igualmente, la observación y el experimento son necesarios para la validación del conocimiento ya que se menciona que los resultados de estos deben ser publicados para conocimiento de la comunidad científica, siendo necesaria una descripción puntual para que otros científicos puedan repetirlos y validar las conclusiones si llegan a los mismos resultados.

Observación y experimentación: en relación con lo anterior se presenta la observación con dos funciones en la generación del conocimiento. En un primer se presenta como la fuente última del conocimiento, ya que se considera que el conocimiento procede de un fenómeno o hecho observado, por ejemplo las conclusiones de Darwin respecto a la evolución proceden de sus observaciones de los seres vivos en las islas Galápagos. En un segundo término las observaciones

confirman ideas planteadas con anterioridad, siendo necesaria para demostrar la veracidad de principios explicativos, por ejemplo en el texto se dice que la existencia de dos factores por cada rasgo planteada por Mendel fue confirmada posteriormente al observarse los cromosomas en el microscopio.

### **Experimentos.**

En esta categoría se presenta la realización de experimentos como necesaria para el conocimiento. La Biología será una ciencia experimental en cuanto el experimento permite enunciar principios, teorías y conceptos que se derivan de planteamientos iniciales o hipótesis, de manera que si los datos obtenidos en un experimento concuerdan con la hipótesis, se procede a enunciar un principio general que explica el fenómeno objeto de experimentación.

La demostración se presenta en el término de confirmar la relación entre dos fenómenos o sucesos, por ejemplo demostrar la relación entre la función y una estructura o respaldar los planteamientos de una teoría, como por ejemplo los experimentos realizados para demostrar que las sustancias orgánicas se formaron en la Tierra primitiva de sustancias orgánicas, dando origen eventualmente a los organismos (teoría de Oparin sobre el origen de la vida).

También, se puede mediante experimentos demostrar que determinadas creencias e incluso teorías son erróneas, como por ejemplo los experimentos de Redi y posteriormente los de Pasteur confirmarían que los organismos no se originan por generación espontánea.

Estos planteamientos del texto con respecto a la metodología de la Biología, limita el estudio de los organismos la realización de observaciones y experimentos como únicos procesos de validación y producción del conocimiento. No se presenta que en la llamada Biología Evolutiva que estudia las causas remotas la experimentación no es tan importante como si lo es la narrativa, Mayr (2006).

### **Condiciones socioculturales de la producción del conocimiento**

Este es un aspecto que se aborda poco en el texto, no se hace mención de las condiciones sociales y de orden cultural que han acompañado el desarrollo de la Biología y que de alguna manera permiten situar el conocimiento como una producción social que refleja las preguntas, los intereses, las contradicciones, ideologías, la situación histórica que inciden en las investigaciones que se realizan y en las conclusiones que se consideran válidas. Lo que implica la presentación de un conocimiento descontextualizado y lineal, sin controversias, sin saltos.

En el texto solo se menciona como limitantes de la comunidad a la validación de un conocimiento, tres condiciones.

La publicación de los resultados experimentales en forma detallada para que puedan ser repetidos por otros investigadores para confirmar los resultados y conclusiones.

La existencia de conocimientos que permitan realizar descubrimientos. Esta condición es mencionada en el texto cuando considera que los principios de la herencia no lograron ser descubiertos antes de Mendel porque no existía conocimiento en citología.

Como tercera condición se presenta las limitaciones éticas que se presentan cuando se debe decidir acerca de la administración de medicamentos o placebos a grupos de prueba o se decide suprimir un tratamiento médico tomando como criterio los resultados de un experimento.

### **Finalidad del Conocimiento**

En esta categoría se presentan básicamente dos finalidades del conocimiento:

Se plantea como propósito, como razón de ser de la ciencia es explicar los fenómenos observados y lograr principios generales que permitan predecir relaciones entre fenómenos. Para el texto la finalidad del conocimiento se orienta hacia la generalización, es decir la determinación de leyes y teorías respecto a los fenómenos observados y la predicción, la cual está en relación a lograr establecer las relaciones entre fenómenos. Esto está implicado en lograr establecer relaciones de causa y efecto, en la cual un fenómeno pueda ser establecido como causa de otros fenómenos.

La Biología tiene una finalidad práctica, en la cual se puede aplicar el conocimiento a sectores relacionados con la salud, el comercio, la agricultura, entre otros. En el texto se hace referencia puntualmente al estudio genético de rasgos de interés en diferentes organismos, logrando a través de cruces selectivos (los cuales pueden incluir endogamia) su permanencia a través de las generaciones.

### **6.4 Implicaciones para la formación del profesor de Biología**

En el marco teórico se hizo mención de la influencia de los libros en la enseñanza, se dijo que principalmente influyen en la determinación del currículo, incluso en muchas ocasiones se constituyen en la principal fuente que se tiene en cuenta para tomar decisiones, llegando a desplazar al mismo profesor, siendo un factor que puede favorecer a la desprofesionalización. Efecto que aumenta en la medida que el profesor no tenga una formación respecto a al contenido de la materia a enseñar. De tal forma que pueda abordar los contenido de los libros de una forma crítica que permita comprender las bondades del texto, las contribuciones que puede tener a los procesos de enseñanza, pero debe tener la capacidad de tomar distancia y

complementar sus deficiencias, de manera que el texto se convierte en una referencia que no implique la pérdida de autonomía del profesor en el momento de tomar decisiones.

Esta situación es relevante al momento de decidir la utilización de cualquier libro de Biología como un elemento curricular en los programas de formación para futuros profesores. El libro analizado para este trabajo no es la excepción, tiene bondades reflejo de autores que conocen a fondo los contenidos específicos, tiene una amplia experiencia en la enseñanza de la Biología y se trata de un texto varias veces reeditado. Sin embargo como se puede visualizar en el análisis el libro no presenta conocimientos que se consideran relevantes para la comprensión de la materia a enseñar y que consecuentemente debe ser asumida por los programas de formación tanto iniciales como de formación permanente.

Los conocimientos que se asumen de forma no completa en el libro, dado la baja frecuencia de unidades de información que presentan es la siguiente:

Como se puede observar en los resultados el libro analizado ofrece una revisión bastante completa de contenidos específicos, los cuales representan más del 50% del contenido. Esto tiene la ventaja que lo convierten en un buena fuente de consulta, en especial cuando el lector desee complementar o profundizar en determinados elementos o desee una consulta específica. Sin embargo, se debe tener en cuenta que esta información se debe abordar como referencia y que en ningún momento puede sustituir la discusión y la explicación de los cursos de formación, en especial la interacción con profesores especializados tanto en la materia como en su enseñanza.

La predominancia de contenidos específicos puede llevar a la concepción de la Biología como una ciencia acumulativa y lineal, máxime cuando muchos de los contenidos se especifican tanto que es difícil hallar conexiones e interacciones. El efecto de esta presentación ya se había mencionado en el marco teórico, López (2007) considerando que los contenido de los libros muchas veces se convierten en la única referencia para orientar las actividades de enseñanza y los estudiantes deben aprender, asumiéndolos como verdades en sí mismas sin establecer conexión con otros elementos del currículo. Con esto no se quiere afirmar que esta sea la intención específicamente de los autores del libro, es claro que no escribe con este fin. Lo que se afirma aquí es que este es un riesgo que se presenta cuando no se asume una lectura crítica del texto y cuando no se tiene una adecuada formación acerca del contenido a enseñar, Grossman, Shulman y Wilson (2005) hacen mención de este factor cuando indican que profesores que ellos habían

estudiado y que no conocían la materia a enseñar se fundamentaban directamente en libros como única fuente de referencia para los contenidos.

La incidencia directa de esta tendencia en la formación del conocimiento del profesor ya que conocer la historia de las ciencias en forma no lineal da elementos que permitan analizar los alcances, limitaciones y contradicciones de la Biología. En especial reflexionar sobre los rompimientos que hay entre las ideas, sobre la emergencia de nuevos marcos conceptuales y perspectivas de investigación que son los que contribuyen a la construcción del conocimiento más allá de los parámetros empíricos.

El libro también presenta una característica reportada en otras investigaciones y es considerar la ciencia como una actividad individual, con científicos que trabajan solos y realizan descubrimientos, negando de esta forma el carácter comunitario y colectivo de la labor científica.

Esto implica que la formación debe ser integral con relación a las fuentes, siendo pertinente el uso de las variadas fuentes de información que pueden dar un panorama más amplio con respecto al Conocimiento Biológico. Se resalta aquí la importancia que tendría el profesor como orientador y acompañante de los procesos, quien tendrá entre muchos de sus funciones la de servir de articulador entre los diferentes discursos. El hecho que el libro no incluya muchos de los aspectos que permiten considerar al Conocimiento Biológico como sistémico y holístico hace necesaria la interacción profesor-estudiante en la medida que el libro no puede orientar por sí mismo muchas de las reflexiones que son necesarias para entender esta dimensión del conocimiento.

Esto hace necesario que en la formación de los futuros profesores se implique la discusión de elementos, contextuales, históricos, epistemológicos y sociológicos que permitan entender la dinámica de las ciencias, viendo sus limitaciones tanto procedimentales como teóricas, sus incongruencias y hasta sus intereses oscuros.

Por tanto, la formación inicial de futuros profesores de Biología debe contemplar como necesario que se implemente cursos o seminarios que amplíen la formación específica en los conocimientos propios de la disciplina. Estos deben abordar aspectos que permitan la formación en torno a la comprensión del Conocimiento acerca del Conocimiento Biológico. Implementándose en el currículo específico las llamadas metadisciplinas, como lo son la epistemología, la historia de las ciencias, entre otras.

Se hace necesario que en el grupo de profesores formadores se cuente con personas especializadas en estas áreas con el fin que puedan formar a los futuros profesores en los aspectos señalados anteriormente y puedan orientar las investigaciones y prácticas para que se incluyan reflexiones tendientes a visualizar la Biología como un conocimiento más sistémico.

Parte de la función de formación que deben asumir los programas de licenciatura en Biología es tener una clara orientación de fuentes bibliográficas que permitan complementar a los libros de texto generales y a los conocimientos gestionados en la interacción profesor-estudiante.

## 7. CONCLUSIONES

Las siguientes son las conclusiones que se derivan del estudio acerca de las estructuras sustantiva y sintáctica del Conocimiento Biológico caracterizadas en el libro de texto universitario. El libro analizado hace énfasis en aspectos y elementos específicos de la estructura sustantiva, se encontró un predominio de unidades de información que están relacionadas con aquellos contenidos que hacen referencia a elementos organizativos como los son las teorías, los conceptos, datos y en general términos que no hacen alusión directa a los anteriores.

En la mayoría de los casos los contenidos no permiten establecer interrelaciones o hallar agrupaciones ya que hacen referencia aspectos bastante puntuales en relación a estructuras, funciones, procesos, términos, situaciones y composición. Lo cual da una imagen de la Biología como una ciencia eminentemente descriptiva y acumulativa. Esta tendencia se observa sobre todo en el capítulo 4 (células y tejidos) en el cual se presenta una descripción minuciosa de estructuras y funciones celulares e incluso moleculares. Esto contrasta con la tendencia observada en el capítulo acerca de Principios y Teorías de la Evolución, en el cual el abordaje de los conceptos es más holístico y se intenta encontrar las interacciones teniendo como eje central las teorías, en especial la teoría sintética de la evolución, la cual se muestra como el resultado de la confluencia de varios conceptos.

En la estructura sustantiva se encuentran elementos organizadores como lo son estructuras orgánicas, funciones, procesos y situaciones, alrededor de los cuales se configuran componentes del Conocimiento Biológico, como lo son teorías, conceptos, datos, términos y descripciones.

La predominancia de conceptos y contenidos específicos por encima de otros elementos como son las teorías, parece confirmar que la Biología es una ciencia eminentemente conceptual.

En relación con las teorías y leyes no se presentan las discusiones acerca de su función en los procesos de indagación científica. En especial cuando estas no se presentan como resultado de la reflexión, sino solamente como producto de la aplicación de procedimientos fundamentados en observación y el experimento. Se muestra un predominio de la ciencia empírica, lo cual implica que se forme la idea que para hacer ciencia basta con la realización de actividades experimentales

Esta presentación específica de contenidos no se ve como negativa en la presente tesis. Sitúa al libro analizado como una buena fuente de información que puede ayudar al estudiante en su

formación. Lo que se considera prudente es que sea utilizado como una fuente que puede complementar la formación, pero que no puede llegar a sustituir el hecho educativo que se da en la interacción docentes-estudiantes.

La estructura sustantiva que se presenta en el libro de texto hace poca referencia aquellos elementos relacionados con marcos explicativos generales, tales como las tendencias que delimitan el sentido y orientación del conocimiento, como por ejemplo el mecanicismo. Solo tres unidades de información en el capítulo acerca de los principios y teorías de la evolución hacen referencia a la existencia de diferencias tendencias y enfoques en relación al estudio de los organismos.

Otra de las carencias observada en el libro analizado se relación con los aspectos históricos de formulación de los conceptos, como ya se indicó en la categoría denominada tradición científica, se muestra un historia lineal de la Biología que viene desde los griegos hasta la actualidad, pero no se presentan una discusión al menos básica que dé indicios acerca de las corrientes de pensamiento que de alguna manera han influido en la forma como en diferentes épocas se ha validado el conocimiento, sean limitado las preguntas y los procedimientos metodológicos. Esto es indicado por algunas investigaciones en torno a libro de texto como ausencia de contextos de descubrimiento y es reportado en los antecedentes como un tratamiento ahistorico de la ciencias Castro (2011)

Sin embargo, se encuentran en la estructura sustantiva y la estructura sintáctica contenidos que dan indicios de elementos relacionados con aspectos epistemológicos del Conocimiento Biológico. Estos elementos permiten ver que en el texto se considera que el Conocimiento Biológico está conformado por principios generales (leyes, teorías, conceptos), derivados directamente de la observación y la realización de experimentos, los cuales se entienden en el texto como necesarios para demostrar hipótesis, confirmar o respaldar principio generales, validar el conocimiento o desechar ideas erróneas.

Se observan carencia de elementos que se relacionan con la condiciones contextuales del conocimiento, no se tiene en cuenta la condiciones socioculturales que influyen en la validación, en la metodología, en las preguntas que guían la investigación. Lo cual implica que la Biología se presenta como una ciencia descontextualizada. Esto según los antecedentes y aspectos teóricos consultados en relación con la importancia de los libros de texto puede llevar a una imagen distorsionada de la ciencia en esta caso la Biología, se puede generar el entendimiento de una



ciencia carente de sentido, alejada de las preocupaciones del común de la gente, sin ningún efecto para entender los sucesos diarios, sin permitir avanzar en la valoración de los organismos, su protección y su utilización racional. Se puede argumentar que estos elementos realmente no son responsabilidad de libros de texto y que estos temas son parte de libros más especializados, pero resulta claro que son de importancia para la comprensión de la materia a enseñar ya que forman parte del desarrollo disciplinar y que la demanda educativa hacia las instituciones exige la superación de un aprendizaje fundamentado en catálogo de contenidos para llegar a la formación de ideas más holísticas y sistemáticas. Por lo tanto se hace necesario que la formación directa recibida por los futuros profesores en las facultades universitarias aborde con mayor profundidad estos elementos.

Igualmente, no se da mucha relevancia a elementos que permitan entender a la Biología como una ciencia autónoma, las categorías que dan indicios acerca de este aspecto como lo son objeto de estudio, estatus epistemológico, organización disciplinar y perspectiva interdisciplinar presentaron muy baja frecuencia de unidades de información y las pocas que se reportaron no profundizan en estos aspectos.

En relación con la estructura sintáctica se puede evidenciar que el libro hace énfasis en la importancia de la observación y la realización de experimentos como elementos necesarios para la validación del conocimiento. Muchas de las unidades de información dan a entender que todo conocimiento considerado válido en las ciencias biológicas ha sido el resultado ya sea de observaciones o experimentos. Incluso en la introducción acerca de método científico y Biología se da a entender que una diferencia entre la Biología moderna (aquella desarrollada a partir del siglo XIX) y la Biología desarrollada desde tiempos antiguos radica en la sofisticación de las técnicas de observación y experimentación desarrolladas en los últimos tiempos (muchas de ellas son técnicas de la Química y la Física).

Para los autores es la observación directa de los fenómenos naturales y la realización de experimentos lo que motiva a los científicos a encontrar nuevas explicaciones, a abandonar ideas erróneas y a demostrar hipótesis.

La demostración de las hipótesis vía experimentos u observaciones directas permite consolidar el conocimiento, llegando a partir de los datos a constituir teorías y leyes. Además, en una de la unidades de información de la introducción, se da a entender que la fortaleza de una teoría depende

directamente de las pruebas aportadas por los experimentos, siendo posible que nuevos datos experimentales puedan incidir en el abandono de una o varias teorías que se tenían como ciertas o válidas.

Esto implica que la estructura sintáctica presente en el libro analizado se puede visualizar como un esfuerzo de los autores por presentar ejemplos de observaciones y/o experimentos que permitan respaldar ciertas afirmaciones como ciertas. Los mismos autores, colocan en el prefacio del libro que es necesario profundizar en los procesos gracias a los cuales se ha adquirido el conocimiento científico, para esto ellos explicitan que se proporcionan ejemplos en todos los capítulos del libro de trabajos experimentales que ilustran los métodos modernos de la Biología.

Es claro que en el contenido del libro se desconocen otras metodologías como lo son las narrativas históricas, los métodos comparativos, taxonómicos los cuales están implicados en la producción de muchos de los cánones teóricos que sustentan al Conocimiento Biológico.

En resumen, la estructura sintáctica del Conocimiento Biológico presente en el libro analizado se puede asociar con una perspectiva un tanto empírica, en el sentido que se considera la necesidad de tener contacto directo con los fenómenos biológicos, ya sea en forma de observaciones directas o mediante la realización de experimentos. El problema de la constitución del conocimiento para los autores tiene un sentido de validación, en la medida que se considera una teoría como cierta en la medida que haya sido validada por pruebas empíricas.

## BIBLIOGRAFIA

- Abell, S. (2007). *Research on Science Teacher Knowledge*. Columbia. University of Missouri. Columbia.
- Amórtegui, E. (2011). *Concepciones sobre prácticas de campo y su relación con el conocimiento profesional del profesor, de futuros docentes de Biología de la Universidad Pedagógica Nacional*. Tesis de Maestría en Educación. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá
- Amórtegui, E. y Correa, M. (2009). *Las prácticas de campo planificadas en el proyecto curricular de licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional. Caracterización desde la perspectiva del Conocimiento Profesional del profesor de Biología*. Trabajo de grado para optar el título de Licenciado en Biología. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá
- Bardin, L. (1986). *El Análisis de Contenido*. Madrid. Ediciones Akal.
- Bernal, I. (2008). *Referentes sobre el conocimiento disciplinar y su relación con el conocimiento profesional en docentes en formación inicial en Biología del Centro Regional Valle de Tenza de la Universidad Pedagógica Nacional*. Trabajo de Grado para optar el título de licenciado en Biología. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá.
- Bertalanffy, L. (1963). *Concepción Biológica del Cosmos*. Santiago de Chile. Ediciones de la Universidad de Chile.
- Ball, D. MacDiarmid, G. (1996). *The subject matter preparation of teachers*. <http://www.education.msu.edu/NCRTL/PDFs/NCRTL/IssuePapers/ip894.pdf>.
- Canguilhem, G. (1976). *El Conocimiento de la Vida*. Barcelona. Editorial Anagrama.
- Castro, J (2003). *Los libros de texto: Filosofía e historia de las ciencias*. *Nodos y Nudos*, (15), Pp 4-19
- Castro, J. (2011). *Estilos de razonamiento científico y enseñanza de la Biología: posibles conexiones y propuestas didácticas*. *Revista de Educación en Biología*, 14 (2), Pp 5-12
- Castro, J. (2006). *Interrelaciones entre historia, epistemología y didáctica de las ciencias: el caso del modelo del operón lac en biología molecular. Un análisis de textos universitarios*. Tesis de maestría en Docencia de la Química. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá.
- Berzal, M. (2005). *Del análisis de contenidos al análisis del discurso, quince años de estudios acerca de los materiales curriculares en la enseñanza de las ciencias biológicas*. Tercer Encuentro de investigación en Didáctica de la Biología. [En línea]. [www.adbia.com.ar/eidibi\\_archivos/aportaciones/...berzal\\_co.pdf](http://www.adbia.com.ar/eidibi_archivos/aportaciones/...berzal_co.pdf)
- Correa, M. (2012). *Estado del arte sobre los trabajos prácticos en la enseñanza de la biología (2004-2008): un aporte a la formación docente*. Tesis de Maestría en Educación. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá.

- Correa, M. y Valbuena, E. (2012). Estado del arte sobre los trabajos prácticos en la enseñanza de la biología abordados en publicaciones (2004-2006): resultados relacionados con la imagen de práctica. *Bio-grafia*, 5 ( 8), Pp 117-135.
- Dawkins, R. (2010). *Evolución*. Colombia. Editorial Planeta.
- Díaz, F. (2002) *Didáctica y currículo: Un enfoque constructivista*. España. Ediciones de la Universidad de castilla-La mancha.
- Fernandez, S. y Pértegas, S. (2002). *Investigación Cuantitativa y Cualitativa*. Unidad de Epidemiología y Bioestadística. Complejo Hospitalaris-Universitario Juan Canalejo, Pp. 1-4
- Ferrer, J. (1994). *Diccionario de Filosofía*. Tomo II. Barcelona. Editorial Ariel. .
- Foucault, M. (1997). *La Arquelogia del saber*. Madrid. Siglo veintiuno editores.
- Garcia, A. (2004). *La transposición didáctica del modelo de la estructura química del ADN. Un análisis en textos de enseñanza universitaria*. Tesis de Maestría en Enseñanza de la Química. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá.
- Garriz, A. y Trinidad, R. (2004). El conocimiento pedagógico del contenido. *Educación Química*, 15 ( 2), Pp 2-6.
- Gess-Newsome, J. and Lederman, N. (1993). *Preservice Biology Teachers' Knowledge Structures as a Function of Professional Teacher Education: A Year-Long Assessment*. *Science Teacher Education*, 77 ( 1), Pp. 25-45.
- Grossman, P. Wilson, S. y Shulman, L. (2005). *Profesores de sustancia: El conocimiento de la materia para la enseñanza*. Profesorado. *Revista de curriculum y Formación de Profesorado*. Universidad de Granada, 9( 2), Pp 1-23
- Gutierrez, A. (2008) *Indagación y análisis de referentes sobre el conocimiento disciplinar y su relación con el conocimiento profesional en docentes en formación inicial del Proyecto Curricular Licenciatura en Biología de la Universidad Pedagógica Nacional*. Trabajo de Grado para optar el título de Licenciado en Biología. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá.
- Hauslein, P. Good, R. and Cummins, C (1992). *Biology Content Structure: From Science Student to Science Teacher*. *Journal of Research in Science Teaching*, 29(9), Pp 939-964.
- Herreño, J. (2009). *La transposición didáctica del modelo del octeto de lewis – langmuir en los libros de texto*. Tesis de Maestría de Enseñanza de la química. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá.
- Jacob, F. (1986). *La logica de lo viviente*. Barcelona. Editorial Salvat.

- Kliebard, Herbert (1965). Structure of the disciplines as an educational slogan. *Teachers College Record*, LXVI (7), Pp 598-603.
- Lederman, N. Gess-Newsome, J. and Lanz, M. The Nature and Development of Preservice Science Teachers' Conceptions of Subject Matter and Pedagogy. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(2), Pp 129-146
- Luna, M. Carreri, R. (2011) Supuestos epistemológicos en libros de texto de Física para nivel medio. Aspectos de su discurso pedagógico regulador. *Revista electrónica de investigación en educación en ciencias*, 6 (2), Pp 1-15
- Kuhn, T. (2004). La estructura de las revoluciones científicas. México D.F. Fondo de Cultura Económica.*
- López, A. (2007). Libros de texto y profesionalización docente. *Revista de la asociación de inspectores de educación de España*. (6)
- López, R (2008). El modelo científico para la electroquímica en los textos de enseñanza Tesis de Maestría en Docencia de la Química. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá D.C.
- Mahner, M. y Bunge, M. (2000). *Fundamentos de Biofilosofía*. Mexico D.F. Siglo veintiuno Editores.
- Martin, A. Barrero, C. Sánchez, L. y Cornejo, Jorge. (2011). La visión del conocimiento científico y del conocimiento tecnológico en los libros de Química General utilizados en carreras de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 10 (3), Pp 550-566*
- Martínez, C. (2006) El método de estudio de caso. Estrategia metodológica de la investigación científica, en *Pensamiento y gestión*. (20), Pp 165-193
- Maturana, H. y Varela, F. (1994). *De máquinas y seres vivos*. Santiago de Chile. Univesitaria Santiago de Chile
- Mayr, E. (2006). *Por qué es única la biología*. Buenos Aires: Katz Editores.
- Mayr, E. (1982) *El Crecimiento del Pensamiento Biológico*. Press of Harvard Press, Cambridge.
- Mayr, E. (1998) Causa y Efecto en la Biología. En *Historia y Explicación en Biología*. Sergio Martínez, Ana Barahona(compiladores). México. Fondo de Cultura Económica, Pp 82-95
- Menendez, S. (2000) El discurso del libro de texto: Un enfoque Pragmático-discursivo. Actas XIII Congreso AIH (Tomo III). Centro Virtual Cervantes . [www.cvc.cervantes.es/literatura/aih/pdf/13/aih\\_13\\_3\\_067.pdf](http://www.cvc.cervantes.es/literatura/aih/pdf/13/aih_13_3_067.pdf) p.p 515-522
- Moreno, J. (2009). la transposición didáctica del modelo semicuántico de Bohr. Tesis de Maestría en Enseñanza de la Química. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá D.C
- Moody, D. (2000). The paradox of the Textbook. In Fisher , K; Wandersee, J y Moody, D. *Mapping Biology Knowledge*. Science and Technology Education Library. Netherlands, Pp. 167-185

Páramo, P y Otálvaro, G (2006). Investigación alternativa: por una distinción entre paradigmas y no entre métodos. ([www.moebio.uchile.cl/25/paramo.htm](http://www.moebio.uchile.cl/25/paramo.htm)) .

Rozo E. (2012). Las prácticas de laboratorio en la formación inicial de profesores de ciencias. una aproximación al análisis epistemológico y didáctico para el caso de la Bioquímica. Tesis de maestría en enseñanza de la Química. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá.

Salomon, E. Berg, L. Martin D. y Villedo, C. Biología . Octava edición, 1996. México D.F. McGrawHill-Interamericana.

Sánchez, J. (2007) Formulación de proposiciones para el estudio de las concepciones sobre el Conocimiento Biológico en el marco del Conocimiento Profesional del profesor de Biología. Trabajo de Grado para optar el título de Licenciado en Biología. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá.

Schwab, J. (1978). Science Curriculum and Liberal Education. Selected Essays. Edited by Westbury, Ian and Wilkof, Neil. Chicago: United States of America. The University Chicago Press.

Shulman, Lee (1986) Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. American Educational Research Association, 15 (2), Pp 4-14

Shulman, Lee (2005) Conocimiento y Enseñanza: fundamentos de la nueva reforma. Profesorado. Revista de Curriculum y Formación del profesorado, 9 (2), Pp 1-30

Sober, E. (1996). Filosofía de la Biología. Madrid. Alianza Editorial

Solaz-Portoles, J. (2010). La naturaleza de la ciencia y los libros de texto de ciencias: una revisión Facultad de Educación UNED. Educación XXI, 13(1), Pp 65-80

Stodolsky, S. and Grossman, P. (1995). The impact of Subject Matter on Curricular Activity: An Analysis of Five Academic Subjects. American Educational Research Journal, 32 (2). Pp. 227-249. [En línea] <http://www.jstor.org/stable/1163430>

Taylor, S y Bogdan, R. (1992). Introducción a la observación participante. Barcelona. Editorial Paidós.

Torres, J. (1998). Globalización e interdisciplinariedad. El currículo integrado. Madrid. Ediciones Morata.

Valencia, V. (1989). *La Biología ¿Ciencia de la vida o ciencia de lo vivo?* Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional.

Valbuena, E. (2007). El Conocimiento Didáctico del Contenido Biológico. estudio de las concepciones disciplinares y didácticas de futuros docentes de la Universidad Pedagógica Nacional. Tesis de doctorado en Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad Complutense de Madrid. Madrid (España)

Valbuena, E. (2011). *Hipótesis de progresión del conocimiento biológico y del conocimiento didáctico del contenido biológico. Parte I: referentes teóricos.* revista *Tecné Episteme y Didaxis*, N. Pp 30-52

Valbuena, E. Correa, M. y Amórtegui, E. (2012). La enseñanza de la Biología ¿un campo de conocimiento? Estado del arte 2007-2008. *Tecné, Episteme y Didaxis*, (31), Pp 67-90

Valbuena, E. Castro, J. Sierra, C. Sánchez, P. y Bernal, C. Hipótesis de progresión sobre el conocimiento biológico. Implicaciones en la formación docente. Documento. Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Pp. 1-9

## Anexo N.1 Sistema de categorías.

Tabla 4 Sistema de categorías

## CATEGORIAS PARA LA ESTRUCTURA SUSTANTIVA

Nombre	Nivel 1	Nivel de referencia
OBJETO DE ESTUDIO	Los seres vivos son entidades físico.-químicas. El interés de la Biología radica en analizar desde una perspectiva reduccionista los diferentes componentes que conforman la estructura. Desde leyes físicas y/o químicas	Se considera a los seres vivos como biosistemas complejos, estructurados por otros biosistemas desde los cuales emergen propiedades que configuran el organismo como un todo o unidad diferenciada e individual, capaz de regularse y construirse a sí misma mediante procesos fisiológicos y adaptativos, denominados autopoiesis (Maturana, 1994) que permiten mantener y crear la organización.
Organización discursiva	La Biología (que en esta visión se incluye dentro de las llamadas “ciencias clásicas”) tiene una unidad discursiva basada en las teorías y mediada por las leyes. Ya que por tener una base matematizable, la Biología puede formular el conocimiento en forma de leyes universales que posteriormente dan lugar a teorías que se expresan, fundamentalmente, en forma de algoritmos y otras expresiones matemáticas	Comúnmente el conocimiento biológico se expresa en un lenguaje conceptual, es decir que la Unidad de construcción y discurso de éste conocimiento es el concepto. La estructuración de varios conceptos fuertemente relacionados, es lo que puede dar lugar o no, a la formulación de teorías. De manera que los conceptos son los constituyentes del andamiaje teórico de la Biología
Perspectiva de estudio	En Biología es importante estudiar de manera analítica todos aquellos elementos que componen, estructuran y permiten el funcionamiento de los fenómenos Biológicos. Es decir que para comprender éstos fenómenos lo que se requiere es dividirlos en componentes funcionales menores para poderlos estudiar por separado y así dar cuenta del todo.	No es suficiente estudiar por separado las partes, para dar cuenta de todo lo complejo de la naturaleza viviente. Es necesario un enfocarse en las interacciones a diferentes niveles en los sistemas vivos ya que estas interacciones son singulares y poseen propiedades que no están presentes en las componentes. En ese sentido se ajusta la frase “el todo es más que la suma de sus partes”.
Tradición científica de la Biología	La Biología, como ciencia independiente y formalmente reconocida, tiene una tradición tanto o más antigua que las ciencias físico-químicas. En este nivel se considera que la Biología, como una ciencia independiente y formalmente reconocida, tiene una tradición tanto o más antigua que la de algunas ciencias físicas (mecánica, química y astronomía, entre otras).	.El conocimiento biológico (CB) empieza su delimitación hacia finales del siglo XVIII y comienzos del siglo XIX, cuando surge el concepto de organización como característica de diferenciación de lo vivo.
Estatus	El C.B. carece de un estatus epistemológico propio	El C.B. tiene un estatus epistemológico propio que le a



epistemológico y científico	<p>que lo diferencie, por lo tanto las explicaciones de este tipo de conocimiento se reducen a las de la Química y la Física.</p> <p>El conocimiento biológico no es un conocimiento epistemológicamente diferenciado del conocimiento de otras ciencias de la naturaleza, y se considera a la Biología como un apéndice sobresaliente o un caso Particular del conocimiento de las ciencias físicas. Se asume que las explicaciones que da el conocimiento biológico a los fenómenos de lo vivo, se pueden sintetizar o reducir a las explicaciones que dan Ciencias como la química y la física.</p>	<p>porte autonomía como ciencia</p> <p>Se reconoce al conocimiento biológico como un conocimiento que tiene un estatus epistemológico propio que lo distingue de otras ciencias y le otorga autonomía Científica. Desde el análisis de Mayr<sup>1</sup>, esta es una ciencia autónoma porque en ella no se pueden aplicar la mayoría de los principios de las ciencias físicas (determinismo, reduccionismo, existencia de leyes naturales, etc) y en ella hay ciertos principios básicos que no son aplicables a lo novivo, porque su objeto de estudio y las relaciones inherentes a él son sumamente complejas. En general, la Biología es autónoma y diferente por la delimitación de sus fronteras, las perspectivas metodológicas particulares desde las que se produce el conocimiento y la peculiaridad de las teorías que le son propias .</p>
Perspectiva interdisciplinar	<p>Se concibe el conocimiento biológico como un conocimiento disciplinario porque no establece una circulación de los conceptos o de los esquemas cognitivos con otro tipo de ciencias y saberes, que permitan articular los dominios disciplinarios en un sistema teórico coherente y común. Hay una frontera que aísla a la Biología en relación con los problemas que trabajan las otras ciencias, por lo que la relación entre ellas es muy escasa.</p>	<p>El Conocimiento Biológico es un conocimiento autónomo pero además tiene un carácter interdisciplinar. Varios de los campos de investigación biológica recurren a saberes y ciencias muy diversas al mismo tiempo que a policompetencia de los investigadores, de manera que se establece una circulación de los conceptos o de los esquemas cognitivos entre diferentes tipos de conocimiento para dar explicación a los fenómenos de lo vivo.</p>
Organización Disciplinar	<p>La Biología está estructurada por ramas tales como fisiología, genética, evolución, taxonomía...etc, que se equiparan a las materias que se estudian durante la carrera, pero sin un sentido específico</p>	<p>La Biología está estructurada en dos grandes ramas, la Biología funcional que se encarga de las causas próximas De vivo pretendiendo responder la pregunta del ¿cómo? desde los procesos que se dan en los organismos; y en Biología evolutiva que busca las causas remotas de lo vivo Con el propósito de responder la pregunta del ¿Por qué? desde los procesos que se han dado en el planeta y han moldeado los seres vivos tanto ancestrales como actuales.</p>

### CATEGORIAS PARA LA ESTRUCTURA SINTÁCTICA

CATEGORIA	NIVEL 1	Nivel de referencia
Generalización	En el conocimiento biológico es posible hacer generalizaciones de las explicaciones sobre los	la Biología es una ciencia en la que no existen leyes naturales sino muchos aspectos únicos, como únicos son

	fenómenos estudiados y establecer regularidades acerca de su comportamiento. Desde el marco de referencia de las ciencias físicas se considera que en la Biología existe una fuerte base matemática que permite hacer generalizaciones, y así formular leyes naturales de aplicación universal que rigen tales fenómenos que se estructuran en teorías expresadas en algoritmos matemáticos	los fenómenos que estudia. Estos fenómenos, hasta donde es conocido, se circunscriben al planeta tierra, y no pueden ser reducidos a los niveles básicos de la materia para ser comprendidos. Por ello no es posible hacer generalizaciones acerca de los mismos. En cuanto a las teorías que se formuladas en Biología, éstas se fundan básicamente en conceptos estructurados más que en leyes a la manera de las ciencias físicas, de modo que los desarrollos conceptuales son tan importantes y significativos en Biología como lo son las leyes y descubrimientos en las ciencias físicas
Metodología	El conocimiento biológico se produce solamente por medio de la implementación de un único método científico. El método científico, asumido, a la manera de las ciencias físicas, como la prueba experimental para comprobar la validez de la respuesta (hipótesis) a una pregunta formulada después de una observación objetiva y que tiene un protocolo riguroso	No hay una metodología única de producción del Conocimiento Biológico. Mayr <sup>2</sup> plantea que la Biología es una ciencia con dos campos bien diferenciados: la Biología funcional, que abarca la fisiología de las actividades de los organismos y que se pregunta por el ¿Cómo? de los fenómenos relacionados con ellos. Y la “Biología histórica”, que explica los aspectos evolutivos de lo vivo y se pregunta por el ¿por qué? de los mismos. De modo que no es posible aplicar un único método para producir conocimiento biológico, pero además algunas de esas metodologías (narrativas históricas y comparación de diferentes hechos) se acercan más a las metodologías de las ciencias humanas que a las de las ciencias naturales que también acude a otras formas dependen del tipo de problema planteado y de las condiciones contextuales
<i>Experimentación y observación</i>	la producción del conocimiento biológico es posible solo mediante la observación o la experimentación, es decir, que, llevarlos a cabo es la única condición para poder dar cuenta del fenómeno en estudio y aportar así al conocimiento biológico.	En la Biología, además de la observación y la experimentación, en el campo de la Biología evolutiva, también es necesario apelar a otros métodos como las <i>narrativas históricas</i> , mediante las cuales el Biólogo pone a prueba la capacidad explicativa de una determinada narrativa histórica que ha construido. Otro método muy importante es comparativo, en el cual se buscan determinadas relaciones entre (fenómenos, estructuras, etc.) por medio de la comparación
Experimento	Los experimentos en la Biología son repetibles y arrojan resultados idénticos, siempre que se sigan las pautas preestablecidas para su realización, a la manera de la visión positivista de ciencia, donde el experimento clásico es un protocolo que se debe cumplir con las condiciones esenciales de	En Biología no siempre es posible realizar experimentos en el sentido clásico ya que los sistemas vivos, son complejos, no son fijos, estáticos, ni absolutamente predecibles, sino constantemente cambiantes y no es posible en todo momento mantener el control de todas las variables y las condiciones experimentales no suelen ser

	replicabilidad y predictibilidad, entre otras	repetibles. Tampoco es posible predecir el comportamiento de las variables que se ponen en juego en la experimentación; de modo que el uso del experimento se restringe a algunos aspectos de áreas como la Biología funcional y molecular
Condiciones socio-culturales de producción del conocimiento	Las condiciones contextuales no inciden en el proceso de producción del Conocimiento Biológico. Esto implica una separación entre quienes lo producen (y las condiciones en las que están inmersos) y el objeto de conocimiento o de estudio, una cosa no afecta a la otra, no se relacionan ni se influyen, de esta manera es posible considerar que si quienes producen conocimiento para la Biología hubieran vivido en otra época de la historia, en otro país y otra cultura y, en general, en otro contexto diferente, hubieran, no obstante, hecho exactamente la misma producción teórica y conceptual dado que el Conocimiento Biológico es independiente del contexto (social, político, histórico, social, geográfico, cultural, etc.) en el que se produce.	El contexto (social, político, histórico, social, geográfico, cultural, etc.) ejerce una influencia muy importante en los procesos de producción del conocimiento biológico. La producción científica está determinada, se origina y se configura en medio de las condiciones socio-políticas, geográficas, económicas y culturales que actúan a modo de filtro de juicio que determina a las personas que se mueven y actúan dentro de ellas ( esto incluye, por supuesto, a los investigadores y científicos y a su producción
Finalidad del Conocimiento	El conocimiento biológico busca, según una visión naturalista, la producción de conceptos básicos que den cuenta de la estructura, la composición, la función y la clasificación de la vida.	El conocimiento biológico pretende, desde una visión integradora, producir conceptos de lo vivo tanto básicos ( acerca de su automantenimiento y autoorganización) como aplicados (de impacto social favorable), procedimientos y actitudes.

## ANEXOS N. 2

## Matrices de datos

Tabla 7. Resultados en relación con el objeto de estudio

UNIDAD DE INFORMACIÓN(EVIDENCIA)	PROPOSICION(AGRUPACIÓN)	REFERENTE
VC1(6)	La Biología estudia los seres vivos, sus formas, estructura, función , evolución, crecimiento y sus relaciones con el medio	El objeto de estudio lo constituyen los seres vivos, de estos se estudia sus formas, estructuras, funciones, evolución , crecimiento y sus relaciones con el medio.
VC1(7)	La variedad de seres vivos implica la existencia de especialistas en determinado grupo, a su vez cada una de las especialidades y ramas de la biología se puede estudiar en relación con estos grupos, lo cual implicaría objetos de estudio particulares.	La variedad de seres vivos ha hecho que existan en la Biología objetos de estudio particulares , existen especialistas y ramas que se centrarían en un grupo particular.
VC1(32) VC1(31)	[haciendo referencia al propósito de texto más no al propósito del conocimiento Biológico] Parte del estudio de la Biología, como un propósito de la enseñanza, se centra en la comprensión del papel del hombre en el mundo biológico.	El hombre es un objeto de estudio en la enseñanza de la Biología, se da importancia a la comprensión de su papel en el mundo biológico.
VC28(3)	La rama de la biología que se ocupa de los fenómenos de herencia y variación, y estudia las leyes que rigen las semejanzas y diferencias entre individuos con ascendientes comunes se llama <i>genética</i> .	La genética(como una rama de la Biología) tiene un objeto de estudio particular, el cual hace referencia a la herencia y las variaciones
VC4(6)	...célula es la unidad fundamental, tanto de función como de estructura —el fragmento representativo, más diminuto que ostenta todas las características de las cosas vivas.	La célula se considera el fragmento más representativo de las cosas vivas.

Tabla.8 Organización discursiva: Referente a hipótesis

UNIDAD DE INFORMACIÓN	PROPOSICION(AGRUPACIÓN)	REFERENTE
VC1(12) VC1(13)	El objetivo de toda ciencia es llegar a dar explicaciones de los fenómenos observados y plantear generalizaciones que permitan predecir las relaciones entre fenómenos	[Hace referencia las ciencias en general] El objetivo de toda ciencia es llegar a plantear hipótesis , las cuales se constituyen como explicaciones de fenómenos observados y el planteamiento de generalizaciones que permitan predecir las relaciones y explicar otros fenómenos que se descubran posteriormente.
VC1(20)	Las hipótesis se constituyen en explicaciones de fenómenos previamente observados, a su vez que pueden llegar a explicar otros que se descubran posteriormente. La predicción se constituye como parte central de la ciencia.	
VC1(16) VC1(17)	Las hipótesis se pueden considerar como aproximaciones la verdad en circunstancias determinadas, su veracidad no es absoluta y universal. Las hipótesis son replanteadas de acuerdo con nuevas observaciones o experimentos que arrojen nuevos datos.	Las hipótesis se pueden considerar como aproximaciones a la verdad, su veracidad no es absoluta ni universal siendo replanteadas de acuerdo con nuevas observaciones y experimentos que arrojen nuevos datos. Cuando una hipótesis son apoyadas por la observación y la experimentación, se han ensayado y coinciden con los hechos y permiten hacer predicciones validas se constituyen en teorías, principios o leyes.
VC1(18) VC1(27)	Cuando las hipótesis apoyadas por observaciones y experimentos, se han ensayado, coinciden con los hechos y permiten hacer predicciones validas se constituyen en teorías, principios o leyes.	
VC1(20)	Las hipótesis se constituyen en explicaciones de fenómenos previamente observados, a su vez que pueden llegar a explicar otros que se descubran posteriormente. La predicción se constituye como parte central de la ciencia.	
VC1(16) VC1(17)	Cuando las hipótesis apoyadas por observaciones y experimentos, se han ensayado, coinciden con los hechos y permiten hacer predicciones validas se constituyen en teorías, principios o leyes.	
VC1(18) VC1(27)	Cuando las hipótesis apoyadas por observaciones y experimentos, se han ensayado, coinciden con los hechos y permiten hacer predicciones validas se constituyen en teorías, principios o leyes.	
VC1(19)	Las teorías aclaran y simplifican la comprensión de los fenómenos,. El intento por reducir la complejidad de los fenómenos a unos pocos principios ha sido una constante en la ciencia, prefiriéndose las explicaciones sencillas que resulten satisfactorias	Las teorías aclaran y simplifican la comprensión de los fenómenos,. El intento por reducir la complejidad de los fenómenos a unos pocos principios ha sido una constante en la ciencia, prefiriéndose las explicaciones sencillas que resulten satisfactorias

VC1(21) VC1(25)	Encontrar las causas de algún fenómeno es una de las metas fundamentales de cualquier estudio científico. Sin embargo encontrar pruebas fehacientes de la relación causa efecto entre dos acontecimientos no siempre resulta fácil, la dificultad resulta en comprobar que un factor es común a varios casos.	Una de las metas fundamentales de cualquier estudio científico es encontrar las causas de algún fenómeno. Sin embargo no siempre resulta fácil comprobar que un factor es común a varios casos. La relación causa efecto entre dos fenómenos se puede establecer en términos de probabilidades mediante análisis estadísticos si los datos se expresan en términos cuantificables y se tengan experimentos y observaciones sucesivas queden los mismos resultados.
VC1(25)	La relación de causa efecto entre dos fenómenos se puede establecer en términos de probabilidades mediante análisis estadísticos. Siempre y cuando los datos se puedan expresar en términos cuantificables y se tengan experimentos y observaciones sucesivas que den los mismos resultados.	
VC1(29)	Las dimensiones de la célula y la cantidad de sus materiales deben ser expresadas en unidades adecuadamente pequeñas.	En relación con la cuantificación a través de medias.
VC1(35)	Una teoría incorrecta tarde o temprano desemboca en contradicciones y absurdos evidentes. En un momento dado dos o más teorías suministran explicaciones satisfactorias para los datos conocidos, pero con más observaciones o experimentos alguna de las dos teorías desaparece o tal vez ambas.	En relación con la provisionalidad de los principios explicativos generales, validación por intermedio de experimentos

Tabla 9 Organización discursiva (leyes)

UNIDAD DE INFORMACIÓN	PROPOSICION	REFERENTE
VC28(3) VC28(5) VC28(12)	La semejanza y diferencias que presentan los individuos con ascendientes comunes están regidos por leyes que son estudiadas por la genética	Hace referencia a la existencia de leyes que rigen un fenómeno biológico, como lo es las diferencias entre individuos.
VC28(37)	Las leyes de la probabilidad rigen todos los hechos genéticos, permitiendo la predicción de cualquier hecho. Las leyes de las probabilidades ofrecen una predicción razonable si el número de hechos es suficientemente alto.	Esta ley tiene capacidad predictiva en términos de probabilidades, las cuales dependen del número de hechos
VC28(41)	La ciencia de la genética tiene en común con las matemáticas el hecho de estar constituida por unos pocos principios que permiten resolver muchos problemas	Plantea una similitud entre las matemáticas y la genética, en un sentido de poder reducir los problemas a unos pocos principios.
VC28(36)	La ley del producto expresa que la probabilidad que ocurran juntos dos hechos independientes es igual al producto de las probabilidades que cada uno ocurra por separado.	Menciona la ley del producto la cual expresa que La probabilidad de que ocurran juntos dos hechos independientes es igual al producto de la probabilidad de que cada uno ocurra por separado se conoce como ley del producto.

VC28(45)	Cuando dos pares de genes se sitúan en cromosomas diferentes (no homólogos) cada par se separa en forma independiente del otro durante la meiosis.	En referencia a las leyes de Mendel, las cuales explican la segregación de genes durante la formación de gametos, idea que permite explicar la herencia de rasgos en organismos.
VC28(46) VC28(47)	La primera ley de Mendel llamada a veces ley de pureza de los gametos o ley de segregación define que los genes se encuentran por pares en los individuos pero durante la formación de los gametos cada gen se separa o se segrega del otro.	
VC28(48)	La ley de segregación independiente establece que los miembros de cada par de genes se separan o segregan de cada uno de los otros durante la formación de los gametos en forma independiente. Esta misma ley se aplicara en aquel los cruces que impliquen tres o más pares de genes.	

Tabla 10 Organización discursiva (teoría y principios)

UNIDADES DE INFORMACIÓN	PROPOSICIÓN	REFERENTES
VC4(3)	La teoría celular formulada por Matthias Schleiden, botánico, y Theodor Schwann generaliza que el cuerpo de todas las plantas está formado por células. Además esta teoría contempla que solo pueden aparecer nuevas células por división de otras preexistentes, idea formulada por Virchow.	Se presenta la teoría celular como una generalización aplicable a todos los organismos. Haciendo mención a la estructura corporal y sus constituyentes. Además sitúa el origen de una célula en otra preexistente.
VC4(6)	La teoría celular incluye el concepto de que célula es la unidad fundamental, tanto de función como de estructura —el fragmento representativo, más diminuto que ostenta todas las características de las cosas vivas.	La teoría celular incluye el concepto de unida de célula como unidad fundamental, tanto de función como de estructura.
VC32(8)	La teoría de la síntesis evolutiva intenta explicar la manera como se forman nuevas especies y grupos de organismos. Las bases que la sustentan se fundamentan en la mutación como fuente de variabilidad genética, en el conocimiento que se tienen acerca de los factores que actúan en la genética de poblaciones y el conocimiento de la historia natural de los diferentes grupos de animales y vegetales.	Teoría de la síntesis como un intento de explicación acerca de la formación de nuevas especies y grupos de seres vivos.  La teoría se fundamenta en el conocimiento que se tiene acerca de la mutación, factores que actúan en la genética de poblaciones y la historia natural.  La teoría de la síntesis evolutiva no se presenta de manera taxativa y exacta, así: intenta explicar (aparición de nuevas especies) y se fundamenta en

		“referentes <i>teóricos</i> ” (mutación, genética de poblaciones e historia natural).
VC32(104)	La teoría del equilibrio intermitente o puntuado postula que la macroevolución, no es fruto de un proceso lento y gradual, sino que se manifiesta bruscamente casi como si ocurrieran saltos.	Postulado teórico con respecto a la evolución, contrario al gradualismo darwiniano.
VC32(13)	El concepto de la existencia de otros seres vivos dio lugar a la teoría del catastrofismo con la idea de que inundaciones y el fuego provocaban la desaparición de los seres, después de lo cual emergió de nuevo la existencia por una creación especial.	[Hace referencia a ideas previas al planteamiento de la teoría evolutiva en el siglo XIX] Al revisar el desarrollo del concepto evolución se presenta la <b>teoría del catastrofismo</b> fundamentada en la idea de que las inundaciones y el fuego provocaban la desaparición de los seres, después de lo cual emergió de nuevo la existencia por una creación especial.
VC32(16)	La teoría original de la evolución se debe a Juan Bautista Lamarck, quien al igual que muchos biólogos de su tiempo, suponía que los seres vivos están animados por una fuerza innata y misteriosa con la cual luchan frente al antagonismo del ambiente. Aceptaba también que las adaptaciones al ambiente una vez fijadas, se propagaban a las generaciones sucesivas, o sea que los caracteres adquiridos se heredan.	La teoría evolutiva de Lamarck plantea la transmisión hereditaria de los caracteres adquiridos. De esta forma se propagan las adaptaciones de muchos animales y plantas. Sin embargo las pruebas genéticas al demostrar que los caracteres adquiridos no se heredan hace que esta teoría sea inaceptable.
VC32(105)	La teoría lamarquista de la transmisión hereditaria de caracteres adquiridos explicaría la adaptación de muchos vegetales y animales al medio, sin embargo es inaceptable ya que las pruebas genéticas decisivas en el sentido que los caracteres adquiridos no se heredan.	
VC32(17)	Charles Darwin formuló la teoría de la selección natural para explicar el mecanismo de la evolución, así mismo contribuyó con una serie de pruebas tendientes a demostrar que la evolución orgánica había ocurrido. La teoría darwiniana de la selección natural se presentó de modo tan racional y bien argumentado que muchos biólogos se inclinaron a su favor. Una de las primeras objeciones fue que no explicaba la aparición de muchas estructuras al parecer inútiles en el organismo.	La teoría de la selección natural formulada por Darwin explica el mecanismo de la evolución, está apoyada por pruebas y fue presentada de forma racional y bien argumentada, sin embargo no explica la aparición de muchas estructuras.  Los conceptos de lucha por la existencia y supervivencia del más apto son claves en la teoría de la selección natural de Darwin-Wallace.  Haciendo referencia a los conceptos de la teoría de la selección natural de Darwin-Wallace, se menciona como conceptos claves lucha por la supervivencia y supervivencia del más apto. Para muchos biólogos la importancia de la lucha física real entre animales o la competencia entre plantas es menos importante como fuerza evolutiva que lo que Darwin
VC32(20)	Los conceptos de lucha por la supervivencia y supervivencia del más apto, fueron claves en la teoría de la selección natural de Darwin-Wallace, pero muchos biólogos han llegado a comprender	



	que la lucha física real de los animales por la supervivencia o la competencia entre las plantas, es menos importante como fuerza evolutiva que lo que Darwin había imaginado.	había imaginado
VC32(38)	Al desarrollarse la teoría de los genes, la palabra mutación ha llegado a referirse a un cambio repentino, aleatorio y discontinuo en el gen(o cromosoma, aunque todavía se usa, en cierto grado, para referirse a un tipo de animal o planta.	Concepto de mutación en relación a los cambios aleatorios y discontinuos en los genes. Aunque, suele utilizarse en relación a animales o plantas.
VC32(63)	Las actuales teorías sobre mutación, selección natural y dinámica de poblaciones ofrecen una explicación satisfactoria de como las plantas y animales que viven hoy proceden de formas anteriores por descendencia con modificación.	Plantea las teorías como explicaciones a sucesos. En este caso varias teorías pueden explicar un suceso, como lo es el origen de las especies actuales a partir de formas anteriores.
VC32(78)	La teoría: 1) de que las sustancias orgánicas se formaron de sustancias inorgánicas por la acción de factores físicos del medio ambiente, 2) de que actuaron recíprocamente formando sustancias cada vez más complejas, finalmente enzimas, y luego sistemas autorreproductores (genes libres); 3) de que estos genes libres se diversificaron y unieron formando heterótrofos primitivos, quizá semejantes a virus; 4) que aparecieron membranas de lípidos y proteínas para separar estos agregados prebióticos del medio ambiente circundante y 5) que aparecieron autótrofos a partir de heterótrofos primitivos, tiene la virtud de ser muy plausible. Muchas partes de esta teoría han sido sometidas a verificación experimental.	La teoría acerca del origen de las sustancias orgánicas. la formación de agregados prebióticos, de heterótrofos y autótrofos puede ser plausible y muchas de sus partes ha sido verificada experimentalmente
VC32(84)	Investigadores como Stephen Jay Gould y Niles Eldredge han venido reforzando y cuestionando algunos de los principios de la teoría evolucionista propuesta por Darwin. Estos investigadores consideran que si bien la selección natural es el motor principal de la evolución, difícilmente puede constituir un factor único para explicar cambios de gran envergadura	Algunos de los principios de la teoría evolutiva de Darwin han sido cuestionados, la selección natural difícilmente puede explicar cambios de gran envergadura.
VC32(92)	Jay Gould en la teoría del equilibrio intermitente o equilibrio puntuado sostiene que la evolución no es un proceso lento, predecible, progresivo y gradual. Los procesos aleatorios y los cambios bruscos e intermitentes son más cercanos a la evolución que la tendencia a la perfección.	

VC32(94)	La teoría endosimbiótica propuesta por Linn Margulis plantea que el origen de los organelos celulares está en comunidades microbianas que coevolucionan hasta constituir la organización celular que hoy conocemos.	<p>La teoría endosimbiótica plantea el origen de los eucariontes por simbiosis bacterianas. Las bacterias al convivir en relaciones simbióticas formaron los organelos celulares. Esto se apoya en el descubrimiento de enzimas respiratorias presentes en algunos géneros de bacterias que recuerdan la función de la mitocondria, la existencia de las arqueobacterias.</p> <p>La teoría endosimbiótica propuesta por Linn Margulis plantea la endosimbiosis y la coevolución de poblaciones bacterianas como el origen de los organismos eucariontes. Organelos como la mitocondrias y los cloroplastos se originarían por la simbiosis entre bacterias. Esta teoría es apoyada por el descubrimiento de enzimas respiratorias como los citocromos y las quinonas en bacterias (Paracoccus denitrificans y algunas del genero Rhdopseudomonas) y la existencia de organismos como las arqueobacterias que tienen características tanto de procariotas como de eucariotas.</p>
VC32(96)	Según la teoría endosimbiótica de Margulis, las bacteria establecieron alguna relación simbiótica dando lugar a los primeros organismos unicelulares eucariontes.	
VC32(98)	Investigadores como P. John y F. R. Wautley (Universidad de Oxford) apoyan esta teoría con el descubrimiento de ciertas enzimas respiratorias como los citocromos y las quinomas, en bacterias como Paracoccus denitrificans (aerobia) y algunas del género Rhodopseudomonas (autotrófica), que son capaces de realizar funciones equivalentes a las desarrolladas por las mitocondrias.	
VC32(100)	Para explicar el origen de los cloroplastos, la teoría endosimbiótica contempla la existencia de bacterias ancestrales capaces de hacer fotosíntesis que pudieron establecer una relación simbiótica con otras , ocupando posteriormente el lugar de un organelo.	
VC32(101)	La existencia de organismos como las arqueobacterias ha sido uno de los nuevos aportes desde los cuales puede apoyarse la teoría de la endosimbiosis. Las arqueobacterias están representadas por un grupo de organismos que tienen características tanto de procariotas como de eucariotas.	
VC32(85)	Acerca de la evolución se manejan dos tipos de planteamientos que difieren en el enfoque. Uno sostiene un enfoque determinista donde, si es posible conocer los factores que influyen para que un proceso ocurra, es posible predecirlo con precisión. Dentro de este enfoque mecanicista clásico apoyado por científicos como Ernst Mayr, J. B. L. Haldane, Th. Dobzhansky, L. Stebbins y G. G. Simpson, entre otros, se enmarca la síntesis evolutiva neo-darwinista que domina en gran parte el conocimiento científico. El otro enfoque, sostenido por investigadores como Niles Eldredge, Stephen Jay Gould, R. Lewontin y H. Carlson, es menos mecanicista, y otorga un papel más determinante al azar dentro de los fenómenos de la naturaleza y considera a los organismos de una manera más integral, es decir, no sólo en su parte genética, morfológica o fisiológica de manera aislada.	

<p>VC32(102) VC32(103)</p>	<p>Una tercera corriente es encabezada por científicos como E. O. Wilson, J. Maynard-Smith y R. L. Trivers en ella conservan en gran parte la corriente mecanicista pero con una dosis sociobiológica. Para estos investigadores los comportamientos sociales de los organismos están determinados por los genes y que estos han sido seleccionados a través de la evolución, de la misma forma como todos los genes que determinan su forma y funcionamiento. En este sentido consideran que la evolución no es más que una competencia entre alelos para lograr la representación mayoritaria dentro de una población. Esta teoría conocida como el gen egoísta considera al gen como unidad evolutiva.</p>	
<p>VC32(100)</p>	<p>Los planteamientos darwinistas postula que la evolución es producto de un lento proceso de cambios acumulativos que van dando lugar a nuevas variedades, especies, géneros o familias, no obstante investigadores plantean que el ritmo del cambio evolutivo obedece a otros mecanismos.</p>	<p>Se refiere a planteamientos darwinistas respecto a la evolución, desde los cuales se considera como un proceso de cambios acumulativos</p>
<p>VC32(9)</p>	<p>Para algunos investigadores como Ernst Jay Could y Niles Eldredge, la evolución no es continua, unas veces es lenta e imperceptible y otras es brusca y afecta a grupos enteros dentro de un proceso intermitente o puntuado. Puntuado.</p>	<p>Hace referencia planteamientos respecto a la evolución, desde los cuales no se considera un proceso lento y acumulativo, sino como intermitente, a veces lento y otras veces rápido y brusco.</p>
<p>VC32(10)</p>	<p>Para otros investigadores considerar la recombinación genética y la mutación como únicas fuentes de variabilidad que conduce lentamente y gradualmente, bajo el influjo del medio ambiente a la formación de nuevas variedades y especies es insuficiente para explicar la diversidad tal y como la conocemos. Para científicos como Lynn Margulis el surgimiento de nuevos grupos de organismos puede ser el resultado de la asociación simbiótica de bacterias primitivas, lo cual sería una mejor explicación para comprender el ritmo de la evolución.</p>	<p>. Se refiere a planteamientos desde los cuales se considera que la explicación acerca de la diversidad de especies fundamentada en la mutación y al recombinación genética como únicas fuentes de variabilidad es insuficiente.</p>
<p>VC32(72)</p>	<p>Oparin sugirió que en las moléculas complejas puede operar una clase de selección natural en la evolución de las moléculas complejas antes que esté presente algo reconocible como vida. Los agregados coloidales formados por estas moléculas</p>	<p>. Presenta los planteamientos de Oparin respecto a la formación de moléculas complejas, en la cual se aborda desde una perspectiva darwinista aplicada a una explicación química.</p>

	complejas compiten entre sí por materias primas. Algunos agregados que tenían una disposición interna particularmente favorable adquirirían moléculas con mayor rapidez que otros y finalmente se convertirán en los tipos dominantes.	
VC32(75)	Los primeros organismos seguramente fueron exclusivamente heterótrofos que obtenían energía por fermentación de sustancias. Algunos heterótrofos evolucionaron aún más y se convirtieron en autótrofos capaces de producir sus propias moléculas orgánicas por quimiosíntesis o fotosíntesis. Uno de los primeros subproductos de la fotosíntesis es el oxígeno gaseoso; realmente, todo el oxígeno de la atmósfera ha sido producido y es producido aún por fotosíntesis.	Hace mención a un planteamiento respecto al posible origen de los organismos autótrofos a partir de los heterótrofos, desde una perspectiva bioquímica en tanto se dan cambios en las sustancias que están presentes en los autótrofos pero no en los heterótrofos.
VC32(76)	N. H. Horowitz en 1945 presentó una explicación de cómo pudo a partir de un heterotrofofermentador haberse originado un autótrofo. Postuló que un organismo por mutaciones genéticas sucesivas adquiriría las enzimas para sintetizar sustancias complejas a partir de sustancias simples, pero estas enzimas se adquirirían en el orden inverso al que siguieron finalmente al ser utilizadas en el metabolismo normal.	Posible origen evolutivo de organismos autótrofos, consistente en cambios a nivel bioquímico relacionado con mutaciones.
VC32(87)	Con base en los registros fósiles es posible pensar que los grandes cambios que dieron origen a la inmensa diversidad de organismos que conocemos no han ocurrido de manera lenta y progresiva, tal como lo sugiere el efecto de la selección natural. Jay Gould sostiene que la evolución es un proceso que se da en cortos periodos de gran actividad seguidos de otros mayores de aparentes estabilidad y ausencia de cambios importante.	Evidencia una posibilidad de explicación que contradice las sugerencias de la selección natural en cuanto al origen de la diversidad. Presenta ideas alternativas como lo es que la evolución es un proceso que alterna periodos cortos de gran actividad seguidos de otros de aparente estabilidad.
VC32(89)	Si la extinción masiva de uno a o varios grupos de organismo ha tenido origen en una catástrofe es difícil pensar que alguna especie o grupo haya desarrollado las características idóneas para resultar beneficiados con el cambio. Los grupos de organismos no pueden anticipar catástrofes y probablemente los que sobrevivan no sean los más aptos según otros esquemas de pensamiento.	Las extinciones masivas de uno o varios grupos hace pensar que los que sobreviven siempre sean los más aptos ya que ningún organismo puede anticipar catástrofes. Estas son más frecuentes, importantes, importantes y diversas de lo que se pensaba y según Jay Gould pueden explicar la desaparición masiva de especies al menos en cinco ocasiones. Se plantea la existencia de alternativas explicativas a la idea sobrevivencia de los más aptos.
VC32(93)	Investigadores como Lynn Margulis plantean que la evolución fundamentada en la variabilidad genética y la selección natural	Hace referencia a un planteamiento, en el cual se contradice el papel de la variabilidad genética y la selección natural en los cambios biológicos.

	no permite explicar los cambios que han tenido las especies en poco tiempo.	
VC32(95)	Según Margulis las mitocondrias y los cloroplastos tienen un tamaño y apariencia similar a las de algunas bacterias, poseen ADN, ARN y ARNt y ribosomas, pueden multiplicarse en forma independiente al núcleo celular y sintetizar algunas proteínas. Este tipo de observaciones sugieren que en algún momento este tipo de organelos tuvieron vida propia, formados probablemente a partir de organismos como las bacterias de vida libre.	. Menciona los hechos que permiten afirmar que los organelos tuvieron en algún momento vida independiente y su posible origen en bacterias de vida libre.
VC32(99)	Margulis sostiene que el núcleo celular pudo haberse formado a partir del mesosoma de alguna bacteria ancestral, de manera que el ADN dejó de estar disperso en el citoplasma y quedó aislado por una membrana.	Planteamiento acerca del posible origen del núcleo, sitúa la proposición como un supuesto.
VC32(83)	Para Jay Gould las formas más complejas no necesariamente son las más evolucionadas. Los parásitos, las bacterias y muchas otras formas vivientes sobreviven con asombroso éxito gracias precisamente por la simplicidad de sus formas o sus comportamientos.	Acerca de la que la evolución no siempre tiende a la complejidad, el éxito de una forma viviente puede deberse a su simplicidad.

Tabla 11. Organización discursiva: definiciones y conceptos.

UNIDAD DE INFORMACIÓN	PROPOSICIÓN	REFERENTE	AMBITO DE ANALISIS
VC4(2)	Purkinje acuñó el término protoplasma para designar el contenido vivo de la célula, aunque este término carece de significado físico-químico todavía se utiliza para designar a los constituyentes organizados de una célula	Hace referencia un término que aunque se usa en Biología, resulta un tanto inexacto en ámbito de la teoría celular moderna por cuanto crece de sentido físico-químico.	Biológico: hace relación a una idea que se usa con relación a la definición de célula
VC4(6)	La teoría celular incluye el concepto de que la célula es la unidad fundamental tanto de estructura como de función.	Presenta un concepto en relación con una teoría. Enfatiza en el sentido de la célula como unidad en relación con la función y la estructura, implica que la célula es el fragmento más pequeño que ostenta las características de la vida.	Concepto propio de la Biología, estructura una teoría principal de dicha ciencia.
VC4(8)	Como unicelulares se considera a todas aquellas plantas y animales simples que tiene toda la materia viva dentro de una membrana plasmática, también se consideran como acelulares ya que su cuerpo no está dividido en células.	Se define en términos de estructura, entendida como conformación corporal delimitada por el número de células que la conforman.	Biológico: hace relación a organismos constituidos por una sola célula.
VC4(21)	Define mensajeros químicos como grupos moleculares cuya función se encuentra comunicar una célula con otra, se encuentra desencadenando o formando parte de hormonas y neurotransmisores. DE acuerdo con su naturaleza química se reconocen dos tipos de hormonas: peptídicas formadas por cadenas de aminoácidos y hormonas esteroideas formadas por el colesterol	Define un grupo de sustancias, dándoles un significado común en relación con su función en el ámbito de las interrelaciones celulares.	Bioquímico: hace mención de funciones biológicas que dependen de compuestos químicos.
VC4(27) VC4(28)	Define caveolas como cavidades que permiten la entrada de moléculas cuyo tamaño impiden que sean transportadas por proteínas globulares. Las caveolas son desarrolladas por procesos de endocitosis generados por la unión de proteínas filamentosas con las moléculas que serán transportadas. Este mismo proceso pero en el sentido contrario (exocitosis) ocurre cuando las células debe expulsar sustancias de desecho cuyo tamaño impide que sean expulsadas por proteína globulares.	Define una estructura en términos de procesos de entrada y salida de sustancias al interior de la célula.	Bioquímico: Función en una estructura celular dependiente de interacciones moleculares.

VC4(31) VC4(32) VC4(40)	La difusión se presenta como una definición que se da en términos físico-químicos, describiéndose como movimiento de moléculas desde una región de alta concentración a una de baja concentración. Además se consideran que depende de la energía cinética de las moléculas, de su tamaño y temperatura. La difusión se puede determinar en estos términos como un fenómeno físico.	No define estructura o función, más bien hace referencia a un fenómeno que implica movimiento de moléculas en relación con un gradiente de concentración.	Físico-químico: se da en términos de movimiento de moléculas dependiente de variables físicas.
VC4(37)	Define permeabilidad como una función de la membrana que depende del tamaño de los poros. Que una membrana puede ser permeable, semipermeable y de permeabilidad diferencial. Todas las membranas que rodean células y estructuras subcelulares presentan permeabilidad diferencia, dejando pasar a algunas sustancias y otra no.	Define la permeabilidad en términos físicos relacionados con el tamaño poros en una membrana, hace relación a una propiedad de la membrana que influye en la función de transporte de sustancias.	Físico- biológico: propiedades de una estructura celular dependiente de un factor físico.
VC4(38)VC4(39) VC4(42)	Define diálisis como el paso de moléculas disueltas (soluto) por una membrana que presenta permeabilidad diferencial Como osmosis se denomina el paso de agua o un solvente a través de una membrana. La diálisis y la osmosis son tipos especiales de difusión, la cual se define como el movimiento de moléculas de una región de alta concentración a otra más baja por acción de la energía cinética.	Define diálisis en términos físicos al considerar el movimiento de sustancias a través de membranas, teniendo en cuenta.	Físico- biológico: función de una estructura biológica que puede ser explicada en términos físicos.
VC4(61)	Define unión comunicante como una región estructural en la cual se interconectan citoplasmas a manera de plasmodesmos. Se intercambia iones y pequeñas moléculas, coadyuvan a sincronizar y transmitir señales eléctricas en células cardiacas, musculares y nerviosas.	SE relaciona la estructura con la función, en este caso hace mención de la función de transporte e interrelación celular.	Biológico: hace mención a un proceso estructural y funcional que permiten procesos biológicos.
VC4(41)	Presión osmótica definida como el peso de una columna de agua de una solución azucarada, la presión se produce por la tendencia del agua a pasar por la membrana para igualar la concentración de agua en ambos lados. La presión osmótica está determinada por la concentración de azúcar, de manera que si una concentración de 10X 100 presentará el doble de ascenso por el tubo que una concentración de 5 X 100.	Variable de presión osmótica en relación con una columna de agua azucarada que cambia de acuerdo a la concentración de azúcar.	Físico: Define una propiedad o variable que se puede medir en relación a la concentración de sustancias.
VC4(94)	Denomina como ciclo celular la duplicación de todos los constituyentes de la célula seguida de la división en dos células hijas.	Define un proceso que se realiza a nivel celular, en el cual está implicado la duplicación de	Biológico: Hace referencia un proceso propio de los organismos.

		estructuras y la división en dos células hijas.	
VC4(98)	Las fases del ciclo celular se denominan como S e implica la replicación del ADN durante la interfase, como fase G1 se denomina el tiempo entre la división mitótica y la duplicación del ADN, como Fase G2 o intervalo 2 se denomina el intervalo entre la fase S y la fase M, esta última corresponde a la división mitótica como tal.	Presenta la denominación que se puede asignar a las diferentes etapas del ciclo celular.	Biológico: hace referencia a un proceso propio de las células.
VC4(115)	El término mitosis se refiere exactamente a la división del núcleo en dos núcleos hijos, el término citocinesis a la división del citoplasma para formar dos células hijas, estos procesos son sincronizados y diferenciados uno del otro. Con fines descriptivos la mitosis se divide en cuatro fases: profase, metafase, telofase y anafase. Entre dos divisiones mitóticas se dice que el núcleo está en interfase o estado de reposo, aunque su actividad metabólica puede ser muy grande.	Hace mención de la denominación que se le da al proceso de división nuclear y celular y a las etapas que comprenden.	Biológico: hace mención a procesos celulares.
VC4(124)	El significado biológico de la mitosis está relacionado con asegurar la distribución precisa y equitativa de los cromosomas en cada uno de los núcleos de las células hijas, de manera que en un organismo multicelular cada célula tiene el mismo número y tipo de cromosomas que las demás. El proceso de mitosis asegura que cada célula contenga la totalidad de la información para las características del organismo ya que esta se encuentra codificada en los cromosomas.	Se relaciona con el significado que un proceso celular puede tener para un organismo. En este sentido se menciona la continuidad de las características y de la información.	Biológico: significado de un proceso eminentemente biológico.
VC4(158)	Presenta en forma implícita el concepto de especialización y división del trabajo, entendidas como el hecho de que las células que conforman a un organismo no son todas iguales, cada una cumple una función, lo cual hace a las células más eficientes pero implica la mutua dependencia entre las partes del organismo.	Concepto relacionado con la función de las células en organismo.	Biológico: hace mención a un concepto biológico.
VC4(159)	Define tejido como un grupo o capa de células que se distingue por su especialización, es decir por sus funciones.	Función se relaciona con la especialización de estructuras.	Se considera una definición biológica ya que hace referencia a funciones y estructuras de los organismos Nivel: tejido.
VC4(173)	Define a los músculos estriados como voluntarios porque se encuentran bajo el dominio de la voluntad y define al	Asocia la definición a una condición.	Biológico: Define estructuras en términos de sus funciones.



	musculo Cardiaco y al musculo liso como involuntarios porque no depende de la voluntad.		
VC4(195)	Define los tipos de simetría que pueden tener los organismos, por lo tanto corresponde a definiciones de índole biológica que se relaciona con la organización corporal de animales y plantas, haciendo referencia a la estructura.	Estructura: en términos de disposición espacial.	Biológico: Organización corporal Nivel: organismo (animales y plantas).
VC28 (24)	La herencia de un carácter solo puede estudiarse si es antitético, es decir presenta rasgos de contraste conocidos como alelos, los cuales son heredados de tal forma que un individuo puede poseer uno u otro pero no ambos.	Define alelo como rasgos de contraste para un carácter, siendo posible que un individuo herede uno pero no ambos.	Biológico: genes como determinantes de los rasgos.
VC28(38) VC28(39)	De los estudios de la herencia de muchos rasgos en muchos organismos se puede deducir que un miembro de una pareja de genes puede que no se completamente dominante. Se presenta en los heterocigotos un fenotipo intermedio entre los de sus padres, los genes muestran una dominancia incompleta o codominancia.	Define codominancia en el sentido de que un miembro de una pareja de genes no es completamente dominante respecto a otro, presentándose en los heterocigotos u fenotipo intermedio entre los de los padres.	Biológico: definición de un fenómeno respecto a la predominancia o ausencia de un rasgo.
VC28(26)	El fenómeno de la dominancia puede explicar en parte porque un individuo solo se parece a uno de sus progenitores a pesar de que ambos contribuyeron a su constitución genética.	Hace referencia a un fenómeno conocido como dominancia, el cual explica porque un individuo se parece a uno de los progenitores, aunque ambos hayan contribuido a su constitución genética.	
VC28(28)	Un animal o una planta con dos genes exactamente iguales se dice que es homocigoto para el carácter. El organismo con un gen dominante y uno recesivo se dice que es heterocigoto. Esto permite definir que un gen recesivo e aquel que tienen efecto solo si es homocigoto, gen dominante es el que ejerce su efecto sea homocigoto o sea heterocigoto.	. Presenta definiciones de términos que hacen relación a los genes para un carácter. Definiendo homocigoto, heterocigoto, gen dominante y gen recesivo.	Biológico: definición de un estado genético respecto a si los genes para un rasgo están presentes o no.
VC28(32)	La configuración de un individuo con respecto a un rasgo heredado se denomina fenotipo. El fenotipo puede ser morfológico o fisiológico. La constitución genética de un organismo, generalmente expresada en símbolos se denomina genotipo.	Define fenotipo y genotipo, El primero hace referencia a la configuración de un individuo respecto a un rasgo heredado y el segundo al constitución genética.	Biológico: define fenotipo y genotipo.

VC28(44)	Un cruce de individuos que difieren en dos rasgos se denomina dihibrido. Los problemas genéticos que implica este tipo de cruce se fundamentan en los mismos principios y se resuelven con el mismo método usado para los cruces monohibridos.	Define cruce dihibrido como aquel en el que intervienen individuos que difieren en dos rasgos, Los principio y métodos que se utilizan en los que implica este tipo de cruces son los mismos usados para cruces monohibridos.	Define un tipo de cruce utilizado en estudios genéticos.
VC28(49)	Varios pares de genes pueden influirse para afectar un solo carácter , o un par puede inhibir o invertir el efecto de otro par de genes, o un gen dado puede producir efectos distintos cuando se cambia de algún modo <i>el</i> medio ambiente.	Se considera que existen genes complementarios cuando dos pares de genes heredados independientemente se influyen de manera que un dominante solo ejerce su efecto si el otro dominante está presente.	Define : tipos de herencia complementaria o suplementaria en las cuales dos pares de genes se influyen mutuamente
VC28(50)	Genes complementarios se presentan cuando dos pares heredados independientemente pueden influirse de manera que un dominante no puede ejercer su efecto si el otro dominante no está presente. De manera que uno complementa al otro en la configuración del fenotipo.		
VC28(51)	Genes suplementarios se presentan cuando dos pares de genes independientes interactúan de tal forma que uno de ellos dominantes puede ejercer su efecto este presente o no presente el otro dominante, pero el segundo dominante solo ejercerá su acción si el primero está presente.	Define genes suplementarios como0 la situación el dominante de un par de genes solo ejerce su acción si el dominante del otro par de genes está presente, pero el otro dominante no depende de esta condición para ejercer su efecto.	Define una condición de relación entre genes.
VC28(52)	Herencia multifactorial es un término que se aplica en el caso que dos o más pares de genes independientes afecten a un solo carácter.	Define herencia multifactorial como un término que hace referencia en el caso que dos o más pares de genes independientes afectan un solo carácter. Los cruces que evidencian esta condición presentan generación F1 con características intermedias respecto a los padres y una gran variación en la F2 respecto a los tipos progenitores.	Define : herencia multifactorial
VC28(53)	Los cruces multifactoriales se caracterizan por una generación F1 con características intermedias con respecto a los padres y una generación F2 que muestra una gran variación respecto a los tipos progenitores, presentando fenotipos intermedios y sol		

VC28(57)	El término <i>alelo múltiple</i> se aplica a tres o más genes que pueden ocupar un solo locus que pueden ocupar las posiciones correspondientes a un par de cromosomas homólogos.	Define el término alelo múltiple como aquel aplicable a tres o más genes que pueden ocupar un solo locus	Biológico: define una condición de genes respecto a su ubicación
VC28(63)	Todos los genes de un cromosoma tiende a ser heredados juntos y constituyen un grupo de enlace, el número de enlaces determinados por pruebas genéticas será siempre igual al número de cromosomas.	Define grupo de enlace como la tendencia de los genes de un cromosoma a heredarse juntos, siendo igual el número de cromosomas al número de grupos de enlace según pruebas genéticas.	Biológico: Define una forma como se heredan los genes
VC28(64)	El enlace ofrece una explicación de por qué ciertos rasgos en el hombre y otros organismos tienden a ser heredados juntos ya que estos rasgos están determinados por genes próximos entre sí en un cromosoma.		
VC28(72)	Los caracteres controlados por genes ubicados en X se conocen como ligados al sexo porque se heredan conjuntamente. En un macho todos los caracteres ligados al sexo proceden de la madre, mientras que en las hembras procede uno cromosoma X de la madre y un cromosoma X del padre.	Define caracteres ligados al sexo como aquellos que están controlados por genes que están ubicados en el cromosoma X, de tal forma que en los machos todos los caracteres ligados al sexo proceden de la madre y en las hembras de la madre y el padre. Denomina como hemicigoto a los varones que poseen un solo gen para cualquier rasgo ligado al sexo	Biológico: define la relación de los caracteres y los cromosomas sexuales.
VC28(73)	En el varón poseyendo solo un gen para cualquier rasgo ligado al sexo no se puede ser homocigoto o heterocigoto, pero se denomina hemicigotico.		
VC32(9)	El término evolución indica cambio ordenado y gradual de un estadio a otro. La evolución ha afectado por igual a lo inorgánico y a lo orgánico.	Hace mención a la definición de un término, en este caso evolución, el cual puede ser utilizado para designar el cambio ordenado y gradual tanto en lo orgánico como en lo inorgánico.	Define Un proceso que se concibe como ordenado y gradual.
VC32(29)	Evolución por selección natural significa que en los individuos con ciertos caracteres el número de descendientes que sobreviven es mayor, contribuyendo con	Da un significado respecto a selección natural, relacionándola con situaciones poblacionales que hacen	Define la evolución en términos darwinistas en relación con la selección natural.

	una mayor proporción de genes al fondo común de genes de la siguiente generación que los individuos que no poseen dichos caracteres. Las variaciones se originan primariamente por mutación y se establecen modificando el fondo común de genes, si sus poseedores sobreviven y dejan descendencia.	mención a la frecuencia de genes y la reproducción diferencial.	
VC32(42)	Los genetistas utilizan el término polimorfismo para referirse a dos o más tipos de organismo que difieren discontinuamente en ciertas características determinadas genéticamente.	Hace mención a la definición del término polimorfismo, el cual se aplica a los organismos, teniendo en cuenta las diferencias en características determinadas genéticamente.	Define un término genético que puede tener implicaciones en la evolución.
VC32(45)	La radiación adaptativa se presenta cuando de una sola especie ancestral se originan variedad de formas que ocupan hábitat algo diferentes. Ejemplos de radiación adaptativa lo constituyen la evolución de los mamíferos placentarios y los marsupiales, en ambos caso de una sola especie primitiva se han desarrollado los actuales mamíferos y marsupiales, presentándose diversas formas adaptadas a diferentes hábitat.	Define radiación adaptativa, relacionándola como el surgimiento de varias especies originándolas a partir de una sola especie.	Define una situación evolutiva relacionándola con la diversificación de la vida.
VC32(51)	La unidad de clasificación de plantas y animales es la especie y aunque es difícil dar una definición de este término que pueda aplicarse uniformemente a todo animal y al reino vegetal, pero puede definirse como una población de individuos con características estructurales y funcionales similares que tienen un antecesor común y que en la naturaleza solo se aparean entre sí.	Define especie como una población de individuos, tiene en cuenta tres criterios: La similitud en características estructurales y funcionales. Ancestros comunes entre los individuos. También, menciona lo difícil que es dar una definición que se pueda generalizar a todas las plantas y los animales.	Biológico: en relación con la definición de especie biológica en relación a criterios de similitud estructural y funcional.
VC32(52)	Las barreras de reproducción entre especies se establecen cuando el cruzamiento entre subgrupos de una misma especie se hacen menos frecuentes y los híbridos	Define barreras de reproducción o mecanismos aislantes como aquellos factores que reducen el	Biológico: Da una definición en términos de factores que influyen en el entrecruzamiento entre grupos de

	resultantes se hacen progresivamente menos fecundos. Los factores que reducen el grado de cruzamiento entre grupos de una misma especie se denominan “mecanismos aislantes”.	grado de cruzamiento entre grupos de individuos de una misma especie.	una misma especie.
VC32(58)	Ocasionalmente los miembros de dos especies estrechamente relacionadas se pueden cruzar produciendo una tercera especie por hibridación. Dichos fenómenos hacen difícil establecer una definición rápida y precisa de especie.	Especies estrechamente relacionadas pueden producir una tercera por hibridación, esto hace difícil dar una definición de especie. Presenta la hibridación como el cruzamiento entre dos especies estrechamente relacionadas. Menciona que este fenómeno hace difícil dar una definición de especie.	Biológico: Define el sentido de hibridación entre especies diferentes, lo cual dificulta la definición de especie.
VC32(62)	Se conoce como filogenia la historia evolutiva de cualquier grupo de organismos. Conocer la filogenia de un grupo de organismos es básico en cualquier investigación biológica.	Define filogenia como la historia evolutiva de cualquier grupo de organismos	Biológico: define un término que hace relación a la historia evolutiva de una especie.
VC32(23)	La unidad evolutiva es la población de individuos, el conjunto de individuos similares que viven en zonas circunscritas y se cruzan entre sí y recibe el nombre de deme o población genética. La unidad inmediata más grande que la población en la naturaleza es la especie, compuesta por una serie de demes.	Define población genética o deme teniendo en cuenta la similitud entre individuos, la zona donde viven y la posibilidad de cruzarse entre sí	Biológico: Define población genética.

Tabla 12 Organización discursiva: datos o términos relacionados con aspectos bioquímicos.

UNIDAD DE INFORMACIÓN	DE	PROPOSICIONES	REFERENTES	ÁMBITO DE ANÁLISIS
VC4(19)		Se menciona que las membranas en los animales poseen dos sustancias (colesterol y glucolípidos) de las cuales se conoce su composición pero no su función.	Mencionan sustancias que hacen parte de estructuras tales como la membrana plasmática o de tejidos, así como la disposición de estas moléculas en las estructuras.	Bioquímico, menciona sustancias propias de una estructura biológicas. Relación: estructura celular – composición bioquímica (molecular) “de qué están hechas las estructuras celulares”.
VC4(30)		Hace mención a la estructura laminar que forman los fosfolípidos, los carbohidratos y las proteínas en la membrana, la cual forma un barrera dinámica.		
VC4(168)		Menciona la proteína colágena como una proteína peculiar que se encuentra en las fibras del tejido conectivo, nombra algunos aminoácidos que hacen parte de su composición y menciona la estructura molecular que adopta.		
VC4(20)		Las proteínas llevan a cabo las funciones específicas de transporte y reconocimiento celular. Con base en su estructura se reconocen dos tipos: proteínas filamentosas y proteínas globulares. Entre las proteínas filamentosas algunas son conocidas como hélice alfa, se encuentran en la membrana, los receptores y mensajeros químicos se encuentran en este grupo.	Hace referencia a las funciones de transporte y reconocimiento celular en relación con sustancias que hacen parte de la estructura de la membrana.  Ultraestructura molecular, menciona la función de la sustancia.	Bioquímico: Menciona la relación entre función biológica y composición de membrana.
VC4(22)		Hace mención a la existencia de mensajeros químicos especializados en recibir e identificar moléculas que circundan la célula. Su naturaleza química corresponde glicoproteínas o glucolípidos. Existe una gran variedad de estos mensajeros, lo que puede estar relacionado con la capacidad de respuesta de la célula.	Función de reconocimiento de sustancias en relación con la existencia de moléculas especializadas.	Bioquímico: relaciona la capacidad de respuesta de la célula con la existencia de mensajeros químicos.
VC4(108) VC4(109)		En mención de las interrelaciones entre las		

	<p>células de un organismo, estas obedecen a mecanismos bioquímicos.</p> <p>Células aisladas artificialmente de las células con las que se relaciona y tiene contacto o pueden liberar ciertas sustancias que informan sobre su nueva condición, estas son consideradas mensajeros químicos que pueden inducir a las células a reproducirse, considerándose factores de reproducción.</p>		
VC4(146)	<p>Las plantas producen cantidades importantes de oxígeno durante la fotosíntesis el cual es liberado a la atmósfera. Durante la respiración utilizan este elemento para quemar azúcares y otros compuestos indispensables para obtener energía para sus funciones vitales.</p>	<p>Hace referencia a un elemento en relación con dos procesos en las plantas.</p>	<p>Bioquímico: hace mención a la relación del oxígeno con procesos propios de las plantas como organismos.</p>
VC4(175)	<p>Asocia por la presencia de la hemoglobina con la función del transporte de oxígeno por las células rojas (eritrocitos) en los vertebrados.</p>	<p>Relación de función con composición, en esta unidad se hace énfasis en funciones propias de grupos celulares (eritrocitos) con sustancias que se encuentran presentes en su composición.</p>	<p>Bioquímico: Menciona la composición y las funciones que se derivan de la presencia de sustancias en células.</p>
VC32(67)	<p>Se conocen algunas reacciones por las cuales las sustancias orgánicas pueden ser sintetizadas a partir de sustancias inorgánicas. Originalmente los átomos de Carbono de la corteza terrestre se encontraban en forma de carburos metálicos, al reaccionar con el agua formaban acetileno, que posteriormente se polimeriza formando compuestos con largas cadenas de átomos de carbono.</p>	<p>Hace mención a una situación desde una perspectiva química-geológica, desde la cual se puede afirmar que las sustancias orgánicas se pueden formar a partir de sustancias inorgánicas.</p>	<p>Bioquímico: menciona el posible origen de las sustancias orgánicas.</p>
VC32(68)	<p>La atmósfera terrestre probablemente en tiempos prebióticos contenía vapor de agua, metano, amoníaco e hidrógeno de los cuales la radiación podía producir una enorme cantidad de materiales orgánicos.</p>	<p>Afirma el posible origen de las sustancias orgánicas a partir de reacciones de compuestos inorgánicos en la atmósfera prebiótica.</p>	<p>Bioquímico: menciona el posible origen de las sustancias orgánicas.</p>
VC32(69)	<p>Muchas de las reacciones que podrían originar sin la intervención de seres vivos,</p>	<p>Presenta una explicación desde la</p>	<p>Bioquímico: menciona el posible origen de las sustancias orgánicas.</p>

	carbohidratos, grasas y aminoácidos probablemente ocurrieron en el mar, donde se disolvieron y mezclaron los precursores inorgánicos y los productos orgánicos de la reacción.	química acerca del origen de las sustancias orgánicas, las cuales se pudieron formar en ausencia de seres vivos a partir de reacciones de compuestos inorgánicos.	
VC32(73)	La capacidad de las moléculas de proteína para catalizar reacciones, la velocidad de formación de más moléculas se aceleraría grandemente. Al combinarse con ácidos nucleídos estas complejas moléculas de proteína adquirirían finalmente la capacidad de catalizar moléculas como ellas mismas.	Hace referencia a una explicación química desde al cual las moléculas de proteína adquirieron la capacidad de catalizar moléculas similares.	Bioquímico: menciona el posible origen de las sustancias orgánicas.
VC32(74)	La aparición de una membrana de proteína y lípidos que rodearía a los agregados prebióticos y que permitiría la acumulación de algunas sustancias y la exclusión de otras fue un paso importante en la evolución.	Plantea una explicación química al origen de la membrana.	Bioquímico: la aparición de estructuras biológicas a partir de cambios prebióticos.
VC32(71)	Los investigadores han podido ir "reconstruyendo" la secuencia la posible secuencia evolutiva de las moléculas orgánicas, donde destacan algunas secuencias: las proteínas debieron haberse formado inicialmente a partir de la reacción de ácido cianhídrico; los azúcares a partir de formaldehído y los ácidos nucleicos a partir del formaldehído, el ácido cianhídrico, la urea y el ácido fosfórico. (revisar)	Evolución orgánica, resaltando el origen inorgánico de sustancias orgánicas.	Bioquímico: Cambio inorgánicos para originar sustancias orgánicas.



Tabla13: Organización discursiva: Datos o términos relacionados con aspectos biológicos

UNIDAD DE INFORMACIÓN	PROPOSICIONES	REFERENTES	ÁMBITO DE ANÁLISIS
VC4(47)	Menciona la presión de turgencia como característica de las células vegetales y es la causa principal de apoyo de cuerpo de una planta. La presión de turgencia contrarresta a la presión osmótica evitando la entrada de agua.	Menciona una característica celular que se considera como causa de comportamientos y característica del organismo.	Biológico: Características celulares
VC4(48)	Menciona que muchos organismos marinos pueden concentrar ciertas sustancias del agua de mar . Por ejemplo las algas pueden concentrar yodo, llegando a tener hasta 2 millones de veces la concentración de este elemento en el agua , algunos tunicados pueden concentrar vanadio , también hasta 2 millones de veces la concentración en el agua.	Menciona procesos, comportamiento o características que los organismos pueden tener como adaptación a las condiciones ambientales.	Biológico: respuestas de los organismos
VC4(49)	Dice que las células solo pueden desplazar moléculas contra un gradiente mientras estén vivas, con actividades metabólicas de liberación de energía.	Menciona la capacidad de desplazar sustancias como una característica propia de las células.	Biológico: en relación con una función propia de las células.
VC4(74)	Aunque no se conoce la estructura fina y los mecanismos de funcionamiento de los poros nucleares se ha observado que los componentes necesarios para la duplicación del ADN y la síntesis de ARN entran a través de los poros . La salida del ARN para la síntesis de proteínas también se da a ese nivel.	Menciona la función de una estructura celulares, hace énfasis en la ultraestructura celular, la cual corresponde a componentes de las diferentes regiones celulares(Núcleo y citoplasma)	Biológico: función de estructuras subcelulares.
VC4(192)	Hace mención a la función de las corrientes intracelulares (ciclosis) del citoplasma de los tubos de tamiz que interviene para acelerar el transporte de alimentos.	En este caso las estructuras mencionadas corresponden al movimiento y transporte de sustancias en el interior celular.	

VC4(188)	Menciona los tejidos conductores en los vegetales (xilema y floema) cuya función se relaciona con la conducción de agua y sales o con la conducción de sustancias nutritivas.	Hace mención de las funciones que tienen los tejidos. En estas unidades se plantea la especialización funcional como una característica de los tejidos.	Biológico: Menciona estructuras y funciones de organismos.
VC4(164)	Menciona la función del epitelio sensitivo, la cual corresponde a la recepción de estímulos, dando como ejemplo las células del epitelio olfativo situado en las fosas nasales.		
VC4(165)	Menciona la función de las células del epitelio glandular, la cual consiste básicamente en la secreción de sustancias, además menciona que pueden ser cuboides o cilíndricas.		
VC4(184)	Los pelos radicales como excrecencias de las células epidérmicas, que permiten aumentar la superficie de absorción de agua y sustancias disueltas en el suelo.		
VC4(97)	Menciona que los huevos fertilizados sufren divisiones repetidas que pueden completarse en una hora o menos. El ciclo celular no incluye el crecimiento sino simplemente al preparación para la división.	Hace mención a que el ciclo celular puede presentar variaciones relacionadas con la frecuencia y el tiempo que se destina a la división celular en diferentes grupos celulares	Biológico: Hace referencia a un proceso celular.
VC4(121)	Hace mención a que el proceso de mitosis aparece con diferente frecuencia en varios tejidos y especies, da ejemplos tales como ejemplo la medula ósea en la cual se producen cerca de 10 millones de mitosis por segundo o el tejido nervioso en la cual la mitosis es excepcional		

VC4(101) VC4(102) VC4(103)	SE menciona que deben existir algunas señales que desplazan a una célula de una fase del ciclo a otra. Esto implica que en el núcleo de la célula pueden existir señales que indique el comienzo de la duplicación de los cromosomas; en la fase M Deben existir algo que obligue a los cromosomas a condensarse.	Hace mención a la regulación de los procesos celulares, incluyendo el ciclo celular. Esta regulación estaría especificada por la programación genética y las interrelaciones que las células establecen. Los cambios de etapas en los procesos estarían mediados por señales y mensajeros químicos. La falta de regulación de los procesos implicaría la aparición de anomalías o la falta de control en las funciones celulares.	Biológico: menciona la regulación de procesos subcelulares relacionados con el ciclo.
VC4(107)	Se menciona que el estudio de los desarreglos en células cancerosas han llevado a los investigadores a considerar dos tipos de mecanismos que intervienen en el proceso: uno relacionado con las interrelaciones de la célula de un tejido entre sí y el otro con la programación genética que cada célula posee desde etapas embrionarias.		
VC4(110)	Las especificaciones necesarias para regular todas las funciones celulares están contenidas en el código genético, la capacidad reproductiva está considerada dentro de esta programación. Se han identificado casi 30 genes que intervienen esta función, han sido llamados en forma genérica protooncogenes.		
VC4(111) VC4(112)	Se menciona que las células cancerosas han perdido la capacidad para manejar sus mensajeros químicos para iniciar y detener la reproducción. O sus genes han sufrido alteraciones que la inducen a superar el número de veces que debe reproducirse. Se han identificado factores que ayudan a que se presenten estos tipos de anomalías, puede señalarse la exposición a radiaciones (ultravioleta) o compuestos químicos (como la dioxina o piranelo) o virus (como el causante del papiloma humano).		

VC4(114)	La regularidad del proceso de división celular asegura que las células hijas recibirán la misma cantidad y tipo de cromosomas de la célula progenitora. Si por trastornos del proceso las células reciben más o menos cromosomas del que le corresponde, la célula resultante ostenta anomalías manifiestas, a veces sin posibilidades de sobrevivir.		
VC4(134)	Menciona que el material que rodea a cada grano en un cloroplasto se llama estroma. Los granos de cada cloroplasto se unen entre sí por hojas de membrana y pasan a través del estroma.	Hace mención a una estructura subcelular específicamente la estructura de un organelo.	Biológico: hace relación a una estructura subcelular.
VC4(135)	Menciona la función de los leucoplastos, los cuales sirven de centro de almacenamiento de almidón y otros materiales.  Los cromoplastos poseen pigmentos y de ellos depende el color de los frutos y las flores.	Hace mención de las funciones de organelos celulares.	Biológico: hace mención de funciones de estructuras propias de la célula.
VC4(149)	Los hidrogenosomas han sido reportados en algunas células anaerobias estrictas. Contiene todo el sistema enzimático para degradar el ácido pirúvico produciendo hidrógeno.		
VC4(198)	Menciona a los glicosomas, los cuales han sido observados en tripanosomas. Se han encontrado en estos microsomas sistemas enzimáticos semejantes a los que intervienen en la fermentación o glucólisis anaerobia.		
VC4(174)	Menciona que la sangre comprende glóbulos rojos, glóbulos blancos y una parte líquida sin células, el plasma.	Función de un componente de un tejido, en este caso se menciona una función del plasma y tipos de célula con su respectiva función.	Biológico: hace relación al componente celular de un tejido y sus funciones.
VC4(176)	Menciona que en la sangre del hombre hay cinco tipos de glóbulos blancos y que estos pueden desplazarse por las paredes de los vasos sanguíneos		

	y penetrar en los tejidos.		
VC4(177)	Menciona la función del plasma la cual es de transporte de sustancias, la cuales están en solución o unidas a la proteínas plasmáticas. Menciona como un dato aislado que en los invertebrados el pigmento que transporta el oxígeno no se encuentra dentro de células sino disuelto en el plasma. También, menciona que las plaquetas son fragmentos de células voluminosas que se encuentran en la medula ósea, intervienen en la coagulación de la sangre.		
VC4(196)	Se menciona los planos o secciones de división de un animal con simetría bilateral (plano transverso, sagital y frontal) no se amplía a la relevancia biológica que tiene cada una de estas disposiciones	Se menciona la división estructural que se puede realizar en el cuerpo de un animal con simetría bilateral teniendo en cuenta los planos de división y los nombre que se designan las partes del cuerpo según su ubicación.	Biológico: Hace mención a las partes del cuerpo de los organismos y de los nombres con los cuales se designan según su ubicación
VC4(194)	Se refiere a términos que se pueden emplear para designar a las partes del cuerpo, estos términos son: anterior, posterior, dorsal, ventral, medial y lateral. Corresponde a términos que designan a la estructural según ubicación espacial de las partes de un organismo		
VC28(14)	W. S. Sutton en Estados Unidos y Theodore Boveri en Alemania demostraron que los genes descritos por Mendel estaban situados en los cromosomas del núcleo.	Hace mención a la relación entre cromosomas y genes. La cual implica que los cromosomas	Biológico: Hace mención de la base estructural ( cromosomas) de los determinantes de la herencia(genes).
VC28(22)	Los cromosomas en las células somáticas de animales y plantas siempre se encuentran emparejados formando pares. Las diferencias entre pares encuentran en la morfología (longitud, forma y ocurrencia de nudos y muescas).	constituyen la estructura en la cual se sitúan los genes.	

VC28(43)	Existen diferencias entre los individuos homocigotos dominantes y los heterocigotos recesivos. Estas diferencias están asociadas a enfermedades heredadas, las cuales son frecuentes en los heterocigotos.	Hace mención a las diferencias que pueden existir entre los homocigotos dominantes y los heterocigotos recesivos, las cuales pueden estar asociadas a la aparición de enfermedades.	Biológico: Hace mención a diferencias entre individuos dada su configuración genética.
VC28(55)	Las variaciones que presentan los seres vivos pueden distribuirse en una curva normal de distribución con variaciones extremas causadas por factores hereditarios, variaciones ambientales o ambos.	Hace mención a la posibilidad de utilizar curvas de distribución para expresar las variaciones presente en seres vivos.	Biológico: hace mención a distribuciones poblacionales y su representación estadística
VC28(58)	El intercambio genético o entrecruzamiento entre cromosomas homólogos se realiza durante la meiosis, implica el intercambio de segmentos al azar a lo largo de los cromosomas. Esto implica cambio en las unidades cromosómicas y el hecho de que los rasgos de un mismo cromosoma no siempre se heredan juntos.	Hace mención de un proceso que implica a cromosomas y su variación durante la meiosis.	Biológico: Menciona los efectos del entrecruzamiento entre cromosomas sobre la herencia de los rasgos.
VC28(60)	Los resultados obtenidos a partir de entrecruzamientos puedan dar lugar a mapas detallados de la situación de genes específicos en cromosomas específicos.	Hace mención de la utilidad de un procedimiento.	Biológico: Acerca de la utilidad investigativa de procesos.

VC28(61)	Dado que puede haber más de un entrecruzamiento en dos loci. Entre la descendencia puede observarse la frecuencia de recombinación y no la frecuencia de entrecruzamientos.	Hace mención a la posibilidad de observar la frecuencia de recombinación como consecuencia del entrecruzamiento.	Biológico: Hace mención de una situación que se relaciona con la herencia.
VC28(64)	El entrecruzamiento ofrece otras formas de recombinación genética y desempeña un papel en la evolución, siendo la fuente de nuevas combinaciones genéticas en la descendencia.	Menciona que el entrecruzamiento permite la recombinación genética, desempeñando un papel en la evolución siendo la fuente de nuevas combinaciones genéticas en la descendencia.	Hace mención a la utilidad biológica de un proceso.
VC28(74)	No todos los caracteres que diferencian a machos y hembras se pueden considerar ligados al sexo. Algunos se pueden llamar influidos por el sexo, heredados por autosomas pero con detalles que se modifican por el sexo.	Menciona la diferencia entre caracteres ligados al sexo y caracteres influidos por el sexo, los segundos están determinados por autosomas pero con detalles modificados por el sexo.	Menciona una diferencia entre géneros influenciada por el sexo.
VC28(75)	Se acepta corrientemente que la endogamia es nociva, productora de monstruos e idiotas. Sin embargo se puede considerar que no hay nada dañoso en la endogamia por si misma pero tiene una alta probabilidad de que los genes recesivos se vuelvan monocigotos y se expresen fenotípicamente.	Menciona el efecto que la endogamia tiene al aumentar la probabilidad de que los genes recesivos se vuelvan monocigotos y se expresen	Menciona un efecto del cruce entre parientes en la variación de las probabilidades de expresión genética.
VC28(76)	La endogamia puede favorecer que genes ocultos que puedan ser favorables se expresen, aunque podrían dar lugar a cualidades desfavorables. En el ser humano la endogamia puede dar lugar a la aparición con mayor frecuencia de defectos presentes al nacer,	fenotípicamente, esto puede dar lugar a la aparición con mayor frecuencia de defectos congénitos.	

	conocidos como anomalías congénitas.		
VC32 (106)	Las frecuencias relativas de los genes en una población permanecerán constantes de una generación a la siguiente si: la población es grande, 2. Si no hay selección en favor o en contra de un alelo específico, es decir el apareamiento se realiza al azar, 3. Si no ocurren mutaciones 4. Si no hay emigración o inmigración de individuos en la población.	Menciona las condiciones bajo las cuales en una población permanecen constantes las frecuencias relativas de los genes.	Biológico: hace mención a condiciones de estabilidad genética.
VC32(107)	VC32(107) El equilibrio del fondo común de los genes puede cambiar más por obra de la casualidad que un alelo dado aumente o disminuya dependerá de si la suma de presiones de selección positivas debido a sus efectos ventajosos es mayor o menor que la suma de las presiones que por selección natural. Este papel del azar en la evolución de las pequeñas poblaciones ha sido descrito por Sewall Wright con el término <i>desplazamiento genético</i> o <i>deriva genética</i> . Dentro de pequeñas poblaciones endogámicas los pares de genes heterocigotos tienden a hacerse homocigotos para un alelo u otro por intervención de factores casuales más que por selección. En esta forma puede producirse acumulación de ciertos caracteres perjudiciales con eliminación subsiguiente del grupo que los posee	Indica el papel que tiene el azar en la evolución de pequeñas poblaciones. Esto se conoce como desplazamiento genético o deriva genética.  Los cambios en pequeñas poblaciones endogámicas en relación de genes heterocigotos a homocigotos para un alelo u otro se da por factores causales y no por selección.	Biológico: hace referencia al papel del azar en los cambios genéticos que se dan en poblaciones pequeñas.
VC32(26)	En una población en trance evolutivo, el fondo común de genes tiende a cambiar de una generación a otra. El cambio puede ser producido por mutación, introducción de genes extraños o selección natural. La recombinación que ocurre en la meiosis por entrecruzamiento homólogo y distribución de cromosomas puede introducir cambios en el fondo común de genes.	Menciona las condiciones bajo las cuales el fondo común de genes cambia en una población en trance evolutivo de una generación a otra.	Biológico condiciones de cambio genético en una población.
VC32(32)	Las poblaciones se diversifican por acción de		



	fuerzas evolutivas de mutación, desplazamiento genético, transferencia de genes de una población a otra, por emigración e hibridación. Estos procesos operan al azar, pero el proceso evolutivo no es al azar respecto a establecer características adaptativas de los organismos que evoluciona.		
VC32(82)	La evolución ocurre por poblaciones, no por individuos, por procesos de mutación, reproducción no casual, selección natural y desplazamiento genético.		
VC32(27)	El papel del azar en la evolución es evidente sobre todo cuando se sitúa una especie en un área nueva. Ya que el número de individuos es pequeño. Estos primeros pobladores no son representativos del fondo común de genes de la población original, de la cual difieren por la frecuencia de genes.	Menciona el papel del azar en la evolución, hace referencia a una de las causas, la cual es importante bajo condiciones particulares.	Biológico: Factores de cambio genético en las poblaciones.
VC32(28)	El desplazamiento genético es más evidente en islas y zonas geográficas aisladas., permitiendo explicar las diferencias entre los pobladores de las islas y sus familiares de tierra firme. En una especie que se expande los individuos de las líneas divisorias, pocos en número, difieren genéticamente del cuerpo principal de la población. En estas poblaciones pequeñas el azar más que la selección puede desempeñar un papel importante en la evolución.	El desplazamiento genético como una causa para la existencia de diferencias entre poblaciones. Estas diferencias se plantean desde la genética.	Biológico: Factores de cambio genético en las poblaciones.
VC32(38)	Algunas mutaciones provocan cambios apenas perceptibles en la estructura o función del organismo que las posee, otras producen un cambio importante al comienzo del desarrollo, provocando numerosos cambios en la estructura o función corporal resultante.	Menciona el efecto que puede tener las mutaciones sobre la estructura y la función corporal si esas producen cambios	Biológico: Efectos de la mutación.

		importantes al comienzo del desarrollo.	
VC32(30)	La mutación es un factor esencial en la población, establece alelos alternantes, haciendo posible un fenotipo alternante. Los cambios evolutivos solo son posibles si existen fenotipos alternantes que puedan sobrevivir o perecer. Sin embargo el proceso de selección actúa sobre los individuos y no sobre rasgos genéticos aislados.	Menciona la importancia de las mutaciones en la evolución, como causa de fenotipos alternantes en las poblaciones, lo cual posibilita el cambio evolutivo.	Biológico: Importancia de la variación en la sobrevivencia de las poblaciones
VC32(36)	La importancia adaptativa de una o varias mutaciones resulta evidente en las bacterias. Poseer determinadas mutaciones se puede convertir en un factor de sobrevivencia.	Relaciona la aparición de ciertas mutaciones con la capacidad de sobrevivencia.	
VC32(43)	La existencia de variación puede tener valor adaptativo para una población. Una población que tiene suficiente variación presenta un buen pronóstico de supervivencia para el futuro.		
VC32(53)	Un tipo de mecanismo aislante es el geográfico, la separación de grupos afines se da por una barrera física como un río, un desierto, un glaciar, una montaña o un mar.	Menciona que el aislamiento genético se, presenta después de tiempos de separación geográfica o por separación ecológica.	Biológico: factores de aislamiento.
VC32(55)	El aislamiento genético es el resultado de mutaciones ocurridas independientemente a las mutaciones para adquirir características estructurales o funcionales. El aislamiento genético se puede presentar después de un prolongado periodo de aislamiento geográfico que provoca diferencias entre dos grupos o puede presentarse en un mismo grupo de	Menciona las condiciones en la cuales se presenta aislamiento genético, el cual puede presentarse como consecuencia del aislamiento geográfico.	Biológico: Se relaciona con el proceso evolutivo relacionado con la aparición de aislamiento genético.

	organismos por lo demás homogéneo.		
VC32(31)	Los cambios en el fondo común de genes de una población es un proceso que avanza lentamente en el curso de varias generaciones. Depende de la frecuencia con que un gen mutante aparece en la población. El éxito o fracaso de un gen mutante depende de la capacidad que confiera a sus poseedores para dejar más descendencia en la generación subsiguiente.	Menciona los cambios en el fondo común de genes como un proceso lento en el curso de varias generaciones. Relaciona este proceso con términos estadísticos haciendo alusión a la frecuencia de un gen en una población.	Biológico: cambios en el fondo común de genes.
VC32(95)	Según Margulis las mitocondrias y los cloroplastos tienen un tamaño y apariencia similar a las de algunas bacterias, poseen ADN, ARN y ARNt y ribosomas, pueden multiplicarse en forma independiente al núcleo celular y sintetizar algunas proteínas. Este tipo de observaciones sugieren que en algún momento este tipo de organelos tuvieron vida propia, formados probablemente a partir de organismos como las bacterias de vida libre.	Menciona los hechos que permiten afirmar que los organelos tuvieron en algún momento vida independiente y su posible origen en bacterias de vida libre.	Biológico: menciona el posible origen de organelos celulares
VC32(88)	La tendencia de la evolución es imposible de predecir, teniendo en cuenta que la selección natural actúa conjuntamente con muchos otros factores.	Realiza una afirmación en la cual niega la posibilidad de un determinismo en la tendencia evolutiva, situando la evolución como algo impredecible y multifactorial.	Biológico: tendencia evolutiva
VC32(90)	La presencia de grandes catástrofes son más frecuentes, importantes diversas y rápidas de lo que se pensaba, según Jay Gould estas pueden explicar la desaparición masiva de especies desde que aparecieron los pluricelulares al menos en cinco ocasiones.	Hace referencia a una afirmación acerca de la importancia de las catástrofes en las explicaciones acerca de las desaparición de las	Biológico: efectos evolutivos de cambios globales

		especies.	
VC32(97)	Se ha observado que la propensión para establecer ciertas relaciones simbióticas puede heredarse de una generación a otra, los seres que la comparten desarrollan mecanismos morfológicos y fisiológicos adaptados a esta relación, que también pueden ser heredables.	. Realiza una afirmación acerca de la heredabilidad de las relaciones simbióticas, y el efecto adaptativo que tienen. Está implícito el concepto de adaptación como cambio tanto en lo estructural como en lo funcional.	Biológico: efectos evolutivos de relaciones entre organismos.
VC28(35)	Fecundidad diferencial afecta la reproducción diferencial ya que el número de cigotos viables estará limitada por la probabilidad de supervivencia de los individuos , de tal manera que aquellos con probabilidades bajas tenderán a tener una alta fecundidad , mientras aquellos con probabilidades altas de supervivencia tenderán a tener una baja fecundidad.	Expresa en forma estadística la fecundidad, relacionando la posibilidad de sobrevivir de los cigotos con la probabilidad de supervivencia, mas posibilidad implica menor fecundidad , mientras que menos supervivencia implica una mayor fecundidad.	Biológico: relación entre funciones.
VC32(44)	Los individuos heterocigotos tienen mayor aptitud para reproducirse y sobrevivir que los correspondientes individuos homocigotos, pero en una población el estado de los heterocigotos no se puede mantener sin la presencia de cierto número de homocigotos menos aptos.	Menciona la importancia que para una población tiene la presencia de un número determinados de homocigotos para lograr mantener los individuos heterocigotos.	Biológico: Hace mención a la capacidad reproductiva dada por el estado de homocigotos o heterocigotos.
VC32(80)	La evolución es de intensidad variable en los diferentes grupos de organismos. En general la evolución es rápida al aparecer una nueva especie, para luego ser más lenta una vez el grupo ha	Hace mención a los diferentes ritmos evolutivos, se plantea como un proceso	Biológico: Intensidad del cambio evolutivo.

	logrado establecerse.	rápido al aparecer una nueva especie, para volverse más lento cuando esta logra establecerse.	
VC32(81)	La evolución no procede siempre de lo simple a lo complejo. Hay en efecto muchos ejemplos de evolución regresiva por la cual de una forma superior a deriva una más sencilla. Las mutaciones son casuales, no progresan de lo simple a lo complejo o de lo imperfecto a lo perfecto.	Hace mención de la posibilidad del cambio evolutivo hacia formas sencillas, en este sentido indica una excepción a algo que por regla general se da en la tendencia evolutiva, la tendencia a la complejidad.	Biológico: tendencia evolutiva.

Tabla 14. Organización discursiva: datos o términos relacionados con aspectos biofísicos.

UNIDAD DE INFORMACIÓN	PROPOSICIONES	REFERENTES	ÁMBITO DE ANÁLISIS
VC4(43) VC4(45)	En los líquidos de cualquier célula se encuentran sales, azúcares y otras sustancias en solución, el líquido tiene cierta presión osmótica. Si la célula se sumerge en un líquido con la misma presión osmótica no hay movimiento neto de moléculas de agua ni al interior, ni al exterior de la célula, se dice entonces que el líquido es isotónico con respecto a la célula. Esta es la condición normal de la sangre y todos los líquidos organismos. Si la concentración de las sustancias disueltas en el líquido circundante es mayor que la existente dentro de la célula el agua tiende a salir de la célula, por lo que ésta se contrae. Este líquido es <b>hipertónico</b>	SE menciona un proceso celular como lo es la entrada o salida de sustancias en relación con la concentración de solutos y solventes.	Físico-biológico: se hace relación a la salida o entrada de sustancias a la célula dependientes de un factor físico como lo es la presión osmótica.

	respecto a la célula. Si el líquido tiene menos sustancias disueltas que la célula, es <i>hipotónico</i> . El agua tiende a entrar a la misma, haciendo que se hinche.		
--	--	--	--

Tabla 15. Organización discursiva: datos o términos, relacionados con Biología molecular ya que hacen mención directa al ADN

UNIDADES DE INFORMACIÓN	DE	PROPOSICION	REFERENTE	AMBITO DE ANALISIS
VC4(82)		Los cromosomas están constituidos por la molécula de ADN cuya dimensión depende de los pares de nucleótidos que la conforman, varía de una pareja de cromosomas a otra y de una especie a otra.	Hace mención a la composición de una molécula, relacionando una característica como la dimensión.	Biología molecular .en relación con la composición de una estructura.
VC4(129)		Las mitocondrias están bajo el control de dos sistemas genéticos diferente, en el caso de la mitocondria el ADN que posee codifica el 10 por 100 de las proteínas mitocondriales, en especial los polipeptidos hidrófobos de la membrana interna. El resto de proteínas es codificado por el ADN nuclear y las proteínas son sintetizadas en los ribosomas.	Estructura celular: Hace mención del control genético que se ejerce sobre la mitocondria, en especial el control autónomo que tienen sobre algunas de las sustancias que la componen.	Biológico-molecular. Hace relación a moléculas propias de las células en relación con una estructura subcelular.

Tabla 16 Organización discursiva: descripciones en el ámbito Bioquímico.

UNIDADES DE INFORMACIÓN	DE	PROPOSICION	REFERENTE	AMBITO DE ANALISIS
VC4(16) VC4(17) VC4(18)		Se describe la estructura de la membrana en términos de los compuestos que se encuentran presentes, se presentan términos que no se conceptúan, simplemente se menciona(Fosfolipido,, hidrófilicos, hidrofobico) se mencionan la disposición de la moléculas que las tienen en presencia del agua.	Estructura química – composición de la membrana. Función de flexibilidad dependiente de la disposición especial de las moléculas.	Bioquímico: describe la disposición y composición de las moléculas presente en una estructura biológica(membrana) Físico: describe el movimiento de moléculas como un flujo dimensional continuo dependiente de la disposición espacial de las moléculas presentes en la membrana.

VC4(26)	En la estructura de la membrana se presentan proteínas globulares, facilitan el paso de sustancias a través de la membrana, permiten el paso y catalizan la transferencia de nutrientes y desechos.		
VC4(23) VC4(24)	Se asocia la función celular en este caso la secreción de compuestos y la contracción celular con la interacción molecular, mediante la cual se establece una comunicación de tipo químico, los fenómenos de la vida se describen en términos de información.	Funciones dependientes de la presencia de sustancias, se introduce al función de regulación celular y coordinación entre células. Funciones en organismos pluricelulares reguladas por mensajeros químicos.	Bioquímico, funciones biológicas descritas en términos de información dependiente de interacciones moleculares.
VC4(25)	Las funciones internas de la célula, así como actuar de manera coordinada con otras células dependen de la presencia de mensajeros químicos.  En organismos pluricelulares la regulación de las funciones de órganos y sistemas, el reconocimiento de patógenos y llevar a cabo complejos procesos de interrelación se dan gracias al presencia de mensajeros químicos.		
	La fisiología del organismo depende de la producción de sustancias, funciones propias de los tejidos son inducidas por sustancias producidas a nivel de la membrana celular, se mencionan la protanglandinas, las cuales proceden de reacciones químicas. Se puede observar que para los autores las funciones macroscópicas se pueden explicar desde situaciones microscópicas e incluso desde el tipos de sustancias que son producidas por las membranas.	Funciones, relación entre compuestos y funciones de tejidos con sustancias producidas a nivel celular.	Bioquímica: describe funciones fisiológicas en relación con sustancias producidas por estructuras celulares.
VC4(53) VC4(54) VC4(55)	Las prostaglandinas participan en varios procesos fisiológicos, puede inducir contracciones en el músculo liso, en especial de los músculos del útero		

	facilitando el avance de los espermatozoides, la prostaciclina relaja los músculos en los vasos sanguíneos permitiendo que la sangre fluya con mayor facilidad; el troboxano participa en la aglomeración de las plaquetas.		
VC4(56) VC4(57)	La actividad de las prostanglandinas puede ser inhibida por la aspirina, la cual inhibe la biosíntesis de estas sustancias. Esto puede tener aplicaciones en el tratamiento de personas con tendencia a las apoplejías y oclusiones coronarias por el exceso de producción de tromboxano. Igualmente el exceso de producción de leucotrieno puede provocar accesos de asma ya que está implicado en la constricción alveolar.	Aplicación médica del conocimiento de las rutas de biosíntesis de sustancia y conocimiento de enfermedades que son producidas por el exceso de estas sustancias.	Bioquímica: describe la inhibición de funciones debido al bloqueo de rutas bioquímicas.
VC4(143) VC4(147)	Los peroxisomas tienen como función inactivar el peróxido por enzimas las catalasas que producen. Los peróxidos se producen como resultado de la acción oxidante del oxígeno antes de unirse al hidrógeno para formar agua.	Describe la función de una estructura subcelular.	Bioquímico: Hace referencia a la función de estructuras subcelulares en relación con la producción de enzimas catalíticas.
VC4(148)	Describe la función de los glioxisomas, la cual se relaciona con el ciclo del glioxilato, para lo cual tiene enzimas, haciendo la conversión de grasas en carbohidratos, esto está implicado en procesos tales como la germinación de las semillas, para crecer o para reproducirse.	Estructura - función subcelular necesaria por procesos en los organismos.	Bioquímico: hace mención a funciones bioquímicas (reacciones metabólicas) llevadas a cabo por una estructura subcelular.
VC4(127)	Describe la estructura y disposición de la doble membrana que delimita a la mitocondria. La capa externa lisa delimita la mitocondria, la interna se pliega formando láminas paralelas. Menciona la estructura de la membrana, la cual se presenta como unidad de membrana conformada por una capa media doble fosfolípidos y a cada lado una capa de proteínas. Relaciona los pliegues internos llamados crestas con la función de transformación energética al contener las enzimas necesarias para el sistema de transporte de electrones, mientras el material semilíquido del interior contiene las enzimas del ciclo de Krebs.	Estructura: Describe la conformación estructural y disposición de la membrana. Relaciona la estructura interna con la función de la mitocondria.	Bioquímico: describe estructuras biológicas y las relaciona con la composición y cadenas o ciclos de reacciones químicas.



VC4(132) VC4(133)	Describe la dependencia entre la función del cloroplasto y la disposición estructural, dependiendo la capacidad de la clorofila para captar la luz solar de su disposición dentro de las laminillas de los granos. La disposición estratificada de las moléculas de proteínas, clorofila y fosfolípidos permite la difusión de moléculas de clorofila en una amplia zona y facilita la transferencia de energía entre moléculas.	La función está determinada por la disposición molecular dentro de las estructuras.	Bioquímico: hace mención a la composición de estructuras subcelulares y su incidencia en las funciones.
VC4(170)	Describe la matriz ósea en términos de su composición (hidróxiapatita y proteína en especial colágena) de esta se derivan dos propiedades la dureza y la poca fragilidad del esqueleto y permite la función de sostener el cuerpo.	Asocia funciones de una estructura con la composición química. Además, relaciona propiedades con composición.	Bioquímico: propiedades y funciones de estructuras derivadas de la composición química.

Tabla 17. Organización discursiva: descripciones Biológicas

UNIDADES DE INFORMACIÓN	PROPOSICIÓN	REFERENTE	AMBITO DE ANALISIS
VC4(14)	Se describe al función de la membrana, la cual consiste en mantener el intercambio de materiales con el exterior. Hace mención a la delimitación de la célula por la membrana, aislándola del exterior y manteniendo condiciones internas. Lo cual estaría indicando que la individualidad de la célula como unidad biológica depende de la membrana. Indica además la delimitación de la estructura función de los organelos.	Hace énfasis en la función de la membrana celular en términos de intercambio de materiales y la delimitación de estructuras y funciones internas y aislamiento y diferenciación con el exterior (1). Describe la disposición de estructura y sustancias que permiten dar movimiento.	Biológica: describe funciones de estructura propias de la célula.  Nivel celular-estructura-función.
VC4(125)	Describe el citoplasma en términos de las estructuras visualizadas por medio del microscopio electrónico. El cual revela que el citoplasma está conformado principalmente por un laberinto de membranas y espacios de gran complejidad, las membranas corresponden al retículo endoplasmático, el cual visto en tres dimensiones aparece conformado por laminas que ocupan casi todo el citoplasma, el resto es ocupado por estructuras con funciones específicas (lisosomas, mitocondrias, aparato de	Presenta una descripción del citoplasma en relación con las estructuras que contiene y son visibles con el microscopio electrónico y en términos de la descripción de sus componentes estructurales básicos (el citosol y citoesqueleto).	Ámbito Biológico descripción de estructuras nivel celular.  Descripción de composición del citoplasma y su ultraestructura.

		Golgi, centriolos).		
VC4(66) VC4(68)	VC4(67)	<p>El citoplasma está conformado por una masa gelatinosa, el citosol sostenido por una inmensa red de micro filamentos denominada citoesqueleto</p> <p>El citosol está compuesto por una serie de compuestos hidrosolubles, constituyendo la sustancia fundamental de la célula</p> <p>El citoesqueleto confiere a la célula su forma característica al formar un andamiaje o armazón de finas fibras donde se fijan los diferentes organelos, mediante las cuales se ponen en contacto y se comunican entre sí. El citoesqueleto es una estructura dinámica formada por proteínas.</p>	<p>El citosol es descrito en términos de composición por sustancias hidrosolubles que conforman la sustancia fundamental de la célula.</p> <p>El citoesqueleto se describe en tres elementos: la función, la estructura y la composición.</p> <p>Como función se menciona que da soporte y andamiaje a la estructura celular pero a su vez está implicado en el movimiento.</p> <p>A nivel estructural se describe como un armazón formado por filamentos.</p> <p>En su composición se menciona que está compuesto por proteínas similares al actina y a la miosina, las cuales se relacionan con el movimiento.</p>	
VC4(69)		Describe el citoesqueleto como una estructura dinámica formada por proteínas que dan movimiento y transformación, por otra parte se puede considerar que una parte del citoesqueleto es menos dinámica brinda a las células consistencia y una forma regular.		
VC4(70)		Una parte del citoesqueleto está relacionada con el movimiento, esta representada por una serie de proteínas, como la miosina y la actina, que conforman un sistema "hueso-musculo" la primera constituye una especie de armazón que cruza toda el citoplasma y la segunda constituye una especie de tejido muscular que se ancla sobre la primera y da flexibilidad.		
VC4(75) VC4(77)	VC4(76)	Dentro del núcleo se puede encontrar la cromatina la cual se forma por delgados hilos de ADN y proteínas que forman estructuras complejas conocidas como nucleosomas, los cuales resultan del enrollamiento de las moléculas de ADN e histonas sobre sí mismas, formando pequeñas granulaciones o nudos, y sobre un eje a manera de solenoide. En el proceso de división celular estas estructuras adquieren la forma de cromosomas.	<p>Describen la conformación estructural y la composición (ADN- proteínas) del nucleosoma, como una estructura que en la división celular dará lugar a los cromosomas.</p> <p>Menciona la función de control que se ejercen los cromosomas sobre la</p>	Biológico hace relación a la estructura función del núcleo y sus estructuras.

VC4(85) VC4(89)	<p>La función del núcleo está relacionada con los procesos metabólicos como lo son la síntesis de ácidos nucleídos y proteínas. El control que ejerce sobre la estructura y función celular se ejerce a través de información codificada en los cromosomas.</p> <p>Se presenta las actividades de la célula como dependientes del control nuclear, el cual se reduce a la acción de la síntesis de ácidos nucleicos y la síntesis de proteínas.</p>	<p>estructura y la función (metabolismo) celular, mediante información codificada.</p>	
VC4(46)	<p>Cuando una célula se coloca en una solución no isotónica, puede ajustarse al nuevo medio por modificación de su contenido en agua, para lograr finalmente la misma concentración que el medio. Muchas células pueden impeler agua o ciertos solutos hacia uno u otro lado de la membrana plasmática, de manera que en esta forma mantienen una presión osmótica distinta de la del medio ambiente.</p> <p>Muchos protozoarios que viven en agua dulce presentan vacuolas contráctiles para expulsar el exceso de agua; mientras que las plantas que viven en agua dulce presentan presión de turgencia que contrarresta la presión osmótica evitando la entrada de agua y algunos organismos marinos tienen la capacidad para concentrar en forma selectiva ciertas sustancias del agua del mar.</p>	<p>Función celular, consistente en la tendencia a conservar el equilibrio con respecto al medio, mediante procesos adaptativos que permiten la modificación del contenido de agua manteniendo una presión osmótica distinta al medio.</p>	<p>Biológico: En relación con la tendencia de las células a conservar su equilibrio interno.</p>

<p>VC4(58) VC4(59)</p>	<p>Las células de tejidos animales han desarrollado estructuras de unión tan finamente diseñadas que no sólo le garantizan el refuerzo mecánico del tejido que forman, sino también la indispensable plasticidad y comunicación que les permite interfuncionar de manera armónica y coordinada.( Las uniones identificadas hasta hoy son de tres tipos :hermética (o estrecha), adherente (o desmosoma) y unión en hendidura (o comunicante) La unión hermética es un área de fusión o contacto íntimo entre membrana de células contiguas; funciona como una especie de selladura que oblitera una parte del espacio intercelular. El desmosoma se puede comparar con remaches o puntos de soldadura. Junto a él se localizan numerosos microfilamentos tanto en el citoplasma como en el intersticio que media entre dos membranas La unión comunicante es una región de diminutos canales (alrededor de 2 nm de diámetro) que interconectan citoplasmas a manera de plasmodesmos.</p>	<p>Estructura-función, describe las estructuras que permiten la intercomunicación entre células Describen las estructuras que permiten la unión e interrelación entre las células que conforman a un tejido. Estas estructuras se pueden establecer como área de contacto entre membranas, como remaches mediante uniones por microfilamentos, como canales que interconectan citoplasmas o uniones a manera de puentes por prolongación de citoplasmas (simplasto en las células vegetales).</p>	<p>Biológico: describe estructuras biológicas y su respectiva función.</p>
<p>VC4(62)</p>	<p>Los citoplasmas de las células vegetales se encuentran en contacto formando un sistema denominado simplasto, este es posible por las estructuras conocidas como plasmodesmos , extensiones del citoplasma entre células contiguas que se tienden a manera de puente que se extienden por los poros de la pared celular . Aunque no es bien conocida su función probablemente tengan relación con posibilitan la coordinación de la actividad mitótica meristemática, y el flujo de metabolitos o fotosintatos.</p>		
<p>VC4(63)VC4(64)VC4(65)</p>	<p>La pared celular es un revestimiento de celulosa que subsiste alrededor del plasmalema, la cual se origina en la placacelular, estructura que se forma tempranamente y se localiza en el plano ecuatorial de la célula cuando se encuentra en reproducción (mitosis), anunciando el sitio donde la célula se dividirá para dar origen a dos células hijas. La pared celular sirve como soporte mecánico para la célula y permite que se depositen sustancias importantes para el metabolismo celular.</p>	<p>Estructura-función Describen la función de regiones y organelos celulares, se hace mención de los elementos estructurales o de las sustancias que los componen y que de alguna manera influyen en la realización de la respectiva función Los elementos estructurales que se describen tienen en cuenta la disposición de las membranas al</p>	<p>Biológico: estructura celular A nivel de regiones y organelos con descripción funcional.</p>

VC4(83) VC4(84)	El nucléolo es un cuerpo esférico que se encuentra en el interior del núcleo (que puede ser único o estar acompañado de varios nucléolos. En su interior contienen una profusa maraña de cromatina, están directamente relacionados con la síntesis de moléculas de ARN ribosomal.	exterior y al interior de los organelos, esta disposición diferencia disposiciones laminares, tubulares, en forma de disco y se menciona si forman bolsas, vesículas, cisternas, crestas.	
VC4(90) VC4(91)	Describe la situación del centriolo, mencionado que tiene función durante la división celular, se separan emigran los polos y forman el huso acromático entre ellos, el cual está formado por ases de filamentos llamado aster que se proyecta desde cada centriolo. Los filamentos son de naturaleza proteica similar a la de los músculos.		
VC4(136)	Describe el retículo endoplasmático, mencionando que en la célula se encuentran dos tipos de retículos, el liso y el rugoso, los cuales se diferencian por la presencia en el segundo de ribosomas implicados en la síntesis de proteínas. Las hojas comprimidas del retículo endoplasmático pueden formar tubos de 50 a 100 nanómetros de diámetro; en ciertas regiones de la célula los tubos pueden expandirse formando cisternas. El retículo endoplasmático divide la célula en compartimientos en los cuales se realizan reacciones enzimáticas, Además cumple funciones de transporte de sustratos y productos por el citoplasma al exterior de la célula y al núcleo.		

VC4(127)	<p>Se describe en términos de estructura y de composición la membrana que delimita a la mitocondria.</p> <p>Mencionando la naturaleza de las moléculas que conforman la unidad de membrana, así como la disposición de las mismas.</p> <p>En la estructura interna de las mitocondrias se menciona las crestas que la conforman, pero se hace más énfasis en la función bioquímica de la estructura mencionando que contienen las enzimas responsables del sistema de transporte de electrones que interviene en la función biológica de la conversión energética en las células.</p>		
VC4(131)	<p>Describe los cloroplasto, haciendo mención contienen el pigmento verde clorofila, el cual confiere el color verde en los vegetales y por su importancia en la fotosíntesis al captar la luz del sol. En las plantas superiores los cloroplastos son estructuras típicas de forma de disco de cinco micras de diámetro y una micra de espesor, su estructura interna se observa en el microscopio electrónico formada por membranas en disposición laminar y en pilas apretadas. Dentro de cada cloroplasto existen cuerpos menores denominados granos.</p>		

VC4(139)	<p>Describe como se observa el aparato de Golgi con le microscopio electrónico, se ve que consta de haces paralelos de membranas sin gránulos que pueden estar distencionados en ciertas regiones formando vesículas o vacuolas llenas productos celulares, se cree que sirve de sitio de almacenamiento para proteínas y otros productos sintetizados en el retículo endoplasmatico. Existen pruebas que indican que los productos del retículo</p>		
VC4(150)	<p>Endoplasmatico son envueltos en sacos de aparato de Golgi para ser llevados a la membrana celular para su expulsión al exterior de la célula.</p> <p>Describe las vacuolas como cavidades parecidas a burbujas llenas de líquido y rodeada por una membrana similar a la membrana celular. Esta son propias m de las células vegetales y en las de las células en animales inferiores. Casi todos lo protozoarios tiene vacuolas alimenticias, además de vacuolas contráctiles que bombean el exceso de agua fuera de la célula.</p>		
VC4(140)	<p>Los lisosomas son organelos limitados por una membrana que alberga diversas enzimas capaces de hidrolizar los constituyentes macromoleculares de la célula. Cuando se rompe libera las enzimas, esto explica la lisis de células muertas o a punto de perecer o con la reabsorción de las células como por ejemplo las colas de los renacuajos durante la metamorfosis de las ranas. Han sido denominados sacos suicidas por su tendencia a hidrolizar los principales componentes celulares.</p>		

VC4(72)	La membrana que recubre el núcleo está conformada por dos capas separadas por un espacio de 1,5 Nm, la externa tiene un aspecto rugoso por los polisomas que tiene y la interna es completamente lisa, ambas conforman dos esferas concéntricas que aíslan el núcleo del resto de la célula.	Describe al ultraestructura de la membrana nuclear, teniendo en cuenta dimensiones y disposición de las dos capas que la conforman y aíslan el núcleo. Se describen los poros que intercomunican núcleo con el citoplasma, se tiene en cuenta su disposición en forma de flor en cuyo centro se ubica un orificio que permite la entrada o salida de sustancias.	
VC4(73)	La membrana nuclear presenta poros en donde ocurren procesos de intercambio entre el núcleo y el citoplasma. cada poro presenta una estructura en forma de flor constituida por ocho secciones a manera de pétalos o rebanadas en cuyo centro se ubica un orificio, estas estructuras se abren o cierran a manera de diafragma para permitir o no la entrada y salida de sustancia.	Se relaciona con la descripción de una estructura subcelular.	Biológico: Hace referencia a una estructura propia de las células.
VC4(93)	Describe el cuerpo basal presente en la base de cada cilio, cuya estructura es similar al centriolo, tiene nueve tubos paralelos. Cada cilio contiene nueve tubos longitudinales periféricos más dos tubos centrales.	Describe la ultraestructura celular en términos de la disposición de estructuras tubulares que están presentes en la base de los cilios.	Biológico: describe estructuras subcelulares.
VC4(138)	Describe la situación de los ribosomas en la célula, indicando que se encuentran en forma libre en el citoplasma o unidos al retículo endoplasmático, en muchas células racimos de cinco o seis ribosomas forman polisomas que se comportan como unidades de síntesis de proteínas.	Describe la conformación de los ribosomas en términos de las sustancias (ARN y proteínas) que están presentes en su composición y cuya disposición determinan la presencia de dos subunidades.	



VC4(137)	Describe la conformación de los ribosomas, mencionando que contienen tres tipos de ARN y 55 proteínas y está compuesto por dos subunidades que se combina para formar la unidad activa que sintetiza la proteína. La unidad menor contiene un tipo de ARN y 21 tipos de proteínas, la unidad mayor contiene dos tipos de proteínas y 34 tipos de proteínas.		
VC4(95)	Se describe que la división celular se desencadena por el crecimiento celular. La teoría propuesta por von Hertwig sugiere que cuando la proporción de masas entre el núcleo y el citoplasma alcanza cierto valor la célula se vuelve inestable y se desencadena la división.	Proceso celular dependiente de condiciones y características de las estructuras celulares: las condiciones que desencadenan el proceso se relacionan con proporciones de masa entre el núcleo y el citoplasma.	Biológico: describe procesos propios de la célula.
VC4(98)	Se describe el tiempo que dura cada fase del ciclo celular. En un ciclo típico la Fase S dura seis horas, la fase G1 8 horas, la fase G2 cuatro horas y media y la fase M una hora. Aunque la duración de cada fase puede variar, la diferencia está en la fase G1, la cual en células de ciclo prolongado la mayor parte de la prolongación es en la fase G1, mientras que en células de ciclo breve, como los huevos, no tienen fase G1 medible. La fase G1 implica procesos clave que permiten la entrada de la célula en fase S y prepararse para la división. La fase S no implica simplemente la duplicación del ADN, sino la réplica exacta de cada cromosoma. La duplicación se realiza por segmentos, y ningún cromosoma finaliza su duplicación antes que otro comience, este proceso se da según un programa definido. La etapa G2 incluye las etapas finales de preparación de la célula para su división, se incrementa la síntesis de proteínas.	Duración de las etapas de un proceso celular, en este caso se menciona el tiempo que dura cada una de las etapas del ciclo celular.	Biológico: describe procesos propios de la célula

	Describe que durante la fase S cada cromosoma se duplica formando una copia exacta que permanece unido en forma adyacente al original y es idéntico en estructura y función. A medida que avanza la mitosis se va haciendo más evidente la línea de separación entre los cromosomas.	Proceso de duplicación que permite posteriormente la división celular. 9	Biológico: proceso que se da en una estructura subcelular.
VC4(116)	Describe la condensación de los filamentos de cromatina en el comienzo de la profase, dando lugar a los cromosomas, los cuales aparecen como masa apelmazada en el núcleo. Al comienzo es posible visualizar los centrómeros pero debido a la superposición de los mismos ya no es posible.	Describe el proceso de mitosis teniendo en cuenta los cambios estructurales que se dan en cada una de las etapas del proceso y que aseguran la distribución equitativa de los cromosomas en las células. Los cambios estructurales se refieren básicamente a los cromosomas (condensación, migración y división) la formación del huso acromático y la citocinesis.	
VC4(117)	Describe el comienzo de la profase, en la cual se da la división del centriolo en dos centriolos hijos y su emigración a polos opuestos de la célula, dando origen al huso acromático por la proyección de haces de filamentos llamados aster. Los cromosomas se contraen quedando más cortos y gruesos.		
VC4(118)	Describe la metafase de la mitosis en términos de un proceso que implica cambios estructurales, se hace énfasis en la división del centrómero para dar lugar a cromosomas hijos, cambios que se da cuando los cromosomas se alinean en la placa ecuatorial de la célula.		
VC4(119)	Describe la anafase en términos de procesos y cambios estructurales, se hace énfasis en la migración de los cromosomas a polos opuestos de la célula posiblemente relacionados con cambios en la contracción de las fibras del huso acromático		
VC4(120)	Describe la telofase de la mitosis en términos de procesos y cambios estructurales relacionados con la cariocinesis y la citocinesis, como división del núcleo y división de la célula respectivamente.		
VC4(130)	Describe las estructuras bacterianas que permiten especular acerca del origen de las mitocondrias, menciona que las bacterias tienen membranas en las cuales se encuentran las enzimas del sistema de transmisión de electrones. En algunas bacterias estas membranas hacen	Describe estructuras observadas en bacterias que pueden dar indicios acerca del origen evolutivo de las mitocondrias. Estas estructuras se refieren a la presencia de	Biológico: hace referencia al origen de estructuras celulares.

	parte de la membrana plasmática y en otra se encuentran formando hojas paralelas que se extienden a partir de la parte central de la célula. Estas membranas se pueden desprender formando organelos discretos que fueron los precursores de las actuales mitocondrias. Otros investigadores plantean un origen endosimbiótico en el cual células bacterianas invadieron células mayores	membranas que tienen las enzimas del sistema de transmisión de electrones.	
VC4(142)	Describe los microsomas como cuerpos esféricos, con diámetros entre 0,5 y 1,0 micras, su contenido es amorfo y puede ser sustituido por algún tipo de cristal.	Estructura subcelular, describe una estructura que se encuentra al interior de las células.	Biológico, en relación con estructuras subcelulares.
VC4(145)	La capacidad oxidante de las células es un hecho frecuente dentro de los sistemas vivientes, la producción de oxidantes es favorecida por factores tales como el envejecimiento, las heridas, la acción de parásitos, afectando el metabolismo celular.	Describe un proceso celular relacionado con la aparición de sustancias oxidantes y los factores que las pueden desencadenar.	Biológico: En relación a procesos que ocurren a nivel celular.
VC4(181)	Describe los tejidos vegetales (meristemos, protector, fundamentales y conductores) teniendo cuenta su función en relación con el organismo. Para algunos se describe la morfología de las células, como por ejemplo para el tejido protector se menciona que las células poseen paredes gruesas para evitar la desecación.	Estructural: menciona los tejidos. Función Describe la función que tiene los diferentes tejidos vegetales y animales en sus respectivos organismos, se tienen en cuenta para la gran mayoría una descripción de la morfología y disposición de las células que los conforman y se menciona los órganos en los cuales se ubican estos tejidos. Para algunos tejidos se describe la disposición y conformación de la matriz extracelular que los conforman y que influye en la función que desempeñan.	Biológica: se hace énfasis en estructuras propias de los organismos como lo son sus tejidos Nivel: tisular en relación con el organismo.
VC4(161)	Describe los tejidos epiteliales como aquellos formados en capa continua de recubriendo la superficie corporal y las superficies internas, llevando teniendo funciones de secreción, protección, absorción, protección y sensación.		
VC4(162)	Presenta la descripción del epitelio plano en cuanto a la apariencia de las células, su ubicación en diferentes órganos.		
VC4(197)	Describe el epitelio cuboide por su forma comparable a la de un dado, menciona su ubicación en los túbulos renales		
VC4(163)	Describe la forma que tienen las células del epitelio cilíndrico. Además, menciona su ubicación en diferentes órganos y en especial hace mención del epitelio ciliado y su función.		
VC4(166)	Realiza la descripción del tejido conectivo en relación con las estructuras en las cuales se sitúa (tendones, huesos,		

	cartilago, ligamentos) pero especialmente hace referencia la secreción de una matriz extracelular mediante la cual indirectamente realiza su función.		
VC4(167)	Describe la matriz del tejido conectivo fibroso como una red de fibras que son secretadas por las células. Menciona su función de unir los músculos a la piel, mantener glándulas en posición y afianzar estructuras.		
VC4(169)	El tejido cartilaginoso se describe en términos de su dureza y elasticidad. Su estructura se está conformada por una matriz dura y elástica en cuyo interior se encuentran grupos de dos o cuatro células.		
VC4(171)	Se describe la función de los conductos de Havers que atraviesan la matriz del hueso. Estos conductos permiten la entrada de vasos sanguíneos y nervios para nutrir y controlar las células óseas. Describe la estructura de la matriz ósea como un sistema de anillos en los cuales se sitúan las células, comunicándose entre sí y con los conductos de Havers por conductos menores por intermedio de los cuales se establecen prolongaciones celulares permitiendo el intercambio de oxígeno, sustancias de base y la eliminación de desechos.		
VC4(172)	El movimiento en los animales como función del tejido muscular, la cual depende de la contracción de células alargadas, cilíndricas o fusiformes. Estas células musculares están conformada por microfibrillas contráctiles compuestas por proteínas: la miosina y actina. Las células musculares realizan trabajo mecánico, consistente en el acortamiento o ensanchamiento de las fibras. Describe los tipos de músculos, mencionado su ubicación(órganos en los cuales se sitúan) así como algunas excepciones estructurales de las células tales como poseer más de un núcleo (fibras estriadas y cardíacas) y la situación de los núcleos de las fibras estriadas en la periferia celular(justo debajo de la membrana celular) lo cual podría estar relacionado con aumentar la eficacia de		

	<p>la contracción.</p> <p>También, se hace mención a la longitud de las fibras esqueléticas, las cuales pueden tener de 2 a 3 cm.</p>		
VC4(173)	Describe la función del músculo estriado con su estructura microscópica. Después de la membrana La presencia de bandas oscuras y claras en la fibra muscular intervienen en la contracción, las bandas oscuras permanecen con un tamaño constante mientras las bandas claras se alargan.		
VC4(178)	Describe a las neuronas en relación con su el cuerpo celular y la fibras nerviosas, para estas últimas se hace mención de su extensión y el recubrimiento llamado neurilema en la fibras periféricas y el envoltorio de mielina que es secretado por las células en algunas regiones.		
VC4(179)	Describe la función de sinapsis entre las neuronas, haciendo énfasis en el sentido del impulso nervioso, el cual obedece al paso desde el axón hacia la dendrita, siendo un esquema que se cumple para toda clase de neurona.		
VC4(181)	Describe el tejido meristemático, haciendo mención de ciertas características de la estructura celular (pared delgada, núcleos grandes, ausencia o poca cantidad de vacuolas. Hace mención de la función, así como los sitios de las plantas en la cuales se concentra este tejido (zonas de crecimiento activo).		
VC4(182)	Describe la función de los tejidos protectores, la cual depende de células con paredes gruesas que protegen a células de paredes delgadas contra la desecación o las lesiones mecánicas. La epidermis de las hojas y el corcho de tallos y raíces son ejemplos de este tejido. La epidermis secreta una sustancia cerosa llamada cutina que protege contra la desecación.	Función en relación con la estructura de la células y sustancias secretadas.	Biológico. Describe la función de estructuras orgánicas.
VC4(183)	Describe la función de las células de protección situadas en la superficie de las hojas. Estas se disponen por pares alrededor de pequeñas aberturas denominadas estomas,	Función de células en relación con funciones o características de los órganos.	Biológico: describe una función en términos de tejido.

	presión la turgencia de las células regulan el tamaño del estoma y la velocidad de entrada o salida de gases.		
VC4(185)	Describe la capas de corcho que se encuentran cubriendo los tallos y raíces, las cuales son producidas por un cambium especial, las células de corcho se encuentran apretadas entre si y sus paredes celulares poseen una sustancia llamada suberina, lo que hace que sean impermeables al agua, lo cual provoca que estas células mueran pronto.	Estructura descritas en términos de características celulares.	Biológico: describe un tejido en relación con las estructuras de la célula.
VC4(186 )	Describe los tejidos fundamentales, las partes de las plantas en las cuales se ubican, se especifica que la función es la producción y almacenamiento de alimentos. Menciona al parénquima y al clorénquima, asa como las características primordiales de las células que son poseer paredes delgadas, una vacuola grande y central y en el clorénquima la presencia de cloroplastos.	Hace referencia a la estructura celular y al función de un tejido específico	Biológico: Se describe la estructura y función de tejidos Nivel :tejidos
VC4(187)	Describe el colénquima y el esclerénquima como tejidos que proporcionan sostén y resistencia mecánica a las plantas, encontrándose en tallos y raíces, sus células se caracterizan por tener la pared celular engrosada	Se refiere a la función de tejidos y a l presencia de característica en las células relacionadas con la función	Biológico: describe funciones y características en organismos. Nivel tejido
VC4(188)	Describe las características morfológicas de las traqueidas, primeras células que se desarrollan en xilema	Estructura a nivel de las descripción de sus componente morfológicos	Biológico: Estructuras propias de los tejidos vegetales
VC4(189)	Describe los procesos de cambio que tienen las traqueidas para transformarse en tubos de conducción. Esto cambios se dan a nivel de la pared celular	Procesos de cambio para originar estructuras.	Biológico: Hace referencia al desarrollo de estructuras Nivel: tejidos.
VC4(190)	Describe el xilema en términos de la muerte del citoplasma sus células (traqueidas) y su permanencia como tubos. Así como relaciona el engrosamiento y endurecimiento de las paredes por la presencia de lignina con la naturaleza dura y leñosa de las raíces y tallos.	Relaciona estructuras con función y con la presencia de sustancias.	Biológico: Relación entre estructuras y funciones propias de los organismos.
VC4(191)	Describe el origen de los tubos del tamiz propios del floema, así como algunas de sus características. Los tubos de tamiz se forman por unión terminal de las células, cuyos extremos no desaparecen pero forman llamada placa del tamiz: las células que conforman esta estructura continúan vivas, poseen grana cantidad de citoplasma y	Describe la estructura que adoptan las células de un tejido para conformar un todo funcional.	Biológica: hace referencia a estructuras de un tejido. Nivel: Tejidos.

	pierden los núcleos		
VC4(180)	Hace relación al modificación celular para para ejercer una función, en este caso la modificación de las células para la reproducción. Esta modificaciones están relacionadas con aspectos estructurales tales como el tamaño, la forma, la movilidad,	Estructural-funcional: variaciones estructurales en relación con la función.	Biológico: describe estructuras y funciones propias de los organismos.
VC4(193)	Describe en términos funcionales, aunque no en profundidad ya que en el texto se destinan capítulos enteros para este fin, los principales sistemas del hombre y otros vertebrados. . La idea de sistema no se presenta en el sentido de interacción de estructuras y funciones, más bien se centra en una descripción relacionada con la división del trabajo. En cierta medida se puede considerar como una generalización ya que estaría estableciendo la existencia de estructuras y funciones comunes entre organismos , en este caso entre el ser humano y otros vertebrados	Estructura: hace mención a los sistemas. Función: presenta la función de cada sistema en forma sucinta.	Biológico: Hace énfasis en el ser humano y los animales.
VC32(59)	Cuando se cruzan dos especies con distinto número de cromosomas, la descendencia suele ser estéril. Los cromosomas diferentes no pueden aparearse en la meiosis, y los óvulos y espermatozoos resultantes no reciben la dotación apropiada de cromosomas, uno de cada especie. Cuando, dentro de tales <b>híbridos interespecíficos</b> , el número de cromosomas se duplica, puede tener lugar meiosis en forma normal, y se producirán óvulos y espermatozoos fértiles normales. En lo sucesivo, la especie híbrida se reproducirá, y no producirá descendencia fecunda cuando se aparee con una u otra especie progenitora. Muchas especies afines de plantas superiores tienen números de cromosomas que son múltiplos de cierto número básico. Las especies de trigo comprenden unas con 14, 28 y 42 cromosomas; hay especies de rosas con 14, 28, 42 y 56 cromosomas, y especies de violetas con múltiplos de seis, desde 12 hasta 54.	Describe la situación	

Tabla 18. Organización discursiva: aspectos descritos a nivel físico.

UNIDAD DE INFORMACIÓN	PROPOSICIÓN	REFERENTE	AMBITO DE ANALISIS
VC4(33)	Se presenta la asociación de variables físicas, la velocidad de difusión depende del tamaño de las moléculas y la temperatura Describe la disposición de las moléculas en cada uno de los tres estados de la materia, esta determina la libertad de movimiento de las moléculas.	Relación entre variables físicas.  Estados de la materia: dependientes de la disposición de las moléculas y de las fuerzas intermoleculares.	Físico: presenta variable físicas relacionada con el proceso de difusión.
VC4(35)	Describe la velocidad de difusión como dependiente de los choques de una molécula con otras que se muevan en sentido contrario, de manera que si bien una molécula se puede mover a una velocidad de ciento de metros por segundo, no alcanza a desplazarse unos pocos nanómetros antes de chocar y rebotar, de manera que el desplazamiento de una molécula es más bien lento.	Hace referencia una variable de índole física relacionada con las moléculas que se difunden.	Físico: describe el movimiento de moléculas en términos de la difusión.

. Tabla19. Resultados con relación a Tradición científica de la Biología.

UNIDAD DE INFORMACIÓN(EVIDENCIA)	PROPOSICION(AGRUPACIÓN)	REFERENTE
VBC1(1)	La Biología se puede considerar en cierto sentido una ciencia antigua, pues hace ya muchos siglos que los hombres empezaron a catalogar los seres vivos y a estudiar su estructura- función . La civilizaciones antiguas se conocían bastantes aplicaciones prácticas de plantas y animales. Además la supervivencia de los hombres de las cavernas dependía en gran medida del conocimiento de hechos biológicos fundamentales.	La Biología considerada como una ciencia antigua porque -La catalogación y estudio de la estructura función datan de hace varios siglos. -Se tenía un conocimiento práctico de las plantas y animales desde las civilizaciones antiguas. -Los hombres de las cavernas ya tenían conocimiento de hechos biológicos. C0omo conocimiento organizado se inicia en las civilizaciones griega y romana.



VC1(2) VC 1(5)	En otro sentido la Biología es una ciencia joven , los grandes conceptos generales que forman el fundamento de toda ciencia se han desarrollado recientemente para la Biología. Los adelantos técnicos como el microscopio electrónico, las técnicas de preparación de tejidos han revelado un orden de complejidad completamente nuevo en la materia viva , han permitido un conocimiento mayor de la estructura de células animales y vegetales. Así mismo, el surgimiento de muchos métodos nuevos en química y Física que aplicado a problemas en Biología han revelado grados de complejidad en las funciones de los seres vivos.	Plantea que la Biología es una ciencia joven, en cuanto los conceptos que la fundamentan se han desarrollado recientemente. En el desarrollo de la Biología han tenido un papel relevante los adelantos técnicos, las técnicas de preparación de tejidos y , nuevos métodos en Química y Física, los cuales han permitido revelar un orden de complejidad completamente nuevo en la materia viviente, , han permitido un mayor conocimiento de la estructura de células animales y vegetales y han revelado grados de complejidad en las funciones de los seres vivos.
VC1(3)	La Biología como conocimiento organizado probablemente empezó en Grecia y Roma. La descripción y clasificación de plantas y animales , así como la práctica de la disección para el estudio de la fisiología y la anatomía encontraron sus raíces s en estas civilizaciones. Los conocimientos logrados en esta época permanecieron sin modificaciones profundas hasta el renacimiento	La Biología como conocimiento organizado se habría originado en la civilización greco-romana. Predominando la descripción, la clasificación y la. Esta últimas sería la base que daría lugar al estudio de la fisiología y la anatomía.
VC1(4)	Las disecciones y observaciones realizadas por Vesalio constituirían las bases para la constitución de la anatomía moderna. Sus descripciones del cuerpo humano corregirían muchas imprecisiones en las ideas de Galeno.	
VC28(3)	Desde comienzo de siglo (XX)la ciencia de la genética ha avanzado con rapidez.	En el comienzo del siglo XX la ciencia de la genética avanzaría con rapidez. Esto sería una consecuencia del redescubrimiento de la las leyes de Mendel . estos principios básicos rigen la herencia de todos los organismos como los demostraron los experimentos con plantas y animales y observaciones de rasgos de la herencia humana realizados en la primera década de dicho siglo.
VC28(12)	En 1900 las leyes de Mendel fueron redescubiertas por Hugo DeVries, Karl Corrensy Erich von Tschermak, al encontrarse un trabajo de Mendel en el que se expresaban claramente estas leyes.	
VC28(13)	En la primera década del siglo (XX) experimentos con plantas, animales y observaciones de rasgos de la herencia humana demostraron que los principio básicos encontrados por Mendel rigen la herencia d todos estos organismos.	

VC28(4)	En el siglo XVIII y XIX se hicieron intentos por descubrir cómo se transfieren caracteres específicos de una generación a otra	Anterior a los trabajos de Mendel ya se habían hecho intentos por descubrir cómo se transfieren los caracteres específicos de una generación a otra. Sin embargo Mendel logro descubrir las leyes de la herencia donde otros hibridadores habrían fracasado.
VC28(5)	Gregor Mendel, monje austriaco descubrió las leyes básicas de la genética, alcanzando el éxito donde otros hibridadores habían fracasado.	
VC32(3)	Desde tiempos remotos la idea de que todo está cambiando se ha venido asumiendo gradualmente, esta idea de transformación se sustentaba desde diferentes bases. Para el creacionismo una más de las cualidades del mundo que se había gestado en la creación misma, el cambio estaba predefinido y era parte de la perfección de la creación.	La idea de cambio se ha venido asumiendo gradualmente desde tiempo remotos y ha sido sustentada desde diferentes bases. Para el creacionismo el cambio estaba predefinido y era parte de la perfección de la creación.
VC32(4)	Por varios siglos se tenía idea de que los seres vivos tienen semejanzas y diferencias perfectamente graduadas desde su creación De manera que entre especie y especie o grupo y grupo existía una graduación que podía representarse en una gran escala del ser . Esta idea asociada al cambio perpetuo surgió en Grecia ,	Se indica una idea con respecto al cambio en los seres vivos relacionada con el creacionismo, según la cual los seres vivos tiene predisuesto un cambio gradual desde la creación.
VC32(7)	Hacia los siglos XVIII y XIX el hombre de ciencia se preocupa por el problema de la evolución buscando los mecanismos que puedan explicar los cambios que sufren los seres vivos. Los naturalistas tratan de buscar los factores que influyen en la evolución del mundo viviente .Siendo relevantes las ideas de Lamark, para quien el cambio de los organismos a través del tiempo obedecen a los cambios en el medio ambiente, los cambios en el cuerpo obedecen las condiciones de sobrevivencia.	El problema de la evolución se vuelve un problema de la ciencia hacia los siglos XVIII y XIX, se buscan los mecanismos que puedan explicar los cambios que sufren los seres vivos.
VC32(11)	Los mecanismos de la evolución propuestos por Darwin son releídos a comienzos del siglo XX y enriquecidos con aportes provenientes de diferentes campos del conocimiento.	Los mecanismos de la evolución propuestos por Darwin son releídos al comienzo del siglo XX.
VC32(12)	Las ideas de la evolución orgánica no eran nuevas cuando	La idea de la evolución orgánica ya había sido planteada

	<p>fueron planteadas por Darwin, en los escritos de los filósofos griegos anteriores a Cristo. El espíritu de aquella época de la filosofía griega era semejante a la nuestra, en el sentido de tratar de encontrar explicaciones naturales a los fenómenos. Sin embargo la idea de evolución de aquella época resultaría demasiado vaga ya que no se tendrían conocimientos biológicos escasos.</p> <p>Aristóteles, gran biólogo y filósofo, planteo la idea de la escalera natural, la cual es un sistema de formas vivas en continua evolución. Este filosofo sostuvo el concepto metafísico de que la naturaleza avanza de lo simple imperfecto a lo complejo perfecto. El poeta romano Lucrecio daría también una explicación evolutiva al origen de los seres vivos. A partir del renacimiento, debido al creciente interés por las ciencias naturales, muchos eruditos empezaron a aceptar como razonable el punto de vista de la evolución orgánica. En el origen de las especies Darwin citaría una veintena de pensadores que ya habían especulado sobre la misma idea.</p>	<p>en escritos de filósofos griegos anteriores a Cristo. En aquella época el espíritu de la filosofía griega al igual que en la actualidad trataba de encontrar explicaciones naturales a los fenómenos. Sin embargo estas ideas resultarían demasiadas vagas por los escasos conocimientos biológicos que se poseían.</p> <p>En las ideas de Aristóteles, gran biólogo y filósofo, se evidenciaba el concepto metafísico del avance de la naturaleza de lo simple imperfecto a lo complejo perfecto. Planteo la idea de la escalera natural como un sistema de formas vivas en continua evolución</p> <p>La idea de la evolución orgánica fue considerada y aceptada como razonable por los eruditos a partir del renacimiento, el mismo Darwin cita en el origen de las especies a pensadores que ya habían especulado sobre la misma idea.</p>
VC32(13)	<p>Antes de Darwin, ya se habían encontrado restos de conchas y fragmentos raros que parecían dientes, así como en la cima de las montañas se encontrarían caparazones de animales evidentemente marinos. Leonardo Davinci en el siglo XV interpreto correctamente esta situación, los restos correspondían a animales que habían éxito y luego se habían extinguido.</p>	<p>Los restos de conchas y de fragmentos que parecían dientes así como caparazones de animales evidentemente marinos encontrados en las cimas de las montañas fueron interpretados por Leonardo Da Vinci (siglo XV) como restos de animales que habían existido y luego se habían extinguido.</p>
VC32(14)	<p>El concepto de uniformismo postula que las fuerzas geológicas obraron en el pasado lo mismo que obran en el presente.</p>	<p>El concepto de uniformismo postulado por Charles Lyell logro demostrar la certeza de la evolución geológica, probando que la tierra es más antigua de unos miles de años. Esta teoría postula que las fuerzas geológicas obraron en el pasado lo mismo que obran en el presente.</p>
VC32(15)	<p>Charles Lyell, acabo de asentar los principios de la teoría del uniformismo, al demostrar la certeza de la evolución geológica probo que la tierra es más antigua de unos cuantos miles de años, lo bastante vieja para ser el escenario de la evolución biológica.</p>	

VC4(3)	Dos alemanes, Matthias Schleiden, botánico, y Theodor Schwann, zoólogo, formularon en 1838 la generalización que desde entonces ha llegado a constituir teoría celular.	La generalización que constituye la teoría celular fue formulada en 1838 por Matthias Scheleiden y Theodor Schwann.
--------	---	---

Tabla 20 Resultados con relación a Estatus Epistemológico

UNIDAD DE INFORMACIÓN	PROPOSICION(AGRUPACIÓN)	REFERENTE
VC 1(5)	Las investigaciones en Biología han permitido dilucidar la unidad de la vida . En especial el desarrollo de la Biología molecular ha permitido elucidar la naturaleza de las transformaciones químicas y energéticas que caracterizan a los fenómenos de la vida	La unidad de la vida ha logrado ser dilucidada a partir de las investigaciones de la Biología. En especial se ha logrado elucidar la naturaleza de las transformaciones químicas y energéticas que caracterizan a los fenómenos de la vida a través del desarrollo de la Biología Molecular.
VC1(20)	La capacidad predictiva de la Biología no es completa, sin embargo esto no le quita carácter de ciencia ya que ni siquiera la Física con su alto grado de cientificidad puede predecir completamente los fenómenos que estudia	vida a través del desarrollo de la Biología Molecular. El hecho que la capacidad predictiva de la Biología no sea completa no le quita carácter de ciencia, ni siquiera la Física con su alto grado de cientificidad puede predecir completamente los fenómenos que estudia
VC1(31)	Describir los lugares en los que se desarrollan las formas de vida es uno de los esquemas conceptuales que más unidad ha dado a la biología. Esto implica comprender las relaciones que las cosas vivas establecen entre si y con el medio.	La comprensión de las relaciones que las cosas vivas establecen entre sí y con el medio, lo cual implica la descripción de los lugares en los que se desarrollan las formas de vida. es uno de los esquemas conceptuales que más hadad unidad a la Biología.

Tabla 21. Resultados en relación a perspectiva interdisciplinar.

UNIDAD DE INFORMACIÓN	PROPOSICION(AGRUPACIÓN)	REFERENTE
VC1(33)	La Biología es una ciencia bastante amplia, por lo tanto requiere que existan especialistas encada una de las ciencias biológicas que la conforman. Siendo imposible que una sola persona domine completamente esta ciencia.	La Biología como una ciencia conformada por disciplinas y la poca posibilidad de que una persona domine totalmente el conocimiento biológico.
VC4(106)	La investigación realizada en torno al cáncer a proporcionado hasta ahora la información más, completa acerca de los mecanismos que intervienen en la regulación de la reproducción celular, los hallazgos que permiten conocer más fondo este proceso proviene de diferentes enfoques bioquímico, genético, biofísico, inmunológico o de la	La comprensión de procesos celulares puede entenderse desde diferentes enfoques, lo cual estaría planteando desde una manera implícita la cuestión acerca de la interdisciplinariedad de las diferentes

Biología molecular.	ramas que se han desarrollado en la Biología.
---------------------	---

Tabla 22. Resultados con relación a Organización Disciplinar

UNIDAD DE INFORMACIÓN	PROPOSICION(AGRUPACIÓN)	REFERENTE
VC1(7) VC1(8)	La Biología es una ciencia bastante amplia, para su estudio se constituyen especialidades tales como la anatomía, la fisiología, la genética, la evolución, la embriología. Esto conduce a que existan especialistas en cada una de las disciplinas que constituyen a esta ciencia.	La Biología es una ciencia amplia, para su estudio se constituyen especialidades, tales como la anatomía, la fisiológica, la genética, la evolución, la embriología.. esto hace necesario que existan especialistas en cada de las disciplinas que constituyen esta ciencia. Entre estas especialidades o ramas se encuentra la genética la cual se ocupa de los fenómenos de la herencia y la variación.

Tabla 23 Resultados categoría Generalizaciones

UNIDADES DE INFORMACIÓN	PROPOSICIONES	REFERENTES	AMBITO DE ANLISIS
VC4(7)	SE generaliza la existencia del núcleo y el hecho de estar rodeada por membrana plasmática para cada célula, aunque los autores indican que existen excepciones a la regla de poseer un núcleo.	Se generaliza en relación con la estructura celular, aunque no se menciona que las células procariontes no poseen núcleo	Biológico: se hace mención a la estructura celular.
VC4(11)	Todas las células tienen en común ciertas características, aunque presenten variedad en sus formas, tamaños, colores y estructuras internas.		
VC4(13)	SE generaliza que toda célula rodeada por una membrana plasmática contiene un núcleo y un buen número de organelos subcelulares.		
VC4(71)	Cada célula eucarionte tienen un pequeño cuerpo esférico u ovalado, llamado núcleo que generalmente ocupa u aposición central, en otras puede desplazarse libremente y ocupar cualquier lugar en la célula		

VC4(29)	La estructura general de la membrana ha sido explicada por algunos autores mediante el modelo de mosaico fluido.	Se presenta un modelo como forma de generalizar los componentes y la disposición de una estructura.	Biológico hace mención acerca de una estructura celular.
VC4(34)	Se presenta el movimiento browniano como un modelo que explica cómo se desplaza las partículas difusibles.	Se presenta un modelo que aunque fue formulado por un botánico describe una condición física de las partículas que se difunden.	Físico: proceso de desplazamiento de partículas (movimiento).
VC4(197)	Ha ce mención a que en lo que los autores consideran como plantas y animales unicelulares no se presentan tejidos y órganos. En tanto en los organismos complejos con división del trabajo se presentan sistemas especiales para cada función.	Se generaliza la presencia de estructuras (sistemas) para los organismos complejos. Haciendo énfasis en la especialización funcional de las estructuras.	Biológico: hace mención a organismo.
VC4(96)	Generaliza que en una planta o en un animal típico el ciclo celular dura aproximadamente 20 horas, una hora se destinada la mitosis y el resto al crecimiento de interfase. En condiciones normales de temperatura y nutrición la duración del ciclo es constante para cada tipo de célula. La duración del ciclo es el tiempo necesario para que se ejecute un programa predeterminado, el cual incluye dos partes, una relacionada con la duplicación de material genético y otra la duplicación de los demás constituyentes de la célula.	Hace referencia al proceso de ciclo celular, generalizando el tiempo de duración de sus etapas y la importancia d ella replicación para que las células entren en el ciclo de división.	Biológico: se relaciona con procesos propios de las células.
VC4(105)	Las células que no se dividen nunca entran en fase S, en tanto las que entran en fase S casi siempre se dividen. El control de la replicación implica si una célula entra o no en división.		

VC4(126)	Generaliza que todas las células vivas poseen mitocondrias, cuyo tamaño fluctúa entre 0,2 y 5 micras, al observarse al microscopio las células vivas sus mitocondrias se mueven, cambian e tamaño y forma, se fusionan en estructuras más grandes o se dividen en otras más pequeñas.	Hace referencia a una estructura que se puede encontrar en todas las células, aunque no se hace mención a su ausencia en las células procariontes.	Biológico. Estructura subcelular en relación con los organelos propios de la célula.
VC4(131)	Generaliza que las células de casi todas las plantas poseen plastidios, los cuales tienen como función la síntesis y almacenamiento de sustancias alimenticias.		
VC4(152)	La mayor parte de las células animales y vegetales son tan pequeñas que no pueden verse a simple vista, su diámetro va de 1 a 100 micras. Se mencionan excepciones tales como las amibas que pueden medir 2 mm, acetabularia puede tener 2 más de 1 cm y las células de los huevos de las aves pueden tener varios centímetros, siendo las más grandes.	Hace relación al diámetro como una característica celular.	Biológico: hace mención a una característica en relación con la célula.
VC28(6) VC28(5)	Mendel logro descubrir las leyes básicas de la genética donde hibridadores anteriores habían fracasado. El estudio de caracteres contrastantes le permitiría formular la hipótesis de que cada rasgo es determinado por dos factores genéticos. Esta se considera una regularidad derivada del cruce y conteo de los descendientes implementado por Mendel	Hace mención a una generalización, en tanto plantea que cada rasgo está determinado por dos factores genéticos, considerando que esta es una regularidad derivada del método usado por Mendel.	Biológico En relación a l concepción de factores genéticos como determinantes de los rasgos en un organismo. Importancia de los cruces genéticos Como método de estudio de la genética
	Cuando se cruzan plantas con dos caracteres diferentes se obtiene que la primera generación (F1) que se parece a uno de los progenitores. Los individuos de la segunda generación (F2) contenía individuos de ambos tipos de progenitores en una proporción 3:1.		Principios generales derivados de la observación y la aplicación de la matemática.
	El estudio de la herencia de caracteres contrastantes le permitió a Mendel formular la hipótesis de que cada rasgo es determinado por dos factores genéticos		
VC28(8) VC28(9)	Al cruzar plantas que diferían en dos caracteres y al observar que la F1 se parecía solo a uno de los progenitores, Mendel dedujo que uno de los factores genéticos(gen ) había sido ocultado o anulado por el otro factor genético. (dominante y recesivo) Al descubrir que el cruce entre plantas de la primera		

	generación producían descendencia en una razón de 3 dominantes por 1 recesivo. Mendel dedujo que cada planta tenía dos factores genéticos mientras que el óvulo y el espermatozoide solo tenían uno.		
VC28(10)	Los conocimientos matemáticos de Mendel le permitieron reconocer que la razón 3:1 sería de esperar en la descendencia de una planta, si tuviera dos factores por cada carácter en vez de uno.	Menciona la influencia de los conocimientos matemáticos de Mendel. Lo cual permitió expresar en términos de proporciones la descendencia esperada de una planta.	Interdisciplinariedad en un ámbito biológico que permite que la genética sea de naturaleza determinante.
VC28(2)	Esta tendencia de los individuos a parecerse a sus progenitores se llama <i>herencia</i> . Aunque el parecido entre padres e hijos sea acusado, no puede decirse que resulte exacto. Los hermanos difieren entre sí y con respecto a los padres en varios aspectos y en grado diverso. Estas diferencias, llamadas precisamente <i>variaciones</i> , son también características de los seres vivos. Algunas variaciones son heredadas, o sea motivadas por la segregación de factores hereditarios entre la descendencia. Otras no tienen este carácter, sino que son debidas a los efectos de temperatura, alimentación, humedad, iluminación solar y otros factores del ambiente sobre el desarrollo del individuo. Así resulta que los caracteres hereditarios pueden ser modificados en gran medida por el medio en el cual crece el sujeto.	Se generaliza el concepto de herencia a la tendencia de los hijos a parecerse a los padres y el concepto de variación a la diferencias en el parecido entre hermanos y con respecto a los padres, siendo estas características de los seres vivos. Las variaciones pueden ser heredadas, es decir motivadas por la segregación de factores hereditarios en la descendencia o pueden ser producto de factores ambientales sobre el desarrollo del individuo.	Biológico: define herencia como un concepto que se puede generalizar a todos los organismos.
VC28(29)	En un individuo heterocigoto los genes se separan durante la meiosis de manera que cada óvulo o espermatozoide tiene uno de los genes pero no ambos. Cuando se da la fecundación pueden surgir cuatro posible las combinaciones genéticas, las cuales tienen igual probabilidad. Las combinaciones de óvulos y espermatozoos puede determinarse por al multiplicación algebraica $(\frac{1}{2} B + \frac{1}{2} b) \times (\frac{1}{2} B + \frac{1}{2} b)$ óvulos x $(\frac{1}{2} B + \frac{1}{2} b)$ espermatozoos.	Hace mención de la separación de genes en individuos heterocigotos durante la meiosis. De manera que cada espermatozoide u óvulo tendrá uno de los genes. La combinación de estos en la fecundación se da en términos de probabilidad. Las combinaciones genéticas durante la fecundación se pueden expresar en forma algébrica, lo cual estaría planteando la posibilidad	Biológico: generaliza el comportamiento o tendencia de los genes a separarse o segregarse.



		realizar generalizaciones o síntesis de proceso biológicos en términos de la matemáticos.	
VC28(35)	Las razones genéticas se expresan apropiadamente en términos de probabilidades. La razón 3:1 presentada en el cruce de individuos heterocigotos)tres dominantes o un recesivo) será aproximada entre más numerosa sea la descendencia.	. Presenta una generalización en el sentido del planteamiento de razones genéticas que expresadas en términos de probabilidades pueden describir un cruce genético en relación con las proporciones de dominantes y recesivos.	Biológico: en relación entre genes en individuos heterocigotos, las cuales se expresan en términos de razones matemáticas.
VC28(58)	En las plantas y los animales se presentan muchos más pares genes que pares de cromosomas. Los cromosomas se heredan como unidades, se aparean y se separan como unidades durante la meiosis. Los genes de cualquier cromosoma tienden a separarse juntos.	Cromosomas como unidades estructurales y funcionales.	Biológico: Hace mención del comportamiento de estructuras.
VC28(66)	Los cromosomas sexuales constituyen una excepción a la regla de que todos los homólogos son iguales en tamaño y forma. En las hembras de muchas especies se encuentran dos cromosomas del sexo idénticos(XX) pero en los machos el cromosoma X se encuentra acompañado de un cromosomas más pequeño llamado Y.	Se presenta a los cromosomas sexuales como excepción a regla de que los homólogos son iguales en tamaño y forma. En los machos esta regla no se cumple ya que el cromosoma Y suele ser más pequeño que el cromosoma X.	Biológico: en relación a excepciones que se pueden presentar en generalizaciones respecto a los cromosomas.
VC28(67)	En animales inferiores el sexo es determinado por la proporción de cromosomas X en relación con los autosomas. En la mosca de la fruta la proporción de los machos es de un cromosoma X respecto a dos pares de autosomas(proporción 1:2 o 0.5) mientras que en las hembras la proporción es de los cromosomas X por dos pares de autosomas(proporción (1:1). Esta proporción puede ser cambiada generando súper machos o súper	Plantean en términos generales que la determinación del sexo se debe a la presencia de los cromosomas X y Y ,encontrándose que en los animales inferiores esta determinación se da por la proporción de cromosomas X en relación con los autosomas y en el hombre y otros mamíferos se da	Biológico: en relación a la genética de

	<p>hembras con sus respectivos rasgos exagerados. En la especie humana y acaso en otros mamíferos la masculinidad es definida en parte por la presencia del cromosoma Y. Encontrándose que la presencia de un cromosoma X de más la ausencia del Y provocan cambios en las características de los individuos.</p>	<p>por la presencia del cromosoma Y, aunque hay excepciones como las aves y los lepidópteros en el que las hembras corresponden a la combinación XY.</p>	<p>rasgos determinados por cromosomas sexuales.</p>
VC28(68)	<p>El mecanismo de la determinación del sexo se supone similar en todas las especies vegetales y animales de reproducción sexual. Sin embargo, se han observado aves y lepidópteros en los que los machos corresponden a la combinación XX y las hembras corresponden a la combinación XY. En los animales y plantas que poseen ambos sexos no ha sido observada la diferenciación cromosómica.</p>		
VC32(77)	<p>El origen de la vida como un proceso ordenado y natural en este planeta no solo fue posible, sino casi inevitable. Además, con el vasto número de planetas de todas las galaxias conocidas del universo debe haber muchas condiciones que permitan el origen de la vida, es probable que existan otros planetas en donde exista la vida tal y como la conocemos.</p>	<p>Hace mención a una posibilidad derivada de suponer que en el universo existen condiciones similares a la tierra. Lo que permite plantear que la vida exista en otros planetas.</p>	<p>Biológico: condiciones necesarias para la vida como algo universal.</p>
VC32(79)	<p>Existe entre los investigadores unanimidad en torno a ciertos principios fundamentales entre los que se destacan la opinión de que los cambios en los cromosomas y en genes constituyen la materia prima de la evolución, que es necesario el aislamiento para la creación de una nueva especie</p>	<p>Plantea una generalización, la cual supone que la evolución depende de cambios en los cromosomas y genes. Este sería un principio fundamental.</p>	<p>Biológico: Las generalizaciones como acuerdos en este caso en la relación entre cromosomas y cambio evolutivo.</p>

Tabla 24. Resultados con relación a Metodología

UNIDAD DE INFORMACIÓN	PROPOSICION(AGRUPACIÓN)	REFERENTE
VC1(10) VC1(11)	Cuando un biólogo ha logrado un descubrimiento, lo describe en un "artículo" en el cual explica sus métodos con bastante detalle para que otros puedan repetir el experimento; da los resultados de sus observaciones, presenta las conclusiones que pueden sacarse de ellas, y tal vez formula una teoría para explicarlas; además, indica la situación de estos nuevos hechos en el cuerpo constituido del conocimiento científico. Saber que su descubrimiento será sometido a juicio crítico por sus colegas significa estímulo potente para que repita cuidadosamente observaciones y experimentos buen número de veces antes de publicarlos. Luego, solicita la publicación del artículo en alguno de los periódicos profesionales de la especialidad (se calcula que en todo el mundo, en los distintos campos de la biología, se publican más de 9 700 de estos periódicos); leen el artículo uno o varios miembros del consejo de edición del periódico, todos ellos expertos en la especialidad. De ser aprobado, se publica y pasa a formar parte de "la literatura" del tema	Explicar los métodos con gran detalle se considera en el texto como un requisito para que se logre la validación del conocimiento. Esto implica una base empírica de la metodología científica.
VC1(12)	El método científico permite establecer explicaciones y generalizaciones con respecto a fenómenos observados. La esencia de este método radica en el planteamiento de preguntas y en la búsqueda de respuestas, las cuales se deben fundamentar en observaciones cuidadosas y experimentos susceptibles de ser verificados	[Haciendo referencia en general las ciencias] El propósito de método científico es establecer explicaciones y generalizaciones con respecto a fenómenos observados. Se fundamenta en preguntas y en la búsqueda de respuestas haciendo uso de la observación y experimentos verificables.
VC1(15) VC1(17)VC1(20) VC1(14)	Sobre la base de las observaciones se plantean generalizaciones conocidas como hipótesis. Estas constituyen la guía para el diseño de los experimentos, permiten hacer explicar fenómenos observados y hacer predicciones sobre otros que estén por observar.	Las hipótesis son generalizaciones, son la guía para el diseño de experimentos, permite explicar fenómenos observados y hacer predicciones sobre otros que están por observar.
VC1(21) VC1(22) VC1(24)	La demostración de la relación causa efecto se puede realizar mediante la aplicación de diferentes métodos (método de concordancia, método de diferencia, método de variación concomitante)Estos se fundamenta en buscar factores comunes, factores diferentes o variaciones entre dos o fenómenos.	La relación causa efecto puede ser demostrada por diferentes métodos, los cuales se fundamentan en buscar factores comunes, factores diferentes o variaciones entre dos fenómenos.
VC4(113)	Se puede estimular en el laboratorio la entrada de linfocitos que no están en ciclo a ciclo exponiéndolos a lectinas, tipo específico de proteínas vegetales,	Indica que en laboratorio es posible estimular procesos celulares exponiendo células

	los linfocitos entran en fase S y los cromosomas empiezan a duplicarse casi 24 horas después de ser expuesto a las lectinas, este retraso está asociado a la necesidad de los linfocitos de producir las enzimas necesarias para el proceso de duplicación. Esto indica que una célula no cíclica debe hacer lo que una célula cíclica realiza en la fase G1 antes de entrar en la fase S y duplicar los cromosomas	específicas a sustancias que permitan estimular la realización de proceso, siendo posible alcanzar resultados que permitan entender dichos procesos.
VC4(137)	Los ribosomas se pueden separar del resto de la fracción microsómica utilizando los métodos adecuados. Los ribosomas aislados pueden sintetizar proteínas invitro si se les proporciona instrucciones a través de un ARN mensajero, si tienen aminoácidos, una fuente de energía, enzimas y ARN de transferencia requerido.	Hace mención a la posibilidad de aislar los organelos celulares y hacerlos funcionar en condiciones invitro proporcionándoles los compuestos necesarios.
VC4(154)	Desde el descubrimiento de los métodos de cultivo de tejidos fuera del organismo de los animales y las plantas se han hallado nuevos hechos acerca de la estructura y función celular. El medio de cultivo para células de animales implica la preparación y esterilización de un medio nutritivo a base de plasma sanguíneo, extracto de células embrionarias, vitaminas y otras sustancias	El cultivo de tejidos como método de estudio de la estructura celular.
VC4(155)	Las células de los animales pueden crecer en cultivo de tejidos en forma de lámina sobre sustrato sólido sumergido en medio nutritivo o en cultivo de células suspendidas en líquido nutritivo	Como forma de estudio de los tejidos, estos se cultivan en medios de cultivo.
VC4(156) VC4(157)	SE pueden estudiar los detalles de la morfología celular a través de fragmentos de tejido muerto rápidamente por un fijador que no destruye la estructura celular, dicho tejido es después seccionado por el micrótopo y coloreado. Muchas estructuras como el núcleo y las mitocondrias se coloran con colorante con los cuales tienen afinidad química. Para microscopía electrónica el tejido es fijado con ácido ósmico, se colocan en plástico acrílico para hacer cortes en secciones muy delgadas y se colocan en rejillas para ser sometidos al haz de electrones.	Hacen mención a la metodología que se ha seguido para la observación de la morfología celular. SE describe en términos de procedimientos técnicos: Fijación, corte y coloración: Esta última se fundamenta en la afinidad química de las estructuras.
VC28(5)	El estudio de la herencia de caracteres contrastantes, contar y registrar los padres y descendencia de cada uno de los cruces así como su conocimiento de la matemática, le permitieron a Mendel establecer hipótesis acerca de la herencia.	Mendel estableció hipótesis acerca de la herencia a partir de estudio de caracteres contrastantes, registrando y contando los padres y descendencia de cada cruce y aplicando conocimientos matemáticos.
VC28(15)	Algunos investigadores utilizaron ratones, conejos vacas y pollos para estudios en la herencia. Pero el estudio favorito fue al mosca de la fruta por tamaño, ciclo de vida corto, baja cantidad de cromosomas, la facilidad para su estudio por medio del microscopio y las facilidades de su crianza en laboratorio.	Los estudios de la herencia se han llevado a cabo utilizando animales, siendo el estudio de la mosca de la fruta preferido por su facilidad.

VCC28(25)[Haciendo referencia a el objetivo explicativo del texto]	El empleo de términos genético y algunos principios básico de la genética pueden ilustrarse si se toma como ejemplo un cruce monohibrido.	El cruce monohibrido permite ilustrar algunos términos y principios básicos de la herencia.
VC28(30)	Las combinaciones de óvulos y espermatozoides pueden representarse en un cuadro de damas o cuadro de Punnett, en el cual en la parte superior se representan los tipos de óvulos, a lo largo del lado izquierdo los tipos de espermatozoides y los cuadrados contienen las combinaciones de los cigotos resultantes.	El cuadro de Punnett permite representar las combinaciones de óvulos y espermatozoides. En la parte superior se representan los tipos de óvulos, a lo largo lado izquierdo los tipos de espermatozoides y los cuadro del interior contienen las posibles combinaciones de los cigotos resultantes.
VC28(42)	En los problemas genéticos prácticos es recomendable seguir los siguientes pasos para evitar errores: asignar un símbolo a cada gen y anotarlo, determinar los genotipos de los padres, indicar las posibles clases de gametos de los padres, dibujar un “tablero” en el que se ubiquen los gametos de los padres, incluir en el tablero las proporciones genotípicas y fenotípicas de la descendencia.	Es recomendable seguir pasos en los problemas genéticos prácticos para evitar errores.

Tabla 25. Resultados con relación a observación y experimentación

UNIDAD DE INFORMACIÓN	PROPOSICIÓN	REFERENTE
VC1(4)	La importancia de observación fue resaltada por Vesalio, quien aconsejaba confiar más en la observación que en la autoridad, ya que mediante la disección y posterior ilustración de sus observaciones logro poner de manifiesto algunos inexactitudes en las descripciones de Galeno.	La observación como validación de la veracidad en las afirmaciones y como elemento metodológico que permite validar y corregir ideas anteriormente expuestas.
VC1(9)	Lafuente última de los hechos biológicos descritos en el libro, se encuentra en la observación o experimento cuidadosamente observado por algún biólogo. Los descubrimientos deben ser divulgados, dando los detalles de su técnica para que otros puedan repetir la misma observación. Este criterio de <b>repetición</b> hace que podamos aceptar ciertas observaciones y experimentos como verdaderos; se descartan observaciones que no puedan ser duplicadas por investigadores competentes.	El conocimiento biológico se considera derivado de la observación o experimentos realizados por biólogos. Estas observaciones y experimentos deben cumplir el criterio de repetición para ser aceptados como verdaderos, razón por la cual se debe divulgar las técnicas en detalle para que otros las puedan repetir.

VC4(128)	Las mitocondrias se pueden separar de los demás organelos subcelulares mediante centrifugación diferencial de alta velocidad. Las mitocondrias purificadas al someterse a incubación invitro pueden metabolizar los carbohidratos y los ácidos grasos a bióxido de carbono y agua, utilizando oxígeno y liberando compuestos de fosfato ricos en energía.	SE puede experimentar con organelos aislados y purificados de las células, los cuales la ser incubados in vitro siguen presentando la función que cumplen dentro de la célula.
VC1(12) VC1(13) VC1(15) VC1(17)	La observación y la experimentación son elementos esenciales en el método científico. A partir de estos se logra alcanzar generalización y regularidades que permitan predecir relaciones de causa y efecto entre dos fenómenos. Además, las observaciones permiten dar elementos para confirmar o rechazar como válida una hipótesis.	La observación y la experimentación como parte esencial del método científico ya que permiten alcanzar la generalización y encontrar regularidades en las ciencias.
VC1(35)	En un momento dado se pueden tener dos teorías que expliquen satisfactoriamente los datos que se tienen, sin embargo con más observaciones y experimentos una o tal vez ambas teorías desaparezcan.	La observación y la experimentación permiten validar las teorías ya que a partir de estas las teorías pueden desaparecer.
VC28(10)	La observación de los cromosomas y el conocimiento en detalle de la mitosis, la meiosis y la fecundación permitieron confirmar la existencia de dos factores genéticos (genes) por cada carácter.	La existencia de dos genes por cada carácter fue confirmada por la observación de los cromosomas y el conocimiento en detalle de la mitosis, la meiosis y la fecundación.
VC28(20)	Examinar la célula en trance de división con el microscopio de fases e incluso con el microscopio ordinario, después de ser fijada y teñida, se puede distinguir en el núcleo los cromosomas, siendo posible observar su estructura y cambios durante la división.	Los cromosomas, su estructura y cambios durante la división puede ser observada mediante microscopios de fases e incluso con el microscopio ordinario.
VC28(27)	Las relaciones de dominancia entre dos genes deberán ser conocidas por medio de la experimentación.	La experimentación permite conocer las relaciones de dominancia entre dos genes.

VC28(70)	Las observaciones de M. L. Barr (1949) permitieron descubrir una mancha de cromatina en el borde del núcleo, esta fue denominada Cuerpo de Barr, Investigaciones ulteriores permitieron establecer que esta mancha solo se encuentra presente en muestras procedentes de hembra y se encuentra ausente en células de los machos.	Los cuerpos de Barr fueron descubiertos como una mancha de cromatina en el borde del núcleo por las observaciones de M. L. Barr. Estos solo se encuentran en muestras procedentes de células de hembras.
VC32(1)	El concepto de evolución se obtuvo como resultado de un gran número de observaciones acerca de las similitudes y diferencias en estructura y función de las diversas clases de animales y plantas en diferentes partes del mundo.	El concepto de evolución procede de un gran número de observaciones acerca de similitudes y diferencias en estructura y función de diferentes clase de plantas y animales.
VC32(18)	Las observaciones realizadas por Darwin en las islas Galápagos, lo llevaron a meditar acerca de la diversidad, induciéndolo a rechazar la teoría de la creación especial, buscando otra explicación para sus observaciones.	Darwin medito acerca de la diversidad a partir de las observaciones realizadas en las Islas Galápagos. Buscando ua explicación para sus observaciones diferentes a l teoría de la creación especial.
VC28(39)	Se han observado cientos de mutaciones en plantas y animales usados en experimentos genéticos (maíz y moscas de la fruta). Entre las mutaciones de están cambios en el color del cuerpo, apariencia de las alas, color de los ojos, patas y cerdas de apariencia extraña.	Las mutaciones pueden ser observadas usando experimentos, en especial se ha usado maíz y moscas de la frutas.
VC32(44)	Observaciones de poblaciones silvestres de moscas de la fruta y otros organismos han demostrado que sus fondos comunes de genes cambian adaptativamente, aun en respuesta a cambios ambiente.	Los cambios en el fondo común de genes de poblaciones silvestres de moscas de la fruta y otros organismos.
VC32(62)	Para establecer las relaciones filogenéticas de un grupo de organismo, cada investigador debe examinar el mayor número posible de características de cada tipo, buscando patrones de similitudes y diferencias. Los filogenistas originalmente se limitaron a comparar caracteres morfológicos, pero ahora pueden examinarse caracteres fisiológicos bioquímicos, inmunológicos y citológicos.	Las relaciones filogenéticas de un grupo de organismos se establecen buscando patrones de similitudes y diferencias mediante la comparación de caracteres morfológicos, fisiológicos, bioquímicos, inmunológicos y citológicos.

VC32(64)	Pruebas de vida en otras partes del cosmos se obtuvieron del descubrimiento hecho en 1961 de lo que fueron identificados como fósiles de organismos microscópicos en meteoritos, pero esto no es prueba de que organismos vivientes pudieran ser transportados por el espacio.	Se tienen pruebas de vida en otras partes del cosmos a partir del descubrimiento de fósiles de organismos microscópicos en meteoritos, esto no prueba que organismos vivientes pudieran ser transportados por el espacio.
VC4(1)	Roberth Hooke utilizó el microscopio para realizar una importante observación, el corcho no es una sustancia homogénea, sino que está formado por pequeñas cavidades a las que llamo células, lo que realmente vio fueron las paredes de celulosa de células muertas; la parte importante de las células es su contenido no sus paredes.	El microscopio permitió observar cavidades que fueron llamadas células, la última parte da a entender que pese a darse ese nombre Hooke realmente no observó células.
VC4(34)	El movimiento de las moléculas de agua no se puede observar bajo el microscopio, pero si se añade tinta china, las partículas carbonosas que la componen se mueven fortuitamente en zigzag, al recibir choques permanentes de las partículas de agua retroceden, explicándose así el movimiento de las partículas carbonosas.	Las limitantes de la observación directa de las moléculas de agua pueden ser superadas mediante la observación indirecta de partículas que sean fácilmente observables.
VC4(9)	Es fácil encontrar un medio de cultivo que permita el crecimiento de plantas unicelulares, para muchas basta una gota de agua de charco. Es más difícil preparar un medio que permita el desarrollo y división de células procedentes del cuerpo de un hombre, un pollo o una salamandra. El primero en lograrlo fue el zoólogo americano Ross Harrison, quien pudo cultivar células de salamandra en un medio artificial fuera del organismo en 1907.	El zoólogo Ross Harrison fue el primero en lograr cultivar células procedentes del cuerpo de animales en un medio artificial. Desde entonces es posible cultivar in vitro muchas variedades de células vegetales y animales, lo que ha permitido numerosos descubrimientos en fisiología celular.
VC4(10)	A partir de entonces se han cultivado en medio in vitro <sup>3</sup> muchas variedades de células animales y vegetales, lo que ha permitido numerosos descubrimientos en fisiología celular.	Resalta la importancia de los medios de cultivo para el avance de la fisiología, anotando que muchos descubrimientos han sido posibles por su utilización.
VC4(35)	La velocidad de difusión de las moléculas se puede demostrar colocando en el fondo de una probeta con agua un fragmento de colorante, en días y semanas el colorante asciende pero se necesitan meses para que se distribuya en la totalidad de la probeta. Esto demuestra que aunque la difusión es rápida en distancia pequeñas necesita de meses para recorrer unos cuantos centímetros.	Se puede someter a observación procesos físicos, en este caso aunque no se pudo observar directamente las moléculas, observando el comportamiento de un colorante se puede observar y demostrar procesos que se dan a nivel molecular.
VC4(39)	La osmosis se puede demostrar colocando en un vaso con agua un saco cerrado con un tapón atravesado por un tubo de vidrio. El saco	Se puede evidenciar procesos de movilidad de sustancias a través de la membrana mediante experimentos que permiten



	<p>se llena con una solución de azúcar. Dado que el azúcar no puede atravesar la membrana permaneciendo en el interior, el agua si puede pasar de un lado a otro. En una solución de azúcar al 95 por 100, donde solo el 5 por cien es agua, el agua del exterior tiende a desplazarse hacia el interior, moviéndose de un lugar de mayor concentración a uno de menor concentración.</p> <p>Al suceder la osmosis el agua sube por el tubo de vidrio, si entra la cantidad de agua equivalente a la que originalmente tenía el saco la solución de azúcar quedará diluida al 2.5 por 100, y tendrá el 97.5 por 100 de agua, pero como la concentración de agua en el exterior será siempre superior que dentro, la osmosis continuará. En un momento dado el agua subirá por el tubo a una altura tal que el peso de la columna ejerce presión igual a la del agua que tiende a entrar. Estableciéndose la osmosis en ambas direcciones.</p>	simular condiciones de concentración diferenciales.
VC4(79) VC4(78)	La estructura y morfología de los cromosomas se empieza a conocer gracias al desarrollo de instrumentos microscópicos y técnicas moleculares modernas. La observación de los cromosomas mediante el microscopio solamente es posible cuando la célula se encuentra en reproducción celular (mitosis o meiosis) cuando no esa en reproducción los cromosomas se encuentran diluidos, invisibles aun con la utilización de colorantes.	Resalta la importancia de los instrumentos y las técnicas moleculares en el conocimiento biológico, Además , de condicionar la observación de los cromosomas solo en determinados momentos de la división celular.
VC4(90)	Con el microscopio electrónico se puede observar la estructura del centriolo, este es descrito como un cilindro hueco, en cuyas pared aparecen enclavados nueve grupos de túbulos paralelos orientados longitudinalmente con tres túbulos por grupo.	Resalta la importancia del microscopio electrónico en la observación de la ultraestructura de los organelos, en este caso los centriolos.
VC4(92)	Se describe que es posible mediante una aguja sacar el huso y mediante técnicas especiales aislar sus fibras, averiguándose que tiene proteína de una sola clase y ARN. El estudio con el microscopio electrónico del huso ha permitido demostrar que durante la división celular se agrega material al huso, esto puede observarse quemando una porción con luz ultravioleta, esta marca se observa que se va desplazando desde el ecuador hacia los polos celulares.	Es posible el estudio de la ultraestructura celular, la aplicación de técnicas especiales permiten conocer la composición. La observación mediante el microscopio permite diferenciar si durante la división celular el huso se contrae y alarga o por el contrario el desplazamiento de los cromosomas es el resultado de agregar nuevo material.

Tabla 26. Resultados en relación con Experimento.

UNIDADES DE INFORMACIÓN	PROPOSICIÓN	REFERENTE
VC1(10)	Los experimentos deben ser susceptibles de ser repetidos por otros investigadores, por eso deben ser preparados cuidadosamente. La repetición de los experimentos asegura la validez de los descubrimientos y generalizaciones.	[Hace referencia a la Biología]Una característica de los experimentos es que puedan ser repetidos por otros investigadores. Esto asegura la validez de descubrimientos y generalizaciones.
VC4(38)	Si se llena con una solución de azúcar una bolsa de colodión, celofán o pergamino y se sumerge en un vaso de agua las moléculas de azúcar dializan por la membrana. Tras un análisis del contenido de glucosa dentro y fuera de la bolsa mostrara que son iguales, no hay cambio global de concentración porque la entrada y salida de sustancias se hace a la misma velocidad	La diálisis de sustancias a través de la membrana forma puede ser simulada en forma experimental de la cual se derivan análisis en relación con variables físicas relacionadas con la concentración de sustancias y la velocidad de desplazamiento de las mismas
VC1(23) VC1(26) VC1(22)	Los experimentos pueden implicar la utilización de grupos testigos, en el cual se varían ciertas condiciones con respecto al experimental. Esta estrategia puede llegar a confirmar la relación de causa y efecto entre dos fenómenos.	Utilizar grupos testigos puede estar implicado en la realización de experimentos, en este grupos se varían condiciones respecto al grupo experimental.
VC1(28)	Es posible que en un experimento se presenten tendencias propias en el sujeto, los instrumentos y la forma como se prepara, por lo cual se puede establecer un plan que contemple reglas generales, pero cada experimento puede variar debido a tendencias propias del sujeto y la forma como se prepara.	La realización de un experimento puede obedecer a reglas generales, pero puede presentar tendencias propias del sujeto, los instrumentos y la forma como se prepara.
VC4(153)	La observación de células aisladas y experimentos sobre ellas han permitido descubrir muchos principios biológicos fundamentales. Las células vivas pueden observarse en una gota de líquido mediante el microscopio	Acerca de la importancia de la observación y la experimentación con células para el avance de la Biología. Menciona la importancia de la observación con el microscopio para el estudio de las células vivas.
VC28(4)	Los cruces entre plantas de tabaco le permitieron a Kóltreuter inferir que los caracteres de los padres pasan a través del espermatozoo y el óvulo	Los cruces entre plantas permiten llegar a inferencias respecto a la forma como se heredan los caracteres.
VC28(6)	Mendel eligió varios tipos de plantas de guisantes. Llevo registros de siete pares contrastantes de caracteres, cruzando y contando los tipos de descendencia pudo establecer patrones de regularidad de la herencia.	Los cruces entre plantas y el registro de los caracteres y la contabilidad de los tipos de descendencia permitieron hallar regularidades respecto a los patrones de la herencia.

VC28(13)	Experimentos realizados en plantas y animales, así como la observación de rasgos humanos demostraron que los principios básicos de la herencia rigen a estos organismos	El experimento y la observación realizados en plantas y animales demostraron que los principios básicos de la herencia rigen a estos organismos
VC28(16)	Los experimentos realizados por Morgan y sus colaboradores revelaron la base genética de la determinación del sexo y ofrecieron explicación de los rasgos ligados al sexo.	Los experimentos permiten explicar situaciones de la herencia como lo es la determinación del sexo.
VC28(31)	La proporción 3:1 fue obtenida por Mendel mediante sus experimentos con guisantes, lo cual hoy es plenamente confirmado. La generación con la cual se comienza el experimento se denomina P <sub>i</sub> o generación paterna, la descendencia de esta se denomina F <sub>1</sub> o primera generación, la que resulta del cruce de individuos de la misma se denomina F <sub>2</sub> o segunda generación filial.	Los experimentos con guisantes permitieron a Mendel obtener la proporción 3:1, la cual está hoy plenamente confirmada.
VC32(37)	El vasto número de experimentos realizados con plantas y animales desde 1900 han demostrado que las mutaciones ocurren constantemente y que los cambios producidos en el fenotipo por tales mutaciones tiene valor adaptativo .	La ocurrencia constante de las mutaciones y el valor adaptativo de los cambios en el fenotipo ha sido demostrada por experimentos realizados en plantas y animales desde 1900.
VC32(60)	El hecho de que surjan tales series por hibridación y duplicación de cromosomas es apoyado por experimentos de laboratorio que dan series similares. Uno de los más famosos de estos cruzamientos experimentales fue hecho por Karpechenko, quien cruzó rábano con col.	Los experimentos apoyan la aparición hibridaciones entre especies diferentes.
VC32(65)	Los experimentos de Francesco Redi en 1680 indicaron que no crecen crestas de novo de la carne descompuesta y relegaron al olvido la antigua superstición de que los animales podían surgir por generación espontánea. Unos doscientos años después Luis Pasteur demostró concluyentemente que microorganismos como las bacterias no surgen por generación espontánea sino que surgen de bacteria preexistentes. Otros investigadores han demostrado que aun los organismos más pequeños, los virus filtrantes, no proceden por generación espontánea, la multiplicación de virus necesita de virus preexistentes.	Los experimentos de Francesco Redi en 1680 permitieron relegar al olvido la antigua superstición de la generación espontánea. Louis Pasteur comprobaría 200 años después que organismos como las bacterias no se originan por generación espontánea. Otros investigadores han comprobado que aun los virus filtrantes proceden de virus preexistentes.
VC32(70)	A partir de los planteamientos de Oparin-Haldene y los trabajos experimentales de Urey y Miller se inicia una nueva trayectoria en la	Los planteamiento de Oparin-Haldene y los trabajos experimentales de Urey y Miller se inicia una nueva

	investigación científica para explorar el origen de la vida en la tierra. Algunos científicos experimentan con nuevas fuentes de energía, presentes según ellos en la atmósfera primitiva; otros utilizan moléculas diferentes bajo el supuesto de que ellas pudieron formar parte del planeta en aquellos momentos.	trayectoria en la investigación científica sobre el origen de la vida. Se experimenta con nuevas fuentes de energía, o moléculas que se supone formaron parte del planeta.
VC32(68)	Harold Urey y Stanley Miller expusieron una mezcla de vapor de agua y gases metano, amoníaco e hidrogeno a descargas eléctricas durante una semana demostrando la producción de aminoácidos como glicina y alanina.	El experimento de Urey y Stanley Miller exponiendo una mezcla de vapor de agua, metano, amoníaco e hidrogeno a descargas eléctricas demostraron la producción de aminoácidos.
VC32(67)	Los experimentos de Melvin Calvin demostraron que la radiación de alta energía puede catalizar la síntesis de compuestos orgánicos. En estos experimentos se irradiaron soluciones de Bióxido de carbono y agua en un ciclotrón, obteniéndose ácidos fórmicos oxálicos y succínicos. Esto como se sabe son intermediarios en ciertas vías metabólicas de organismos vivientes. Irradiaron soluciones de Bióxido de carbono y agua en un ciclotrón, obteniéndose ácidos fórmicos oxálicos y succínicos. Esto como se sabe son intermediarios en ciertas vías metabólicas de organismos vivientes.	Los experimentos de Melvin Calvin demostraron la síntesis de compuestos orgánicos puede ser catalizada por radiación de alta energía.
VC4(12)	In vitro (del latín, en vidrio) designa un experimento llevado a cabo fuera del organismo, vegetal o animal, generalmente en un recipiente de vidrio cualquiera. En cambio, in vivo significa un experimento en un organismo animal o vegetal vivo. Si inyectamos glucosa radiactiva (marcada con carbono radiactivo) en la vena de una rata, y medimos la cantidad de elemento radiactivo en los gases pulmonares y la orina del animal, se tratará de un experimento in vivo. Pero si cultivamos células musculares en una solución de glucosa radiactiva contenida en un recipiente de vidrio, y procedemos al análisis para establecer el metabolismo del carbono radiactivo, se tratará de un experimento In vitro.	Experimento in vivo significa un experimento llevado a cabo en un organismo animal o vegetal vivo. In vitro significa un experimento llevado a cabo fuera del organismo animal o vegetal, generalmente en un recipiente de vidrio.
VC4(85) VC4(86)	El papel del núcleo se puede estudiar extirpándolo y observando las consecuencias de esta maniobra. Al extirpar el núcleo de una amiba por micro disección la amiba sigue viviendo pero no crece y muere a los pocos días.	Las funciones de las estructuras se pueden estudiar experimentalmente, suprimiendo dicha estructura y observando las consecuencias de dicha operación. Para comprobar las conclusiones se puede realizar

	<p>La muerte por la extirpación del núcleo se puede confirmar mediante un experimento testigo, sometiendo dos grupos de amibas al mismo traumatismo operatorio, extirpando el núcleo en un grupo y dejándolo en el segundo. Para esto se puede a travesar algunas amibas con una microaguja o desplazarla varias veces sin extirpar el núcleo, las amibas sometidas a esta operación fantasma siguen creciendo y dividiéndose, comprobándose que es la extirpación del núcleo la que provoca la muerte del primer grupo de amibas.</p>	<p>experimentos testigos, en los cuales en un grupos e suprime la estructura y en un segundo no.</p>
VC4(87) VC4(88) VC4(89)	<p>Hammerling demostró la importancia del núcleo mediante experimento de regeneración en <i>Acetabularia mediterránea</i>, la cual es una planta unicelular con un único núcleo. Al cortar transversalmente la planta observo que la parte inferior que contenía el núcleo continuaba viviendo y regeneraba una nueva planta, mientras que la parte superior carente del núcleo vivía mucho tiempo pero no podía regenerar la parte inferior.</p> <p>En otro experimento Hammerling comprobó que el núcleo produce una sustancia responsable de la regeneración de la corola. Este experimento consistió en cortar un fragmento del tallo por encima de parte inferior que contiene el núcleo y por debajo de la corola, observando que este fragmento puede regenerar la corola, pero si vuelve y se corta esta propiedad desaparece.</p> <p>En otro experimento injerto el tallo de <i>A Crenulata</i>, la cual se diferencia de <i>A mediterránea</i> ya que es ramificada, en la base de <i>A Mediterránea</i> que contenía el núcleo. El tallo regenero la corola pero esta no fue dictada por la especie a la que pertenece el tallo sino por la especie que proporciono la base y el núcleo, este a través de sus genes controlo la corola que fue regenerada.</p>	<p>La función del núcleo se puede demostrar en forma experimental, mediante la aplicación de cortes que permiten aislar las secciones en la cual se encuentra el núcleo, se observó que donde se suprimía el núcleo se evidenciaba la perdida de funciones y propiedades como lo son el crecimiento y la regeneración.</p>
VC4(98)	<p>Experimentos realizados con timina tritiada demostraron que el ADN es sintetizado durante la interfase.</p>	<p>Los experimentos son útiles para demostrar procesos moleculares como loes la síntesis de ADN</p>

Tabla 27. Resultados con relación a Condiciones socioculturales de la producción del conocimiento.

UNIDADES DE INFORMACIÓN	PROPOSICIONES	REFERENTES
VC1(9) VC(10) VC1(11)	La divulgación de los descubrimientos, así como la descripción detallada de las observaciones y experimentos que permitieron llegar a las conclusiones. Así como la posibilidad de su replicación por otros científicos son elementos esenciales para la validación del conocimiento.	La validación y valoración de los descubrimientos y hallazgos científicos dependen de otros científicos, siendo importante que estos puedan replicar las observaciones y experimentos que les permitan llegar a las mismas conclusiones. Para esto es necesaria la divulgación en reuniones de sociedades científicas y su publicación en medios escritos.
VC28(11)	Mendel informó los hallazgos de sus trabajos en una reunión de la sociedad para el estudio de las ciencias naturales y publicó sus resultados en las actas de dicha sociedad, sin embargo la importancia de sus hallazgos no fueron valorados por los científicos de su época y permanecieron ignorados por cerca de 35 años.	La poca valoración de los científicos de su época implicó que los hallazgos de Mendel permanecieran ignorados por cerca de 35 años.
VC1(26)	La ciencia no es moralmente neutra, los experimentos así como los conocimientos que de ellos se derivan tienen implicaciones de orden ético que pueden influir en las decisiones de orden práctico que han de tomarse.	La ciencia tiene implicaciones éticas, en especial cuando de ella derivan decisiones de orden práctico.
VC1(28)	En Biología Los términos que designan las estructuras y funciones deben ser expresados utilizando raíces griegas y latinas. Esto es un requisito que permite la aceptación internacional y una mayor precisión en el momento de hacer la descripción de una estructura o proceso de reciente descubrimiento.	[puede estar haciendo referencia a la validación por parte de una comunidad científica] el uso de las raíces griegas y latinas para expresar los términos que designan estructuras y funciones se consideran como un requisito para la aceptación internacional y asegura una mayor precisión en las descripciones de una estructura o un proceso
VC28(4)	El desconocimiento de la base citológica no le permitirá a y otros criadores de animales y cultivadores de plantas descubrir el mecanismo hereditario.	La posibilidad de realizar un descubrimiento se condiciona a la existencia de conocimientos, en este caso descubrir el mecanismo hereditario se vio imposibilitado por el desconocimiento de la citología.

Tabla 28. Resultados con relación a Finalidad del conocimiento.

UNIDADES DE INFORMACIÓN	PROPOSICIONES	REFERENTES
VC1 (12)	El objetivo de toda ciencia radica en brindar explicaciones para los fenómenos observados y establecer principios generales que permitan predecir las relaciones entre estos y otros fenómenos. Estas explicaciones y generalizaciones se logran por un tipo de sentido común organizado al que se denomina <i>método científico</i> .	El objetivo de toda ciencia (aunque el autor no menciona a la Biología es de entender está incluida en el sentido de toda ciencia) es brindar explicaciones para los fenómenos observados y establecer principios generales que permitan predecir relaciones entre estos y otros fenómenos.
VC1(30) VC1(34)	El conocimiento Biológico tiene aplicaciones prácticas en medicina, salud, agricultura, estudios sociales, conservación entre otras. Además, el estudio de las estructuras y funciones de los principales grupos de seres vivos y interacciones entre los organismos tienen implicaciones de tipo estético que permiten el gozo y valoración de la vida .	El conocimiento biológico tiene aplicaciones prácticas en diferentes disciplinas y ocupaciones. Su estudio puede llevar a una mayor valoración de la vida.
VC28(18)	Desde comienzos del siglo XX el interés por determinar la herencia específica de rasgos del hombre y de rasgos deseables en animales domésticos y plantas.	La genética se interesa por determinar la herencia de rasgos deseables en animales y plantas. Seleccionando aquellos fenotipos que evidencien un rasgo comercial. Para esto se realizan investigaciones de los genotipos mediante pruebas de apareamiento y cruces sucesivos.
VC28(19)	Los recientes conocimientos acerca de los principios de la genética han permitido a los genetistas criar casi que por encargo animales y plantas con rasgos genéticos deseables.	
VC28(54)	Para establecer razas o cepas animales o plantas que tengan rasgos deseables, seleccionan aquellos ejemplares que se acercan al fenotipo ideal , el cual es usado en cruces sucesivos que permitan obtener individuos homocigotos(dominantes o recesivos) que evidencien el rasgo comercial deseable.	
VC28(34)	La investigación de los genotipos mediante pruebas de apareamiento, en la cuales se observan la descendencia y sus mejoras es un método de gran importancia en la cría de animales y cultivo plantas con fines comerciales. La endogamia es puesta en práctica por aquellos expertos que desean mejorar los rasgos deseables de algunas especies.	

VC28(56)	Determinar los tipos sanguíneos puede ser de utilidad para resolver problemas de paternidad, tales pruebas nunca podrán demostrar que determinado hombre es el padre de determinado hijo, solo pueden establecer si podría ser su padre o no.	La determinación del grupo sanguíneo puede ser útil para demostrar la paternidad, aunque estas pruebas solo puede establecer la probabilidad de la paternidad.



Anexo N. 3 Unidades de información. Tomadas de Salomon, E. Berg, L. Martin D. y Vilee, C. Biología. Octava edición, 1996. México D.F. Mc GrawHill-Interamericana.

Capítulo N, 1 Introducción: Biología y Método Científico.

VC1(1) En cierto sentido, la biología es una ciencia antigua, pues hace muchos siglos que los hombres empezaron a catalogar los seres vivos y estudiar su estructura y función. En época de Aristóteles (de 384 a 322 A.C.), ya se sabía mucho, y se suponía aún más acerca de la vida; en las civilizaciones mucho más antiguas de Egipto, Mesopotamia y China, se conocían bastantes aplicaciones prácticas de plantas y animales. Los hombres de las cavernas, que vivían hace 20 000 años o más, dibujaban sobre las paredes de sus grutas cuadros exactos, además de muy bellos, de ciervos, bisontes y mamutes que los rodeaban. La supervivencia dependía del conocimiento de hechos biológicos fundamentales, por ejemplo, qué animal era peligroso y qué planta podía comerse sin peligro

VC1(2) Pero en otro sentido, la biología es una ciencia joven. Los grandes conceptos generales que forman el fundamento de toda ciencia sólo se han logrado en época relativamente reciente para la biología, y muchos todavía están sujetos a revisión. El descubrimiento del microscopio electrónico y de las técnicas de preparación de los tejidos para el examen correspondiente han revelado un orden de complejidad totalmente nuevo en la materia viva. El advenimiento más reciente del microscopio electrónico explorador ha permitido obtener mayores conocimientos de la estructura fina de células vegetales y animales. En los últimos años se han ideado muchos métodos físicos y químicos nuevos aplicados a problemas de la biología; así se han descubierto en la función de los seres vivos grados de complejidad comparables a los adelantos estructurales que debemos al microscopio electrónico.

VC1(3) La Biología, como conocimiento organizado, probablemente empezó en Grecia. Griegos y romanos describieron las numerosas variedades de plantas y animales conocidos en aquella época. Galeno (de 131ª 200 A.C.), primer fisiólogo experimental, llevó a cabo muchos experimentos para estudiar las funciones de nervios y vasos sanguíneos. Durante 1 300 años nadie se atrevió a contradecir sus descripciones de anatomía humana que, sin embargo, basadas en disecciones de monos y cerdos, contenían muchos errores. Autores como Plinio (de 23 a 79 D.C), escribieron enciclopedias, mezclas sorprendentes de hechos y ficciones acerca de la vida. Luego, en la Edad Media el hombre coleccionó "herbarios" y "bestiarios" que catalogaban y describían las plantas y animales, respectivamente. En el Renacimiento, al aumentar el interés para la historia natural se emprendieron estudios más exactos de estructura, funciones y costumbres vitales de sinnúmero de plantas y animales. Vesalio (1514-1564), Harvey (1578-1657), y John Hunter (1728-1793) estudiaron la estructura y función de animales en general, en particular del hombre con lo que fundaron las bases de anatomía y fisiología.

VC1(4) Vesalio diseccionó cuidadosamente cuerpos humanos y dibujó claramente sus observaciones, revelando muchas imprecisiones de las descripciones de Galeno. Destacó la importancia de confiar en observación detenida, de primera mano, en vez de en la autoridad de Galeno, y puso de este modo los cimientos del moderno enfoque de la anatomía. Con el invento del microscopio a principios del siglo xvii, Malpighi (1628-1694), Swammerdam (1637-1680) y Leeuwenhoek (1632-1723) pudieron estudiar la estructura fina de varios tejidos vegetales y animales. Leeuwenhoek fue el primero que describió bacterias, protozoarios y espermatozoides.

VC 1(5) En el siglo xix la biología extendió sus conocimientos y se modificó considerablemente; esta tendencia continuó rápidamente en el siglo xx. Esto se debe, en parte, a las perspectivas más amplias y a los conocimientos más detallados en la actualidad, y en parte a los nuevos enfoques que permitieron descubrimientos y técnicas de física y química. Estos adelantos técnicos han tenido por resultado estudios cuantitativos de las estructuras y reacciones moleculares que forman la base de los fenómenos biológicos; esta faceta de la ciencia ha recibido el nombre de biología molecular. Incluye: 1) análisis de la estructura de los genes y regulación genética de la síntesis de enzimas y otras proteínas; 2) estudio de corpúsculos subcelulares y su papel en los procesos de adaptación y regulación en la célula; 3) investigaciones de la diferenciación celular, y 4) análisis de la base molecular de la evolución mediante estudios comparativos de las moléculas de proteínas específicas (hemoglobinas, enzimas y hormonas) en diferentes especies. Estos estudios se hicieron posibles por la elaboración de métodos para determinar la serie de aminoácidos en una molécula de proteína y la serie de nucleótidos en moléculas de ARN y

ADN. En muchos de estos estudios, por razones técnicas se han usado los microorganismos más simples, bacterias y virus, pero los principios descubiertos se aplican a todos los seres vivos. Estas investigaciones, realmente, elucidando la naturaleza de las transformaciones químicas y energéticas que caracterizan a los fenómenos de la vida, han confirmado la unidad fundamental de la vida.

VC1(6) La definición corriente de la biología como "ciencia de la vida" sólo tiene sentido si ya sabemos lo que quieren decir "vida" y "ciencia". De la vida no puede darse definición sencilla; en el capítulo 3 presentaremos las características de los seres vivos, tales como crecimiento, movimiento, metabolismo, reproducción y adaptación. La biología estudia las múltiples formas que pueden adoptar los seres vivos, así como su estructura, función, evolución, crecimiento y relaciones con el medio.

VC1(33) Se ha transformado en una ciencia tan amplia que de ninguna manera puede dominarla un solo hombre, ni es posible exponerla en forma completa en un solo libro; casi todos los biólogos son especialistas en alguna de las muchas ciencias biológicas.

VC1(7) El botánico y el zoólogo estudian los tipos de organismos y sus relaciones con los reinos vegetal y animal, respectivamente. Hay especialistas que se ocupan sólo de una variedad de seres vivos; los ictiólogos trabajan con peces, los micólogos con hongos, los ornitólogos estudian las aves, etc. La anatomía, la fisiología y la embriología se ocupan de la estructura, función y desarrollo de los organismos. Todavía pueden dividirse según el tipo de organismo de que se trate: fisiología animal, fisiología de mamíferos, fisiología humana. El parasitólogo estudia las formas de vida que se encuentran dentro o sobre otros organismos y que viven a expensas de ellos; el citólogo estudia la estructura, la composición y la función de las células; el histólogo las propiedades de los tejidos.

VC1(8) La genética es la ciencia del modo de transmisión de las características de una generación a la siguiente; está muy relacionada con el estudio de la evolución, en la cual se quiere descubrir en qué forma surgen especies nuevas, y de qué manera las variedades antiguas han dado lugar a las actuales. Por taxonomía entendemos el estudio de la clasificación de plantas y animales y sus relaciones en la evolución. La ecología es el estudio de las relaciones de un grupo de organismos con su medio, incluyendo éste los factores físicos y otros organismos vivos considerados como alimento, resguardo, factores de competencia o depredadores. Trata cuestiones como por qué las comunidades naturales están compuestas de ciertos organismos y no de otros, cómo los distintos organismos actúan recíprocamente y con el medio ambiente físico, y cómo el hombre puede controlar y mantener estas comunidades naturales,

VC1(9) Puede preguntarse: ¿De dónde vienen todos los hechos biológicos descritos en este libro? ¿Cómo sabemos si son ciertos? Naturalmente, la fuente última de cada hecho se encuentra en alguna observación o experimento cuidadosamente observado por un biólogo. En los primeros tiempos, los hombres de ciencia no divulgaban sus descubrimientos, pero ya se ha comprendido que los descubrimientos científicos son propiedad pública y, por lo tanto, deben publicarse. No basta que alguien afirme en una revista científica haber comprobado un hecho determinado; debe dar todos los detalles importantes de su técnica, de modo que otros puedan repetir la misma observación. Este criterio de posible repetición hace que podamos aceptar ciertas observaciones o experimentos como verdaderos; se descartan las observaciones que no pueden ser duplicadas por investigadores competentes.

VC1(10) Cuando un biólogo ha logrado un descubrimiento, lo describe en un "artículo" en el cual explica sus métodos con bastante detalle para que otros puedan repetir el experimento; da los resultados de sus observaciones, presenta las conclusiones que pueden sacarse de ellas, y tal vez formula una teoría para explicarlas; además, indica la situación de estos nuevos hechos en el cuerpo constituido del conocimiento científico. Saber que su descubrimiento será sometido a juicio crítico por sus colegas significa estímulo potente para que repita cuidadosamente observaciones y experimentos buen número de veces antes de publicarlos. Luego, solicita la publicación del artículo en alguno de los periódicos profesionales de la especialidad (se calcula que en todo el mundo, en los distintos campos de la biología, se publican más de 9 700 de estos periódicos); leen el artículo uno o varios miembros del consejo de edición del periódico, todos ellos expertos en la especialidad. De ser aprobado, se publica y pasa a formar parte de "la literatura" del tema.

VC1(11)Antiguamente, con pocas publicaciones, una sola persona podía leerlas todas cada mes, pero en la actualidad es totalmente imposible. Ciertas publicaciones como Biological Abstracts son de gran ayuda para el biólogo, pues publican resúmenes de cada artículo, clasificados por especialidades, dando los hechos mencionados y referencias de la publicación original. Un paso más allá de la publicación de resúmenes es el periódico Current Contents, que simplemente menciona los títulos y autores de los trabajos de investigación que aparecen en cada uno de los varios centenares de periódicos, para facilitar más la búsqueda se incluyen el nombre, volumen y páginas del periódico en que puede encontrarse el documento.

VC1 (12)[hace referencia las ciencias en general]El objetivo de toda ciencia radica en brindar explicaciones para los fenómenos observados y establecer principios generales que permitan predecir las relaciones entre estos y otros fenómenos. Estas explicaciones y generalizaciones se logran por un tipo de sentido común organizado al que se denomina método científico, pero es difícil reducir este método a un conjunto de reglas que puedan aplicarse a todas las ramas de la ciencia. Uno de los postulados básicos del método científico es el rehusar la autoridad, o sea, no aceptar nunca un hecho por la simple razón que alguien lo afirme. El científico es siempre un escéptico y necesita confirmación de las observaciones por parte de un individuo independiente. La esencia del método científico consiste en el planteamiento de preguntas y búsqueda de respuestas; ahora bien, las preguntas deben ser "científicas", originadas en experimentos y observaciones, y exactamente igual las respuestas, que además deben ser susceptibles de comprobación en experimentos y observaciones ulteriores.

VC1(13)La base de un método científico y la fuente última de todos los descubrimientos de la ciencia es la observación cuidadosa y precisa, con experimentos lo más libre posible de variantes, con testigos adecuados, lo más cuantitativo posible. Las observaciones y experimentos pueden así analizarse o simplificarse, de modo que pueda introducirse en los fenómenos observados cierto tipo de orden. Luego, las partes pueden sintetizarse o unirse para descubrir sus interacciones. Sobre la base de estas observaciones, el hombre de ciencia generaliza o elabora una hipótesis sobre la naturaleza de la observación, o quizá la enlace con una cadena de fenómenos, tal vez relaciones de causa a efecto entre diferentes fenómenos.

VC1(14)Las predicciones a partir de la hipótesis pueden así probarse por medio de otros experimentos. La diferencia entre hombres de ciencia estriba en la elaboración de hipótesis; éstas son también las que permiten que se manifieste el genio. Es rarísima la capacidad de percibir la verdad a través de una masa de resultados y de sugerir las relaciones entre éstos. Debe insistirse en que la ciencia no adelanta por simple acúmulo de hechos ni el mero planteamiento de hipótesis. Ambos procesos son inseparables en las investigaciones científicas en general: observación, hipótesis, revisión de la hipótesis y nuevas observaciones.

VC1(15)Cuando el hombre de ciencia comienza una investigación, tiene la ventaja de que puede, con los principales hechos conocidos en la materia, elaborar una "hipótesis de trabajo" que guiará el planeamiento de sus experimentos. Si hay observaciones en desacuerdo con su hipótesis, puede suponer que es falsa o su observación equivocada. Debe repetirla, tal vez con cierta modificación del experimento para llegar de otra forma a la relación buscada, o con técnica diferente. Si se asegura la validez de la observación, hay que descartar la hipótesis o corregirla en función del nuevo resultado.

VC1(16)Lo ideal sería que cada nueva observación estuviera completamente de acuerdo o desacuerdo con la hipótesis; pero a menudo es difícil realizar un experimento que dé un "sí" o un "no" tajantes. Constantemente mejoran y complican las hipótesis. Son pocos los hombres de ciencia que consideran una hipótesis, aunque muy ensayada, como verdad absoluta y universal. Simplemente, esta hipótesis se considera como la más próxima a la verdad en circunstancias determinadas. Por ejemplo: la ley de la conservación de la energía, alcanzó aceptación amplísima hasta que los trabajos de Einstein señalaron que debía modificarse para explicar la posible transformación mutua de materia y energía. Aunque esto pueda haber parecido una distinción baladí en cierta época, por carecer de importancia en las reacciones químicas ordinarias, es la base teórica de la energía atómica.

VC1(17)Cuando se ha planteado una hipótesis para explicar algunos hechos, puede recurrirse a la lógica clásica para deducir sus consecuencias. En física y química, y hasta cierto punto en biología, las hipótesis y deducciones pueden expresarse matemáticamente, con posibles conclusiones, bastante complicadas y de alcance amplio. Sobre la base de estas deducciones es posible predecir los resultados de otras observaciones y experimentos; se somete a prueba la hipótesis, viendo si permite o no predicciones válidas. Cuando la hipótesis es una simple generalización, tal vez baste examinar más ejemplos para ver si esta generalización es válida. Las hipótesis más complejas, que a veces no pueden probarse directamente, se ensayan buscando si ciertas deducciones lógicas de las mismas resultan ciertas. A menos que se someta a algún tipo de prueba experimental (por ejemplo, sus predicciones deben verificarse de alguna manera), la hipótesis es simple especulación.

VC1(18)Una hipótesis apoyada en muchas observaciones y experimentos distintos se transforma en teoría, a la que Webster define como "principio general científicamente aceptable que se ofrece para explicar los fenómenos; análisis de un conjunto de hechos en sus relaciones mutuas ideales". Una buena teoría relaciona, desde un punto de vista único, hechos que previamente parecían dispares y sin explicación común. En realidad puede predecir nuevos hechos y sugerir nuevas relaciones entre los fenómenos.

VC1(19)Una teoría correcta, además de señalar la relación entre distintas clases de hechos, aclara y simplifica la comprensión de los fenómenos naturales. Según las propias palabras de Einstein: "En toda la historia de la ciencia, desde la filosofía griega hasta la física moderna, se ha intentado reducir la aparente complejidad de los fenómenos naturales a unas cuantas ideas y relaciones simples y fundamentales." En verdad, pues, la ciencia es la búsqueda de la sencillez. William de Occam, filósofo del siglo xiv, decía que "Essentia non sunt multiplicanda praeter necessitatem", o sea, "Las entidades no deben multiplicarse más de lo necesario". Este principio de parsimonia (a menudo llamado navaja de Occam porque "rasura" una teoría hasta sus elementos fundamentales) significa que no deben postularse más fuerzas o causas de las necesarias para explicar los fenómenos observados. En la práctica, equivale a preferir la explicación más sencilla que resulte satisfactoria para los hechos conocidos.

VC1(34)Las teorías nuevas de biología, al desechar errores previos y señalar nuevas relaciones entre fenómenos, no sólo estimulan la investigación en biología teórica, sino que suministran la base de muchos adelantos prácticos en medicina, agricultura y campos afines.

VC1(35)En cambio, una teoría incorrecta tarde o temprano desemboca en absurdos y contradicciones evidentes. A menudo, en alguna fase de nuestro conocimiento, dos o más teorías suministran explicaciones satisfactorias para los datos conocidos. Pero con más observaciones o experimentos, alguna de las dos teorías desaparece, y tal vez ambas.

VC1(20)Vemos, así, que el método científico consiste en observaciones cuidadosas, las que disponen ordenadamente los fenómenos observados. Luego se intenta una hipótesis o esquema conceptual que explique no sólo los hechos antes observados, sino también otros nuevos según se descubran. Las ciencias difieren mucho en cuanto a la exactitud de predecir fenómenos; algunos pretenden que la biología no es ciencia porque nunca es completa la predicción. Sin embargo, aun la física, que suele considerarse la ciencia más "científica", dista mucho de que todos sus fenómenos puedan predecirse. Podemos saber anticipadamente con gran precisión el momento de los eclipses, pero no son posibles las predicciones en mecánica cuántica ni tampoco prever la fecha de un terremoto, ni siquiera las condiciones meteorológicas de mañana.

VC1(21)En casi todo estudio científico una de las metas fundamentales es explicar la causa de algún fenómeno pero es muy difícil conseguir pruebas absolutamente seguras de relación de causa a efecto entre dos acontecimientos. Si las circunstancias que producen cierto fenómeno siempre tienen en común un mismo factor en varios casos, tal vez este factor sea su causa. La dificultad estriba en comprobar que dicho factor sea el único común a todos los casos. Por ejemplo vemos que el whisky con agua, el ron con agua y la ginebra con agua producen ebriedad, pero sería erróneo concluir que el agua es el único factor común y, por lo tanto, causa de la intoxicación.

Este método de búsqueda en distintos casos del factor común que pueda ser causa del fenómeno (conocido como método de concordancia) rara vez es prueba suficiente de relación de causa y efecto, por la dificultad de asegurarse de que dicho factor sea en realidad el único común. El que todos los enfermos de beriberi tengan alimentación escasa en tiamina no prueba que la enfermedad se deba a esta carencia, pues pueden concurrir otros factores. v

VC1(22)Otro método para descubrir las relaciones de causa a efecto es el método de diferencia: si dos grupos de circunstancias sólo difieren en un factor, y la que presenta este factor produce un fenómeno en tanto la otra no lo produce, es lícito considerar el factor en cuestión como causa del fenómeno. Por ejemplo, si dos grupos de ratas reciben alimentaciones idénticas, pero la primera con todas las vitaminas y la segunda sin tiamina, y el primer grupo crece normalmente en tanto que el segundo no lo consigue, e incluso sufre polineuritis, tenemos fundamento para suponer que la polineuritis o el beriberi en las ratas es producido por carencia de tiamina, aunque no sea prueba absoluta. Con razas de ratas de laboratorio en que todos los individuos se parezcan lo más posible en cuanto a herencia (se utilizan hermanos de carnada de esta cepa), podemos asegurar de que no haya diferencias hereditarias entre los testigos (que reciben alimentación completa) y los animales de experimentación (que reciben todas las vitaminas menos tiamina).

Podríamos pensar que la alimentación sin tiamina no tiene sabor tan agradable como la otra, y que los animales de experimentación simplemente comieron menos, a consecuencia de lo cual dejaron de crecer y padecieron síntomas de deficiencia (inanición parcial).

VC1(23)Esta fuente de error puede evitarse por "alimentación apareada", al poner juntos un animal testigo y uno de experimentación, pesando cada día el alimento ingerido por la rata en experimentación, y dando solamente esta cantidad de alimento al testigo.

VC1(24)Una tercera manera de apreciar relaciones de causa a efecto es el método de la variación concomitante: si una variación de cierto factor produce un cambio paralelo del defecto, este factor probablemente es la causa del fenómeno. Por ejemplo, si otros grupos de ratas reciben alimentaciones con cantidades variables de tiamina y la protección contra el beriberi varía directamente con la cantidad de tiamina ingerida, podemos aceptar que la deficiencia de tiamina es la causa del mal.

VC1(25)Debemos insistir en que rara vez logramos certeza total de que un fenómeno X produzca un efecto Y. Cuando muchos experimentos y observaciones sucesivas dan el mismo resultado, aumenta la probabilidad de que X sea causa de Y. Cuando los experimentos o las observaciones pueden lograrse cuantitativamente (o sea que sus resultados pueden contarse o medirse en alguna forma), es posible mediante análisis estadístico considerar las probabilidades de que X produzca Y o de que Y se presente después de X por azar. Generalmente los hombres de ciencia aceptan cierta relación de causa a efecto entre X y Y si pueden demostrar que la relación X-Y observada tiene menos de una probabilidad en 100 de deberse al azar. El diálisis estadístico de un grupo de datos nunca puede dar respuesta categórica a una pregunta; sólo puede decirnos que un fenómeno es muy probable o muy improbable. También puede informar al investigador de cuántos experimentos más, aproximadamente, debe hacer para llegar a cierto nivel de probabilidad de que X sea causa de Y.

VC1(26)Cada experimento debe contar con un grupo testigo (tratado exactamente como el grupo experimental en todos los aspectos salvo en uno, el factor cuyo efecto se busca). El empleo de testigos en los experimentos de medicina plantea la difícil pregunta de si hay justificación moral para no administrar un tratamiento a un paciente que tal vez lo necesite. Si hay bastantes pruebas de que un tratamiento es mejor que otro, el médico difícilmente puede completar la experimentación. Sin embargo, la literatura médica tiene la comprobación de que algunos tratamientos empleados antaño, son inútiles o hasta dañinos, para finalmente abandonarse cuando los experimentos demostraron su ineficacia. Los datos sobre los cuales se basaban en un principio carecían evidentemente de testigos adecuados. En la aceptación de cualquier tratamiento nuevo llega un momento en que la profesión médica no sólo tiene justificación, sino en realidad obligación moral de pruebas cuidadosamente confirmadas en seres humanos para asegurarse de que el nuevo tratamiento es mejor que el precedente.

VC1(27)Cuando una hipótesis se ha ensayado, coincide con los hechos y permite hacer predicciones válidas, puede llamarse teoría, principio o ley. Aunque la palabra "ley" suele indicar más seguridad que "teoría", las dos son casi sinónimas.

VC1(28)El estudiante de biología tiene ante sí una extensa lista de términos ciegos estructuras y mecanismos funcionales, sus componentes clínicos y sus relaciones recíprocas. Para lograr la mayor precisión posible y tener un sistema aceptado internacionalmente, es costumbre usar términos latinos o griegos cuando es posible o crear nuevas voces usando raíces griegas o latinas, dándoles forma latina, cuando describen una estructura o proceso de reciente descubrimiento. El número de nuevos vocablos introducidos en este texto se ha reducido al mínimo, pero muchos términos son realmente partes intrínsecas de los conceptos y principios que se discuten y no pueden eliminarse.

VC1(29)Al tratar de las dimensiones de la célula y de las cantidades de material presentes en el nivel celular, se necesitan unidades de un tamaño apropiadamente pequeño. Las unidades de longitud incluyen el micrómetro (0.001 mm), el nanómetro ( $10^{-6}$  mm) y la unidad Angstrom ( $10^{-7}$  mm). Los pesos se expresan en miligramos (10<sup>3</sup> g), microgramos (10<sup>-6</sup> g), nanogramos (10<sup>-9</sup> g), picogramos (10<sup>-12</sup> g) o en daltons. Un dalton, unidad de peso molecular, es el peso de un átomo de hidrógeno. Una molécula de agua (H<sub>2</sub>O) pesa 18 daltons y una molécula de hemoglobina, proteína de tamaño medio, pesa 64 500 daltons. La escala de tamaños de estructuras biológicas se describe en la figura 1-1, en la que los tamaños de los organismos, células, virus y moléculas se disponen en escala logarítmica.

VC1(30)Algunos empleos prácticos del conocimiento de la biología se presentarán sucesivamente al estudiante que lea esta obra: medicina, salud pública, agricultura y conservación, estudios sociales y contribuciones a la

formulación de una filosofía de la vida. Además, el estudio de la biología tiene valor estético. El estudiante nunca podrá aprender todos los nombres o características de la extensa variedad de plantas y animales, ni siquiera la mayor parte; pero el conocimiento de la estructura y funciones de los tipos principales aumenta mucho el placer de un paseo por los bosques o una excursión por las playas. El ciudadano común sólo conoce una pequeña parte del gran panorama de las cosas vivas, pues casi todas se encuentran en lugares de difícil acceso, como el mar o partes de la tierra que rara vez se visitan. Tal vez se comprenda mejor la gran variedad de formas vivientes mediante visitas a jardines botánicos, zoológicos, acuarios y museos.

VC1(31) Es imposible describir formas de vida sin hablar de los lugares donde se desarrollan. Esto nos lleva a uno de los esquemas conceptuales que dan más unidad a la biología, o sea que las cosas vivas de cierta región presentan relaciones estrechas entre sí y con el medio. Este tipo de estudio es fundamental para la sociología. Las formas actuales de vida también presentan relación más o menos clara con los fenómenos de evolución. Al hablar de cada una de las principales formas de vida comprenderemos y recordaremos mejor los hechos correspondientes si tratamos de colocar este organismo en el lugar que le corresponde en la naturaleza.

VC1(32) [haciendo referencia al propósito de texto más no al propósito del conocimiento Biológico] En nuestro estudio de los principios biológicos enfocaremos nuestra atención en el hombre, para darnos una idea del lugar que ocupa en el mundo biológico. Muchos animales lo superan en cuanto a número, tamaño, fuerza, resistencia y poder de adaptación, muchas veces es deficiente su adaptación al medio (que como veremos, puede considerarse el atributo biológico de más importancia en un organismo vivo). Sin embargo, en un estudio rápido de biología general, tanto las consideraciones prácticas como el interés general exigen que nuestras presentaciones se centren en el hombre, pues nos preocupa intensamente saber cómo duele el estómago, cuál es el período de gestación de la mujer y en qué grado resiste un organismo humano o una de sus partes.

Capítulo N. 4 Células y tejidos.

VC4(1) Hace unos 300 años, Robert Hooke utilizó el recién inventado microscopio para hacer la notable observación de que el corcho no era una sustancia homogénea, sino formada de pequeñas cavidades regulares a las que llamó células. Lo que él vio fueron las paredes de celulosa de células muertas; la parte importante de la célula es su contenido, no su pared.

VC4(2) En 1839, el fisiólogo de Bohemia, Purkinje, acuñó el término protoplasma para designar el contenido vivo de la célula. Al saber más cosas acerca de la estructura y función de la célula, se ha comprendido que el contenido vivo de la célula era un sistema de increíble complejidad de partes heterogéneas. El término "protoplasma" carece de significado claro en sentido físico o químico, pero puede utilizarse todavía para referirse a todos los constituyentes organizados de una célula.

VC4(3) Dos alemanes, Matthias Schleiden, botánico, y Theodor Schwann, zoólogo, formularon en 1838

VC4(4) la generalización que desde entonces ha llegado a constituir teoría celular los cuerpos de todas las plantas y animales están formados de células. Sólo pueden aparecer nuevas células por división de las preexistentes, idea emitida por primera vez en 1855 por Virchow.

VC4(5) El corolario de este postulado, o sea que todas las células que viven actualmente, remontan a los tiempos más antiguos, fue señalado por August Weismann alrededor de 1880.

VC4(6) La teoría celular incluye el concepto de que célula es la unidad fundamental, tanto de función como de estructura —el fragmento representativo, más diminuto que ostenta todas las características de las cosas vivas.

VC4(7) Cada célula contiene un núcleo y está rodeada de membrana plasmática. Los glóbulos rojos del mamífero pierden su núcleo durante la maduración, en tanto que los músculos estriados poseen varios núcleos, excepciones, sin embargo, a la regla general de un núcleo por célula.

VC4(8) En las plantas y animales más simples, toda la materia viva se encuentra dentro de una sola membrana plasmática. Estos organismos pueden considerarse unicelulares, o sea de una sola célula o acelulares, en el sentido de que su cuerpo no está dividido en células. Pero pueden presentar alta especialización de forma y función dentro de esta célula única que además puede ser muy grande mayor que todo el cuerpo de algunos organismos multicelulares. Es, por lo tanto, erróneo suponer que un animal de una sola célula es forzosamente menor y menos complejo que otro de varias células.

VC4(9)Pues en ambiente adecuado, una simple célula crece y termina dividiéndose para formar dos células. Es bastante fácil encontrar un medio que permita el crecimiento y multiplicación de plantas unicelulares; para muchas, basta una gota de agua de charco. Es más difícil preparar un medio que permita el desarrollo y división de células precedentes del cuerpo de un hombre, un pollo o una salamandra. El primero en lograrlo fue el zoólogo americano Ross Harrison, quien pudo cultivar células de salamandra en un medio artificial fuera del organismo en 1907.

VC4(10)A partir de entonces se han cultivado en medio in vitro muchas variedades de células animales y vegetales, lo que ha permitido numerosos descubrimientos en fisiología celular.

VC4(11)Las células de distintas plantas y animales, y de diferentes órganos en una sola planta o animal, presentan gran variedad de tamaños, formas, colores y estructuras internas; pero todas tienen en común ciertas características

VC4(13)Cada célula, rodeada por una membrana plasmática, contiene un núcleo y buen número de organelos subcelulares —mitocondrias, retículo endoplásmico granuloso, retículo endoplásmico liso y complejo de Golgi

VC4(14)Una de las funciones más importantes que realizan las células es el intercambio de materiales con el medio exterior, proceso que tiene lugar a nivel de la membrana celular. Las membranas no sólo recubren a la célula limitándola del medio exterior y procurándole mantener constantes las condiciones internas, sino que se encuentran limitando o aislando las diferentes estructuras u organelos que se encuentran realizando funciones específicas en el interior de la célula, tales como vacuolas, núcleos, cloroplastos y mitocondrias.

VC4(15)El transporte de materia puede realizarse gracias a la presencia de ciertas sustancias que conforman a las membranas: unas se encargan de formar una compleja estructura, otras de facilitar el paso de sustancias de una manera selectiva y controlada, y algunas más tienen como función relacionar a la célula con el medio circundante.

VC4(16)Los lípidos conforman la estructura o matriz de la membrana y están representados básicamente por los fosfolípidos, es decir compuestos que presentan una "cabeza" hidrofílica constituida por grupos fosfato, y una "cola" hidrofóbica formada por cadenas de carbonos de naturaleza lipídica. Tanto la cabeza como la cola pueden tener diferente composición y complejidad, de acuerdo con el tipo de membrana de que se trate.

VC4(17)Por la presencia de dos zonas una(hidrofílica y otra hidrofóbica) los fosfolípidos en presencia de agua; forman una bicapa (cada una de las dos capas formada por la acomodación de cabezas en un plano y por colas en extremo opuesto), que pudieran compararse con la estructura de un emparedado, donde las rebanadas de pan estuviesen representadas por las cabezas, y la crema o la mayonesa, por las colas.

VC4(18) movimiento continuo que presentan las colas de las moléculas da una enorme flexibilidad a esta zona, por lo que se considera que en la membrana hay un flujo bidimensional continuo, ya que las moléculas tienen gran movimiento lateral a lo largo y ancho cada monocapa. Por el contrario, el movimiento de moléculas entre dos monocapas opuesta: es extremadamente lento.

VC4(19)En células animales existen otros dos tipos de lípidos asociados a las membranas: los glucolípidos y el colesterol. A pesar de que se conoce con gran exactitud la composición química de ambos compuestos, no se conoce aún con detalle todas las funciones que desempeñan en la membrana. Se considera que las moléculas de colesterol se intercalan con las de fosfolípidos, lo que da a la membrana mayor consistencia y facilita el paso de ciertas sustancias a través de ella.

VC4(20)Puede decirse que las proteínas son las que llevan a cabo las funciones específicas de transporte y reconocimiento celular. En estas moléculas se reconocen dos tipos fundamentales con base en su estructura: proteínas filamentosas y proteínas globulares. Entre las primeras algunas son conocidas como hélices alfa y se encuentran en diferentes regiones de la membrana, incluso en las zonas externas a ésta; los mensajeros y receptores químicos son parte de ellas.

VC4(21)Los mensajeros químicos son grupos moleculares especializados, entre cuyas funciones se encuentra la de comunicar a una célula con otra, desencadenando o formando parte de compuestos conocidos hormonas y neurotransmisores. Con respecto a, las hormonas se reconocen dos tipos, de acuerdo con su naturaleza química: hormonas peptídicas formadas por cadenas de aminoácidos (unidades estructurales de las proteínas), entre las que se encuentra la insulina y hormonas esteroides cuya composición deriva del colesterol, entre las que se encuentran la progesterona y la testosterona.)

VC4(22)Otro tipo de mensajeros químicos se han especializado para recibir e identificar moléculas que circundan a la célula, la naturaleza de este tipo de mensajeros resulta de la combinación de proteínas filamentosas carbohidratos (glucoproteínas) o de lípidos y de carbohidratos (glucolípidos). A la fecha se conoce una gran cantidad de compuestos diferentes que reaccionan ante una inmensa gama de moléculas y de agentes externos; se cree que esta gran diversidad de mensajeros ha sido resultado de importantes procesos de adaptación, toda vez que si una

célula puede recocer mejor a un mayor número de agentes extraños, podrá elaborar una respuesta más oportuna y eficiente, mejorando así sus probabilidades de sobrevivir.

VC4(23)Una vez que los primeros mensajeros, los que se encuentran en la superficie externa de la membrana, identifican una sustancia o agente extraño ciertas proteínas presentes en la membrana traducen el mensaje y lo introducen a la célula para que ésta pueda brindar una respuesta adecuada. La traducción del mensaje se lleva a cabo mediante la síntesis o liberación de compuestos conocidos como segundos mensajeros, cuya función es "amplificar" el mensaje y dar la señal a diferentes lugares de la célula. Entre ellos han sido identificados dos tipos principales: monofosfato de adenosina (AMP) y algunas moléculas que resultan de la combinación de iones de calcio, trifosfato de inositol y diatilglicerol. Como puede observarse, los segundos mensajeros no son tan diversos como los mensajeros externos, sin embargo, las reacciones que generan dentro de la célula son muy específicas.

VC4(24)Mediante la acción de los segundos mensajeros, las células son capaces de llevar a cabo dos tipos de reacciones: la secreción de determinado tipo de compuestos o la contracción celular.

VC4(25)Gracias a la presencia de mensajeros químicos las células son capaces de regular sus funciones internas y de actuar de manera coordinada con respecto a otras células; a nivel de organismo, los seres pluricelulares son capaces de regular las funciones de sus diferentes órganos y sistemas, de reconocer los agentes patógenos que pueden causarles daño, así como de llevar a cabo complejos procesos de intercomunicación como los que ocurren a nivel de las células nerviosas, gracias a las cuales animales como nosotros somos capaces de sentir, percibir, pensar y tomar decisiones.

VC4(26)El segundo tipo de proteínas presentes en la membrana, de estructura no filamentosa, está representado por las proteínas globulares. El paso de materiales a través de la membrana plasmática es facilitado por este tipo de proteína, las cuales permiten el paso y catalizan la transferencia tanto de nutrientes como de sustancias de desecho)

VC4(27)Cuando las moléculas que deben entrar o salir a través de la membrana son mayores que las que puede transportar una proteína globular, ciertas proteínas filamentosas ancladas en la membrana se unen por uno de sus extremos a la molécula en cuestión y, mediante el proceso de endocitosis, desarrollan pequeñas cavidades conocidas como "caveolas" a través de las cuales pasan los "ligandos", es decir, el complejo formado por las proteínas transportadoras y las moléculas nutrientes.

VC4(28)Las caveolas al penetrar a la célula, se desprenden de ellas y viajan hacia el interior llevando los nutrientes. Este mismo proceso pero en sentido inverso (exocitosis), ocurre cuando la célula ha de expulsar ciertas moléculas de desecho cuyo tamaño excede la capacidad de las proteínas globulares de la membrana.

VC4(29)La estructura general de la membrana ha sido explicada por algunos investigadores mediante el modelo de mosaico fluido, que aparece en la figura 4-8 donde se señala la localización de los diferentes tipos de moléculas que la constituyen, así como una visión ampliada de la estructura de una molécula de fosfolípido con sus secciones hidrofílica e hidrofóbica. Esta membrana puede observarse en las células del intestino tal como aparece en la fotografía de la figura 4-9.

VC4(30)La membrana celular forma una barrera dinámica en la que las capas de fosfolípidos, las proteínas y los carbohidratos forman una estructura laminar.

VC4(31)Casi todas las células vegetales (pero no las animales) tienen una pared celular gruesa de celulosa, que se encuentra al exterior de la membrana plasmática. Esta pared celular, que es inerte, proviene de la secreción de la sustancia celular. En muchos lugares presenta orificios diminutos por los cuales el contenido de la célula establece contacto con el de células vecinas y por donde pueden pasar sustancias de una célula a otra. Estas paredes celulares, duras y firmes, significan el sostén del organismo vegetal.

VC4(32)Movimiento molecular. ¿Cuál es la naturaleza de las fuerzas que impulsan los materiales del medio celular para que penetren o salgan de la célula? Todas las moléculas de líquidos y gases tienden característicamente a moverse o difundirse en todas direcciones hasta que se encuentran distribuidas regularmente por todo el espacio disponible. Se define la difusión como el movimiento de moléculas de una región de alta concentración a otra de menor concentración, producido por la energía cinética de las moléculas

VC4(33)La velocidad de difusión es una función del tamaño de la molécula y de la temperatura. Las moléculas, formadoras de toda suerte de sustancias, siempre se encuentran en movimiento. La principal diferencia entre los tres estados de la materia (sólido, líquido y gas) es simplemente la libertad de movimiento de las moléculas en cada caso. Las de un sólido se encuentran relativamente próximas unas de otras, por lo que las fuerzas de atracción intermoleculares les permiten vibrar, pero sin desplazarse. En estado líquido, las moléculas están más separadas; las fuerzas intermoleculares son más débiles y las moléculas se mueven bastante más. Finalmente, en estado gaseoso,



las moléculas se hallan tan separadas que las fuerzas intermoleculares son insignificantes y el movimiento molecular sólo está limitado por obstáculos externos.

VC4(34) Cuando se observa una gota de agua bajo el microscopio, no podemos ver el movimiento de sus moléculas; pero si se añade una gota de tinta china (que contiene partículas de carbón), las mismas se mueven fortuita y continuamente en zigzag. Cada partícula de carbón recibe choques continuos de las moléculas de agua y así el retroceso correspondiente explica el movimiento de partículas carbonosas. Este desplazamiento de partículas se llama movimiento browniano, en honor de Robert Brown, botánico inglés, primero en observar con un microscopio algunos granos de polen en una gota de agua. El movimiento browniano constituye un modelo de cómo se desplazan partículas difusibles.

VC4(35) Velocidad de difusión. En el proceso de difusión cada molécula individual se mueve en línea recta hasta que choca con algo —otra molécula o la pared del recipiente— y luego rebota y sigue otra dirección. Las moléculas continúan moviéndose aunque se hayan distribuido uniformemente por un espacio dado; sin embargo, con la misma rapidez con que algunas moléculas se mueven, por ejemplo, de izquierda a derecha, otras se mueven de derecha a izquierda, de modo que se mantiene un equilibrio. Cualquier número de sustancias se difundirán independientemente unas de otras en la misma solución. Las distintas moléculas se desplazan a razón de varios cientos de metros por segundo, pero cada molécula sólo puede recorrer una fracción de manómetro antes de chocar con otra molécula y rebotar. Así, el desplazamiento de una molécula en línea recta es más bien lento. Esto puede demostrarse si se pone en el fondo de una probeta llena de agua un fragmento de colorante. Al pasar días y semanas, la sustancia coloreada asciende lentamente, pero se necesitan meses para que el colorante se distribuya uniformemente por toda la probeta. Veamos, pues, que aunque la difusión sea rápida en distancias cortas, una molécula necesita mucho tiempo para recorrer distancias de unos cuantos centímetros.

VC4(36) Este hecho tiene significado biológico, pues limita el número de moléculas de oxígeno y sustancias nutritivas que pueden llegar a los organismos por simple difusión. Sólo un organismo diminuto puede sobrevivir en un lugar recibiendo moléculas sólo por difusión, pues necesita relativamente pocas por segundo. Un organismo mayor debe disponer de un dispositivo para desplazarse a otra región, o poseer una forma de agitar el medio para atraer las moléculas hacia sí. También puede vivir en un lugar donde el medio se mueve constantemente: un río o la franja correspondiente a las mareas. Las grandes plantas terrestres, arbustos y árboles, resolvieron este problema con un sistema de raíces muy ramificadas, gracias al cual pueden obtener los materiales de una porción considerable del medio ambiente.

VC4(37) Permeabilidad de membrana. Que una membrana deje pasar moléculas de una sustancia depende de su estructura o del tamaño de sus poros. Se dice que la membrana es permeable si permite el paso de cualquier sustancia, e impermeable si no deja pasar ninguna. Cuando deja pasar ciertas sustancias, pero no otras se dice que posee permeabilidad diferencial. La permeabilidad es una propiedad de la membrana y no de la sustancia en difusión. Todas las membranas que rodean células, núcleos, vacuolas y estructuras subcelulares poseen permeabilidad diferencial.

VC4(38) El paso de una sustancia disuelta por una membrana dotada de permeabilidad diferencial se llama diálisis. Si se llena con solución de azúcar una bolsa de colodión, celofán o pergamino, y se sumerge en un vaso de agua, las moléculas de azúcar dializan por la membrana (si los poros son bastante grandes). Tras un tiempo apropiado, análisis del contenido de glucosa de líquido, dentro y fuera de la bolsa, mostrarán que son iguales. Luego, las moléculas siguen difundiéndose, pero no hay cambio global de concentración, pues la salida y entrada de sustancias tienen lugar a la misma velocidad.

VC4(39) Si la membrana de la bolsa tiene poros menores, y es permeable a las moléculas de agua pero no a las de azúcar, de más tamaño, se observa un fenómeno distinto. El saco que se cierra con un tapón atravesado por un tubo de vidrio, se llena con la solución de azúcar y se pone en un vaso de agua (fig. 4-12). Las moléculas de azúcar no pueden filtrar por la membrana y, por lo tanto, permanecen en el interior, pero el agua sí puede pasar de fuera adentro. Puesto que el líquido interior contiene el 5 por 100 de azúcar, sólo el 95 por 100 es agua. El líquido fuera de la bolsa es 100 por 100 agua. Por lo tanto, las moléculas de agua se desplazan de una zona de más concentración (100 por 100 fuera del saco) a otra de menos concentración (95 por 100 dentro del saco). La difusión de agua o moléculas de solvente a través de una membrana se denomina osmosis.

VC4(40) Al ocurrir la osmosis, el agua sube por el tubo de vidrio. Si la membrana es atravesada por una cantidad de agua igual a la que contenía inicialmente el saco, la solución de azúcar quedará diluida al 2.5 por 100, y tendrá el 97.5 por 100 de agua, pero como la concentración de agua en el exterior será siempre superior que dentro, la osmosis continuará. Finalmente, el agua en el tubo de vidrio subirá a una altura tal que el peso de esa columna de

agua ejercerá una presión exactamente igual a la resultante de la tendencia del agua a entrar en la bolsa. En este momento ya no cambiará la cantidad de agua dentro de la misma; tendrá lugar la osmosis en ambas direcciones y con igual velocidad por la membrana semipermeable.

VC4(41)Presión osmótica. La presión de la columna de agua se llama presión osmótica de la solución azucarada. La presión osmótica está producida por la tendencia de las moléculas de agua a pasar por la membrana para igualar la concentración de moléculas de agua en ambos lados. Una solución de azúcar más concentrada tendría presión osmótica mayor, y "atraería" el agua hasta un nivel más alto en el tubo. Una solución de azúcar al 10 por 100 produciría en el tubo un ascenso aproximadamente doble que la solución al 5 por 100.

VC4(42)La diálisis y la osmosis son dos casos particulares de difusión. La difusión es el término general para definir el movimiento de moléculas de una región de alta concentración a otra más baja, por efecto de la energía cinética de las moléculas. La diálisis es la difusión de partículas disueltas (solute) a través de una membrana semipermeable, y la osmosis es la difusión de moléculas de solvente a través de la misma. En los sistemas vivos, las moléculas de solvente son casi siempre de agua.

VC4(43)En los líquidos de cualquier célula viva se encuentran sales, azúcares y otras sustancias en solución; el líquido tiene, pues, cierta presión osmótica. Cuando la célula se sumerge en un líquido con la misma presión osmótica, no hay movimiento neto de moléculas de agua dentro ni fuera de la célula (esto es, la célula ni se hincha ni se encoge), por lo que decimos que el líquido es isotónico o isosmótico respecto a la célula. Normalmente el plasma sanguíneo y todos los líquidos del organismo son isotónicos pues contienen la misma concentración de sustancias disueltas que las células.

VC4(45)Si la concentración de las sustancias disueltas en el líquido circundante es mayor que la existente dentro de la célula el agua tiende a salir de la célula, por lo que ésta se contrae. Este líquido es hipertónico respecto a la célula. Si el líquido tiene menos sustancias disueltas que la célula, es hipotónico. El agua tiende a entrar a la misma, haciendo que se hinche. Una solución de cloruro de sodio al 0.9 por 100 (que a veces se llama "suero fisiológico") es isotónica para las células humanas. Los glóbulos rojos en una solución al 0.6 por 100 de cloruro de sodio se hinchan y revientan en tanto que en una solución al 1.3 por 100 se contraen, pero los colocados en cloruro sódico al 0.9 por 100 no se hinchan ni se contraen.

VC4(46)Regulación del volumen intracelular. Cuando una célula se coloca en una solución no isotónica, puede ajustarse al nuevo medio por modificación de su contenido en agua, para lograr finalmente la misma concentración que el medio. Muchas células pueden impulsar agua o ciertos solutos hacia uno u otro lado de la membrana plasmática, de manera que en esta forma mantienen una presión osmótica distinta de la del medio ambiente. Las amibas, paramecios y otros muchos protozoarios, que viven en agua dulce muy hipotónica, poseen vacuolas contráctiles, que concentran el agua del interior de la célula y la impulsan al exterior. Las plantas que viven en agua dulce tienen también el problema de enfrentarse al agua que penetra en la célula por osmosis procedente del medio ambiente hipotónico circundante. Las células vegetales no tienen vacuola contráctil para expulsar el agua, sino que sus firmes paredes de celulosa impiden el hinchamiento indebido. Al entrar el agua, se genera una presión interna, llamada a presión de turgencia, que contrarresta la presión osmótica y evita la entrada de más moléculas de agua.

VC4(47)La presión de turgencia es característica de las células vegetales en general y es la causa parcial del apoyo del cuerpo de la planta. Una flor se marchita cuando la presión de turgencia en sus células se ha reducido debido a la falta de agua.

VC4(48)Muchos organismos marinos tienen capacidad notable para concentrar en forma selectiva ciertas sustancias del agua de mar. Las algas marinas pueden acumular yodo, de modo que la concentración de este elemento en célula es de dos millones de veces que la del agua circundante. Algunos cordados primitivos, los tunicados, pueden acumular vanadio, que también alcanza una concentración dos millones de veces superior a la del agua marina. El impulso del agua o de solutos desde la célula fuera de ella contra un gradiente de concentración es un trabajo físico que requiere energía.

VC4(49)Las células sólo pueden desplazar moléculas contra un gradiente mientras están vivas, con actividades metabólicas de liberación de energía. Si la célula se trata con algún veneno metabólico, por ejemplo cianuro, pierde su poder de producir y mantener diferencias de concentración a ambos lados de la membrana plasmática.

VC4(50)Algunas sustancias elaboradas por la célula tienen una duración que acaso se prolongue hasta el momento en que la célula muere. No es el caso de las prostaglandinas: su duración es de alrededor de un minuto. Empero, en tan breve lapso estas sustancias promueven grandes cambios en la fisiología de nuestro organismo (de ahí que sean consideradas como hormonas, si bien su naturaleza química y sus patrones de acción y degradación

metabólica muestran algunas diferencias con las verdaderas hormonas). El nombre prostaglandinas fue acuñado por Ulf von Euler, investigador sueco que las descubrió en el líquido seminal y atribuyó su biosíntesis a la próstata. Sin embargo, hoy se sabe que las prostaglandinas son producidas por casi todos los tejidos del cuerpo.

VC4(51) Las prostaglandinas se elaboran a partir de ácidos grasos poliinsaturados que liberan membranas plasmáticas lesionadas o perturbadas por diversos agentes externos. Aunque varios tipos de ácidos no saturados, de 20 átomos de carbono, pueden ser precursores de prostaglandinas, es el ácido araquidónico el que sirve con mayor frecuencia a tal propósito. Este ácido a su vez tiene su origen directa o indirectamente en el ácido linoleico, sustancia esencial para la salud y el desarrollo humanos.

VC4(52) La biosíntesis de prostaglandinas suele iniciarse cuando el ácido araquidónico, o materiales afines, se liberan de membranas lesionadas; luego son atrapados por la enzima ciclooxigenasa y convertidos casi de inmediato en prostaglandinas. Una de tantas rutas bioquímicas que conduce a la producción de una clase de prostaglandinas (de la serie 2) es la que se muestra en la figura 4-14. Tal ruta constituye en realidad una de varias posibles vías, ya que el ácido araquidónico representa el punto de partida de una cascada de reacciones que culminan en la elaboración de muy diversos tipos de prostaglandinas.

VC4(53) La lista de fenómenos fisiológicos en que participan LAS prostaglandinas es muy amplia. Poco después de su descubrimiento se comprobó su capacidad para inducir contracciones en el músculo liso, de manera especial en el aparato reproductor femenino, con lo se facilita el avance de los espermatozoides hacia el oviducto. Naturalmente, la estimulación de contracciones en la musculatura de ese VC4(61) aparato tiene una importancia significativa en la inducción del aborto.

VC4(54) Se ha demostrado que la prostaciclina, una PG - elaborada por las células que tapizan el interior de los vasos sanguíneos, relaja los músculos que los rodean, lo cual permite a la sangre fluir con mayor facilidad.

VC4(55) Por el contrario, el tromboxano (otra PG de la serie 2) participa en la aglomeración de las plaquetas, intento inicial para detener hemorragias.

VC4(56) Por otra parte, John Vane y Salvatore Moncada han elucidado recientemente el papel de la aspirina como neutralizador de las enzimas necesarias en la biosíntesis de PG. La aspirina sería extraordinariamente importante para personas propensas a oclusiones coronarias y apoplejías debido a la excesiva producción de tromboxano.

VC4(57) Las PG intervienen asimismo en la regulación de la apertura de los alveolos pulmonares. Si se produce demasiado leucotrieno (PG de la serie 4), se presentan accesos de asma debido a constricción alveolar y de los pequeños bronquiolos. Hoy se buscan inhibidores leucotrieno como vía de solución para asmáticos.

VC4(58) ¿Qué es lo que mantiene la cohesión entre las células de los tejidos expuestos permanentemente a fuertes y continuas tensiones? ¿Qué es lo que impide al jugo pancreático filtrarse a través de la pared del conducto que lo lleva al duodeno, o mezclarse con los líquidos intercelulares de los tejidos adyacentes? Uno podría imaginarse que las células están adheridas entre sí mediante algo equivalente a las sustancias pécticas que cementan las paredes de células vegetales vecinas. Esta comparación resulta poco afortunada. Las células de tejidos animales han desarrollado estructuras de unión tan finamente diseñadas que no sólo le garantizan el refuerzo mecánico del tejido que forman, sino también la indispensable plasticidad y comunicación que les permite interfuncionar de manera armónica y coordinada.

VC4(59) La unión hermética es un área de fusión o contacto íntimo entre membrana de células contiguas; funciona como una especie de selladura que oblitera una parte del espacio intercelular. En invertebrados esta unión se llama también tabicada. Las uniones herméticas se localizan particularmente en el epitelio del tubo digestivo, glándulas, túbulos proximales del riñón y vejiga urinaria.

VC4(60) El desmosoma se puede comparar con remaches o puntos de soldadura. Junto a él se localizan numerosos microfilamentos tanto en el citoplasma como en el intersticio que media entre dos membranas. El desmosoma se localiza en el epitelio digestivo, en el miocardio, la piel y tejidos conectivos. Una variante de esta estructura es el tipo cinturón, se trata de una banda de microfilamentos que circundan la célula a manera de cercha.

VC4(61) La unión comunicante es una región de diminutos canales (alrededor de 2 nm de diámetro) que interconectan citoplasmas a manera de plasmodesmos. Este tipo de uniones permite el intercambio de iones y pequeñas moléculas. Coadyuvan a transmitir y sincronizar señales eléctricas en células musculares cardíacas y del tejido nervioso.

VC4(62) Los citoplasmas de las células vegetales parecen entidades aisladas unas de otras puesto que están confinados en el interior de cápsulas celulósicas (las paredes). Sin embargo, los citoplasmas de estas células permanecen en contacto, formando un sistema continuo: el simplasto. Esto sólo es posible merced a estructuras especiales denominadas plasmodesmos, extensiones del citoplasma entre células contiguas y que, a manera de

puentes, se tienden a través de poros diminutos en las paredes. Estos puentes citoplasmáticos tienen un diámetro de unos 40 nm, y están revestidos de membranas plasmáticas o plasmalemas. Suelen contener asimismo conductos ultramicroscópicos llamados desmotúbulos. Sin embargo, como lo señala la doctora Catherine Esau, la relación entre estructura y función de los plasmodesmos, como conexiones entre protoplastos, aún no se comprende del todo. De hecho, se puede suponer que los plasmodesmos posibilitan la coordinación de la actividad mitótica meristemática, y el flujo de metabolitos o fotosintatos. También facilitan que el elemento de los tubos cribosos y su célula acompañante trabajen íntegramente a manera de una unidad funcional.

VC4(63)Pared celular primaria. En cualquier tejido vegetal, pocas estructuras son tan obvias como la pared celular, la cual constituye un típico producto del metabolismo vegetal. A diferencia de otras sustancias que son exportadas o hidrolizadas por la célula que las produce, la celulosa subsiste íntimamente vinculada alrededor de la plasmalema, a manera de un revestimiento permanente, conformando lo que los anatomistas designan como una pared celular. La palabra permanente se utiliza aquí en forma deliberada: una pared podría ser el testimonio de que alguna vez existió una célula en su interior.

VC4(64)La pared celular se origina en la placa celular, estructura que se forma tempranamente y se localiza en el plano ecuatorial de la célula cuando se encuentra en reproducción (mitosis), anunciando el sitio donde la célula se dividirá para dar origen a dos células hijas. Esta placa, formada principalmente por pectatos de calcio y magnesio, funciona a manera de bastidor o sostén donde posteriormente se fijarán las paredes celulares definitivas.

VC4(65)Además de servir como soporte mecánico para la célula, la pared celular es una estructura compleja donde se depositan diferentes sustancias de importante valor metabólico para la célula. Se ha observado, por ejemplo, que en caso de infecciones o lesiones, la pared celular libera oligosacarinas, compuestos que actúan como mensajeros que inducen a la planta a producir sustancias antibióticas como las fitoalexinas, que actúan sobre hongos o

VC4(66)Encerrado por la membrana celular se encuentra el citoplasma, formado por una masa gelatinosa, el citosol sostenido por una inmensa red de microfilamentos denominada citoesqueleto, contiene un número variable de organelos en su interior.

VC4(67)El citosol constituye tal vez el 30 por 100 del peso total de la célula, y está constituido básicamente por una serie de compuestos hidrosolubles, constituyéndola la sustancia fundamental de la célula, que penetra a todos los rincones de ésta y donde se realizan los procesos de transformación de energía.

VC4(68)El citoesqueleto le confiere a la célula su forma característica, ya que establece una especie de andamiaje o almacén de finas fibras donde se fijan los diferentes organelos, y mediante las cuales se ponen en contacto o comunican entre sí.

VC4(69)Lejos de ser una estructura estática y rígida, el citoesqueleto está formado por fibras de proteínas que se mantienen en constante movimiento y transformación, continuamente se desprenden trabéculas y son reemplazadas por otras en diferente dirección o amplitud. Se ha observado que la función de esta compleja estructura se manifiesta de diversas maneras: una parte del citoesqueleto, menos dinámica, brinda a la célula consistencia y una forma regular, las proteínas que conforman esta parte pueden ejemplificarse con la queratina, proteína que da textura y cuerpo al pelo, a las uñas, espinas, etcétera.

VC4(70)Otra parte del citoesqueleto está representada por una serie de proteínas que forman un sistema relacionado directamente con el movimiento celular, como es el caso de la miosina y la actina, que forman un complejo "esqueleto/músculo" dentro de la célula. La primera conforma una especie de almacén que cruza todo el citoplasma, y la segunda constituye una especie de tejido muscular que se ancla sobre la primera y da flexibilidad a la estructura. Esta disposición puede advertirse en la figura 4-17, la de arriba representa la disposición lateral de ambas proteínas, la de abajo, su disposición longitudinal.

VC4(71)Cada célula eucariótica contiene un pequeño cuerpo generalmente esférico u ovalado llamado núcleo. En algunas células ocupa una posición bastante fija, generalmente cerca del centro; en otras puede desplazarse libremente y encontrarse en cualquier punto de la célula(2,1)

VC4(72)La membrana que recubre al núcleo presenta un aspecto rugoso debido a la presencia de una abundante cantidad de polisomas que la recubren en su parte externa. De hecho, esta superficie membranosa se encuentra formada por dos capas separadas entre sí por un espacio de alrededor de 15 nm. Estas dos capas membranosas forman en sí dos esferas concéntricas, la externa recubierta por polisomas, y la interna con aspecto completamente liso. De esta manera el núcleo queda aislado del resto de la célula, y a nivel de membranas, a través de poros, es donde ocurren procesos de intercambio entre el núcleo y el citoplasma

VC4(73)Se ha observado que cada poro presenta una estructura en forma de flor, constituida por ocho secciones a manera de pétalos o rebanadas, en cuyo vértice coincide en el centro, se encuentra un pequeño orificio. Estas

estructuras ejercen la función de diafragma es decir, pueden cerrarse o abrirse, impidiendo o dando paso a las moléculas que fluyen en uno u otro sentido. Los poros se encuentran conectados entre si mediante delgadas fibras. La conformación de estas estructuras puede observarse en la figura 4-19. (2,1)

VC4(74) Aunque no se conoce aún con detalle la estructura fina y los mecanismos de funcionamiento de poros nucleares, se ha observado que los componentes necesarios para llevar a cabo procesos como duplicación de ADN o la síntesis de ARN entran al núcleo a través de ellos, la salida de ARN hacia el citoplasma para llevar a cabo la síntesis de proteínas ocurre también a ese nivel.

VC4(75) Dentro del núcleo podemos encontrar a la cromatina, formada por delgados "hilos de ADN y proteínas que forman estructuras complejas conocidas como nucleosomas. Las proteínas que participan de la cromatina son de diferentes tipos, dentro de los cuales abundan las histonas, de las que se han reconocido cinco variedades diferentes (H1, H2A, H2B, H3 y H4)(2,1)

VC4(76) Los nucleosomas resultan del enrollamiento de las moléculas de ADN e histonas sobre sí mismas, formando pequeñas granulaciones o nudos, y sobre un eje a manera de solenoide.

VC4(77) La organización de la molécula de ADN y de proteínas como las histonas en pequeñas unidades o nucleosomas, y el arreglo de éstas en finos hilos dentro de la cromatina, adquiere la forma de cromosomas cuando la célula entra en proceso de reproducción

VC4(78) Recientemente se empieza a conocer a fondo la estructura y morfología de los cromosomas gracias al desarrollo de instrumentos microscópicos y tecnologías moleculares modernas.

VC4(79) Los cromosomas pueden observarse al microscopio sólo durante la reproducción celular, ya sea esta mediante mitosis o a través de meiosis. En tanto la célula eucariótica (con núcleo bien definido) no se encuentra reproduciéndose, el contenido cromosómico está diluido, invisible aun mediante el uso de colorantes específicos.

VC4(80) Toda vez que la mayoría de los estudios cromosómicos se realizan durante la fase reproductiva, estos pueden observarse como estructuras dobles, es decir formados por dos cromátidas hermanas, separadas longitudinalmente a casi todo lo largo, excepto en un punto, el centrómero, que las une.

VC4(82) Los cromosomas están constituidos por la molécula de ADN, cuya dimensión derivada de la cantidad de pares nucleótidos que lo conforman, varía de una pareja de cromosomas a otra, y por supuesto, de una especie a otra. Todos los pares de cromosomas de una célula diploide son diferentes entre sí. En el ser humano se presentan 22 pares de cromosomas que forman parejas idénticas (autosomas), mientras que el par 23 conocido como par de heterocromosomas o cromosomas sexuales, puede estar formado de una pareja de cromosomas idénticos (XX) en la mujer, o puede conformarse por un par desigual (XY) como se presenta en el hombre

VC4(83) El nucléolo es un cuerpo esférico que se encuentra en el interior del núcleo que puede ser único o estar acompañado de varios nucléolos.

VC4(84) En su interior, los nucléolos contienen una profusa maraña de filamentos de estructura plumosa de cromatina de aspecto semejante al que aparece en la figura 4-23. Estas estructuras están directamente relacionadas con la síntesis de moléculas de ARN ribosomal, proceso que se estudiará posteriormente con detalle.

VC4(85) Análisis experimentales de función nuclear. El papel del núcleo puede estudiarse extirpándolo y observando las consecuencias de esta maniobra. El núcleo de una ameba unicelular puede extirparse por microdissección. Después de esta operación, la célula sigue viviendo y desplazándose, pero no puede crecer, y muere a los pocos días. De ello concluimos que el núcleo es necesario para los fenómenos metabólicos, fundamentalmente la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas, que permiten el crecimiento y reproducción celular.

VC4(86) Sin embargo, se puede objetar que tal vez la muerte se debió a la operación en sí y no a la pérdida del núcleo. Para esclarecer este punto se lleva a cabo un experimento testigo, en el cual se someten dos grupos de amebas al mismo traumatismo operatorio, pero en tanto se extirpa el núcleo de un grupo, se deja en el segundo. Para ello podemos atravesar algunas amebas con una microaguja, o tal vez desplazarla varias veces pero sin extirpación del núcleo, y luego quitando la aguja sin sacarlo. Las amebas sometidas a una "intervención fantasma" de este tipo, no sufren daño, y siguen creciendo y dividiéndose; esto demuestra que a muerte del primer grupo de amebas puede atribuirse a la extirpación del núcleo y no a la manipulación.

VC4(87) Hammerling, utilizando una planta unicelular *Acetabularia mediterránea* llevó a cabo una serie de experimentos demostrativos de la importancia del núcleo en el crecimiento celular. Esta alga marina, que puede alcanzar cinco centímetros, parece a primera vista un hongo, pues tiene "raíces" y un tallo coronado por una ancha corola en forma de disco. Toda la planta es una sola célula, con sólo un núcleo, situado cerca de la base del tallo

VC4(88) Al cortar éste transversalmente, Hammerling vio que la parte inferior podía seguir viviendo, volver a formar la corola, y formar una planta completamente normal. La parte superior, carente de núcleo, vivía mucho

tiempo pero finalmente moría sin poder reproducir su parte inferior. En *Acetabularia*, igual que en la ameba, el núcleo resulta, pues, necesario para los fenómenos metabólicos que forman la base del crecimiento. (Naturalmente, la regeneración es una modalidad de crecimiento.) En otros experimentos Hammerling empezó cortando el tallo inmediatamente por encima del núcleo, y luego debajo de la corola. Al volver a poner el fragmento aislado de tallo en agua de mar, aparecía de nuevo una corola, parcial o completa. Esto parece significar que el núcleo no es necesario para la regeneración; sin embargo, si se quita esta nueva corola, el tallo ya es incapaz de formar otra. A partir de estos experimentos y otros semejantes, Hammerling llegó a la conclusión de que el núcleo produce alguna sustancia necesaria para la formación de la corola, sustancia que pasa por difusión al tallo, donde comienza la formación de la corola. En los experimentos descritos, quedaba en el tallo, después de los cortes iniciales, bastante sustancia para producir una corola nueva. Una vez agotada esta sustancia en la formación del nuevo órgano, el fragmento privado de núcleo no pudo formar otra corola.

VC4(89)Una segunda especie de *Acetabularia* (*A. Crenulata*) tiene una corola ramificada, en vez de una en forma de disco. Hammerling injertó un pedazo de tallo de *A. crenulata* que carecía de núcleo en la base de una planta *A. mediterránea*, que contenía un núcleo *A. mediterránea*. Apareció una nueva corola en la parte superior del tallo. No obstante, la forma de la corola fue dictada no por la especie que proporcionó el tallo, sino por la especie que proporcionó la base y el núcleo. Este, por la actividad de sus genes, ofreció la información específica que controló el tipo de corola que fue regenerada. El núcleo puede anular la tendencia del tallo a formar una corola característica de su especie. El núcleo controla las actividades de las otras porciones de la célula, porque tiene codificada dentro de sus cromosomas la información necesaria para la síntesis de proteínas y otros materiales de que dependen la estructura de la célula y su función. Cada vez que se divide una célula, debe reproducirse todo el conjunto de instrucciones, y debe pasarse a cada célula hija una copia duplicada.

VC4(90)Las células de los animales y de algunos vegetales inferiores poseen cerca del núcleo dos pequeños cuerpos cilíndricos teñidos de oscuro, los centríolos, los cuales desempeñan papel prominente durante la división celular; se separan, emigran a polos opuestos de la célula y organizan el huso entre ellos. Con el microscopio electrónico se ve cada centríolo como un cilindro hueco en cuya pared aparecen enclavados nueve grupos de túbulos paralelos, orientados longitudinalmente, con tres túbulos en cada grupo). Los cilindros de los dos centríolos tienen orientación típica con sus ejes longitudinales perpendiculares entre sí.(2,1)(2,3)

VC4(91)Al comenzar la división de la célula, los centríolos se desplazan hacia lados opuestos de la célula. De cada centríolo se proyecta un racimo de filamentos radiales llamado áster, y entre los centríolos que se separan se forma un huso, compuesto de filamentos de proteína con propiedades similares a los de las proteínas contráctiles del músculo: actina y miosina. Los filamentos proteínicos de este huso se disponen como dos conos unidos por la base, se estrechan en los extremos o polos próximos a los centríolos y se ensanchan en el ecuador de la célula. Las fibras en forma de huso se extienden desde el ecuador hasta el polo y adoptan una estructura definida

VC4(92)Puede introducirse una delgada aguja dentro de una célula y sacar el huso empujándolo. Las fibras del huso pueden aislarse por técnicas especiales (fig. 4-26) y se ha averiguado que contienen proteína, principalmente de una sola clase, junto con una pequeña cantidad de ARN. Algunas fibras de los husos se unen a los centrómeros de los cromosomas y empujan a éstos o tiran de ellos hacia los polos durante la mitosis. Cuando se ven las fibras de los husos con gran aumento en el microscopio electrónico parecen tubos finos y rectos. Durante la división de la célula se alargan y luego se acortan, pero no parece que engrosen o adelgacen. Esto sugiere que en vez de extenderse o contraerse, se agrega nuevo material a la fibra o se elimina de ella cuando el huso cambia de tamaño. Al marcar una fibra de huso en movimiento quemando una porción con luz ultravioleta, pudo verse el lugar marcado moviéndose desde un punto cercano al ecuador hasta el polo, y finalmente desaparecer del extremo de la fibra. Esto sugiere que se agregó material proteínico en el ecuador, se movió hacia el polo y luego se eliminó.

VC4(93) Las células que llevan cilios en sus superficies expuestas tienen una estructura, denominada cuerpo basal, en la base de cada cilio. El cuerpo basal se parece mucho al centríolo, porque contiene nueve tubos paralelos. Cada cilio contiene nueve filamentos longitudinales, situados periféricamente, más dos situados

VC4(94)La duplicación de todos los constituyentes de la célula, seguida de su división en dos células hijas, suele denominarse el ciclo celular. Una célula "nace" cuando su célula parental se divide; sufre un ciclo de crecimiento y división y da origen a dos células hijas.

VC4(95). Los procesos de duplicación y de reducción a la mitad en una población de células son aproximados, no exactos. Por ejemplo, el volumen de las células de tejido conectivo que están a punto de sufrir la división varía en un 12 por 100 en más o menos de las células de dimensiones medias. El volumen de la célula está limitado en cierto modo, y una célula que no se divide deja de crecer. Se ha admitido que el crecimiento estaba limitado por las masas

relativas de núcleo y citoplasma. Esta teoría, propuesta por von Hertwig en 1908, sugería que cuando la proporción entre las masas del núcleo y del citoplasma alcanza cierto valor, la célula se vuelve inestable y se desencadena la división celular. Parece cierto que el volumen de la célula está limitado por la capacidad del núcleo celular único de sostener el crecimiento. Si se prepara artificialmente una célula que contenga dos núcleos o dos series de cromosomas en un solo núcleo la célula puede crecer hasta alcanzar el doble de su volumen adulto normal. Células expuestas a una dosis adecuada de rayos X pueden seguir el ciclo celular, pero son incapaces de dividirse. La cantidad de material genético que hay en el núcleo aumenta, al igual que el volumen de toda la célula.

VC4(96) En una planta o en un animal típicos el ciclo celular requiere aproximadamente de 20 horas para completarse. Se destina sólo una hora, aproximadamente, para la mitosis; el resto del tiempo es necesario para el crecimiento de interfase. En condiciones óptimas de nutrición y temperatura, la duración del ciclo celular es constante para cada tipo determinado de célula. En condiciones menos favorables puede hacerse más lento pero no ha sido posible acelerar el ciclo celular y lograr que las células se desarrollen más rápidamente. De ello deducimos que la duración del ciclo celular es el tiempo necesario para que se realice un programa preciso que ya se halla establecido en cada célula. Este programa parece incluir dos partes: una que se refiere a la reduplicación del material genético en los cromosomas, la otra que incluye la duplicación de todos los demás constituyentes de la célula que intervienen en el crecimiento.

VC4(97) Los huevos fertilizados de animales son raros por cuanto sufren rápidamente divisiones repetidas que pueden completarse en una hora o menos. Una célula ovular está provista generosamente de todos los tipos de moléculas producidas por células en crecimiento, y se divide repetidamente proporcionando células cada vez más pequeñas. Su ciclo celular no incluye el crecimiento, sino simplemente la preparación para la división y el propio proceso de división.

VC4(98) Alrededor de 1950 se descubrió que los cromosomas se duplican durante la interfase, y en el curso de la división mitótica simplemente se separan. Experimentos efectuados utilizando timidina tritiada demostraron que el ADN es sintetizado durante la interfase (2,4). El periodo de réplica de ADN durante la interfase se denomina fase S. El tiempo entre la división mitótica y el comienzo de la duplicación de ADN se denomina fase G<sub>1</sub>, o fase "de intervalo 1". Después de completada la fase S, la célula no suele estar dispuesta para dividirse inmediatamente, sino que sufre una segunda fase de intervalo, la fase G<sub>2</sub>. El término de G<sub>2</sub> está marcado por el comienzo de la división mitótica, la fase M. En un ciclo celular típico, la fase G<sub>1</sub> ocupa unas ocho horas, la fase S seis horas, la fase G<sub>2</sub> cuatro horas y media y fase M una hora. Aunque la duración de cada fase puede variar algo, la mayor diferencia está en la fase G<sub>1</sub>. Las células con ciclos celulares muy prolongados muestran la mayor parte de su prolongación en la fase G<sub>1</sub>. Las células con ciclos celulares muy breves, como los huevos, no tienen fase G<sub>1</sub> mensurable. Prácticamente en todas las células de mamíferos la fase S dura seis a ocho horas, y la fase G<sub>2</sub> tres a cinco horas. La fase G<sub>1</sub> puede ser tan breve como unas pocas horas o minutos, o tan larga como varios días o semanas. Durante la fase G<sub>1</sub> tienen lugar algunos procesos clave que permiten que la célula entre en fase S y esté dispuesta para la división celular (fig. 4-27). En la fase S no hay simplemente una duplicación de la cantidad de ADN en el núcleo, sino una réplica exacta de cada cromosoma. La célula humana contiene 46 filamentos de ADN, con una longitud total de dos metros o más, todos ellos embutidos en un núcleo que tiene aproximadamente cinco micrómetros de diámetro. En el proceso complejo de la duplicación, se produce una copia exacta de cada uno de estos 46 filamentos. La réplica no empieza simplemente en un extremo de cada filamento y viaja a lo largo del mismo hasta el otro extremo; de hecho, cada filamento sufre la duplicación en muchos segmentos según un programa definido. Los segmentos no se duplican en tándem en ningún cromosoma, ni tampoco ningún cromosoma completa su duplicación antes que el próximo la empiece. Cuando los últimos segmentos se han duplicado, la síntesis de ADN termina y no vuelve a iniciarse hasta el ciclo próximo. La fase G<sub>2</sub> incluye las etapas finales en la preparación de la célula para su división; durante ella aumenta la síntesis de proteína.

VC4(99) Algunas de las enzimas celulares son sintetizadas con ritmo constante durante todo el ciclo celular. Un segundo grupo, las enzimas "escalonadas" sufren aumentos bruscos en ciertas etapas del ciclo celular, de manera que diversas enzimas aumentan en etapas diferentes. Un tercer grupo, las enzimas "máximas" aumentan en ciertos puntos del ciclo y después disminuyen como si tuvieran que desempeñar un papel particular en un momento determinado, para desaparecer después. Las enzimas que intervienen en la síntesis de ADN son enzimas máximas que sólo aparecen durante la fase S. Estas observaciones implican que dentro de la célula hay diversos programas para producir enzimas en momentos determinados del ciclo celular. Uno de los dogmas básicos de la genética molecular es que la producción de una enzima es el resultado último de la actividad del gene para dicha enzima. El hecho de que exista un programa para la producción de enzimas durante el ciclo celular sugiere la presencia de un

programa para la actividad de los genes destinados a tales enzimas. El carácter reproducible del plan cronológico del ciclo celular sugiere que algunos genes rigen la progresión del ciclo celular de una a otra fase.

VC4(100)El microscopio electrónico demuestra que las células desarrolladas en cultivo tienen aspectos externos diferentes durante las diversas fases (fig. 4-28). Durante la fase M las células son esféricas y no están fuertemente adheridas al substrato. Cuando entran en la fase G<sub>1</sub> empiezan a aplanarse, la superficie celular muestra protuberancias a modo de burbujas y aparecen microvellosidades. Más tarde, en la fase G<sub>1</sub>, los bordes de la célula se adelgazan y activan, y parecen arrugados. Durante la fase S las células se aplanan más y su superficie se alisa. Cuando la célula entra en fase G<sub>2</sub> nuevamente se engruesa, la superficie muestra arrugas y microvellosidades, pero no tantas ampollas superficiales como durante la fase G<sub>1</sub>. Se observan dos puntos importantes de transición en el ciclo celular: uno entre la fase G<sub>1</sub> y la fase S, cuando empieza la duplicación de los cromosomas; el otro entre la fase G<sub>2</sub> y la fase M, cuando los cromosomas se condensan y empieza la mitosis. Algunos virus animales, los virus Sendai, producen un cambio en la membrana celular que permite que dos o más células vecinas se fusionen en una sola. La célula nueva contiene dentro de una sola membrana el citoplasma y los núcleos de todas las células que se han fusionado. Por acción de los virus Sendai pueden fusionarse tipos muy diferentes de células incluso células de especies animales diferentes —produciéndose híbridos que no sólo llevarán a cabo los procesos normales sino que se reproducirán como híbridos.

VC4(101)Produciendo híbridos de células en diferentes fases del ciclo celular cabe preguntar si hay algunas señales que desplazan una célula de una fase del ciclo a la otra. Cuando las células en fase G<sub>1</sub> se fusionan con células en fase S, los núcleos de las células G<sub>1</sub> empiezan a producir ADN mucho antes de lo que harían normalmente. Por lo tanto, una célula en fase S contiene algo que desencadena la síntesis de ADN, algo que no existe en la célula que no ha completado la fase G<sub>1</sub>.

VC4(102)Esta señal para empezar la duplicación de los cromosomas pudiera ser alguna molécula específica, o bien alguna alteración especial en el medio interno de la célula

VC4(103)La penetración en la fase M se caracteriza por la condensación de los cromosomas; se acumulan en filamentos que resultan visibles con el microscopio. Cuando células en fase M se fusionan con células en fase G<sub>2</sub> los cromosomas del núcleo G<sub>2</sub> sufren condensación (fig. 4-29) Los cromosomas son estructuras dobles; han sufrido duplicación en la fase S precedente. Sin embargo, cuando una célula en fase M se fusiona con una célula en fase G<sub>1</sub>, obligando así a los cromosomas del núcleo G<sub>1</sub> a condensarse antes de duplicarse, los cromosomas se ven aislados en vez de constituir estructuras dobles. Cuando una célula en fase M se fusiona con una célula en fase S los cromosomas del núcleo en fase S se condensan, pero lo hacen en pequeños fragmentos. Por lo tanto, hay algo en la célula en fase M que obliga a los cromosomas a condensarse, incluso cuando no están a punto para hacerlo. Sea lo que sea, parece actuar en todos los tipos celulares, incluso fusionados con la célula de un animal muy alejado por su naturaleza. Si una célula contiene cromosomas condensados en fase M puede desencadenar la condensación prematura de los cromosomas en la otra célula ojo tener en cuenta para experimento

VC4(104)Un organismo del tipo de un animal elevado, que puede considerarse como una sociedad de células, incluye algunas que se reproducirán y otras que no se reproducirán. Las células de los tejidos que llevan a cabo algunos servicios especiales —las del sistema nervioso y las del sistema muscular— en general no se reproducen. En tejidos como la piel, el sistema hematopoyético y los revestimientos epiteliales, se producen células nuevas con un ritmo que compensa estrictamente la pérdida continua de células viejas. Las células que intervienen en reacciones inmunes y en la curación de heridas se multiplican con ritmo rápido como respuesta corporal a alguna provocación externa. Finalmente, en el cáncer maligno las células cancerosas ya no se someten a las reglas de gobierno del organismo, y siguen su ciclo en forma anárquica. No hay nada especial en el ciclo celular de las células cancerosas, en comparación con el ciclo celular de las células normales. El ritmo, el ciclo y sus fases son los mismos, la diferencia estriba en que las células cancerosas repiten el ciclo sin limitación.

VC4(105)De todos estos estudios se deduce una regla muy simple. Las células que no se dividen nunca entran en fase S; a la inversa, las células que entran en fase S casi siempre la completan y siguen el ciclo para dividirse. Por lo tanto, la duplicación de los cromosomas es un fuerte compromiso para emprender la división, y el control principal de la división celular depende de si una célula entra o no entra en la fase de réplica. Sin embargo, las células que no van a dividirse no son células que se hayan atascado en la transición entre la fase G<sub>1</sub> y la S. Probablemente será mejor considerar las células que no se dividen como células que no han entrado en absoluto en ciclo. Las diversas células especializadas del cuerpo no entran en ciclo, que no progresan en el sentido de la división celular. Muchas de las células que han abandonado el ciclo puede lograrse que vuelvan a entrar en él colocándolas en condiciones de cultivo específicas en el laboratorio.



VC4(106)La investigación realizada hasta hoy sobre el cáncer proporciona tal vez la información más completa acerca de los mecanismos que intervienen para regular el proceso reproductivo de las células. Desde diferentes enfoques, bioquímico, genético, biofísico, inmunológico o de la biología molecular, provienen diferentes hallazgos que han permitido conocer más a fondo este proceso.

VC4(107)El conocimiento de los desarreglos que sufre una célula para convertirse en cancerosa ha llevado a los investigadores a considerar que existen dos tipos de mecanismos que intervienen en ello: uno que proviene de la "relación" que establecen las células de un tejido entre sí, y otro, relacionado con la "programación" genética que tiene cada una de las células desde la etapa embrionaria.

VC4(108)En el primer caso, se considera que todas las células que forman un determinado organismo disponen de una serie de mecanismos bioquímicos que les permiten interrelacionarse.

VC4(109)Cuando una célula es separada artificialmente de las que le rodean y con las que tiene contacto, ésta es capaz de "informar" mediante la liberación de ciertas sustancias que actúan como mensajeros químicos, conocidos como factores de crecimiento, acerca de su nueva condición. Estos mensajeros inducen a los mecanismos internos de la célula para que inicie su reproducción y dé lugar a nuevas células que reparen el daño o llenen el espacio que se ha detectado como vacío. Este podría decirse que es el mecanismo general de la cicatrización.

VC4(110)Se dice que toda célula contiene en su código genético las especificaciones necesarias para regular todas sus funciones, durante toda su vida; la capacidad reproductiva está considerada dentro de esa programación. Los investigadores han reportado la presencia de casi 30 genes que intervienen en esta función, a los que se han denominado genéricamente protooncogenes, los cuales se encuentran principalmente en el núcleo, aunque algunos se localizan en el citoplasma. Las células normales pueden reproducirse a lo largo de toda su vida alrededor de 50 veces.

VC4(111)Se considera que una célula cancerosa ha perdido alguna de las dos cualidades antes señaladas, es decir, por alguna razón es incapaz de manejar adecuadamente sus mensajeros químicos para iniciar y detener la reproducción, o sus genes han sufrido una alteración tal que inducen a la célula para superar el número de veces que debe reproducirse, comportándose casi como si hubiera adquirido la capacidad de la inmortalidad. En cualquiera de los dos casos, las células se reproducen incontroladamente, dando lugar a un número infinito de células que también son incapaces de regularse.(2,1) En la figura 4-30 pueden reconocerse las relaciones entre los factores de crecimiento y la regulación genética, en la figura de la derecha (arriba) podemos observar el desarreglo de la reproducción celular debido a la alteración del mensajero químico, en el esquema de abajo (derecha) se observa que la alteración ocurre a nivel genético, induciendo a una producción desenfrenada de factores de crecimiento, que a su vez, inducen a la célula a reproducirse sin control.

VC4(112)Se han identificado algunos factores externos que ayudan a que se presente este tipo de anomalías, ya sea porque inducen a la alteración genética sobre los protooncogenes o porque alteran el mecanismo regulador que llevan a cabo los mensajeros celulares. Entre estos factores pueden señalarse la exposición a ciertas radiaciones (como la producida por los rayos ultravioleta) o de compuestos químicos (como la dioxina o el piraleno), o por la acción de algún tipo de virus (como el causante del papiloma humano)

VC4(113)La conversión de linfocitos, de células que no siguen en ciclo a células que entran en ciclo, tiene importancia para la respuesta inmune. La célula empieza a crecer y dividirse, produciendo células que contribuyen a la formación de anticuerpos. Los linfocitos que no están en ciclo pueden transformarse en linfocitos en ciclo en el laboratorio exponiéndolos a lectinas, tipos específicos de proteínas vegetales. Cuando linfocitos no cíclicos se estimulan artificialmente por exposición a lectinas, pasan casi 24 horas antes que entren en fase S y los cromosomas empiecen a duplicarse. El retraso parece depender de la necesidad que tienen estos linfocitos estimulados de producir las enzimas necesarias para el proceso de duplicación, como hecho preliminar para entrar en fase S. Por lo tanto, no están bloqueados en la fase G<sub>1</sub>, sino dispuestos a entrar en la fase S cuando se estimulen. Cuando es estimulada, una célula no cíclica primero ha de hacer las cosas que efectúa una célula en ciclo en fase G<sub>1</sub> antes de poder entrar en fase S y duplicar sus cromosomas.

VC4(114)La regularidad del proceso de la división celular garantiza que cada célula hija recibirá exactamente el mismo número y tipo de cromosomas que tenía la célula progenitora. Si por trastornos del proceso de división celular una célula recibe un mayor o menor número de cromosomas del que le corresponde, la célula resultante ostenta anomalías manifiestas, a veces sin posibilidad de supervivencia. VC4(1) Aunque cada cromosoma se divide longitudinalmente en dos mitades de hecho cada cromosoma original permanece intacto y provoca la síntesis de una réplica exacta de sí mismo inmediatamente adyacente a él durante la fase S precedente. El cromosoma creado es idéntico en estructura y función al anterior, además de que, al principio, están tan unidos que no se

distinguen.- A medida que progresa la mitosis y se contraen los cromosomas, se va haciendo más manifiesta la línea de separación entre ellos. En el momento de la mitosis humana, por consiguiente, cada uno de los 46 cromosomas ha elaborado otro idéntico, con lo cual hay 92. Al completarse la división celular 46 cromosomas se dirigen a una célula hija y 46 a la otra.

Un complicado mecanismo asegura la absoluta equidad en la división de los cromosomas entre las dos células hijas. VC4(115)El término mitosis en sentido estricto se refiere a la división del núcleo en dos núcleos hijos, y se aplica el término citocinesis a la división del citoplasma para formar dos células hijas, cada una de las cuales contiene uno de los núcleos. La división nuclear y la división citoplásmica, aunque casi siempre bien sincronizadas y coordinadas, son procesos separados y netamente distintos. Toda división mitótica es un proceso en el que cada fase va seguida imperceptiblemente de la siguiente. Sin embargo, para fines descriptivos la mitosis se divide en cuatro fases: profase, metafase, anafase y telofase. Entre las divisiones mitóticas se considera que el núcleo está en reposo o interfase (fig. 4-31). Entre las divisiones mitóticas, el núcleo se denomina en interfaseo en estado de reposo. El núcleo está en "reposo" solamente con respecto a la división, pues en este intervalo su actividad metabólica puede ser muy grande. De todas maneras, es difícil apreciar la actividad del proceso de mitosis únicamente con la descripción, los dibujos esquemáticos o incluso con preparaciones microscópicas (fig. 4-32). Acaso sean más demostrativas las películas tomadas con técnicas especiales.

VC4(116)Profase. Comienza la profase con la condensación de los filamentos de cromatina, lo que da lugar a los cromosomas, los cuales aparecen como una masa apelotonada dentro del núcleo. Al principio los cromosomas, estirados al máximo, dejan ver bien los cromómeros con distinción de tamaño y forma pudiendo, en condiciones favorables, identificarse cada uno de ellos. Cuando los cromosomas se contraen subsecuentemente los cromómeros se superponen y ya no es posible diferenciarlos entre sí. Cada mitad del cromosoma doble se llama cromátide; los dos cromátides quedan unidos al centrómero que permanece único hasta la metafase.

VC4(117)Al comienzo de la profase, el centríolo se divide en dos centríolos hijos, cada uno de los cuales emigra a extremos opuestos de la célula. Desde cada centríolo se proyectan unos filamentos dispuestos en rayos, llamados áster; entre estos filamentos y los centríolos se forma un huso. En el tiempo en que se separaron los centríolos y se formó el huso, se contrajeron los cromosomas del núcleo, de modo que quedaron más cortos y gruesos. En este momento es evidente su dualidad, antes dudosa.

VC4(118)Metafase. Condensados los cromosomas, no sólo resultan más cortos, sino más teñidos, con aspecto de bastoncitos; desaparece la membrana nuclear y entonces los cromosomas se disponen alineados en el plano ecuatorial del huso que se formó a su alrededor (figura 4-31) Esto señala el fin de la profase; el corto periodo en que los cromosomas están en el plano ecuatorial constituye la metafase. En este momento se divide el centrómero y los dos cromátides se separan por completo en dos cromosomas hijos. La división de los centrómeros ocurre simultáneamente en todos los cromosomas, bajo la dirección de un mecanismo aún desconocido. Los centrómeros hijos comienzan a separarse, lo que señala el principio de la anafase. Bajo observación microscópica se comprueba que en las células humanas la profase dura de 30 a 60 minutos, en tanto la metafase no es más que de dos a seis. Sin embargo, estos tiempos varían mucho según los tejidos y las especies.

VC4(119)Anafase. Los cromosomas se separan y cada grupo de cromosomas hijos se dirige a un polo. Los acontecimientos que ocurren desde que los cromosomas comienzan a separarse hasta que alcanzan los polos constituye la anafase que dura de 3 a 15 minutos. Se desconoce el mecanismo por virtud del cual los cromosomas se dirigen a los polos. Una teoría postula que las fibras del huso se contraen, en presencia de ATP, y empujan los cromosomas hacia los polos. Por adición de ATP puede provocarse la contracción de husos aislados de células próximas a dividirse. Con ayuda de las fibras del huso, todo un grupo de cromosomas hijos se reúne en un polo, y todos los demás van al opuesto. Los cromosomas que se desplazan hacia los polos suelen adoptar forma de V con el centrómero en el vértice señalando hacia el polo. La fuerza, sea cual sea, que desplaza al cromosoma hacia el polo se aplica al centrómero. Se ha comprobado por microscopio electrónico que las fibras del haz se fijan al centrómero. Los cromosomas que carecen de centrómero, quizá como consecuencia de exposición a rayos X, no se desplazan en absoluto en el curso de la mitosis.

VC4(120)Telifase. Llegados los cromosomas a los polos, comienza la telofase, de duración aproximadamente igual a la profase. Los cromosomas se alargan y vuelven a la posición de reposo, sólo con filamentos de cromatina y gránulos visibles, además de la formación de membrana alrededor de los núcleos hijos. Esto termina la división nuclear, también llamada cariocinesis, a la que sigue la división del cuerpo de la célula, citocinesis. En las células del reino animal, la división se acompaña de un surco que rodea la superficie de la célula en el plano ecuatorial. El

surco se hace gradualmente más profundo hasta que el citoplasma se separa en dos mitades, lo que forma dos células hijas, cada una con su núcleo. En los vegetales se forma una placa celular en la región ecuatorial del huso, la cual se prolonga hasta la pared de la célula. La placa celular es secretada por el retículo endoplásmico. Cada célula hija forma entonces una membrana celular en el lado de la placa, formándose finalmente las paredes celulares de celulosa sobre cada lado de la placa celular.

VC4(121)Regulación de la mitosis. La mitosis aparece con frecuencia distinta en varios tejidos y especies; por ejemplo, en la médula ósea del ser humano, donde se producen 10 millones de glóbulos rojos por segundo, en este lapso deben ocurrir 10 millones de mitosis. En cambio en otros tejidos, como el nervioso, las mitosis son excepcionales. Durante las primeras fases de desarrollo de un organismo, la división celular ocurre con mucha rapidez, aproximadamente cada 30 minutos. Son desconocidos los factores que controlan la etapa de desarrollo en la que se hace más lenta la mitosis y luego cesa. Las divisiones de las células del sistema nervioso central cesan en gran parte en los primeros meses de vida, mientras que las de la médula ósea roja, del revestimiento del conducto digestivo y del revestimiento de los túbulos renales continúan hasta el final de la vida.

VC4(122)No se conocen exactamente los factores que ponen en acción la mitosis, pero se supone que en cierta medida debe depender de la proporción entre el volumen del núcleo y el del citoplasma. El aumento de tamaño de la célula implica síntesis de proteínas, ácidos nucleicos, lípidos y otros componentes celulares, lo que impone el transporte de sustancias en un sentido y en otro a través de las membranas nuclear y celular. Aunque el volumen de la esfera aumenta como el cubo de su radio, la superficie aumenta sólo como cuadrado. La célula no es siempre una esfera, pero teóricamente son válidas las mismas relaciones, de modo que, en definitiva, el volumen de una célula aumenta con más rapidez que la superficie de sus membranas, externa o nuclear. Debe haber un punto crítico en el que la superficie del núcleo es insuficiente para el intercambio de materias con el citoplasma, imprescindible para la continuación del crecimiento.

La división celular aumenta notablemente la superficie de dichas membranas, sin aumentar el volumen, por lo que se especula que este factor limitante en la proporción núcleo-plasma es el que de un modo u otro inicia la mitosis.

VC4(123)La teoría de la masa de núcleo citoplasma, propuesta por von Hertwig en 1908, requiere ciertos cambios, pues intervienen otros factores, además de la masa celular, para controlar la mitosis. Las células pueden obligarse a dividirse antes de haber duplicado su volumen y los huevos de muchos organismos crecen hasta volúmenes muy grandes antes de dividirse. Hay datos indicando que los dos nucleótidos cíclicos, AMP cíclico y GMP cíclico, desempeñan cierto papel regulando muchas funciones celulares, incluso la división. Los dos tienen acciones opuestas, antagonistas sobre el crecimiento y la división de ciertas células que se desarrollan en cultivos; cGMP estimula al crecimiento y cAMP lo inhibe.

VC4(124)Significación biológica de la mitosis. El proceso de mitosis asegura la distribución precisa y equitativa de los cromosomas en cada uno de los dos núcleos hijos de cada célula, de forma que en todo organismo multicelular cada célula posee exactamente el mismo número y tipo de cromosomas que las demás. Los cromosomas contienen en su ADN información genética codificada, y el proceso de mitosis regular y ordenado garantiza también que esta información genética sea exactamente distribuida en cada uno de los núcleos hijos; cada célula posee toda la información genética para la totalidad de las características del organismo. Así se comprende que una sola célula de una planta adulta plenamente diferenciada pueda, en condiciones favorables, dar origen a toda la planta.

#### 4-13 Organelos citoplásmicos: mitocondrias

VC4(125)El material situado dentro de la membrana plasmática pero fuera del núcleo, llamado citoplasma, visto con el microscopio de luz aparece compuesto de una sustancia fundamental semilíquida en la cual se encuentran en suspensión gran variedad de gotitas, vacuolas, gránulos y estructuras de aspecto filamentosas o en forma de bastoncitos. El microscopio electrónico ha revelado que el citoplasma es un laberinto de membranas y espacios de increíble complejidad, rodeado de membranas (fig. 4-33). Cuando se examina un corte fino de una célula en el microscopio electrónico estas membranas ofrecen el aspecto de filamentos tubulares múltiples parecidos a fideos, denominados retículo endoplásmico. Si se ven en tres dimensiones estas membranas de aspecto laminar ocupan casi todo el espacio citoplásmico; el resto está ocupado por otras estructuras especializadas con funciones específicas — mitocondrias, aparato de Golgi, centríolos y plástidos.

VC4(126)Todas las células vivas poseen mitocondrias, cuerpos cuyo tamaño fluctúa entre 0.2 y cinco micras, y cuya forma es variable: filamentos, bastoncitos o esferas. Su número varía de unas pocas a más de un millar por célula. Cuando se examinan células vivas sus mitocondrias se mueven, cambian de tamaño y forma, se fusionan con otras para formar estructuras más voluminosas o se desdoblán en otras más pequeñas; suelen concentrarse en la parte de la célula con metabolismo más elevado.

VC4(127) Las mitocondrias más grandes son visibles en el microscopio de luz, pero los detalles de su estructura interna solamente son perceptibles con el microscopio electrónico (fig. 4-34). Cada mitocondria está circunscrita por una doble membrana, cuya capa externa lisa sirve de límite exterior, mientras que la interna aparece plegada una y otra vez en placas o láminas paralelas que se extienden por el centro de la cavidad de la mitocondria (figura 4-35) pudiendo encontrarse y fusionarse con pliegues procedentes del lado opuesto. Cada membrana constituye una unidad de membrana y consta de una capa media doble de moléculas de fosfolípido con una capa de moléculas de proteína en cada lado. Los pliegues internos en forma de anaqueel o entrepaño, llamados crestas, contienen las enzimas del sistema de transporte de electrones, de primera importancia en la transformación de la energía potencial de los alimentos en energía biológicamente útil para las actividades celulares. El material semilíquido del compartimiento interior, la matriz, contiene las enzimas del ciclo del ácido cítrico de Krebs (pág. 110). Las mitocondrias cuya función primordial es la liberación de energía han sido atinadamente denominadas la central eléctrica de la célula.

VC4(128) Los bioquímicos pueden homogeneizar las células y separar después las mitocondrias de los otros organelos subcelulares por centrifugación diferencial de alta velocidad. Estas mitocondrias purificadas al incubarse in vitro metabolizan los carbohidratos y los ácidos grasos a bióxido de carbono y agua, utilizando oxígeno y liberando compuestos de fosfato ricos en energía. Las mitocondrias se hinchan y contraen a medida que ejecutan estos procesos.

VC4(129) Las mitocondrias (y los cloroplastos) son peculiares por cuanto se hallan bajo control de dos sistemas genéticos diferentes. El ADN existente en la mitocondria proporciona el código genético para el 10 por 100, aproximadamente, de la proteína mitocondrial, especialmente los polipéptidos hidrófobos de la membrana mitocondrial interna. El ADN nuclear proporciona el código genético para el resto de las proteínas mitocondriales, que son sintetizadas, como otras proteínas, sobre los ribosomas, fuera de las mitocondrias, y más tarde son captados por las mitocondrias e incorporadas a las mismas.

VC4(130) Los biólogos han especulado sobre el origen evolutivo de las mitocondrias. Las células de las bacterias no contienen mitocondrias, pero sí membranas en las que se encuentran las enzimas del sistema transmisor de electrones. En algunas bacterias estas membranas se encuentran dentro de la membrana plasmática. Otras bacterias, como ciertas formas marinas, poseen un complicado sistema de hojas membranosas paralelas que se extienden a través de la parte central de la célula (fig. 4-36). Las enzimas del sistema transmisor de electrones se encuentran en estas membranas. Puede especularse que cuando las células crecen y se vuelven más complejas, estas membranas se pliegan y finalmente salen por presión, formando organelos discretos, que fueron los precursores de las actuales mitocondrias. Otros investigadores han especulado que todas las células bacterianas, completas con sus membranas de enzimas transmisoras de electrones, invadieron células de mayor tamaño y llevaron una existencia simbiótica como las mitocondrias de células mayores.

VC4(131) Las células de casi todas las plantas poseen plástidos, pequeños cuerpos involucrados en la síntesis o almacenamiento de los productos alimenticios. Los plástidos más importantes, llamados cloroplastos, contienen el pigmento verde clorofila que comunica color verde a los vegetales y de importancia primordial en la fotosíntesis por captar la energía de la luz del Sol. Los cloroplastos de plantas superiores son estructuras típicas en forma de disco de cinco micras de diámetro y una micra de espesor. En el microscopio electrónico se aprecia su estructura interna en forma de membranas con disposición laminar y en pilas apretadas. Cada célula tiene 20 a 100 cloroplastos que pueden crecer y dividirse, formando cloroplastos hijos. Dentro de cada cloroplasto hay muchos cuerpos menores llamados granos, que contienen la clorofila.

VC4(132) El cloroplasto no es un simple saco de clorofila. Realmente, la capacidad de la clorofila para capturar energía lumínica depende de su distribución dentro de las laminillas de los granos.

VC4(133) Entre las capas de proteína se encuentra una capa de moléculas de clorofila y otra de moléculas de fosfolípido. Esta disposición permite la difusión de moléculas de clorofila en una amplia zona; por otra quizá tenga importancia la estructura estratificada para facilitar la transferencia de energía de una molécula a otra vecina durante la fotosíntesis. (2,1)

VC4(134) El material que rodea a cada grano se llama estroma. Los granos de cada cloroplasto se unen entre sí por hojas de membrana que pasan por el estroma.

VC4(135) Otros plástidos incoloros, los leucoplastos, sirven como centros de almacenamiento de almidón y otros materiales. Un tercer tipo de plástidos, los cromoplastos, poseen pigmentos y de ellos depende el color de las flores y frutos.

4-15 Los ribosomas y la síntesis de proteínas

VC4(136) Algunas células, como las del páncreas, especialmente activas en síntesis proteínica, se apiñan con el laberinto membranoso del retículo endoplásmico (fig. 4-18). La provisión de otras células puede ser escasa. Se encuentran dos tipos, un retículo endoplásmico granuloso al cual están vinculados muchos ribosomas, y retículo endoplásmico liso o no granuloso que consta solamente de membranas. Ligados al retículo granular o libre de la matriz de la célula se encuentran muchos ribosomas partículas de ribonucleoproteínas sobre las cuales se sintetizan las proteínas. El retículo endoplásmico liso y rugoso puede encontrarse en la misma célula. La función del retículo endoplásmico agranular no está clara, pero puede tener cierta participación en el proceso de secreción celular. Las hojas muy comprimidas de retículo endoplásmico pueden formar tubos de 50 a 100 nanómetros de diámetro. En otras regiones de la célula, las cavidades del retículo endoplásmico pueden expandirse, formando sacos aplanados llamados cisternas. Las membranas del retículo endoplásmico dividen el citoplasma en una multitud de compartimientos en los que pueden producirse diferentes grupos de reacciones enzimáticas. El retículo endoplásmico desempeña otra función como sistema de transporte de sustratos y productos por el citoplasma al exterior de la célula y al núcleo.

VC4(137) Una vez sedimentadas las mitocondrias por centrifugación en el homogeneizado de células, es todavía posible sedimentar un grupo heterogéneo de partículas más pequeñas, denominadas microsomas, centrifugando a una velocidad equivalente a 100 000 gravedades. Los ribosomas pueden separarse del resto de la fracción microsómica por métodos apropiados. Ribosomas aislados pueden sintetizar proteínas in vitro si se les proporciona las instrucciones apropiadas en forma de ARN mensajero y con una variedad de aminoácidos, una fuente de energía y las otras enzimas, y los ARN de transferencia requeridos (véase capítulo 29). Los ribosomas son ubicuos, encontrándose en toda clase de células, desde las bacterias hasta las plantas y animales superiores. Los ribosomas contienen tres tipos de ARN y 55 proteínas, y están compuestos de dos subunidades con forma parecida a la de un sillón mullido, que se combinan para formar la unidad activa que sintetiza la proteína (fig. 4-39). La subunidad menor (de peso molecular aproximadamente 600 000) contiene un tipo de ARN y 21 tipos de proteína; la subunidad mayor (de peso molecular alrededor de 1 300 000) contiene dos tipos de ARN y 34 tipos de proteína. Se está empezando a conocer el papel específico de algunas de estas proteínas ribosómicas en la síntesis de proteína.

VC4(138) Los ribosomas son sintetizados en el núcleo y pasan al citoplasma, donde se muestran activos sintetizando proteínas. Los ribosomas pueden ligarse a las membranas del retículo endoplásmico o pueden encontrarse libres en la matriz del citoplasma. En muchas células racimos de cinco o seis ribosomas, llamados polisomas (fig. 29-22), son la unidad funcional que interviene en la síntesis de las proteínas. Se estimó que una célula bacteriana, como *Escherichia coli*, contiene 6 000 ribosomas y que el reticulocito de conejo (pre-cursor del eritrocito) contiene 100 000 ribosomas. Estos son notablemente uniformes en su tamaño, estructura y composición, aislados de fuentes bacterianas o mamíferas.

VC4(139) El complejo de Golgi es otro componente citoplásmico presente en casi todas las células, excepto en los espermatozoides maduros y los glóbulos rojos. En el microscopio electrónico, el complejo de Golgi se ve que consta de haces paralelos de membranas sin gránulos, que pueden estar distendidos en ciertas regiones, formando pequeñas vesículas o vacuolas llenas de productos celulares (fig. 4-40). El complejo suele estar situado cerca del núcleo que rodea los centríolos y se cree que sirve como lugar de almacenamiento temporal para proteínas y otros compuestos sintetizados en el retículo endoplásmico. Hay pruebas que sugieren que las proteínas producidas en las cisternas del retículo endoplásmico están cerradas en pequeños paquetes de retículo endoplásmico y se desplazan hacia el complejo de Golgi. Allí, son encerradas de nuevo en sacos más grandes formados con membranas del complejo de Golgi. En estos sacos se dirigen a la membrana plasmática, que se fusiona con la membrana de la vesícula, abriendo ésta y liberando su contenido al exterior de la célula.

El aparato de Golgi de las células vegetales puede secretar la celulosa de las paredes de la célula. Suele aparecer como cuerpecitos aislados, dispersados en la célula, formado cada uno por un glomérulo de vesículas aplanadas ligeramente dilatadas en sus orillas.

VC4(140) Los lisosomas, otro grupo de organelos intracelulares aislados en células animales, son menos densos que las mitocondrias y tienen aproximadamente su mismo tamaño; constan de una estructura membranosita limitante que alberga diversas enzimas capaces de hidrolizar los constituyentes macromoleculares de la célula, proteínas polisacáridos y ácidos nucleicos. Estos sacos sirven para secretar estas enzimas en la célula intacta y presumiblemente evitan que digieran el contenido de la célula. La rotura de la membrana lisosómica libera estas enzimas y explica, al menos en parte, la lisis de las células muertas o en trance de perecer, y la resorción de las células, como por ejemplo, las de la cola del renacuajo durante la metamorfosis. Como los lisosomas contienen

enzimas que pueden hidrolizar los principales componentes celulares al romperse los lisosomas y liberarlos, se han denominado "sacos suicidas" por el bioquímico belga Christian De Duve.

VC4(141) Este tipo de organelos celulares han sido descubiertos a partir de la década de los cincuenta, sobre todo en células de hígado y riñón de rata, posteriormente han podido ser observados en diferentes tipos de células tanto animales como vegetales.

VC4(142) De aspecto generalmente esférico, miden alrededor de 0.5 y 1.0 micras de diámetro. Su contenido, casi siempre amorfo, puede ser sustituido en algunos casos, por algún tipo de cristal. Se conocen diferentes tipos de microsomas, entre los que se encuentran: peroxisomas, glioxisomas, hidrogenosomas y glicosomas. (2,1)

VC4(143) Los peroxisomas son tal vez el tipo de microsomas más común en las células, su nombre deriva del término peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ), que es un intermediario indispensable para el metabolismo oxidativo que estos microsomas realizan.

VC4(144) Para comprender la importancia que se ha asignado a este tipo de microsomas habrá que recordar algunos aspectos importantes. Los vegetales son considerados seres vivos incapaces de huir o de evadir las agresiones del medio ambiente. Una planta no puede emigrar para encontrar mejores condiciones de humedad y luz, tampoco puede huir del peligro o buscar un sitio menos frío para sobrevivir. Los vegetales han tenido que desarrollar mecanismos muy especializados para poder sobreponerse a los inconvenientes del medio. Muchos investigadores sostienen que las plantas mueren cuando se altera significativamente su metabolismo o cuando tienen una seria alteración fisiológica. Sea cual fuere la alteración sufrida, el resultado final es el mismo: un aumento de las formas tóxicas derivadas del oxígeno.

VC4(145) La capacidad oxidante de las células, es decir, la habilidad para capturar electrones a la membrana celular o a cualquier otra estructura, organelo o molécula, es un hecho que tiene lugar constantemente dentro de los sistemas vivos. Los contaminantes, la sequía, los herbicidas, el frío y la carencia de nutrientes en el suelo favorecen la producción de oxidantes. El envejecimiento, las heridas o la acción de los parásitos inducen también la liberación de moléculas o compuestos altamente oxidantes que afectan el metabolismo celular. En el hombre y demás animales, este tipo de procesos se manifiestan patentemente en el envejecimiento, algunos padecimientos como la artritis y ciertos tipos de cáncer.

VC4(146) Como sabemos, las plantas producen cantidades importantes de oxígeno durante la fotosíntesis, que es liberado a la atmósfera. Durante la respiración utilizan este elemento para poder "quemar" azúcares y otros compuestos indispensables para obtener la energía necesaria para realizar todas sus funciones vitales.

VC4(147) Durante la respiración, el oxígeno puede producir una serie de compuestos altamente oxidantes antes de combinarse con el hidrógeno para formar agua (al final del proceso respiratorio). El peróxido de hidrógeno es uno de estos compuestos, el cual puede ser inactivado por diferentes enzimas como las catalasas, que se producen en grandes cantidades dentro de los peroxisomas. Se sabe que la vitamina C (ascorbato) y la vitamina E (tocoferol) también pueden actuar sobre el peróxido de hidrógeno para contrarrestar sus efectos nocivos.

VC4(148) Los glioxisomas son otro tipo de microsomas (fig. 4-44) que contienen cierto tipo de enzimas que permiten a la célula llevar a cabo el ciclo del glioxilato (una variante del ciclo de Krebs que veremos más adelante), que tiene como función la conversión de grasas en carbohidratos, dentro del metabolismo celular. La importancia de este proceso podemos advertirla si consideramos que es la base para que las plantas puedan utilizar sus reservas para germinar, para crecer o para reproducirse. Si una semilla está impedida para realizar este proceso o carece de glioxisomas será incapaz de germinar. El hombre es capaz de obtener grasas a partir de carbohidratos pero no a la inversa, por carecer de glioxisomas.

VC4(149) Se han reportado hidrogenosomas en algunas células bacterianas anaeróbicas estrictas (que no requieren oxígeno libre para poder sobrevivir). Este tipo de microsomas contienen todo el sistema enzimático necesario para poder degradar el ácido pirúvico (molécula intermediaria en la degradación de azúcares durante la respiración), produciendo hidrógeno.

VC4(148) Los glicosomas han sido observados inicialmente en cierto tipo de microorganismos parásitos, los tripanosomas, entre los que se encuentran los causantes de importantes enfermedades como la del mal del sueño. Dentro de estos microsomas se han encontrado sistemas enzimáticos semejantes a los que intervienen en las reacciones de fermentación o glucólisis anaeróbica.

VC4(150) Además de estos elementos vivos, el citoplasma puede contener vacuolas, cavidades parecidas a burbujas llenas de un líquido acuoso y rodeadas de membrana vacuolar de una estructura análoga a la de la membrana plasmática. Las vacuolas son comunes en las células vegetales y en las de los animales inferiores, pero raras en las de los superiores. Casi todos los protozoarios tienen vacuolas alimenticias con alimentos en proceso de

digestión, además de vacuolas contráctiles que bombean fuera de la célula el exceso de agua. Finalmente, el citoplasma puede contener gránulos de almidón o proteína almacenados, o gotitas de aceite.(2,1)

VC4(151)Las células animales y vegetales difieren fundamentalmente en tres aspectos; las primeras poseen carecen poseen centríolo

Poseen centriolo del que carecen las células vegetales de especies superiores; en las células vegetales encontramos plástidos, que faltan en los animales; finalmente, las células vegetales poseen una pared rígida de celulosa que les impide cambiar de posición o de forma, en tanto las células animales suelen tener tan sólo una membrana plasmática delgada, con la que pueden desplazarse y modificar su forma(2,1)

VC4(152)La mayor parte de células, animales o vegetales, son tan pequeñas que no pueden verse a simple vista. Su diámetro va de una a 100 micras (una partícula de 100 micras de diámetro se encuentra cerca del límite inferior de visibilidad). Unas cuantas especies de amebas miden uno o dos milímetros de diámetro. Algunas plantas unicelulares, como Acetabularia, pueden tener más de un centímetro. Entre las células más grandes, con vida por separado, se cuentan los huevos de peces y aves. El huevo de una gran ave puede tener varios centímetros de diámetro. La verdadera célula del huevo es solamente la yema; la clara es una sustancia no celular secretada en el oviducto de la gallina.

VC4(153)Muchos principios biológicos fundamentales se han descubierto a través de la observación de células aisladas y de experimentos sobre ellas. Las células vivas pueden examinarse en una gota de líquido mediante el microscopio, el cual revela los movimientos de las amebas o el batir de los cilios (proyecciones en forma de pelo) que cubren el cuerpo de los paramecios.

VC4(154)Desde el descubrimiento de los métodos de cultivo de células fuera del organismo, de animales o plantas superiores, se han hallado nuevos hechos acerca de la estructura y función de la célula. En el cultivo de células animales se prepara y esteriliza un medio nutritivo complejo formado de plasma sanguíneo, extracto de tejidos embrionarios, vitaminas y otras sustancias químicas.

VC4(155)Las células animales pueden crecer en "cultivo de tejidos" en forma de lámina sobre un substrato sólido sumergido en medio nutritivo, o en "cultivo de células" cada una de las cuales permanece en suspensión en un medio nutritivo líquido. Las células del tejido conectivo humano (fibroblastos) sobrevivirán en cultivo y seguirán un número relativamente fijo de mitosis (generaciones celulares —aproximadamente 50—), después de las cuales ya no pueden dividirse. En contraste, las células cancerosas pueden sobrevivir en cultivo y sufrir divisiones indefinidamente. Las células musculares en cultivo se dividen pocas veces; luego se fusionan para que puedan constituir una fibra muscular, volviéndose contráctiles.)

VC4(156)Se pueden estudiar los detalles de la morfología celular a través de un fragmento de tejido muerto rápidamente por un "fijador" químico que no destruye la estructura celular; dicho tejido es luego seccionado con un aparato llamado micrótopo, y teñido con Colorantes especiales. Las secciones teñidas, montadas en un portaobjetos y cubiertas con un cubreobjetos, pueden ahora observarse bajo el microscopio.

VC4(157)El núcleo, las mitocondrias y otras partes especializadas de la célula tienen diferentes afinidades químicas, aceptan colorantes distintos, por lo que su coloración es característica. Para la microscopía electrónica los tejidos se preparan por fijación en ácido ósmico; se montan en plástico acrílico para cortarse en secciones muy delgadas y se ponen sobre una pequeña rejilla que habrá de colocarse en el trayecto del haz de electrones.)

VC4(158)Una de las principales tendencias en la evolución de vegetales y animales ha sido la especialización y división del trabajo entre las células componentes. Las que forman el organismo del árbol o del hombre no son todas iguales; cada una se especializa en ciertas funciones. Esta especialización permite que las células funcionen con más eficacia, pero significa también la dependencia mutua entre las partes del organismo: la lesión o destrucción de una parte del cuerpo puede significar muerte total del mismo. Sin embargo, las ventajas de la especialización son superiores a sus desventajas.

VC4(159)Un tejido puede definirse como un grupo o capa de células de la misma especialización que, en conjunto, se distinguen por sus funciones especiales. El estudio de la estructura y disposición de los tejidos se llama histología. Cada variedad de tejido consta de células con tamaño, forma y disposición característicos. Los tejidos pueden estar formados por otros elementos además de las células vivas; por ejemplo, la sangre y el tejido conectivo contienen sustancias inertes entre las células.

VC4(160)Los biólogos sostienen distintos criterios acerca de la clasificación de los tejidos y del número de tipos que forman. Aquí clasificaremos los tejidos animales en seis grupos: epitelios, tejido conectivo, músculos, sangre, tejido nervioso y tejido reproductor, y los tejidos de las plantas superiores en cuatro categorías —merismáticos, protectores, fundamentales y conductores.

VC4(161) Tejidos epiteliales. Los epitelios están formados de células en capa continua que cubre la superficie corporal o reviste cavidades internas. Pueden tener una o varias de las siguientes funciones: protección, absorción, secreción y sensación. Los epitelios del cuerpo protegen las células profundas contra lesiones mecánicas, sustancias químicas nocivas, bacterias y la desecación. Los epitelios del tubo digestivo absorben los alimentos y el agua. Hay otros epitelios que secretan una amplia gama de sustancias como productos de desecho o para su utilización en otra región del cuerpo. Finalmente, puesto que el organismo está cubierto de epitelio en su totalidad, es evidente que todos los estímulos sensitivos deben ser recibidos por estos tejidos. Son ejemplos de tejidos epiteliales la capa externa de la piel, el revestimiento del tubo digestivo, el de las vías aéreas y pulmones, y los túbulos renales. Los tejidos epiteliales se dividen en seis subclases, de acuerdo con su forma y función.

VC4(162) El epitelio plano está formado de células aplanadas en forma de losas o tortas (fig. 4-47, A). Se encuentra epitelio plano o escamoso en la superficie de la piel y la mucosa de la boca, esófago y vagina. En el hombre y animales superiores suelen disponerse varias capas de células aplanadas superpuestas, en este caso hablamos de epitelio plano o escamoso estratificado. Los túbulos renales están formados por células cuboideas, cuya forma recuerda un dado; este tejido se llama epitelio cuboide.

VC4(163) Las células del epitelio cilíndrico son alargadas, como pilares o columnas, el núcleo suele encontrarse cerca de la base de la célula (fig. 4-47, C). El estómago y los intestinos están revestidos de epitelio cilíndrico. Las células cilíndricas pueden tener cilios en su superficie libre. Estas pequeñas proyecciones citoplásmicas (fig. 4-47, D) pulsán rítmicamente y desplazan material en una dirección. Casi todo el sistema respiratorio está revestido de epitelio ciliado cuya función consiste en expulsar partículas de polvo, así como otras sustancias extrañas.

VC5(164) El epitelio sensitivo está formado por células especializadas en la recepción de estímulos. Las células que revisten las fosas nasales (epitelio olfatorio donde asienta el sentido del olfato) son ejemplo de esta variedad.

VC4(165) Las células de los epitelios glandulares (fig. 4-47, F) tienen como función la secreción de sustancias como leche, cerumen o sudor. Pueden ser cilíndricas o cuboideas.

VC4(166) Tejido conectivo. Comprende hueso, cartílagos, tendones, ligamentos y tejido conectivo fibroso; sostiene y mantiene juntas las demás células del organismo. Es característico que las células de estos tejidos secreten gran cantidad de sustancia inerte, llamada matriz; la naturaleza y función del tejido conectivo que se estudia depende sobre todo de la naturaleza de dicha matriz intercelular. Las células llevan a cabo sus funciones indirectamente, secretando una matriz de soporte al sostén y conexión mencionados.

VC4(167) En el tejido conectivo fibroso la matriz es una red gruesa y complicada de fibras microscópicas secretadas por células de tejido conectivo y rodeando a éstas (fig. 4-48, A). Se encuentra este tejido en todo el organismo, con la función de unir la piel a los músculos, mantener las glándulas en posición y afianzar otras muchas estructuras. Los tendones y ligamentos son variedades especializadas de tejido conectivo fibroso. Los tendones no son elásticos, sino como cables flexibles que unen los músculos unos a otros o a los huesos. Los ligamentos son ligeramente elásticos y unen un hueso a otro. Hay una red especialmente densa de fibras de tejido conectivo inmediatamente por debajo de la piel de muchos vertebrados. Cuando se trata químicamente, en el proceso del curtido se transforma en cuero.

VC4(168) Las fibras de tejido conectivo contienen una proteína peculiar llamada colágena, rica en los aminoácidos glicina, prolina e hidroxiprolina. Si las fibras se tratan con agua caliente, la colágena se transforma en una proteína soluble, la gelatina. Como hay tanto tejido conectivo, un tercio de la proteína del cuerpo humano se encuentra en forma de colágena. Las unidades de colágena de estas fibras constan de una espiral formada por tres cadenas peptídicas enrolladas una en otra a modo de cable, y unidas por enlaces de hidrógeno.

VC4(169) El esqueleto de sostén de los vertebrados está formado de cartílago o de hueso. El cartílago es el esqueleto de sostén durante las fases embrionarias de todos los vertebrados, pero en el adulto está remplazado casi totalmente por hueso, salvo en los tiburones y mantarrayas. En el cuerpo humano puede apreciarse el cartílago en la estructura profunda del pabellón de la oreja y en la punta de la nariz. Es duro, pero elástico. Las células del cartílago secretan esta matriz dura \ elástica a su alrededor; forman grupos de dos a cuatro células en pequeñas cavidades dentro de la matriz homogénea y continua (fig. 4-47, B). Las células de cartílago en esta matriz siguen vivas; algunas secretan fibras que crecen dentro de la matriz y la refuerzan.

VC4(170) Las células óseas siguen vivas y secretan una matriz ósea en toda la vida del organismo. Esta matriz tiene sales de calcio (el mineral hidroxapatita) y proteínas principalmente colágena. Las sales cálcicas de la matriz del hueso lo hacen muy duro, y la colágena evita que el hueso se vuelva frágil. La densa matriz ósea permite al esqueleto sostener el peso del cuerpo. Contrariamente a lo que parece, el hueso no es una estructura sólida. Casi todos los huesos tienen una importante cavidad, la cavidad medular en su interior (fig. 4-48, C), que puede contener



médula amarilla, formada casi totalmente de grasa, o médula roja, tejido en el cual se producen los glóbulos rojos y alguno, glóbulos blancos.

VC4(171)Atravesando toda la matriz del hueso hay los conductos de Havers, vías microscópicas a través de las cuales vasos sanguíneos y nervios nutren y controlan las células óseas. La matriz ósea es secretada en forma de anillos concéntricos (laminillas) alrededor de los conductos; las células permanecen en cavidades dentro de estos anillos (fig. 4-48, D). Las células óseas están unidas, unas a otras y con los conductos de Havers por extensiones celulares que se encuentran en conductos menores en la matriz. Las células óseas obtienen oxígeno y sustancias de base mediante estos conductos diminutos; también eliminan por esta vía los productos de desecho. Los huesos poseen también células que modifican la sustancia ósea y la capacitan para cambiar su forma en respuesta a esfuerzos sostenidos.

VC4(172)Tejido muscular. El movimiento de casi todos los animales se logra por la contracción de células alargadas, cilíndricas o fusiformes, células musculares, que contienen pequeñas fibras contráctiles longitudinales o paralelas llamadas miofibrillas, formadas por las proteínas miosina y actina. Las células musculares hacen trabajo mecánico al contraerse, en cuyo acto se acortan y ensanchan. El músculo no puede “empujar. En el cuerpo humano hay tres tipos de músculos: estriado, liso y cardíaco (fig.4-50) El músculo cardíaco forma las paredes del corazón; el músculo liso se encuentra en las paredes del tubo digestivo y otros órganos internos, el músculo estriado representa las grandes masas musculares unidas a los huesos del cuerpo (a veces se le llama músculo esquelético). Las fibras estriadas y cardíacas son excepciones a la regla según la cual las células sólo tienen un núcleo, pues cada fibra tiene muchos. Los núcleos de las fibras estriadas también tienen posición poco común; se encuentran en la periferia, inmediatamente debajo de la membrana celular; tal vez se trate de una adaptación para aumentar la eficacia de la contracción. Las células musculares esqueléticas son extraordinariamente largas, algunas de 2 ó 3 centímetros de longitud; realmente, algunos investigadores creen que las células musculares se extienden por toda la longitud del músculo.

VC4(173)Las fibras estriadas y cardíacas presentan bandas transversas microscópicas alternas, claras y oscuras, denominadas estriaciones. Estas bandas parecen intervenir en la contracción, pues sus tamaños relativos cambian durante ésta; las bandas oscuras permanecen esencialmente constantes, en tanto las claras aumentan de tamaño. Los músculos estriados pueden contraerse muy rápidamente, pero no siguen contráctos; un músculo estriado ha de relajarse y descansar momentáneamente antes de poderse contraer de nuevo. El músculo estriado se llama también músculo voluntario porque se encuentra bajo el dominio de la voluntad. Los músculos cardíaco y liso se llaman involuntarios, pues la voluntad no actúa sobre ellos En el cuadro 4-2 se resumen las características de esas tres variedades de tejido muscular.)

VC4(174)Sangre. Comprende glóbulos rojos y blancos, una parte líquida sin células, el plasma (pág. 340). Muchos biólogos incluyen la sangre en los tejidos conectivos porque se origina de células similares. (2,1)

VC4(175)Las células rojas (eritrocitos) de los vertebrados contienen el pigmento hemoglobina, que puede combinarse fácilmente en forma reversible con el oxígeno. El oxígeno combinado como oxihemoglobina es transportado a las células corporales por los glóbulos rojos. Los glóbulos rojos de los mamíferos son discos bicóncavos aplanados, sin núcleo (D); los de otros vertebrados son células más típicas de forma oval, con un núcleo.

VC4(176)En la sangre del hombre hay cinco tipos diferentes de glóbulos blancos —linfocitos, monocitos, neutrófilos, eosinófilos y basófilos (fig. 4-51). Los glóbulos blancos no contienen hemoglobina, pero pueden desplazarse, e incluso deslizarse a través de las paredes de los vasos sanguíneos y penetrar en los tejidos corporales para aprisionar bacterias.

VC4(177)La parte líquida de la sangre, el plasma, transporta muchos tipos de sustancias de una parte del cuerpo a otra. Algunas de las sustancias transportadas están en solución, otras están unidas a una u otra de las proteínas plasmáticas. En algunos invertebrados, el pigmento que transporta el oxígeno no está localizado dentro de la célula, sino disuelto en el plasma, al cual da color rojo o azul. Las plaquetas son pequeños fragmentos rotos de células voluminosas que existen en la médula ósea. Intervienen en la coagulación de la sangre.

VC4(178)Tejido nervioso. El tejido nervioso está compuesto de células llamadas neuronas, especializadas en conducir impulsos nerviosos electroquímicos. Una neurona posee una parte dilatada, el cuerpo celular, dentro del cual encontramos el núcleo, y dos fibras nerviosas delgadas (a veces más), parecidas a pelos que se extienden a partir de dicho cuerpo celular (fig. 4-52). Las fibras nerviosas están formadas por citoplasma, y cubiertas por membrana plasmática, varían de ancho desde unos cuantos micrones hasta 30 ó 40 micrones, y de longitud desde un milímetro o dos hasta más de un metro. Las hay, en el hombre, que van desde la médula espinal hasta el extremo del brazo o la pierna, con más de un metro de longitud. Las neuronas están unidas en cadenas, lo que permite el envío

de impulsos sobre distancias considerables en el organismo. Las fibras nerviosas del sistema nervioso periférico están rodeadas de una vaina celular, el neurilema. En algunas fibras nerviosas estas células secretan un envoltorio espiral de material aislante grasoso, la mielina. Entre las células de neurilema hay espacios, los nodos de Ranvier donde la fibra no está cubierta de mielina.

VC4(179) Se reconocen dos tipos de fibras nerviosas, los axones y dendritas, según el sentido en el cual conducen con normalidad el impulso nervioso: los axones lo hacen alejándose del cuerpo celular, y las dendritas hacia el cuerpo celular. La unión entre el axón de una neurona y la dendrita de la siguiente se llama sinapsis. El axón y las dendritas en realidad no se tocan en la sinapsis; hay un pequeño intervalo entre ambos. El impulso sólo puede atravesar la sinapsis en el sentido axón-dendrita; la sinapsis sirve de válvula para impedir el flujo retrógrado de impulsos. Hay neuronas de muchos tamaños y formas, pero todas obedecen a este esquema general.

VC4(180) Tejido reproductor. El tejido reproductor está formado por células modificadas para producir la aparición de nuevos individuos-óvulos en la hembra, espermatozoides en el macho (fig. 4-53). Los óvulos suelen ser esféricos u ovals, sin movilidad. Los huevos de casi todos los animales, con excepción de los mamíferos superiores, poseen gran cantidad de yema, que representa el alimento del organismo en desarrollo desde el momento de la fertilización hasta que pueda obtener sustento en alguna otra forma. Las células espermáticas son bastante menores que los óvulos; han perdido casi todo su citoplasma, pero poseen una cola que les sirve de medio de locomoción. Un espermatozoide típico está formado por una cabeza, dentro de la cual se halla el núcleo, un segmento intermedio y una cola. La forma del espermatozoide varía según la especie animal. Puesto que los óvulos y espermatozoides se desarrollan a partir tejidos epiteliales semejantes en ovarios y testículos algunos biólogos los incluyen dentro de los epitelios.

VC4(181) Tejido meristemático. Los tejidos meristemáticos están formados de células pequeñas de pared delgada con núcleos grandes, sin vacuolas o, en todo caso pocas (fig. 4-54). Su principal función consiste crecer, dividirse y diferenciarse en todos los demás tipos de tejido. La planta embrionaria al principio de su desarrollo está formada enteramente de meristemo conforme crece, casi todo el meristemo se diferencia en otros tejidos, pero aun en el árbol adulto hay regiones de meristemo que permiten el crecimiento continuo. Los tejidos meristemáticos se encuentran en las partes de la planta que crece activamente (extremo de las raíces y tallos, y cambium). El meristemo de puntas de raíces y tallos, llamado meristemo apical, explica el aumento de longitud, de estas partes, y el meristemo del cambium, llamado meristemo lateral permite el aumento de diámetro de tallos y raíces,

VC4(182) Tejido protector. Los tejidos protectores están formados por células con paredes gruesas para proteger las subyacentes de paredes delgadas contra la desecación o las lesiones mecánicas. La epidermis de las hojas y la capa de corcho de tallos y raíces son ejemplos de tejidos protectores. La epidermis de las hojas secreta una sustancia cerosa impermeable al agua llamada cutícula, que disminuye la pérdida de agua por la superficie de la hoja.

VC4(183) En la superficie de las hojas se encuentran células epidérmicas especializadas, llamadas células de protección, dispuestas en pares alrededor de cada pequeña abertura, denominada estoma, en el interior de la hoja. La presión de turgencia (p. 236) en la célula protectora regula el tamaño del estoma y la velocidad con que penetran el oxígeno, el bióxido de carbono y el vapor de agua en la hoja o salen de ella.

VC4(184) Algunas células epidérmicas de las raíces poseen excrescencias llamadas pelos radiculares, que aumentan la superficie de absorción de agua y sustancias disueltas en el suelo.

VC4(185) Los tallos y las raíces también están cubiertos por capas de células de corcho producidas por un cambium de corcho especial, otro meristemo lateral. Las células de corcho se encuentran muy apretadas unas a otras; sus paredes celulares contienen otra sustancia impermeable al agua, la suberina. Puesto que la suberina impide la entrada de agua a las propias células de corcho, éstas viven poco, por lo que todas las células de corcho maduras son células muertas.

VC4(186) Tejidos fundamentales. Los tejidos fundamentales forman la gran masa del cuerpo de la planta, incluidas las partes blandas de la hoja, el meollo y corteza de tallos y raíces, y las partes blandas de flores y frutos; sus principales funciones son la producción y almacenamiento de alimentos. El tejido fundamental más sencillo, el parénquima, está formado de células de pared delgada y una capa fina de citoplasma en torno a una vacuola central, A). El clorénquima es un parénquima modificado que contiene los cloroplastos donde tiene lugar la fotosíntesis. Las células del clorénquima, poco apretadas, forman casi todo el interior de las hojas y algunos tallos. Se caracterizan por paredes celulares delgadas, vacuolas grandes y presencia de cloroplastos.

VC4(187) En algunos tejidos fundamentales los bordes de las células están engrosados para servir de sostén a la planta. Este tejido, llamado colénquima (fig. 4-55, B) se extiende inmediatamente debajo de la epidermis de los

tallos y el pecíolo de las hojas. Todavía en otro tipo, el esclerénquima, C), toda la pared celular aumenta de espesor considerablemente. Estas células que suministran sostén y resistencia mecánica, se encuentran en muchos tallos y raíces. A veces adoptan la forma de fibras delgadas y largas. Las células de esclerénquima fusiforme, llamadas fibras del líber, se encuentran en el floema de muchos tallos. En las cáscaras duras de las nueces hay células redondas de esclerénquimas, las cuales son llamadas células pétreas.

VC4(188)Tejidos conductores. En las plantas encontramos dos tipos de tejidos conductores: el xilema, que conduce el agua y las sales disueltas, y el floema, que conduce las sustancias nutritivas disueltas como la glucosa. En todas las plantas superiores, las primeras células del xilema que se desarrollan son larguísimas y se llaman traqueidas; tienen extremos puntiagudos y engrasamientos de las paredes en forma circular, espiral o excavada. Más tarde, otras células se unen por sus extremos para formar vasos de xilema.

VC4(189)Al desarrollarse estos vasos, las paredes conjuntas se disuelven y las laterales se hacen gruesas, dejando un tubo de celulosa hasta de tres metros de largo por donde circula agua. Estos vasos pueden alcanzar tres metros de largo.

VC4(190)Tanto en las traqueidas como en los vasos, el citoplasma finalmente muere, y así quedan tubos cuya función queda mantenida. El engrosamiento, a base del depósito de lignina, sustancia que explica la naturaleza dura y leñosa de tallos y raíces vegetales permite al xilema actuar como soporte, además de tejido de conducción.

VC4(191)Mediante una unión terminoterminal semejante a las células, se producen los tubos de tamiz del floema. Los extremos de las células no desaparecen, pero forman una placa perforada o placa del tamiz. A diferencia de las traqueidas y vasos del xilema, los tubos maduros de tamiz siguen vivos y poseen gran cantidad de citoplasma pero pierden sus núcleos. Cerca de los tubos de tamiz se encuentran "células acompañantes" nucleadas, las cuales pueden servir para regular las funciones de dichos tubos de tamiz.

VC4(192)Las corrientes intracelulares (ciclosis) del citoplasma de los tubos de tamiz intervienen para acelerar el transporte de alimentos disueltos (translocación, véase página 238) por dichos tubos. Los tubos de tamiz se encuentran en los troncos, en la corteza blanda fuera de la capa de cambium.

VC4(197)Los cuerpos de los animales y plantas unicelulares, naturalmente, no están formados por tejidos ni órganos; todas las funciones vitales se encuentran en la célula única. En los organismos más complejos, con división del trabajo, se presentan sistemas especiales para cada función vital. Por ejemplo, en el hombre, el sistema circulatorio está formado por órganos (corazón, arterias y venas); el corazón está formado por varios tipos de tejidos (músculo cardíaco, tejido conectivo fibroso, nervios, etc.), y cada clase de tejido es la suma de millones de células.

VC4(193)En el hombre y otros vertebrados pueden distinguirse 11 sistemas de órganos:

Sistema circulatorio, que transporta sustancias para todo el organismo.

Sistema respiratorio, que proporciona un medio para el intercambio de oxígeno y bióxido de carbono, entre el torrente sanguíneo y el medio ambiente externo.

digestivo, de ingreso de alimentos, desdoblamiento de grandes moléculas de nutrientes en otras más pequeñas y absorción de éstas por la sangre.

Sistema excretor; de eliminación de los productos de desecho del metabolismo.

Sistema de tegumentos, que cubre y protege al cuerpo.

Sistema esquelético> que suministra el sostén del organismo y permite los movimientos y la locomoción.

Sistema muscular, que colabora con el anterior en los movimientos y en la locomoción.

Sistema nervioso, que conduce impulsos nerviosos por todo el cuerpo e integra las actividades de los otros sistemas.

Organos de los sentidos, que reciben estímulos del ambiente y de varias regiones del cuerpo.

Sistema endocrino, que constituye otra coordinación de las funciones corporales.

Sistema reproductor, que permite la continuación de las especies.

VC4(194)Al referirse a las partes del organismo, los biólogos emplean los siguientes términos: anterior, que se refiere al extremo cefálico del cuerpo; posterior al extremo caudal del mismo; dorsal o sea correspondiente a la espalda; ventral, del lado del abdomen; medial, hacia la línea media, y lateral, hacia los lados. Estos términos se utilizan también para indicar posiciones relativas. Por ejemplo, el cuello es anterior con respecto al tórax; las costillas son posteriores respecto a la cintura escapular; la médula espinal es dorsal en comparación con la cavidad central.

VC4(195)Los cuerpos de animales y plantas pueden organizarse de acuerdo con tres tipos de simetría. Se dice que una estructura es simétrica si puede dividirse en dos mitades equivalentes. Si un cuerpo es esférico y

completamente homogéneo, por ejemplo, una pelota de caucho, de modo que pueda cortarse por cualquier plano que atraviese el centro dando dos mitades iguales, hablamos de simetría esférica. Sólo unas cuantas plantas y animales inferiores corresponden a esta variedad. En la simetría radial, pueden distinguirse dos lados, una parte superior y una inferior; por ejemplo, en una estrella de mar en un hongo. Un hongo puede cortarse en dos partes iguales por cualquier plano que pase por el eje central. Los seres humanos tienen una simetría bilateral, en la cual sólo un cierto corte especial divide el organismo en dos mitades iguales y equivalentes. En los animales de simetría bilateral pueden distinguirse las partes anterior, posterior, dorsal y ventral. Por ejemplo, en el hombre, sólo podrá dividirse el cuerpo en mitades equivalentes derecha e izquierda mediante un plano que vaya de la cabeza a los pies exactamente por el centro. Y según veremos al estudiar algunos detalles de la estructura humana, aun las mitades derecha e izquierda del cuerpo humano no son exactamente equivalentes.

VC4(196) En un animal de simetría bilateral, son posibles tres planos o secciones:

Planos transversos, por un eje dorsoventral y otro de derecha a izquierda, forman ángulos rectos con el eje anteroposterior.

Un plano sagital, por el eje dorsoventral y el anteroposterior, forma ángulo recto con el eje de derecha a izquierda.

Un plano frontal por el eje anteroposterior y el de derecha a izquierda; pero está en ángulo recto con el dorsoventral.

Para distinguir estos planos corporales, es útil hacer un modelo esquemático de un animal de simetría bilateral como un pez, a base de arcilla, pasta de modelar o alguna sustancia semejante. Pueden intentarse los distintos cortes hasta comprender satisfactoriamente el sentido de estos términos.

## Capítulo N. 28

Transmisión genética: teoría cromosómica de la herencia

VC 28(1) La esencia del proceso reproductor estriba en producir una nueva generación de vástagos que se parezcan a sus progenitores, proceso que implica en forma obligada la transferencia de información biológica al nuevo organismo siguiendo la vía óvulo y espermatozoo. El hombre sabe desde hace siglos que "lo semejante engendra lo semejante"; en otras palabras: que los hijos se parecen a los padres, y una de las características originales de los seres vivos es la de reproducir su especie.

VC28(2) Esta tendencia de los individuos a parecerse a sus progenitores se llama herencia. Aunque el parecido entre padres e hijos sea acusado, no puede decirse que resulte exacto. Los hermanos difieren entre sí y con respecto a los padres en varios aspectos y en grado diverso. Estas diferencias, llamadas precisamente variaciones, son también características de los seres vivos. Algunas variaciones son heredadas, o sea motivadas por la segregación de factores hereditarios entre la descendencia. Otras no tienen este carácter, sino que son debidas a los efectos de temperatura, alimentación, humedad, iluminación solar y otros factores del ambiente sobre el desarrollo del individuo. Así resulta que los caracteres hereditarios pueden ser modificados en gran medida por el medio en el cual crece el sujeto.

VC28(3) La rama de la biología que se ocupa de los fenómenos de herencia y variación, y estudia las leyes que rigen las semejanzas y diferencias entre individuos con ascendientes comunes se llama genética. Desde su comienzo a principios del presente siglo, la ciencia de la genética ha progresado con rapidez y actualmente continúa con ritmo acelerado.

VC28(4) En los siglos xviii y xix se hicieron varios intentos de descubrir cómo se transmiten caracteres específicos de una generación a la siguiente. Un importante descubrimiento lo hizo en 1760 el botánico alemán Kolreuter al cruzar dos especies de tabaco colocando polen de una especie en los estigmas de la otra. Las plantas producto de las semillas resultantes tenían caracteres intermedios entre dos de las dos plantas progenitoras. Kolreuter hizo la inferencia lógica de que los caracteres de los de los padres se transmiten por el polen (espermatozoo) y el óvulo. Sin embargo, él y sus contemporáneos criadores de plantas y animales fueron incapaces de descubrir la naturaleza del mecanismo hereditario, en parte porque la base citológica era desconocida, pero principalmente porque trataron de estudiar la herencia de todos los caracteres de la planta al mismo tiempo.

VC28(5) Gregor Mendel, abad austríaco que crió guisantes en el huerto de su monasterio en Brno, logró descubrir las leyes básicas de la genética donde hibridadores anteriores habían fracasado. Estudió la herencia de caracteres contrastantes; contó y registró los padres y descendencia de cada uno de sus cruzamientos. Su conocimiento de los principios de las matemáticas le permitieron interpretar sus datos y le indujeron a formular la hipótesis de que cada rasgo es determinado por dos factores genéticos.

VC28(6) Mendel tenía varios tipos de plantas de guisante en su huerto y llevó registros de la herencia de siete pares de rasgos claramente contrastantes, como semillas amarillas frente a semillas verdes, semillas redondas frente a semillas arrugadas, vainas verdes frente a vainas amarillas, etc. Cruzando y contando los tipos de descendencia, pudo Mendel descubrir regularidades en el patrón de herencia que habían escapado a criadores anteriores.

VC28(7) Cuando cruzó plantas con dos caracteres diferentes, como semillas amarillas y verdes, las plantas de la siguiente generación, la generación  $F_1$ , fueron parecidas a uno de los dos padres. La segunda generación o generación  $F_2$  contenía individuos de ambos tipos progenitores. Cuando contó éstos, halló que los dos tipos de individuos estaban presentes en la generación  $F_2$  en una razón de aproximadamente 3:1 (cuadro 28-1). Por ejemplo (fig. 28-1), cuando cruzó plantas altas con plantas bajas, todos los miembros de la generación  $F_1$  fueron altos. Cuando se cruzaron dos de estas plantas altas de la primera generación, la generación  $F_2$  contenía algunas plantas altas y otras bajas (787 altas y 277 bajas).

VC28(8) Sin duda, en la primera generación el factor genético (gen) de la poca altura estaba oculto o había sido anulado por el gen de la gran altura. Mendel denominó a este gen de la gran altura "dominante" y al gen de la poca altura "recesivo".

V28(9) Al descubrir que el cruce de dos plantas de la primera generación producía descendencia en la segunda generación en una razón de tres con el carácter dominante a una con el carácter recesivo, se le ocurrió a Mendel que cada planta debe tener dos factores genéticos, mientras que cada óvulo y espermatozoo sólo tiene uno.

VC28(10) Los conocimientos matemáticos de Mendel le permitieron reconocer que una razón de 3:1 sería de esperar entre la descendencia si cada planta tuviera dos factores de cualquier carácter dado, en vez de uno solo. Este brillante razonamiento fue confirmado cuando los cromosomas fueron observados y se conocieron los detalles de la mitosis, la meiosis y la fecundación.

VC28(11) Mendel informó sobre sus hallazgos en una reunión de la Sociedad para el Estudio de las Ciencias Naturales, de Brno, y publicó sus resultados en las actas de dicha sociedad. La importancia de sus hallazgos no fue apreciada por otros biólogos de su época, y fueron despreciados por espacio de casi 35 años.

VC28(12) En 1900, Hugo DeVries en Holanda, Karl Correns en Alemania y Erich von Tschermak en Austria, redescubrieron independientemente las leyes de la herencia descritas por Mendel. Al encontrarse un trabajo de Mendel en el que se expresaban claramente estas leyes 35 años antes, dieron crédito a Mendel por su descubrimiento, confiriendo su nombre a dos de las leyes fundamentales de la herencia.

VC28(13) En la primera década del siglo actual, experimentos con una gran variedad de plantas y animales, junto con observaciones de la herencia humana, demostraron que estos mismos principios básicos rigen la herencia en todos estos organismos.

VC28(14) W. S. Sutton en Estados Unidos y Theodore Boveri en Alemania demostraron que los genes descritos por Mendel estaban situados en los cromosomas del núcleo. (2.1) BVC28(15) Algunos investigadores estudiaron la herencia en ratones, conejos, vacas y pollos, pero el tema favorito de los estudio fue la mosca de la fruta, *Drosophila*. Estos pequeños insectos tienen un corto ciclo vital de 10 a 14 días criados fácilmente en el laboratorio y solo tienen cuatro pares de cromosomas. En algunos de sus tejidos los cromosomas son muy grandes y los detalles de estructura pueden estudiarse con el microscopio. Centenares de variaciones heredadas relativas al color de los ojos, forma de las alas y tipos de las cerdas fueron descubiertos y estudiados. Finalmente, localizar cada gen en un cromosoma específico.

VC28(15) Algunos investigadores estudiaron la herencia en ratones, conejos, vacas y pollos, pero el tema favorito de los estudio fue la mosca de la fruta, *Drosophila*. Estos pequeños insectos tienen un corto ciclo vital de 10 a 14 días criados fácilmente en el laboratorio y solo tienen cuatro pares de cromosomas. En algunos de sus tejidos los cromosomas son muy grandes y los detalles de estructura pueden estudiarse con el microscopio

VC28(16) T.H. Morgan y sus colaboradores realizaron extensos experimentos que revelaron la base genética de la determinación del sexo y ofrecieron una explicación de ciertos tipos extraños de herencia en los que un rasgo está ligado al sexo del individuo, los llamados rasgos ligados sexo.

VC28(17)Un progreso aún mayor se realizó en 1927, cuando H.J. Muller demostró que los genes podían ser cambiados o sea podían sufrir mutaciones, cuando las moscas de la fruta y otros organismos eran expuestos a rayos X. Esto proporcionó muchos nuevos genes mutantes con los cuales estudiar la herencia. La naturaleza de las mutaciones dio indicios de la naturaleza y estructura de los genes mismos. Estos estudios fueron seguidos en la década de los cuarenta por experimentos para estudiar la relación de los genes y las enzimas. Los investigadores dirigieron su atención al moho del pan, *Neurospora*, en el que podían producirse artificialmente algunos mutantes bioquímicos carentes de alguna enzima específica. En las dos últimas décadas los organismos más utilizados para estudios genéticos han sido la bacteria intestinal *Escherichia coli* y algunos virus bacterianos o bacteriófagos que infectan a bacteria.

VC28(18)Desde comienzos del siglo actual se ha suscitado un continuo interés por determinar la herencia de rasgos específicos en el hombre y determinar la herencia de rasgos deseables e indeseables en animales domésticos y plantas.

VC28(19)Armados con los recientes conocimientos acerca de los principios de la genética, los genetistas han podido criar casi por encargo ganado vacuno que puede sobrevivir en climas cálidos, vacas que producen gran cantidad de leche con elevado contenido de grasa, gallinas que ponen huevos grandes con cáscara delgada, plantas de maíz y trigo muy resistentes a enfermedades específicas, etcétera.

VC28(20)Cuando se examina una célula en trazo de división con el microscopio de contraste de fase, e incluso si se observa con el microscopio ordinario después de fijada y teñida, podrán distinguirse en el núcleo unos cuerpos alargados teñidos de oscuro llamados cromosomas (fig. 28-2). Cada cromosoma consta de un filamento central, el cromonema, al que acompañan, a lo largo, una sucesión de gránulos a los que se ha dado el nombre de cromómeros. Cada cromosoma posee, en un punto fijo a lo largo de su trayecto, una pequeña zona circular clara, llamada centrómero, el cual regula el movimiento de los cromosomas durante la división celular. A medida que el cromosoma se acorta y engruesa, inmediatamente antes de la división de la célula, la región del centrómero se acentúa y aparece como una constricción. Los cromosomas sólo son claramente visibles con microscopio de luz en el momento de la división celular. En otras ocasiones sólo son visibles como largos filamentos delgados y finos, con un tinte oscuro, llamados cromatina. Aunque en la mayor parte de organismos no son visibles con el microscopio de luz, hay cromosomas en forma de estructuras muy extendidas pero estructural y funcionalmente distintas que se transmiten entre divisiones celulares sucesivas.

VC28(21)Cada célula de cualquier organismo de todas las especies contiene un número característico de cromosomas. Cada célula del hombre posee exactamente 46 cromosomas (fig. 28-3). Hay muchas otras especies de animales y vegetales cuyas células van también provistas de 46 cromosomas. Pero no es su número lo que diferencia a las diversas especies animales, sino la naturaleza de los factores hereditarios dentro de los cromosomas. Ciertas especies de lombrices cilíndricas únicamente tienen dos cromosomas en cada célula en tanto ciertos cangrejos albergan más de 200. La cantidad más considerable encontrada ha sido en un radiolario, un protista marino, en el que se han contado 1600. Las cantidades más corrientes en animales y vegetales están entre 10 y 50, pues las superiores e inferiores son excepcionales.

VC28(22)Los cromosomas se presentan siempre emparejados, de modo que invariablemente se les ve de dos en dos de la misma clase en las células somáticas animales y vegetales superiores. Así, los 46 que corresponden a la especie humana, consisten realmente en 23 pares distintos. La diferencia consiste en la longitud, forma y ocurrencia de nudos y muescas; en casi todas las especies las variaciones de estos caracteres morfológicos suelen ser suficientes para que los citólogos identifiquen plenamente los diferentes pares.

VC28(23)Las leyes de herencia derivan de la acción de los cromosomas en la mitosis, la meiosis y la fecundación, dentro de cada cromosoma se encuentran numerosos factores hereditarios, llamados genes, cada uno de ellos se diferencia del resto, cada uno con la misión de controlar uno o más caracteres hereditarios. La gran regularidad del proceso mitótico (pág. 62) asegura que cada célula hija tendrá dos de cada serie de cromosomas y, por lo tanto, dos de cada tipo de genes. Al separarse los cromosomas en la meiosis (p. 562) y recombinarse en la fecundación (p. 567), los genes pares deberán separarse y sucesivamente volver a una nueva recombinación. Cada cromosoma se comporta genéticamente como si estuviese compuesto de un rosario de genes dispuestos en fila. Los miembros de un par homólogo de cromosomas presentan genes dispuestos en un orden similar. El gene de cada carácter está situado en un punto especial del cromosoma llamado locus. Cuando los cromosomas se sinapsan durante la meiosis los homólogos adhieren punto por punto y quizá gene por gene.

VC28(24) la herencia de un carácter puede únicamente estudiarse si es antitético, como los guisantes verdes y amarillos de Mendel, los ojos pardos y azules del hombre, o el matiz pardo frente al negro del cobayo.

VCC28(25) [Haciendo referencia a el objetivo explicativo del texto] El empleo de términos genéticos y alguno de los principios básicos de la genética podrán ilustrarse si se toma ejemplo de un cruce monohíbrido, o sea un cruce entre dos individuos que sólo difieren en un par de genes

VC28(26) El fenómeno de la dominancia explica en parte el motivo de que un individuo pueda parecerse a uno de sus progenitores más que al otro, a pesar de que ambos contribuyeron en la misma medida en su constitución genética.

BVC28(27) En una especie de animal, el color dominante puede ser el negro, pero en otra especie será otro; estas relaciones genéticas en todo caso deberán ser conocidas por medio de la experimentación.

VC28(28) Un animal o planta con dos genes exactamente iguales, dos negros (BB) o dos pardos (bb), se dice que es homocigoto para el carácter. El organismo con un gene dominante y uno recesivo (Bb) se dice que es "híbrido" o heterocigoto. Con estos términos conocidos podemos ahora formular mejores definiciones con respecto a dominante y recesivo. Gene recesivo es el que producirá sus efectos sólo cuando sea homocigoto; gene dominante es el que producirá sus efectos sea homocigoto o heterocigoto.

VC28(29) cada espermatozoo u óvulo formado tienen uno de los dos genes, pero nunca ambos. Unos y otros están formados en números iguales por individuos heterocigotos Bb. Como hay dos tipos de óvulos y dos tipos de espermatozoos, en la fecundación son posibles cuatro tipos de combinaciones. No hay atracción especial ni repulsión entre un óvulo y un espermatozoo que contienen el mismo tipo de gene, por tanto, estas cuatro combinaciones posibles son igualmente probables. Las combinaciones de óvulos y espermatozoos pueden determinarse por multiplicación algebraica:

Ch B + V2 b) óvulos x (1/2 B + V2 b) espermatozoos.

VC28(30) Las combinaciones posibles de óvulos y espermatozoos pueden representarse también en un "tablero de damas" o cuadrado de Punnett (fig. 28-4). Los tipos de óvulos están representados en la parte superior, los tipos de espermatozoos a lo largo del lado izquierdo, y los cuadrados contienen las combinaciones de cigotos resultantes.

VC28(31) Tres cuartas partes de la descendencia serán BB o Bb y, tendrá pelaje negro, y una cuarta parte será bb, con pelaje pardo. Esta proporción 3:1 resulta característica de la segunda generación después de un cruce de individuos; fue la obtenida por Mendel en sus experimentos con los guisantes, lo que hoy ha sido plenamente confirmado. La generación con la cual se comienza un experimento determinado se llama P<sub>i</sub> o generación paterna. La descendencia de esta generación se llama F<sub>i</sub> o primera generación

VC28(32) La configuración de un individuo con respecto a cierto rasgo heredado se conoce como su fenotipo. La constitución genética de un organismo, generalmente expresada con símbolos, se llama su genotipo.

VC28(34) Esta prueba es de gran importancia en la crianza o cultivo con fines comerciales de animales o plantas siempre que el criador intente perpetuar una determinada cualidad. Cuando en los criaderos se seleccionan individuos basándose en sus propios fenotipos, el programa de cría no brinda efectos máximos, ya que en esta forma no se establece diferenciación entre individuos homocigotos y heterocigotos. El método de selección de la descendencia se basa en que el criador investiga los genotipos de su criadero mediante pruebas de apareamiento observando después la prole obtenida. Si en ésta hay mejoría de su carácter apetecido, los padres se seguirán cruzando regularmente. Dos toros, por ejemplo, podrán aparecer con igualdad de condiciones de salud y vigor, pero uno tendrá hijas con facultad de producción lechera superiores a las hijas del otro semental.

VC28(35) Las razones genéticas se expresan apropiadamente en términos de probabilidades. En los ejemplos acabados de exponer dijimos que la descendencia del apareamiento de los individuos heterocigotos por el mismo par de genes aparecería en la razón de tres con el rasgo dominante y uno con el rasgo recesivo. Si la descendencia es bastante numerosa, esta razón sería aproximada

VC28(36) Ley del producto. Una de las leyes básicas de la probabilidad, la ley del producto, expresa que la probabilidad de que ocurran juntos dos hechos independientes es el producto de las probabilidades de que a cada uno separadamente.

VC28(37) Todos los hechos genéticos se rigen por las leyes de la probabilidad. La predicción de cualquier hecho —por ejemplo, predecir las características de un hijo— es muy incierta; pero si el número de hechos es suficientemente grande, las leyes de probabilidad ofrecen una razonable predicción de la fracción de estos hechos que será de un tipo u otro.

VC28(38) De estudios de la herencia de muchos rasgos en una gran variedad de organismos se deduce claramente que un miembro de un par de genes puede que no sea completamente dominante del otro. En realidad, puede ser inapropiado usar los términos "dominante" y "recesivo" en tales casos.

VC28(39) Cuando el heterocigoto tiene un fenotipo intermedio entre los de sus dos padres, los genes se dice muestran dominancia incompleta o que son co-dominantes. En estos cruces las razones genotípica y fenotípica son idénticas.

VC28(40) Una detenida investigación de los fenotipos de muchos pares de genes ha revelado ligeras diferencias entre el dominante homocigoto y el individuo heterocigoto. En el hombre muchas enfermedades heredadas son transmitidas por genes recesivos, y es importante - distinguir el individuo normal homocigoto del individuo heterocigoto, que superficialmente puede ser normal, pero es un portador del rasgo. El apareamiento de dos portadores, dos individuos heterocigotos proporcionaría una probabilidad entre cuatro de la aparición de un individuo recesivo homocigoto mostrando la enfermedad heredada.

VC28(41) La ciencia de la genética comparte con las matemáticas el carácter de consistir en unos cuantos principios fundamentales que una vez comprendidos permiten resolver muchos problemas. Los genotipos de los padres podrán ser deducidos de los fenotipos de la descendencia.

VC28(42) En los problemas genéticos prácticos se convenientes los procedimientos que siguen para evitar errores: 1) adoptar unos signos para cada gen y anotarlos; 2) determinar los genotipos de los padres, deduciéndolos, si se considera necesario, de fenotipos de la descendencia; 3) indicar las posibles clases de gametos de los padres; 4) dibujar un "tablero" en que se indiquen los posibles tipos de espermatozoos en el lado izquierdo y los posibles tipos de óvulos la fila superior, y 5) incluir en el tablero las proporciones genotípicas y fenotípicas de la descendencia.

VC28(43) Un cruce de individuos que difieren en dos rasgos se llama cruce dihíbrido. Los principios en que se basan estos problemas y el método para resolverlos son exactamente los mismos en los cruces múltiples que en los monohíbridos. En los primeros es mayor el número de tipos de gametos y más gran el número correspondiente de tipos de cigotos.

VC28(44) Cuando dos pares de genes estén situados en dos cromosomas diferentes (no homólogos) cada par se hereda con independencia del otro; cada par se separa del otro durante el mecanismo de la meiosis.

VC28(45) La primera ley de Mendel, llamada a veces ley de pureza de los gametos o ley de segregación, se ilustra por el cruce de los cobayos, negro y pardo, como explicamos antes, y que puede definirse así: los genes se encuentran a pares en los individuos, pero en la formación de los gametos cada gene se segrega o separa del otro miembro del par, y pasa a un gameto diferente, de modo que cada gameto tiene uno, y solamente uno, de cada tipo de gene.

VC28(46) La segunda ley de Mendel ley de la segregación independiente se pone de relieve por este segundo cruce. Esta ley establece que los miembros de un par de genes se separan o segregan de cada uno de los otros en la meiosis con independencia de lo que hagan otros pares, de modo que se reparten al azar en el gameto resultante. Dicho de otro modo, la segregación de los genes B-b es independiente de la de los genes Ss. Esta ley no se aplica si los dos pares de genes están situados en el mismo par de cromosomas.

VC28(47) De la misma manera se resolverán los problemas en los que figuran tres pares de genes. Un individuo heterocigoto para tres pares de genes localizados en diferentes pares de cromosomas dará ocho tipos de gametos en cantidades iguales. La unión de estos ocho tipos de óvulos y ocho tipos de espermatozoos dará lugar a 64 tipos posibles de cigotos en la generación F2.

VC28(48) Varios pares de genes pueden influirse para afectar un solo carácter, o un par puede inhibir o invertir el efecto de otro par de genes, o un gen dado puede producir efectos distintos cuando se cambia de algún modo el medio ambiente

VC28(49) Genes complementarios. Dos pares heredados independientemente pueden influirse de manera que ningún dominante ejerza su acción si el otro no está presente, por lo que se han llamado genes complemeptarios, pues el uno "complementa al otro en la producción del fenotipo. La presencia de los dos dominantes produce un carácter; el carácter alternante es producido por la ausencia de uno o de ambos.

VC28(50) Genes suplementarios. Se da este nombre a dos pares de genes independientes que interactúan forma que uno, dominante, producirá su efecto aunque el otro esté o no esté presente, pero el segundo sólo lo producirá en presencia del otro, son los denominados genes suplementarios.

VC28(51) Muchos caracteres del hombre, como talla, forma del cuerpo, color de la piel e inteligencia, así como algunos de valor comercial, como producción de leche en los vacunos, de huevo en las gallinas, el tamaño de ciertos frutos y otros muchos, no pueden separarse como una variedad aparte, pues no se heredan en relación con un



simple par de genes. Varios, quizá muchos pares de genes distintos afectan cada carácter. Se aplica entonces el término de herencia multifactorial en el caso de que dos o más pares de genes independientes afecten al mismo carácter y en forma que podríamos llamar de agregación.

VC28(52) En resumen, los cruces multifactoriales se caracterizan por una generación  $F_1$  con tonos intermedios con respecto a los padres, y una generación  $F_2$ , la cual muestra gran variación entre los dos tipos progenitores. La mayor parte de la generación  $F_2$  tiene algún fenotipo intermedio y solamente unos pocos presentan los caracteres de algún abuelo. De las 16 combinaciones cigóticas posibles después del cruce de un  $AaBb$  con una  $AaBb$ , sólo una ( $AABB$ ) será tan negra como el abuelo, y sólo una ( $aabb$ ) será tan blanca.

VC28(53) Todos los seres vivos presentan variaciones que en su mayoría pueden distribuirse en una curva similar. Si se mide la longitud de un millar de concha de un determinado molusco marino o se cuenta la cantidad de granos en las mazorcas de maíz, o los lechones de un gran número de camadas, o el peso de un millar de huevos de gallina, se hallará en cada contingencia una curva normal de distribución, con variaciones extremas causadas por factores hereditarios, por acciones ambientales o por ambos.

VC28(54) ¿Cómo pueden los genetistas establecer una raza de vacas que den más leche o una cepa de gallinas que pongan huevos mayores, o de maíz con mayores granos por mazorca? Seleccionan los ejemplares que se acercan más al fenotipo ideal, usado en cruces sucesivos que gradualmente producen generaciones con el carácter comercial deseable, o sea que buscan una cepa homocigota que comprenda todos los factores dominantes (o recesivos) necesarios para mantener dicha particularidad. Es evidente el límite de la eficacia completa de estos procedimientos selectivos; si una cepa es homocigota para todos los factores involucrados, los cruces se ulteriores no podrán mejorar la cualidad deseada.

VC28(55) En muchos, si no en la mayoría, de los loci pueden haber otras posibilidades, genes que producen fenotipos diferentes del dominante y del recesivo. El término alelo múltiple se aplica a tres o más genes que pueden ocupar un solo locus que pueden ocupar las posiciones correspondientes a un par de cromosomas homólogos.

VC28(56) Determinar los tipos sanguíneos de los individuos afectados puede ser útil para resolver casos de paternidad disputada (cuadro -3). Tales pruebas sanguíneas nunca pueden demostrar que cierto hombre es el padre de cierto niño, sino solo si podría ser su padre o no.

VC28(57) Cada especie de animal o planta tiene muchos más pares de genes que pares de cromosomas. Obviamente deben haber muchos genes por cromosoma. El hombre tiene 23 pares de cromosomas, algunos grandes y otros más pequeños, pero millares de pares de genes. Los cromosomas se heredan como unidades, se aparean y se separan durante la meiosis como unidades; así, todos los genes de cualquier cromosoma tienden a ser heredados juntos.

VC28(58) Si las unidades cromosómicas nunca cambiaran, los rasgos se heredarían siempre juntos y el enlace sería absoluto. Pero durante la meiosis, cuando los cromosomas se aparean y experimentan sinapsis, cromosomas homólogos pueden intercambiar segmentos enteros de material cromosómico, proceso denominado entrecruzamiento. Este intercambio de segmentos ocurre al azar en toda la longitud del cromosoma. Pueden ocurrir varios intercambios en diferentes puntos del mismo cromosoma en una sola división meiótica. Se deduce que cuanto mayor es la distancia entre dos genes del cromosoma, tanto mayor será la probabilidad de que ocurra un intercambio de segmentos entre ellos.

VC28(59) En algunas especies la frecuencia de entrecruzamiento entre genes específicos ha podido ser medida. Todos los resultados experimentales son compatibles con la hipótesis de que los genes están presentes en un orden lineal en los cromosomas.

VC28(60) Al momento de reunir los resultados de muchos de tales cruzamientos, se obtienen mapas detallados de la situación de genes específicos en cromosomas específicos.

VC28(61) El entrecruzamiento ocurre al azar, y en tiempo dado puede haber más de un entrecruzamiento entre dos loci de un cromosoma. Entre la descendencia puede observarse la frecuencia de recombinaciones y no la frecuencia de entrecruzamientos. La frecuencia de entrecruzamientos será ligeramente mayor que la frecuencia de recombinación observada, porque la ocurrencia simultánea de dos entrecruzamientos entre dos genes particulares conducirá a la reconstitución de la combinación original de genes de un cromosoma particular.

VC28(62) Todos los genes de un cromosoma particular tienden a ser heredados juntos y constituyen en un grupo de enlace. El número de grupos de enlace determinado por pruebas genéticas es siempre igual al número de pares de cromosomas. Los mapas de cromosomas más detallados son los de la bacteria *Escherichia coli*, que tienen un cromosoma circular, y los de las moscas de la fruta que tienen cuatro pares de cromosomas. Los cromosomas del

maíz, de los ratones, Neurospora y otras especies de bacterias y virus han sido representadas en mapas con considerable detalle.

VC28(63)El enlace proporciona una explicación de la observación común de que ciertos rasgos del hombre y otros organismos tienden a heredarse juntos. Dichos rasgos son determinados por genes situados muy próximos sí entre sí en un cromosoma dado. (2.1)

VC28(64)El entrecruzamiento ofrece otros medios de recombinación genética. Desempeña un papel en la evolución haciendo posibles nuevas combinaciones de unidades genéticas en la descendencia.

VC28(65)Los cromosomas sexuales son excepción a la regla general de que todos los pares homólogos de cromosomas son idénticos en forma y tamaño. En las hembras de muchas especies se encuentran dos cromosomas del sexo idénticos, llamados cromosomas X, pero en el macho no hay más que un cromosoma X y uno más pequeño llamado Y, con el cual hay sinapsis durante la meiosis. El hombre posee 22 pares de cromosomas ordinarios o autosomas, más un cromosoma X y uno Y; la mujer tiene los 22 pares de autosomas, más dos cromosomas X

VC28(66)En algunos de los animales inferiores, como la mosca de la fruta, *Drosophila*, el sexo se determina por la proporción de cromosomas X respecto a los pares de autosomas. Los machos tienen un X respecto a dos pares de autosomas haploides, proporción de 1:2 (o de 0.5). Las hembras tienen dos cromosomas X y dos pares de autosomas, proporción de 1.0. Es posible criar moscas anómalas con un cromosoma X y tres autosomas, con proporción de 0.33; estos ejemplares tienen todas las características masculinas exageradas, por lo que se les ha llamado "supermachos". También ha sido posible formar individuos con tres cromosomas X y dos grupos de autosomas (proporción 1.5), con todas las propiedades femeninas exageradas y que, por igual motivo, se han denominado "superhembras". Los animales con dos cromosomas X y tres grupos de autosomas (proporción 0.67) presentan características intermedias entre macho y hembra "intersexuales". Estos animales artificiales son estériles.

VC28(67)En la especie humana y acaso en otros mamíferos, la masculinidad es determinada en gran parte por la presencia del cromosoma Y. El sujeto con la constitución XXY puede considerarse como varón casi normal en su aspecto externo, pero con gónadas subdesarrolladas (síndrome de Klinefelter, pág. 686). El individuo con un cromosoma X pero sin cromosoma Y tiene el aspecto de una mujer no madura (

VC28(68)Este mecanismo XY de la determinación del sexo se supone similar en todas las especies animales y vegetales de reproducción sexual. En las aves e insectos los lepidópteros (mariposas), el mecanismo es los machos son XX y las hembras XY. Los cromosomas sexuales han sido diferenciados en algunas plantas especialmente la fresa y posiblemente en otras. En muchas especies en que los órganos de los sexos están en un mismo individuo (hermafroditas si son animales y monoécicos si son vegetales), los cromosomas del sexo no se han encontrado.

VC28(70)En 1949, M. L. Barr descubrió que algunas células presentaban una "mancha de cromatina", cuerpo de Barr, en el borde del núcleo. Se observaron estas células más netamente en la piel y en la mucosa bucal humana. Investigaciones ulteriores revelaron que las células provistas de mancha procedían de hembras, mientras que las que carecían de ella derivaban de varones. Por medio de esta característica es posible verificar el "sexo nuclear" del individuo y determinar si un sujeto es genéticamente macho o hembra.

VC28(71)Se ha comprobado que esta mancha representa uno de los dos cromosomas X, más denso y teñido más intensamente. El otro cromosoma X se parece a los somas y, durante la interfase, es un filamento tenso no visible con el microscopio de luz. Estos y otros datos han permitido a Mary Lyon postular que uno de los cromosomas X de la hembra es activo y que el otro es inactivo. Parece que el azar decide cuál de los dos cromosomas será inactivo en una célula dada, y las células del cuerpo de la mujer son de dos tipos en los cuales uno u otro cromosoma X es inactivo. Como los dos cromosomas X pueden tener complementos genéticos diferentes, las células de una mujer pueden diferir en cuanto a los genes eficaces presentes. En el ratón y en el gato que tienen varios genes ligados al sexo para ciertos colores de pelaje, la hembra heterocigota para tales genes puede presentar manchas de un color de pelo en medio de áreas de otro color. Este fenómeno, llamado variegación, es evidente en los gatos de piel de tortuga. Esta inactivación de un cromosoma X ocurre al principio del desarrollo embrionario, y después toda la descendencia de esta célula tendrá el mismo cromosoma X inactivo. Aunque un cromosoma X parezca ser inactivo, se producen anomalías manifiestas del desarrollo cuando falta un cromosoma X del complemento cromosómico de la célula (ejemplo, el estado XO del síndrome de Turner.)

VC28(72)El cromosoma humano X contiene muchos genes, en el Y sólo unos pocos, que son fundamentalmente los genes de la masculinidad. Los caracteres controlados por genes localizados en el cromosoma X se llaman ligados al sexo porque se heredan en conjunto con el mismo. La descendencia masculina lleva un solo cromosoma X y, por

conseguido, todos sus genes para caracteres ligados al sexo proceden de la madre. La mujer recibe un X del padre y uno de la madre. Los varones, con sólo un cromosoma X, tienen únicamente uno de cada tipo de gene localizado en dicho cromosoma X.

VC28(73)El varón, poseyendo un solo gene para cualquier rasgo ligado con el sexo, no puede ser homocigoto o heterocigoto, pero se denomina hemicigoto para cualquier gene situado en el cromosoma X. Para evitar confusión, el genotipo masculino se escribe con la Y presente.

VC28(74)No todos los caracteres propios del macho o la hembra son "ligados al sexo". Algunos se pueden llamar "influidos por el sexo", heredados por genes situados en autosomas, pero con detalles que se modifican precisamente por el sexo del animal. Puede expresarse que los machos y hembras con idénticos genotipos presentan desiguales fenotipos.

VC28(75)Se acepta corrientemente que la endogamia (cruce de dos individuos emparentados, como hermano y hermana), es nociva, productora de monstruos e idiotas. En ciertos países está incluso prohibido por la ley la unión de primo hermanos. Sin embargo, no hay nada dañoso en la endogamia por sí misma, e incluso recurren constantemente a la misma los expertos que desean mejorar las razas de ganado, maíz y melones. No sería tampoco un procedimiento perjudicial en la especie humana si no fuera que aumenta las probabilidades de los genes recesivos de hacerse monocigotos y por lo mismo tomar expresión fenotípica. Todos los organismos son heterocigotos con respecto a muchos caracteres.(2.1)(2.6)

VC28(76)Algunos de los genes recesivos, ocultos podrían dar lugar a cualidades favorables, aunque también es cierto que otros podrían dar lugar a otras otras perjudiciales. Si una estirpe es heterocigota para varios caracteres recesivos, la endogamia podrá mejorarla, pero si los mismos son indeseables seguramente los cruces entre parientes harán que aparezcan fenotípicamente. La endogamia humana aumenta la frecuencia de defectos presentes al nacer, denominadas anomalías congénitas.

## Capítulo N. 32 Principios y teorías de la evolución

VC32(1)En capítulos anteriores consideramos brevemente la inmensa variedad de organismos vivientes que habitan en todo resquicio imaginable de la tierra y el mar. El concepto de evolución se funda en comparaciones detalladas de la estructura de las formas actuales y fósiles, la aparición y extinción de especies en edades remotas, las similitudes fisiológicas y bioquímicas así como diferencias entre especies y, por último, el análisis de la constitución genética de los actuales animales y vegetales. El concepto de evolución ha surgido en forma implícita o explícita en muchos de los temas ya estudiados y no constituye por lo tanto novedad para el lector. Nuestra comprensión del concepto de evolución puede surgir lógicamente y naturalmente de nuestros conocimientos de genética. Pero de este modo no surgió históricamente el concepto de evolución. Se obtuvo como resultado de gran número de observaciones de similitudes y diferencias en estructuras y funciones de las diversas clases de animales y plantas en diferentes partes del mundo. Fue una consecuencia de la profunda investigación de Charles Darwin sobre la disposición de las piezas del rompecabezas de cómo pueden haber surgido estas similitudes y diferencias.

VC32(2)El término evolución significa algo que se desenvuelve o desarrolla, un cambio ordenado y gradual de un estudio a otro. Las estrellas y planetas, la topografía terrestre, los compuestos químicos del universo e incluso las partículas subatómicas, han pasado por alteraciones más o menos lentas a las que se denomina evolución inorgánica. Por otra parte, el principio de la evolución orgánica sostiene que todos los tipos de vegetales y animales que existen en el momento presente han descendido de especies más simples por modificaciones graduales que se han fijado y acumulado en generaciones sucesivas. Sin duda, una de las tendencias más definitivas en la evolución de la mayor parte de plantas y animales ha sido la de adaptación creciente a un medio determinado, lo que con frecuencia ha sido causa de complejidad cada vez mayor de funciones y estructuras y de grandes especializaciones.

VC32(3)Si bien, desde tiempos remotos, la idea de que todo está en cambio se había venido asumiendo gradualmente, esta idea de transformación se sustentaba en diferentes bases. Para los creacionistas, el cambio era una más de las cualidades del mundo que se había gestado en un proceso de creación al mismo tiempo que la materia; el cambio también estaba predefinido y era parte de una creación perfecta.

VC32(4) Por varios siglos, la idea de que todos los seres vivos presentaban semejanzas y diferencias perfectamente calculadas desde su creación, de manera que entre especie y especie, grupo y grupo, existía una perfecta graduación que podía representarse en una gran escala del ser. Entre cada grupo de organismos diferentes existía el grupo intermedio que llenaba el espacio entre ellos, las sirenas, los pegasos o los dragones cumplían esta función, enlazar dos grupos aparentemente diferentes.

VC32(5) Este planteamiento, enriquecido con la idea del cambio perpetuo surgido con fuerza desde el mundo de la Grecia clásica, incorporó la idea de que el cambio mismo también estaba provisto y que respondía a ciclos perfectamente establecidos que se repiten con asombrosa rigurosidad, aunque el hombre no sea capaz de vivir para verlo.

VC32(6) Los seres vivos están en cambio continuo, las razones pueden ser divinas, sin embargo, hacia los siglos XVIII y XIX el hombre de ciencia vuelve los ojos sobre el problema y trata de encontrar los mecanismos que pueden explicar los cambios que sufren los seres vivos. Influidos por los planteamientos surgidos desde la astronomía y la geofísica, los naturalistas buscan afanosamente los factores que influyen en la evolución del mundo viviente. Mención especial merece en esta búsqueda los planteamientos de Juan Bautista de Lamarck quien es capaz de proponer que los organismos cambian a través del tiempo como respuesta a los cambios del medio ambiente, de tal forma, sus cuerpos cambian de acuerdo con las necesidades de sobrevivencia. Carlos Darwin aparece en escena a fines del siglo XIX, y ofrece nuevas explicaciones a los mecanismos que producen la evolución, los caracteres adquiridos para él no son la razón de los cambios, la diversidad que los organismos presentan gracias a sus posibilidades de recombinación y variación genética son la base necesaria para que el medio ambiente, con sus fluctuaciones, actúe eliminando a los menos aptos y favoreciendo a los que manifiestan mejores condiciones para sobrevivir.

VC32(7) Los mecanismos de la evolución propuestos por Darwin son releídos y enriquecidos ya entrado el siglo XX, con base en las aportaciones provenientes de diferentes campos del conocimiento donde destacan el de la genética, la paleontología y la embriología.

VC32(8) Versiones modernas de la teoría propuesta por Darwin, sintetizan sus fundamentos y ofrecen nuevas bases que la sustentan, donde las mutaciones adquieren un papel importante para explicar la variabilidad genética, el conocimiento de los factores que actúan en la genética de las poblaciones y un mejor conocimiento de la historia natural de diferentes grupos de vegetales y animales, dan sostén a la teoría de la síntesis evolutiva mediante la cual se trata de explicar la manera en que se forman nuevas especies y grupos de organismos.

VC32(9) La pregunta ahora es ¿cuál es el ritmo de la evolución? De acuerdo con los planteamientos darwinistas ésta es producto de un lento proceso de cambios acumulativos que van dando lugar a nuevas variedades, especies, géneros o familias. No obstante que este tipo de planteamientos son muy aceptados, investigadores postulan otro tipo de mecanismos que alteran este ritmo.

VC32(104) Para algunos investigadores como Ernst Mayr y Niles Eldredge, la evolución no es continua, en momentos es lenta e imperceptible, mientras que en otros es brusca y afecta a grupos enteros dentro de un proceso de equilibrio intermitente o puntuado. Según esta teoría la macroevolución, es decir, la formación de nuevos grupos de organismos a partir de un antecesor común, no es fruto de un proceso lento y gradual sino que se manifiesta bruscamente, casi como si ocurriera a saltos.

VC32(10) Para otros investigadores, considerar a la recombinación genética y a las mutaciones como únicas fuentes de variabilidad que conducen lenta y gradualmente, bajo la influencia del ambiente, a la formación de nuevas variedades y grupos no es suficiente para explicar en el tiempo que los seres vivos han habitado el planeta la formación de tal diversidad como la que conocemos. Para científicos como Lynn Margulis, la posibilidad de que organismos primitivos como bacterias, hayan podido asociarse simbióticamente dando lugar a un nuevo grupo de organismos, representa una mejor explicación para comprender el ritmo de la evolución.

VC32(11) El concepto de que las formas vivientes de la actualidad han derivado de otras anteriores no era nuevo al escribir Darwin su *Origen de las Especies* en 1859, pues tales ideas de la evolución orgánica se encuentran ya en los escritos de los primeros filósofos griegos anteriores a Cristo como Tales (¿640?-546), Anaximandro (611-547), Empédocles (¿495?-¿435?) y Epicuro (¿342?-270). El espíritu de aquella época de la filosofía griega tiene cierta semejanza con el de la nuestra en el sentido de buscar explicaciones naturales a los fenómenos. De todas maneras, sus conocimientos biológicos eran escasos, de modo que aquel concepto de la evolución tenía que ser forzosamente vago, sin apenas relación con la teoría actual de la evolución orgánica.

VC32(12)Aristóteles (384-322 a.C.), gran biólogo y filósofo, discurre un sistema complejo de formas vivas en constante evolución, denominado "escalera de la naturaleza". Sostuvo el concepto metafísico de que la naturaleza tiene el afán de avanzar, de lo simple e imperfecto a lo complejo y perfecto. El poeta romano Lucrecio (¿96?-55 a.C.) dio también una explicación evolutiva del origen de los seres vivos en su poema de *De Rerum Natura*. En el Renacimiento aumentó el interés por las ciencias naturales, así que, desde el siglo xiv, gran número de eruditos aceptaron como razonable el punto de vista de la evolución de las formas orgánicas. En el *Origen de las Especies*, Darwin citó una veintena de pensadores que ya antes habían especulado formalmente sobre la misma teoría, entre ellos su propio abuelo Erasmo Darwin (1731-1802) y el gran hombre de ciencia francés Juan Bautista de Lamarck (1744-1829).

VC32(13)Bastante antes de Darwin se habían descubierto en los terrenos fragmentos raros semejantes a dientes y conchas; algunos correspondían a partes de animales conocidos pero otros eran formas raras e ignoradas. Se daba el caso de que en las rocas de las cimas montañosas aparecían caparazones de animales evidentemente marinos. Leonardo da Vinci, un verdadero genio universal, en el siglo XV interpretó correctamente desconcertantes circunstancias y así gente la fue creyendo poco a poco en su punto de vista de ser los restos de animales que existieron y luego se hubieron extinguido. El concepto de otros tipos de seres vivos dio motivo a la teoría llamada del catastrofismo con la idea de que, por el fuego o las inundaciones periódicamente hubieron perecido los seres, después de lo cual emergió de nuevo la existencia por actos creación especial.

VC32(14)Tres ingleses de fines del siglo xviii y comienzos del xix fundaron la geología moderna. James Hutton 1785, definió el concepto del uniformismo en el sentido de que las fuerzas geológicas obraron en el pasado lo mismo que obran en el presente. Después de un estudio cuidadoso de la erosión de los valles por las corrientes fluviales, y de la formación de depósitos sedimentarios en sus desembocaduras, concluyó que los procesos de erosión, sedimentación, invasión y levantamiento, en el largo curso de las épocas explicaría la presencia de residuos fósiles en las capas geológicas superpuestas. En 1802 se publicó el libro de John Playfair, *Ilustraciones Sobre la teoría Geológica de Hutton*, en la cual el autor completa los ejemplos e ideas del uniformismo en el proceso de formación de la corteza terrestre.

VC32(15)Sir Charles Lyell, uno de los geólogos más ilustres de su tiempo, acabó de asentar los principios de esta teoría en *Principios de la Geología*, publicada en 1832. Al demostrar la certeza de la evolución geológica probó irrefutablemente que la Tierra es mucho antigua que de unos cuantos milenios y, en realidad, lo bastante vieja para ser teatro de la evolución orgánica. Este autor fue amigo personal de Darwin con gran influencia en la elaboración de sus conceptos, de manera que su labor abrió el camino e hizo posible el cuerpo teórico presentado en el *Origen de las Especies*.

VC32(16)Juan Bautista de Lamarck. La teoría original de la evolución orgánica expuesta en forma lógica se debe a Juan Bautista de Lamarck, el famoso zoólogo francés, cuya *Filosofía Zoológica* se publicó en 1809. Lamarck, como muchos biólogos de su tiempo, suponía que los seres vivos están animados de una fuerza innata y misteriosa con la cual luchan frente al antagonismo del ambiente. Aceptaba también que las adaptaciones a ese ambiente, una vez fijadas, se propagaban a las generaciones sucesivas, o sea que los caracteres adquiridos se heredan. Al desarrollar el concepto de que aparecen nuevos órganos como respuesta a las necesidades de la lucha con el medio, dedujo que su tamaño e importancia se relaciona con la ley del "uso y la falta de uso", lo cual también se hereda en el curso las generaciones. Lamarck explicaba el origen del gran cuello de la jirafa por la necesidad de los antecesores para alcanzar las hojas de los árboles para alimentarse, una vez escaseada la hierba a ras del suelo.

VC32(105) La teoría lamarquista de la transmisión hereditaria caracteres adquiridos es atractiva. Explicaría la adaptación de muchos vegetales y animales al medio, pero en definitiva es inaceptable, puesto que las pruebas genéticas son decisivas en el sentido de que los caracteres adquiridos no se heredan. Se ha procedido a innumerables experimentos destinados a la demostrar de que dichos caracteres se propagan por herencia, pero todos han terminado en fracaso. De lo que hoy está probado en el mecanismo de la herencia resulta evidente que no puede haber tal transmisión, ya que las características que se adquieren han de estar sólo en las células del cuerpo, en tanto el rasgo tendría que ser transmitido por los gametos, el óvulo y el espermatozoo.

VC32(17) Charles Darwin y Alfred Russel Wallace. La contribución de Darwin a los conocimientos científicos fue doble: presentó un cúmulo de pruebas tendientes a demostrar que la evolución orgánica había ocurrido y a vez que formuló una teoría, la de la selección natural, para explicar el mecanismo de la evolución(1.2). Aunque su entrenamiento universitario era de teología, Darwin estaba profundamente interesado en biología y geología. En Cambridge hizo buena amistad con el profesor Henslow, naturalista. Gracias a él, poco después de completar sus

estudios, a los 22 años edad, Darwin fue nombrado naturalista en el navío Beagle, cuyo viaje de cinco años alrededor del mundo estaba proyectado para completar los mapas oceánicos gráficos, comenzados por la armada inglesa. Darwin estudió los animales, vegetales y terrenos de los litorales Atlántico y Pacífico de América del Sur, donde acumuló colecciones y notas.

VC32(18)El Beagle se dirigió luego a las islas Galápagos, al oeste de Ecuador, donde Darwin se sintió fascinado por la diversidad de tortugas gigantes y pinzones que vivían en las islas. Al meditar Darwin sobre estas observaciones, fue inducido a rechazar la teoría de la creación especial y buscó otra explicación para sus observaciones.

VC32(19)La explicación propuesta por Darwin y Wallace respecto a la forma en que ocurre la evolución, puede resumirse en la forma siguiente:

-La posibilidad de variación es característica de todas las especies de animales y plantas. Darwin y Wallace suponían que la variación era una de las propiedades innatas de los seres vivos. Hoy sabemos distinguir las variaciones heredadas de las no heredadas. Sólo las primeras, producidas por mutaciones, son importantes en la evolución.

-De cualquier especie nacen más individuos de los que pueden obtener su alimento y sobrevivir. Sin embargo, como el número de individuos de cada especie sigue más o menos constante bajo condiciones naturales, debe deducirse que perece un porcentaje de la descendencia en cada generación. Si la descendencia de una especie prosperara en su totalidad, y sucesivamente se reprodujera, pronto avasallaría cualquiera otra especie sobre la Tierra.

-Sentado que nacen más sujetos de los que pueden sobrevivir, tiene que declararse una lucha por la existencia, una competencia en busca de espacio y alimento. Esta lucha es directa, sin cuartel, o indirecta aunque también real, como la de los animales y vegetales para sobrevivir ante condiciones de falta de agua o de bajas temperaturas o a otras condiciones desfavorables del medio ambiente.

-Aquellas variaciones que capacitan mejor a un organismo para sobrevivir en un medio ambiente dado favorecerán a sus poseedores sobre otros organismos menos bien adaptados. Las ideas de la "lucha por la supervivencia" y "supervivencia del más apto" son la esencia de la teoría de la selección natural, de Darwin y Wallace.

-Los individuos supervivientes originarán la siguiente generación, y de este modo se transmiten variaciones "afortunadas" a la siguiente generación y a la siguiente.

Este proceso tendería a proporcionar a sucesivas generaciones de organismos mejores adaptaciones a su medio ambiente. En realidad, al cambiar el medio ambiente habría otras adaptaciones. La operación de la selección natural durante muchos años podría conducir finalmente a la aparición de descendientes muy diferentes de sus antecesores —bastante diferentes para ser reconocidos como una especie diferente de animal o planta—. Ciertos miembros de la población con un grupo de variaciones podrían adaptarse a cambios ambientales en una forma, mientras que otros miembros con un conjunto diferente de variaciones podrían adaptarse de otro modo. Así, dos o más especies de organismos pueden surgir de un solo grupo ancestral. Darwin y Wallace reconocieron que los animales y las plantas pueden exhibir variaciones que no son una ventaja ni un inconveniente para ellos en su supervivencia en un medio ambiente dado. Estas variaciones no serán afectadas directamente por la selección natural, y su transmisión a generaciones sucesivas se regirá por la casualidad.

VC32(20)La teoría darwiniana de la selección natural se presentó de modo tan racional y bien argumentada que muchos biólogos se inclinaron a su favor. Una de las primeras objeciones formuladas fue que no explicaba la aparición de muchas estructuras al parecer inútiles en un organismo. Muchas de las diferencias entre las especies no parecen tener importancia para la supervivencia y en realidad dependen de efectos circunstanciales de genes cuya acción fisiológica carece de valor en cuanto a supervivencia. Puede haber aún otras diferencias reguladas por genes ligados íntimamente en el cromosoma con otros que sí son importantes para la supervivencia.

VC32(21)Los conceptos de lucha por la supervivencia y supervivencia del más apto fueron conceptos claves de la teoría de la selección natural, de Darwin-Wallace, pero los biólogos han llegado a comprender que la lucha física real entre animales por la supervivencia, o la competencia entre las plantas por el espacio, el sol o el agua, es probablemente menos importante como fuerza evolutiva que lo que Darwin había imaginado

VC32(22)Poblaciones. La evolución de un tipo dado de organismo ocurre en el transcurso de muchas generaciones durante las cuales los individuos nacen y mueren : la población tiene cierta continuidad. En consecuencia, la unidad en evolución no es el individuo sino la población de individuos. El conjunto de individuos similares que viven en zonas circunscritas y se CRUZAN entre sí recibe el nombre de deme o población genética. Los límites territoriales del deme pueden ser muy vagos y difíciles de definir, y el número de individuos que lo constituyen fluctúan ampliamente con el tiempo. El deme se superpone en más o menos extensión con otros vecinos. La unidad

inmediata más grande de población en la naturaleza es la especie, compuesta de una serie de demes.

VC32(23) Las frecuencias relativas de los genes en una población permanecerán constantes de una generación a la siguiente: 1) si la población es grande, 2) si no hay selección en favor o en contra de un gen o alelo específico, es decir, si el apareamiento ocurre al azar. 3) si no ocurren mutaciones y 4) si no hay inmigración o emigración de individuos en la población. El efecto del principio Hardy-Weinberg será mantener una frecuencia dada de genes en una población. La característica esencial del proceso de evolución es un cambio gradual en las frecuencias de genes de una población cuando es trastornado este equilibrio Hardy-Weinberg por mutaciones, por reproducción no al azar o porque la población es pequeña, de modo que las frecuencias de genes en sucesivas generaciones serán determinadas por hechos fortuitos.

VC32(24) Fondos comunes de genes. Uno de los conceptos básicos de las poblaciones genéticas y de la evolución es que cada población se caracteriza por un cierto fondo común de genes. Cada individuo es único desde el punto de vista genético y posee un genotipo específico. Sin embargo, si contamos todos los alelos de un gen dado (A1, A2, A3, . . .) en una población (o en una muestra de la misma) podríamos calcular la fracción del total representada por alelo A1, alelo A2, etc, una población en equilibrio genético posee un fondo común de genes que se mantiene constante de una generación a otra; esto es, la frecuencia de cada alelo en la población se conserva invariable.

VC32 (106) Por el contrario, en la población en trance evolutivo el fondo común de genes cambia de una generación a la siguiente. Dicho cambio puede depender de mutación, de introducción en la población de genes procedentes de una población extraña, o de selección natural. La recombinación llevada a cabo por el entrecruzamiento homólogo y por la distribución de cromosomas en la meiosis puede originar nuevas combinaciones de genes y fenotipos con ventajas y desventajas específicas para la supervivencia que se reflejarían en cambios del fondo común genético.

VC32(107) El equilibrio del fondo común de los genes puede cambiar más por obra de la casualidad un alelo dado aumente o disminuya dependerá de si la suma de presiones de selección positivas debido a sus efectos ventajosos es mayor o menor que la suma de las presiones que por selección natural. Este papel del azar en la evolución de las pequeñas poblaciones ha sido descrito por Sewall Wright con el término desplazamiento genético o deriva genética. Dentro de pequeñas poblaciones endogámicas los pares de genes heterocigotos tienden a hacerse homocigotos para un alelo u otro por intervención de factores casuales más que por selección. En esta forma puede producirse acumulación de ciertos caracteres perjudiciales con eliminación subsiguiente del grupo que los posee.

VC32(25) El papel que realmente desempeña el desplazamiento genético en la evolución de los organismos en la naturaleza ha sido motivo de debate entre los biólogos, aunque no existe duda en el sentido de que desempeña una misión, que bien puede ser secundaria. Es indudable que muchos animales y vegetales en la naturaleza están divididos en pequeños subgrupos susceptibles de resentir los efectos del azar subyacente al desplazamiento genético. Este desplazamiento constituye una excepción a la ley de Hardy-Weinberg relativa a la tendencia de una población a conservar su proporción de individuos homocigotos y heterocigotos. Esta ley está basada en hechos estadísticos, y como todas las leyes estadísticas sólo rige cuando es bastante grande el número de individuos involucrados. El desplazamiento genético puede explicar la frecuente observación de que especies muy afines en diferentes partes del mundo difieren en aspectos curiosos e incluso extraños que no parecen tener valor adaptativo definido.

VC32(26) El papel del azar en la evolución es sobre todo evidente cuando se sitúa una especie en un área nueva, ya que el número de individuos que se desenvuelven en la misma es generalmente pequeño. Estos primeros pobladores a partir de los cuales desarrolla la nueva población están muy lejos de representar una muestra del fondo común de genes de la población original, de la cual difieren por la frecuencia de genes específicos. Estas diferencias pueden ser muy netas, pero la nueva generación de pobladores difiere de la progenitora por factores todos dependientes del azar.

VC32(27) Este efecto es más evidente en islas y zonas geográficas incomunicadas, y ayuda a explicar las diferencias manifiestas entre los pobladores de las islas y sus familiares de tierra firme. Cuando la expansión de una especie es continua e invaden nuevas áreas los pobladores de la línea divisoria, pocos en número, difieren genéticamente del cuerpo principal de población. En todas estas situaciones, cuando la población de cruce es pequeña, seguramente el azar más que la selección puede desempeñar papel importante en el tipo de evolución de un grupo determinado

VC32(28) Evolución por selección natural significa que en los individuos con ciertos caracteres el número de descendientes que sobreviven es superior, y así contribuyen proporcionalmente con un mayor porcentaje de genes

al fondo común de la siguiente generación, que los individuos con otros caracteres. Las nuevas variaciones heredadas se originan primariamente por mutación, y si sobrevive el individuo con una nueva mutación y tiene por término medio más descendientes que sobreviven que los organismos sin esta mutación, en generaciones sucesivas el fondo común de genes de la población se modificará gradualmente. Así pues, el número de estos alelos mutantes existente en la población aumentará en sucesivas generaciones.

VC32(29) Este proceso, denominado de reproducción no casual o de reproducción diferencial, significa que a esta población no se aplican las condiciones del equilibrio Hardy-Weinberg. Los individuos que producen más descendencia que sobrevive en la generación inmediata suelen ser, aunque no de manera obligada, los mejores adaptados a un medio dado. Los individuos bien adaptados pueden ser más sanos, mejor capacitados para obtener alimento y compañero, y mejor dotados para cuidar a su descendencia, pero el factor primordial en la evolución es el número de descendientes que sobreviven para ser progenitores de la siguiente generación.

VC32(30) La materia prima esencial para la evolución es la mutación la cual establece alelos alternantes y un locus dado, haciendo posible un fenotipo alternante. Los cambios evolutivos sólo son factibles cuando hay fenotipos alternantes que puedan sobrevivir o perecer. Sin embargo, el proceso de selección no suele actuar gen por gen sino individuo por individuo, y se basa en términos generales en los efectos del sistema genético global del individuo. Las fuerzas de la selección natural operan sobre todo en el individuo y no sobre rasgos aislados.

VC32(31) Cuando aparece por primera vez una mutación solamente uno o algunos organismos de la población serán portadores del gene mutante, y éstos se cruzarán con otros miembros en los cuales surgirá dicho gene en lo sucesivo. A medida que el gen mutante aparece con más y más frecuencia en la población se inicia el cambio del fondo común de genes, proceso que avanza muy lentamente en el curso de muchas generaciones. Si consideramos los cambios evolutivos en una gran población, el éxito o fracaso de un gene mutante nuevo dependerá en gran medida de su capacidad para conferir a sus poseedores la facultad de producir el mayor número de supervivientes en la generación inmediata.

VC32(32) Las poblaciones se diversifican por la acción de fuerzas evolutivas de mutación, desplazamiento genético y transferencia de genes de una población a otra por migración e hibridación. Aunque estos procesos generalmente operan al azar, una característica básica del cambio evolutivo es la tendencia de los organismos a adaptarse para sobrevivir y reproducirse en un medio ambiente dado. El proceso evolutivo mismo no es al azar respecto a establecer características adaptativas de los organismos que evolucionan.

VC32(33) El proceso de reproducción diferencial no es casual con respecto a: 1) unión de gametos masculino y femenino; 2) producción de cigotos viables, o 3) desarrollo y supervivencia de los cigotos hasta que son adultos y capaces de producir su propia descendencia. La reproducción no casual tiende a producir cambios de dirección no dependientes del azar en el fondo genético común, lo cual lleva a evolución no dirigida por el azar. En sentido riguroso, el apareamiento casual significa que cualquier macho dado puede unirse con cualquiera de las hembras de la población, o que los gametos de dos individuos cualesquiera poseen probabilidades idénticas de unirse. Sin embargo, el apareamiento en la naturaleza rara vez depende en forma exclusiva del azar.

VC32(34) Hay patrones bien establecidos de conducta de cortejo y apareamiento en muchas especies que inducen a aceptar o rechazar a un individuo por otro en el apareamiento. Tales patrones de conducta comprenden una de las fuerzas que pueden dirigir la reproducción diferencial mediante apareamiento no aleatorio. Por ejemplo, en muchos peces o aves, cierta parte brillantemente coloreada del macho (fig. 32-1) sirve de estímulo a la hembra, que es necesaria para que pueda empezar la copulación. Mutaciones que conducen a la formación de manchas más grandes y más brillantes tienden a hacer a dichos machos más atractivos a las hembras y conferir ventajas selectivas a sus poseedores. Inversamente, mutaciones que conducirían a la formación de manchas más pequeñas y más desvaídas ejercerían una presión negativa sobre la selección. Darwin reconoció esta clase de fuerza evolutiva y la denominó selección sexual, pero es simplemente una clase de selección natural, un factor que puede provocar reproducción diferencial.

VC28(35) El número de gametos producidos por un individuo y la proporción de gametos que se unirán con otros para formar cigotos pueden estar bajo control genético. Estos factores afectan la reproducción diferencial por lo que podría denominarse fecundidad diferencial, diferencias en el número de cigotos viables son producidos en un apareamiento dado. Los organismos cuyos individuos tengan una baja probabilidad de supervivencia tendrán alta fecundidad para asegurar la supervivencia de la especie. Esto puede ser una ventaja evolutiva en una especie, pero si la probabilidad de supervivencia de un individuo dado es alta, una fecundidad extraordinariamente alta puede reducir realmente la probabilidad de supervivencia descendencia reduciendo la oportunidad de cuidado y alimentación por los padres. Los mamíferos nacidos, y especialmente los neonatos de primates que necesitan mucho



cuidado de los padres y alimentación, habrían tenido muy disminuidas las posibilidades de supervivencia si hubiera aumentado el volumen de la camada.

VC32(36)El término mutación fue acuñado por el botánico holandés Hugo de Vries, uno de los redescubridores de las leyes de Mendel. De Vries efectuó experimentos genéticos con la vellorita y otras plantas que crecen silvestres en Holanda. Cuando las trasplantó a su jardín y las cruzó, algunas de las plantas resultantes eran extrañas y diferían marcadamente de la planta silvestre original. Estas formas extrañas se confirmaron en sucesivas generaciones. Para tales cambios súbitos en el carácter de un organismo, de Vries usó el término mutación.

VC32(37)El vasto número de experimentos genéticos con plantas y animales efectuados desde 1900 han demostrado que ocurren constantemente mutaciones y que los cambios en el fenotipo producidos por tales mutaciones pueden ser de valor adaptativo y contribuir a la supervivencia del organismo.

VC32(38)Al desarrollarse la teoría de los genes, esta palabra mutación ha llegado a referirse a un repentino, aleatorio y discontinuo cambio en el gen (o cromosoma), aunque todavía se usa, en cierto grado, para referirse al nuevo tipo de planta o animal.

VC28(39)) Se han observado cientos de mutaciones diferentes en plantas y animales más usados en experimentos genéticos —maíz y moscas de la fruta—. Entre las mutaciones observadas en éstas (fig. 32-2) se encuentran cambios en el color del cuerpo desde amarillo a pardo, gris y negro, y color de los ojos de rojo, pardo y púrpura a blanco, y alas crespas, ajadas, acortadas o completamente ausentes; patas y cerdas de forma extraña, y cambios tan notables como la aparición de un par de patas en la frente, en lugar de antenas. Los gatos de seis dedos de Cabo Cod y la raza de ovejas de patas cortas Ancón son ejemplos de mutaciones entre animales domésticos.

VC32(40)La importancia adaptativa de una o varias mutaciones resulta evidente en las bacterias. Mutaciones que cambian las necesidades nutritivas de ciertas bacterias (pág. 673) pueden tener para sus poseedores consecuencias de vida o muerte. Las mutaciones que aumentan la resistencia bacteriana a los antibióticos, por ejemplo, en cepas de estafilococos que se hacen resistentes a la penicilina, aumentan considerablemente la capacidad de supervivencia de la bacteria, y el combate contra estos tipos de formas resistentes a los antibióticos ha constituido grave problema en muchos hospitales.

VC32(41)Algunas mutaciones producen cambios apenas distinguibles en la estructura o función del organismo en que ocurren. Otras mutaciones producen un cambio importante al comienzo del desarrollo, y provocan numerosos y notables cambios en la forma o función corporal resultante. Generalmente, cuando ocurre un cambio importante en el control de cierta etapa temprana de desarrollo, el resultado es un monstruo no viable que muere casi inmediatamente. Algunos de tales cambios importantes pueden originar formas incapaces por su mutación de ocupar cierto nuevo medio ambiente.

VC32(42)Tipos de mutaciones. Algunas mutaciones, mutaciones cromosómicas (p. 669), van acompañadas de un cambio visible en la estructura del cromosoma o de un cambio en el número total de cromosoma por célula. Un solo cromosoma puede ser añadido al conjunto diploide usual o suprimido de él, o el conjunto total de cromosomas puede duplicarse o triplicarse dando organismos llamados poliploides. Las plantas y los animales poliploides suelen ser de mayor tamaño más robustos que sus padres diploides (fig. 32-4) Se observan cambios en el número de cromosoma más frecuentemente en plantas que en animales, porque la naturaleza del proceso reproductor en las plantas permite a estos cromosomas alterados pasar de una generación a la siguiente. Algunas variedades cultivadas de tomates, maíz, trigo y otras plantas deben su vigor y el tamaño de su fruto al hecho de que son poliploides

VC32(43)Los genetistas usan el término polimorfismo ("muchas formas") para referirse a dos o más tipos de individuos que difieren discontinuamente —es decir, sin formas intermedias— en cierta característica determinada genéticamente.

VC32(44)La existencia de variación puede ser de valor adaptativo para una población, porque una población homocigota completamente no tendría substrato genético sobre el cual pudiera actuar la selección natural. Una población que tiene un buen pronóstico de supervivencia en el futuro es la que ha mantenido suficiente variación para permitir más cambios adaptativos. Observaciones de poblaciones silvestres de moscas de la fruta y otros organismos han demostrado que sus fondos comunes genéticos cambian adaptativamente, aun en respuesta a cambios ambientales como alternaciones de las estaciones.

VC32(45) El individuo heterocigoto puede tener mayor aptitud para reproducirse y sobrevivir que los correspondientes individuos homocigotos. Pero, obviamente, el estado heterocigoto no puede mantenerse en una población si no se produce también cierto número de individuos homocigotos algo menos aptos. Los valores selectivos relativos de los estados heterocigotos y homocigotos determinarán la razón particular de alelos del fondo común genético que resultará en la proporción óptima de heterocigotos y homocigotos.

VC32(46) Debido a la constante competencia por el alimento y el espacio para vivir, cada grupo de organismos tiende a diseminarse y ocupar el mayor número posible de hábitat. Este proceso de evolución partiendo de una sola especie ancestral y originando una variedad de formas que ocupan hábitat algo diferentes se denomina radiación adaptativa. Es claramente ventajosa en la evolución porque permite a los organismos descubrir nuevos recursos de alimentos o escapar de algunos de sus enemigos.

VC32(47) Uno de los ejemplos clásicos de radiación adaptativa es la evolución de los mamíferos placentarios. De una criatura primitiva, insectívora, con cinco dedos y patas cortas que caminaba con las plantas de los pies planas sobre el suelo ha evolucionado hasta los actuales mamíferos placentarios. Entre éstos figuran perros y ciervos adaptados a la vida terrestre, para los cuales el correr con rapidez es importante para la supervivencia. Ardillas y primates adaptados para la vida en los árboles; murciélagos aptos para el vuelo: castores y morsas que llevan una existencia anfibia- ballenas, marsopas y manatíes completamente acuáticos, y los animales que construyen madrigueras, topos, ardillas de tierra y musarañas. En cada uno de éstos, el número y la forma de los dientes, la longitud y el número de huesos de las patas, el número y los lugares de inserción de los músculos, el espesor y color de la piel, la longitud y forma de la cola, etc., han sufrido cambios que aumentan la adaptación del animal a su medio ambiente particular.

VC32(48) Una radiación adaptativa comparable de los marsupiales en Australia ha originado especies que se adaptado a muchos modos de vida. Incluyen marsupiales carnívoros como el lobo de Tasmania, tipos que se alimentan de hormigas, marsupiales que horadan como topos, falangistas semiarbóreos y osos koala, canguros herbívoros de los llanos, y bandicutos que parecen conejos. Otro ejemplo clásico de radiación adaptativa es el de los reptiles durante la era Mesozoica

VC32(49) La radiación adaptativa puede tener lugar en UNA escala muy pequeña, como la representada por la variedad de pinzones que se encuentran hoy en las islas Galápagos. Algunas de estas aves viven en tierra y se alimentan de semillas, otras se alimentan principalmente de cactus, y aún otras han preferido vivir en los árboles y comen insectos. Estos cambios han ido acompañados de cambios evolutivos en el tamaño y estructura del pico. La esencia de la radiación adaptativa es entonces la evolución a partir de una sola forma ancestral, dando una variedad de diferentes formas cada una de las cuales está adaptada y especializada en cierta forma única a sobrevivir en un hábitat particular.

VC32(50) La radiación adaptativa que da origen a varios de descendientes, adaptados a distintos modos a diferentes medios ambientes, se denomina "evolución divergente". El fenómeno opuesto, evolución convergente ocurre también con bastante frecuencia; es decir, dos o más grupos poco relacionados pueden adquirir, al adaptarse a un medio ambiente similar, características más o menos similares. Por ejemplo, las alas han evolucionado no sólo en las aves, sino en los mamíferos (murciélagos), en los reptiles (pterosaurios) y en insectos. Una forma muy similar y aerodinámica, las aletas dorsales, aletas caudales y miembros anteriores y posteriores han aparecido en delfines y marsopas (que son mamíferos), en los extintos ictiosaurios (que eran reptiles) y en peces óseos y cartilagosos. Los topos y las ardillas de tierra se han adaptado a la vida subterránea y han adquirido estructuras similares en patas delanteras y traseras adaptadas a la excavación. El topo es insectívoro y la ardilla de tierra es roedor. El ojo del calamar y el de un vertebrado como el pez son también muy similares en estructura, aunque muy diferentes en su origen embrionario.

VC32(51) La unidad de clasificación de plantas y animales es la especie. Es difícil dar una definición de este término que pueda aplicarse uniformemente a todo el animal y a todo el reino vegetal, pero una especie puede definirse como una población de individuos con características estructurales y funcionales similares, que tienen un antecesor común y en la naturaleza sólo se aparean entre sí. Una especie es un conjunto de demes o poblaciones dentro del cual puede producirse cruzamiento —un grupo de poblaciones con un fondo común de genes—. En esta definición está implícito que no hay una corriente libre de genes dos especies diferentes.

VC32(52) Buscando una explicación para el origen de especies nuevas, hemos de describir cómo la suma de cambios evolutivos unitarios en una población puede acabar en el establecimiento de especies nueva: géneros, familias y órdenes nuevos). Esto requiere que se produzcan barreras de reproducción entre las especies incipientes a medida que se van estableciendo. Cuando el cruzamiento entre subgrupos de una población se hace progresivamente menos frecuente y los híbridos resultantes se vuelven progresivamente menos fecundos, los distintos grupos se convierten finalmente en especies diferentes. Cualquier factor que reduzca el grado de cruzamiento entre grupos de organismos se denomina "mecanismo aislante"

VC32(53) Un tipo muy común de aislamiento es el geográfico, la separación de grupos de organismos afines por alguna barrera física como un río, un desierto, un glaciar, una montaña o un mar. En una región montañosa las

cordilleras individuales levantan barreras eficaces entre los valles. Valles no muy alejados entre sí, pero separados por cordilleras siempre cubiertas de nieve, suelen tener especies de plantas y animales peculiares a dichos valles. Así, generalmente hay más especies en un área dada de una región montañosa que en llanuras abiertas. Por ejemplo, en las montañas de la región occidental de Estados Unidos hay 23 especies y subespecies de conejos, mientras que en la región mucho más extensa de llanuras del Medio Oeste y el Este sólo hay ocho especies de conejos.

VC32(54)El Istmo de Panamá ofrece otro notable ejemplo de aislamiento geográfico. A uno y otro lados del istmo los filos y clases de invertebrados marinos están constituidos por especies diferentes, pero estrechamente relacionadas. Por espacio de 16 millones de años de la era terciaria no hubo unión entre América del Norte América del Sur, y los animales marinos podían emigrar libremente entre lo que es ahora el Golfo de México y el Océano Pacífico. Cuando volvió a emerger el Istmo de Panamá, los grupos estrechamente relacionados de animales quedaron aislados y las diferencias entre la fauna de las dos regiones representa la posterior acumulación de diferencias hereditarias. Cuando se cavó el Canal de Panamá, se logró que algunas de las formas más móviles emigraran de uno a otro océano. Sin embargo, gran cantidad del canal está lleno de agua dulce y se encuentra a 28 metros arriba del nivel del mar. Esta es una barrera formidable para la migración de la mayor parte de invertebrados.

VC32(55)El aislamiento geográfico generalmente no es permanente, y los dos grupos anteriormente aislados pueden llegar a ponerse en contacto de nuevo y reanudar el entrecruzamiento a menos que se haya producido durante ese lapso aislamiento genético o esterilidad entre las especies. El aislamiento genético es resultado de mutaciones ocurridas independientemente de las mutaciones para adquirir características estructurales o funcionales. El aislamiento genético sólo puede aparecer tras un prolongado periodo de aislamiento geográfico que provoca grandes diferencias entre dos grupos de organismos, o puede originarse dentro de un solo grupo de organismos por lo demás homogéneos.

Por ejemplo, en una especie de mosca de la fruta, *Drosophila pseudoobscura*, una mutación por aislamiento genético ha producido dos grupos de moscas que, aunque externamente indistinguibles, son completamente estériles cuando se aparean. Estos dos grupos están aislados genéticamente con tanta eficacia como si vivieran en diferentes continentes. Con el transcurso de las generaciones, diferentes mutaciones se acumulan en cada grupo por casualidad y por selección, y los dos grupos llegan a ser visiblemente diferentes.

VC32(57) Dos grupos de organismos que viven en la misma área geográfica pueden estar aislados ecológicamente si ocupan diferentes hábitat. Los animales marinos que viven en la zona comprendida entre la pleamar y la bajamar están eficazmente aislados de otros organismos que viven sólo unos pocos metros debajo del nivel de la bajamar. Podría resultar aislamiento ecológico del simple hecho de que dos grupos u organismos procreen en épocas del año algo diferentes.

VC32(58) Aunque los miembros de diferentes especies no son infecundos entre sí, ocasionalmente miembros de dos especies diferentes pero estrechamente relacionada pueden entrecruzarse produciendo una tercera especie por hibridación. Dichos fenómenos hacen difícil establecer una definición precisa y rápida de la especie. Por hibridación, los mejores caracteres de cada una de las especies originales pueden combinarse en un solo descendiente, creando así un nuevo tipo más capacitado para sobrevivir que sus padres. Si la nueva forma combinó los peores caracteres de ambos padres, obviamente se encontrará en gran desventaja y difícilmente podrá sobrevivir.

VC32(59) Cuando se cruzan dos especies con distinto número de cromosomas, la descendencia suele ser estéril. Los cromosomas diferentes no pueden aparearse en la meiosis, y los óvulos y espermatozoos resultantes no reciben la dotación apropiada de cromosomas, uno de cada especie. Cuando, dentro de tales híbridos inter-específicos, el número de cromosomas se duplica, puede tener lugar meiosis en forma normal, y se producirán óvulos y espermatozoos fértiles normales. En lo sucesivo, la especie híbrida se reproducirá, y no producirá descendencia fecunda cuando se aparee con una u otra especie progenitora. Muchas especies afines de plantas superiores tienen números de cromosomas que son múltiplos de cierto número básico. Las especies de trigo comprenden unas con 14, 28 y 42 cromosomas; hay especies de rosas con 14, 28, 42 y 56 cromosomas, y especies de violetas con múltiplos de seis, desde 12 hasta 54.

VC32(60) El hecho de que surjan tales series naturales por hibridación y duplicación de los cromosomas es apoyado por experimentos de laboratorio que dan series similares. Uno de los más famosos de estos cruzamientos experimentales fue hecho por Karpechenko, quien cruzó rábano con col, esperando quizá obtener una planta con hojas de col y raíz de nabo. Los nabos y las coles pertenecen a diferentes géneros, pero ambos tienen 18 cromosomas. El híbrido resultante tendría también 18 cromosomas, nueve de su progenitor nabo y nueve de su progenitor col. Como los cromosomas del nabo y la col no eran semejantes, no se aparearon durante la meiosis, y el

híbrido fue casi completamente estéril. Pero, por casualidad, algunos de los óvulos y espermatozoos formados contenían 18 cromosomas, y un cruce entre dos de éstos dio por resultado una planta con 36 cromosomas. Esta planta fue fértil, pues durante la meiosis los pares de cromosomas del rábano experimentaron sinapsis, y los pares de cromosomas de la col también. El híbrido exhibió algunas características de cada progenitor, y las transmitió después. Desafortunadamente, tenía hojas semejantes a las del nabo y raíz parecida a la de la col. Como no pudo ser cruzado fácilmente con cualquiera de sus especies progenitoras, era en realidad una nueva especie producida por hibridación, seguida por duplicación del número de cromosomas.

VC32(61)Un hecho similar en la naturaleza ha sido documentado en el césped de las lagunas. Uno de éstos, *Spartina townsendi*, apareció primero hace más de 100 años en el puerto de Southampton, Inglaterra, en compañía de otras dos especies, *Spartina stricta* y *Spartina alterniflora*. La nueva especie, *Spartina townsendi*, era mucho más vigorosa que las progenitoras y pronto se extendió. Era especialmente valiosa para reunir y conservar unido el suelo y fue trasplantada a los diques holandeses y a otras partes del mundo. Como era intermedia en muchas características entre las dos especies con las que se encontraba primero, se creyó que se había originado como híbrido. Cuando fue posible examinar el número de cromosomas, se confirmó la hipótesis, pues se halló que *Spartina townsendi* tenía 126 cromosomas, *Spartina stricta* 56, *Spartina alterniflora* 70. Así, no hay duda de que surgen nuevas especies por hibridación y duplicación del número de cromosomas.

VC32(62)La historia evolutiva de cualquier grupo de organismos se conoce como su filogenia. Es básico en cualesquiera aspectos de la investigación biológica saber qué organismos están más estrechamente relacionados —es decir, cuáles tienen antecesores comunes en el pasado reciente y cuáles tienen antecesores comunes sólo en el pasado más distante—. Para establecer las relaciones filogenéticas de un grupo de organismos, cada investigador debe examinar el mayor número posible de características de cada tipo, buscando patrones de similitudes y diferencias que puedan proporcionar indicios. Los filogenetistas originalmente se limitaron en gran parte a comparar caracteres morfológicos —tipos de huesos, músculos y nervios— pero ahora pueden examinarse muchos caracteres fisiológicos bioquímicos, inmunológicos y citológicos y usarse para demostrar la validez de las relaciones inferidas sobre la base de caracteres morfológicos. Es tranquilizador saber que las relaciones evolutivas inferidas de los análisis bioquímicos más recientes y complejos de los tipos de proteína hallados en diferentes especies concuerdan notablemente con las relaciones evolutivas establecidas hace un siglo basándose en similitudes morfológicas.

VC32(63)Las actuales teorías sobre mutación, selección natural y dinámica de la población ofrecen una explicación satisfactoria de cómo los animales y plantas que viven hoy proceden de formas anteriores por descendencia con modificación. A la cuestión del origen de los seres vivientes de nuestro planeta se le ha dado seria consideración por parte de ciertos biólogos. Algunos han formulado la opinión de que cierta clase de espora o germen puede haber sido llevado de otro planeta al nuestro por el espacio. Esto no es satisfactorio, no solo porque plantea la cuestión de la fuente original de esporas, sino también porque parece muy improbable que cualquier clase de forma viviente pudiera sobrevivir al frío extremo y la intensa irradiación del viaje interplanetario.

VC32(64)Pruebas de vida en otras partes del cosmos se obtuvieron del descubrimiento hecho en 1961 de lo que fueron identificados como fósiles organismos microscópicos, algunos semejantes a algas, en meteoritos; pero esto, por supuesto, no es prueba de que organismos vivientes pudieran ser transportados por el espacio.

VC32(65)El origen espontáneo de los seres vivientes en los tiempos actuales se cree extraordinariamente improbable. Los experimentos de Francesco Redi indicaron, en 1680, que no surgen cresas de novo de la carne descompuesta y relegaron al olvido la antigua superstición de que los animales podían aparecer por generación espontánea. Unos 200 años después, Luis Pasteur demostró concluyentemente que microorganismos como las bacterias (fig. 2-3) no surgen por generación espontánea, sino que proceden solamente de bacterias anteriormente existentes. Otros investigadores han demostrado desde entonces que aun los organismos más pequeños, los virus filtrables, no proceden de material no viral por generación espontánea. La multiplicación de virus requiere la presencia de virus existentes.

VC32(66)Este concepto (que los primeros seres vivientes surgieron de seres no vivientes) y sugerencias sobre cuál puede haber sido la serie de acontecimientos, han sido expuestos por Pflüger, J. B. S. Haldane, R. Beutner, y particularmente por el bioquímico ruso A. I. Oparin en su libro, *El Origen de la Vida* (1924).

VC32(67)Se conocen algunas reacciones por las cuales sustancias orgánicas pueden ser sintetizadas a partir de sustancias inorgánicas. Originalmente, los átomos de carbono de la corteza terrestre se encontraban principalmente como carburos metálicos. Estos podían reaccionar con agua formando acetileno, que posteriormente se polimeriza formando compuestos con largas cadenas de átomos de carbono. Radiación de alta energía como rayos cósmicos puede catalizar la síntesis de compuestos orgánicos. Esto fue demostrado por experimentos de Melvin Calvin en los

que se irradiaron soluciones de bióxido de carbono y agua en un ciclotrón, obteniéndose ácidos fórmico, oxálico y succínico, que contienen 1, 2 y 4 carbonos, respectivamente. Estos, como se sabe, son intermedios en ciertas vías metabólicas de organismos vivientes. Irradiando soluciones de compuestos inorgánicos con luz ultravioleta o haciendo pasar descargas eléctricas por la solución para simular el rayo se producen también compuestos orgánicos. VC32(68) Harold Urey y Stanley Miller expusieron en 1953 una mezcla de vapor de agua, y gases metano, amoníaco e hidrógeno a descargas eléctricas durante una semana y demostraron la producción de aminoácidos como glicina y alanina, junto con otros compuestos orgánicos complejos. La atmósfera terrestre en tiempos prebióticos probablemente contenía vapor de agua, metano, amoníaco e hidrógeno, de los cuales la irradiación podría producir una enorme variedad de materiales orgánicos. Aminoácidos y otros compuestos podrían obtenerse en la naturaleza actualmente mediante descargas eléctricas o radiaciones ultravioleta; pero cualquier compuesto orgánico producido de este modo podría sufrir oxidación espontánea o ser absorbido y degradado por mohos, bacterias y otros organismos.)

VC32(69) Los detalles de las reacciones químicas que podrían originar, sin la intervención de seres vivientes, carbohidratos, grasas y aminoácidos han sido expuestos por Oparin y ampliados por Calvin y otros. Muchas de las reacciones, si no todas, por las cuales se formaron las sustancias orgánicas más complejas ocurrieron probablemente en el mar, donde se disolvieron y mezclaron los precursores inorgánicos y los productos orgánicos de la reacción. El mar se convirtió en una especie de caldo diluido en el que chocaban estas moléculas, reaccionaban y se agrupaban formando nuevas moléculas decrecientes en tamaño y complejidad (esto podría denominarse la teoría de "sopa primigenia" sobre la evolución)

VC32(70) A partir de los planteamientos de Oparin-Haldene y los trabajos experimentales de Urey y Miller, se inicia una nueva trayectoria en la investigación científica para explorar el origen de la vida en la Tierra. Algunos científicos experimentan con nuevas fuente de energía, presentes según ellos en la atmósfera primitiva; otros utilizan moléculas diferentes, bajo el supuesto de que ellas pudieron formar parte del planeta en aquellos momentos. Así, podemos encontrar que Melvin Calvin (EUA), utilizando el ciclotrón sobre una mezcla de gases como la usada por Miller, obtuvo algunos aminoácidos, urea y ácidos grasos. Por otra parte, al utilizar calor como fuente de energía, el doctor Juan Oro (EUA) obtuvo adenina a partir de amoníaco y ácido cianhídrico, mientras que Cyril Ponnampereuma (EUA) pudo obtener a partir de ácidocianhídrico y agua sometida a radiación ultravioleta, adenina, adenina y urea.

VC32(71) Con base en este tipo de hallazgos los investigadores han podido ir "reconstruyendo" la posible secuencia evolutiva de las moléculas orgánicas, donde destacan algunas secuencias: las proteínas debieron haberse formado inicialmente a partir de la reacción de ácido cianhídrico, el formaldehído; los azúcares a partir de formaldehído y los ácidos nucleicos a partir del formaldehído, el ácido cianhídrico, la urea y el ácido fosfórico.

VC32(72) Las fuerzas de atracción intermoleculares y la tendencia de ciertas moléculas a formar cristales líquidos nos proporcionan medios para formar espontáneamente grandes y complejas moléculas específicas. Oparin sugirió que puede operar una clase de selección natural en la evolución de estas moléculas complejas antes que esté presente algo reconocible como vida. Cuando las moléculas se unen formando agregados coloidales, estos agregados comienzan a competir entre sí por las materias primas. Algunos de los agregados que tenían una disposición interna particularmente favorable adquirirían nuevas moléculas con mayor rapidez que otros y finalmente se convertirían en los tipos dominantes.

VC32(73) Cuando se han formado ciertas moléculas de proteína y han alcanzado capacidad para catalizar reacciones, la velocidad de formación de más moléculas se aceleraría grandemente. Al combinarse con ácidos nucleicos, estas complejas moléculas de proteína adquirirían finalmente la capacidad de catalizar la síntesis de moléculas como ellas mismas. Estas hipotéticas partículas autocatalíticas constituidas por ácidos nucleicos y proteínas tendrían algunas propiedades de un virus o quizá de un gen libre.

VC32(74) Un paso importante en la evolución de estos agregados prebióticos iniciales habría sido la aparición de una membrana de proteína y lípido que los rodearía y que permitiría la acumulación de algunas moléculas y la exclusión de otras. Todos los virus conocidos actualmente son parásitos que pueden vivir sólo dentro de las células de animales y plantas superiores; pero si hubiera virus vivientes libres —los que no producen una enfermedad— serían muy difíciles de descubrir.

VC32(75) Los primeros organismos vivientes, producidos en el mar, derivados de moléculas orgánicas y en contacto con una atmósfera carente de oxígeno, presumiblemente obtuvieron energía por la fermentación de algunas de estas sustancias orgánicas. Los primeros organismos fueron casi seguramente heterótrofos, y sólo

podieron sobrevivir mientras duró el suministro de moléculas orgánicas que se había acumulado en el caldo marino en el pasado. Antes de que se agotara el suministro algunos heterótrofos evolucionaron aún más y se convirtieron en autótrofos, capaces de producir sus propias moléculas orgánicas por quimiosíntesis o fotosíntesis. Uno de los primeros subproductos de la fotosíntesis es el oxígeno gaseoso; realmente, todo el oxígeno de la atmósfera ha sido producido y es producido aún por fotosíntesis.

BVC32(76)Una explicación de cómo puede haberse derivado un autótrofo de uno de estos heterótrofos fermentadores primitivos fue presentada por N. H. Horowitz en 1945. Horowitz postuló que un organismo adquiriría, por mutaciones genéticas sucesivas, las enzimas necesarias para sintetizar complejas sustancias a partir de sustancias simples, pero estas enzimas se adquirirían en el orden inverso al que siguieron al ser usadas finalmente en el metabolismo normal.

VC32(77)De estos argumentos llegamos a la conclusión de que el origen de la vida como un proceso ordenado y natural en este planeta no sólo fue posible, sino casi inevitable. Además, con el vasto número de planetas de todas las galaxias conocidas del universo, debe haber muchas que tengan condiciones que permitan el origen de la vida. Es probable, pues, que haya otros planetas —quizá muchos otros planetas— en los que exista la vida tal como la conocemos. Dondequiera que el medio ambiente físico mantenga la vida, seres vivientes deben aparecer y ramificarse en una gran variedad de tipos si se les concede tiempo suficiente. Algunos de éstos pueden ser muy diferentes de los de nuestro planeta, pero otros podrían ser similares a los hallados aquí. Algunos podrían realmente ser como nosotros. Los seres vivientes de otros planetas podrían tener una clase completamente diferente de código genético, o podrían estar constituidos por elementos distintos del carbono, el hidrógeno, el oxígeno y el Nitrógeno.

VC32(78)Parece improbable que lleguemos a saber alguna vez cómo se originó la vida, si se inició sólo una vez o muchas veces, o si podría originarse de nuevo. La teoría: 1) de que las sustancias orgánicas se formaron de sustancias inorgánicas por la acción de factores físicos del medio ambiente, 2) de que actuaron recíprocamente formando sustancias cada vez más complejas, finalmente enzimas, y luego sistemas autorreproductores (genes libres); 3) de que estos genes libres se diversificaron y unieron formando heterótrofos primitivos, quizá semejantes a virus; 4) que aparecieron membranas de lípidos y proteínas para separar estos agregados prebióticos del medio ambiente circundante y 5) que aparecieron autótrofos a partir de heterótrofos primitivos, tiene la virtud de ser muy plausible. Muchas partes de esta teoría han sido sometidas a verificación experimental.

VC32(79)Las opiniones de los investigadores discrepan respecto a la naturaleza de las mutaciones, a las que se presentaron en la evolución y al grado en que intervinieron en la misma los distintos factores de selección, aislamiento, recombinación genética, hibridación y volumen de los grupos, aunque en ciertos principios fundamentales hay unanimidad de pareceres. Entre ellos destaca la opinión de que los cambios en cromosomas y en genes constituyen la materia prima de la evolución, que es necesario cierto grado de aislamiento para la creación de una nueva especie, y que la selección natural es precisa para la perpetuación de algunas de las mutaciones ocurridas, pero no de todas, además, se conocen cinco principios de la evolución los cuales suscriben prácticamente todos los biólogos

VC32(106)1.La evolución es más rápida en unos momentos que en otros. En la época actual prosigue con rapidez y aparición constante de nuevas formas y extinción de otras. ¿A qué factores se debe todo esto?

VC32(80)2.La evolución es de intensidad variable en los diferentes tipos de organismos. En un extremo de la escala se encuentran los moluscos bivalvos conocidos como braquiópodos, mantenidos invariables durante un lapso de 500 millones de años, pues los fósiles de aquel tiempo revelan identidad con las formas presentes. En contraste, han aparecido varias especies de homínidos que se extinguieron en los últimos cientos de miles de años. En general, la evolución es rápida al aparecer una nueva especie, para luego ser más lenta una vez que el grupo ha logrado establecerse.

VC32(81)3.Las nuevas especies no evolucionan a partir de adelantadas y especializadas, sino de las relativamente sencillas y sin especialización. Los mamíferos, por ejemplo, no descienden de los especializados dinosaurios, sino de grupos de reptiles pequeños y sin rasgos distintivos.

VC32(82)4.La evolución no procede siempre de lo simple a lo complejo. Hay, en efecto, muchos ejemplos de evolución "regresiva" por la cual, de una forma superior ha derivado una más sencilla. Muchos parásitos evolucionaron de un progenitor de vida independiente, desde luego más completo que la forma adaptada a la vida parasitaria. Las aves sin alas como el casuario descienden de otras que podían volar y lo mismo pasa con varios insectos ápteros, descendientes de unos parecidos alados. También las serpientes han evolucionado desde reptiles con patas, en tanto la ballena, sin extremidades posteriores, deriva de mamíferos con cuatro miembros. Estos casos confirman el hecho de que las mutaciones son casuales, de que no progresan de lo simple a lo complejo o de lo

"imperfecto" a lo "perfecto". Si de todo esto llega a resultar que una especie tiene ventajas en ser de estructura más sencilla, o incluso prescindir de algún carácter toda mutación en este sentido se acumulará por selección natural.

VC32(83) 5. La evolución ocurre por poblaciones, no por individuos, por procesos de mutación, reproducción no casual, selección natural y desplazamiento genético.

VC32(84)A partir de estos principios fundamentales, investigadores como Stephen Jay Gould y Niles Eldredge han venido reforzando y cuestionando algunos de los principios básicos de la teoría evolucionista propuesta por Darwin. Estos investigadores consideran que si bien la selección natural es el principal motor de la evolución, éste tiene un valor significativo a pequeña escala y difícilmente puede constituir el factor único para explicar cambios de mayor envergadura. La formación de variedades y razas puede bien explicarse a partir de este fundamento, sin embargo, la selección natural actúa junto con un numeroso grupo de factores no bien determinado, produciendo cambios a nivel de especies, géneros, familias y amplios grupos taxonómicos.

VC32(85)La noción de selección natural hace alusión directa a una idea de tendencia a la perfección, a la complejidad. Si los organismos luchan entre sí para lograr la posibilidad de reproducirse, los más aptos deberán ganar la batalla e imprimir en las nuevas generaciones los rasgos que les permitieron salir victoriosos. Hay en esta noción entonces, una aceptación implícita de que la evolución tiene una tendencia a la complejidad.

VC32(86)Para Jay Gould esta visión del proceso evolutivo es incorrecta y fruto de una perspectiva occidental de ver las cosas. Para este investigador, las formas más complejas no son necesariamente las más evolucionadas conforme al punto de vista anterior. Los parásitos, las bacterias y muchas otras formas vivientes, sobreviven con asombroso éxito gracias precisamente por la simplicidad de sus formas o de sus comportamientos.

VC32(87)Por otra parte, la selección natural que permite que los mejor adaptados sobrevivan actúa con gran eficacia en pequeños grupos, no obstante este proceso de selección, previsible en esa tendencia a la mayor aptitud pierde sentido cuando se habla de la evolución de grandes grupos de organismos. Con base en los registros fósiles de que se dispone actualmente, es posible pensar que los grandes cambios que dieron origen a la inmensa diversidad de organismos que conocemos no ha ocurrido de manera lenta y progresivas, tal como lo sugiere el efecto de la selección natural. Si por casi 5/6 del tiempo total en que ha permanecido la vida en el planeta, dominaron las formas unicelulares y es sólo hasta hace cerca de 600 millones de años cuando aparecieron los primeros organismos pluricelulares, así como que la aparición de los grandes grupos zoológicos ocurrieron en un lapso de 70 a 100 millones de años, Jay Gould sostiene que la evolución es un proceso que se da en cortos periodos de gran actividad seguidos de otros mayores de aparente estabilidad y ausencia de cambios importantes.

VC32(88)Considerando que la evolución no puede concebirse como un proceso ascendente de complejidad ni como la acumulación lenta y progresiva de pequeños cambios, así como que la selección natural actúa junto con muchos otros factores, la tendencia de la evolución es imposible de predecir.

VC32(89)Cuando las transformaciones tienen como base fundamental la lucha por la sobrevivencia, es natural pensar que los más aptos sobrevivirán y cada día serán más completos o complejos. Si la extinción masiva de uno o varios grupos de organismos tienen como origen una catástrofe como puede ser el choque de un aerólito, es difícil pensar que alguna especie o grupo haya desarrollado las características idóneas para resultar beneficiado con el cambio. Los grupos de organismos no pueden anticipar catástrofes de esta índole y probablemente los que sobrevivan no sean los más aptos según otros esquemas de pensamiento.

VC32(90)La presencia de grandes catástrofes son más frecuentes, importantes, diversas y rápidas que lo que se pensaba, según Jay Gould, éstas pueden explicar la desaparición masiva de especies cuando menos en cinco casos a partir de la aparición de los seres pluricelulares, a fines del ordovícico, ya avanzado el devónico y al final del pérmico, del triásico y del cretácico. Se piensa que en el ordovícico se perdieron alrededor del 12% de todas las familias de organismos que poblaban la Tierra en aquel momento; en el devónico desaparecieron cerca del 14% de ellas, en el pérmico casi 52%, en el triásico 12% y en el cretácico sólo el 11 %. Este último corresponde a la desaparición masiva de ininidad de especies de grandes reptiles.

VC32(91)Las diatomeas no son consideradas como microorganismos más complejos y especializados que los radiolarios y los heliozoarios, sin embargo, dado que eran capaces de enquistarse y permanecer inactivas por largos espacios de tiempo, se cree que pudieron sobrevivir a la completa oscuridad producida, según Luis y Walter Alvarez, por un gran meteorito que cayó sobre la Tierra produciendo una densa capa de polvo que impidió por mucho tiempo la penetración de la luz solar, de manera que pudieron evolucionar con mayor éxito que otros microorganismos. Los mamíferos han coexistido con los grandes reptiles por más de 100 millones de años antes de la catástrofe, sus ventajas anatómicas no eran muy significativas, sin embargo, eliminados violenta y rápidamente

los reptiles tuvieron campo libre para poder sobrevivir y evolucionar, así, no tuvieron que luchar y desplazar a los dinosaurios, sino cubrir el espacio que éstos dejaron.

VC32(92) Considerando estos factores, Jay Gould en su teoría del equilibrio intermitente o del equilibrio puntuado sostiene que la evolución no es un proceso lento, predecible, progresivo y gradual, en el que sólo la selección natural sobre lo diverso marca la ruta. Los procesos aleatorios y los cambios bruscos e intermitentes son más cercanos a la evolución que la tendencia a la perfección.

VC32(93) Por otra parte, investigadores como Lynn Margulis (EUA) plantean que la evolución de los seres vivos basada en la variabilidad genética y la selección natural son incapaces de explicar los enormes cambios que en poco tiempo han experimentado las diferentes especies. Según esta investigadora, este proceso evolutivo sería excesivamente lento y direccional como para explicar la formación de organismos unicelulares complejos como los eucariontes, a partir de los procariontes.

VC32(94) A diferencia de la teoría autógena propuesta por J. A. Taylor y E. D. Dosdon entre otros, que sostiene que los diferentes organelos celulares se forman a partir de una progresiva organización interna a partir de la membrana plasmática, por la formación de nuevos y más complejos compartimientos, la teoría endosimbiótica propuesta por Lynn Margulis plantea un origen a partir de comunidades microbianas que coevolucionan hasta constituir la organización celular que hoy conocemos.

VC32(95) Las células eucariontes no difieren de las procariontes sólo por la presencia de un núcleo bien definido, sino por poseer, además de un sistema interno de membranas (retículo) y movimientos internos relacionados con la fagocitosis y la reproducción, por poseer en el citoplasma corpúsculos complejos como las mitocondrias o los cloroplastos. Según esta investigadora, estos organelos celulares tienen un tamaño y apariencia similar a las de algunas bacterias, poseen ADN, ARNm, ARNt y ribosomas, pueden multiplicarse con independencia del núcleo celular y sintetizar algunas proteínas. Este tipo de observaciones sugiere que en algún momento, estos organelos tuvieron vida propia, formados probablemente a partir de organismos como las bacterias de vida libre.

VC32(96) Según la teoría endosimbiótica propuesta por Margulis, estas bacterias establecieron alguna relación simbiótica, dando lugar a los primeros organismos unicelulares eucariontes.

VC32(97) Se ha observado que la propensión para establecer ciertas relaciones simbióticas pueden heredarse de una generación a otra, los seres que la comparten desarrollan mecanismos morfológicos y fisiológicos adaptados a esta relación, que también pueden ser heredables.

VC32(98) Investigadores como P. John y F. R. Wahtley (Universidad de Oxford) apoyan esta teoría con el descubrimiento de ciertas enzimas respiratorias como los citocromos y las quinomas, en bacterias como *Paracoccus denitrificans* (aerobia) y algunas del género *Rhodospseudomonas* (autotrófica), que son capaces de realizar funciones equivalentes a las desarrolladas por las mitocondrias.

VC32(99) Por otra parte, Margulis sostiene que el núcleo celular pudo haberse formado a partir de la separación del mesosoma (concentración del material nuclear en una invaginación, que se observa en algunas bacterias cuando están en proceso de división) de alguna bacteria ancestral, de manera que el ADN dejó de estar disperso en el citoplasma y quedó aislado dentro de una membrana.

VC32(100) Para explicar el origen de los cloroplastos, la teoría endosimbiótica contempla la existencia de bacterias ancestrales capaces de realizar fotosíntesis, que pudieron establecer una relación simbiótica con otras, ocupando posteriormente el lugar de un organelo. En 1971 se descubrió una cianofícea unicelular del género *Prochloron* capaz de fotosintetizar utilizando clorofila a y b cuya composición es igual que la de los eucariontes. Probablemente esta cianobacteria desciende de bacterias ancestrales que establecieron relaciones simbióticas con bacterias capaces de sintetizar estas clorofilas.

VC32(101) La existencia de organismos que científicos como Cari R. Woese han identificado como arqueobacterias ha sido uno de los nuevos aportes desde los cuales pueden tomarse evidencias para apoyar la teoría de la endosimbiosis. Como el lector recordará, las arqueobacterias están representadas por un conjunto de organismos unicelulares que tienen rasgos tanto de procariontes como de eucariontes, ya que sin contar con una compleja organización celular como la que tienen los eucariontes, carecen de pared celular rígida, contienen ciertas cantidades de histonas asociadas al material genético, genes organizados en fragmentos y estructuras organizadas a manera de ribosomas.

VC32(102) En términos generales podemos afirmar que acerca de la evolución, hoy día se manejan dos tipos de planteamientos que difieren fundamentalmente por el enfoque. con que visualizan los procesos dentro de la naturaleza. Uno sostiene un enfoque determinista donde, si es posible conocer los factores que influyen para que un proceso ocurra, es posible predecirlo con precisión. Dentro de este enfoque mecanicista clásico apoyado por



científicos como Ernst Mayr, J. B. S. Haldane, Th. Dobzhansky, L. Stebbins y G. G. Simpson, entre otros, se enmarca la síntesis evolutiva neodarwinista que domina en gran parte el conocimiento científico. El otro enfoque, sostenido por investigadores como Niles Eldredge, Stephen Jay Gould, R. Lewontin y H. Carlson, es menos mecanicista, y otorga un papel más determinante al azar dentro de los fenómenos de la naturaleza y considera a los organismos de una manera más integral, es decir, no sólo en su parte genética, morfológica o fisiológica de manera aislada.

VC32(103) Una tercera corriente es encabezada por científicos como E. O. Wilson, J. Maynard-Smith y R. L. Trivers, en ella conservan en gran medida el enfoque mecanicista pero con una dosis sociobiológica importante. En sus bases conservan el modelo matemático clásico de la genética de poblaciones y la noción tanto de supervivencia del más apto como de la evolución con base en la adaptación de las poblaciones, ignoran el papel del azar en el origen de nuevas especies y considera a los organismos entidades elementales de la evolución. Para estos investigadores, los comportamientos sociales de los organismos están determinados por sus genes y que éstos han sido seleccionados a través de la evolución, de la misma manera que todos los genes que determinan su forma y funcionamiento. En este sentido, consideran que la evolución no es más que el resultado de la competencia entre alelos para lograr la representación mayoritaria dentro de una población, como si cada gene tuviese la intención o el mandato de propagarse y dominar en una población. Esta teoría, conocida también como la del gene egoísta, se fundamenta en la idea de que los comportamientos sociales de los organismos están genéticamente determinados para asegurar la propagación de los genes, considerando que la unidad evolutiva básica es el gene, a diferencia de la teoría de la síntesis evolutiva que consideraba que todo el acervo genético de un organismo debe mostrarse íntegramente para que un organismo pueda imponerse como el más apto. En síntesis, para la teoría sociobiológica sólo a los genes individuales compete la permanencia de una generación a otra.