



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE
CÓRDOBA**

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

***MAESTRÍA EN EDUCACIÓN EN CIENCIAS
EXPERIMENTALES Y TECNOLOGÍA***

**Análisis del concepto “Interacción” en el
currículum de la Escuela de Biología,
Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y
Naturales, Universidad Nacional de Córdoba**

-2011-

Autor: Liliana María Buffa

Director: Dra. Ana Lía De Longhi

Co-director: Dr. Gabriel Bernardello

Buffa, Liliana

Análisis del concepto interacción en el currículum de la Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba / Liliana Buffa ; dirigido por Ana Lía de Longhi. - 1a ed. - Córdoba : Universidad Nacional de Córdoba, 2014.

E-Book.

ISBN 978-950-33-1085-4

1. Biología. 2. Enseñanza Universitaria. I. Ana Lía de Longhi, dir. II. Título
CDD 570.711

Fecha de catalogación: 12/11/2013

Análisis del concepto interacción en el currículum de la Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba

RESUMEN

En el presente trabajo se analiza el concepto “interacción” en Biología desde la perspectiva histórica investigando su origen, el papel que cumple en las Ciencias Biológicas y su relación con distintas disciplinas. Se identifica la presencia del concepto, su alcance en la organización curricular y la estructura semántica que adquiere a través del currículum en programas y libros de texto de Biología. Los resultados obtenidos indican que el concepto está asociado en sus comienzos con la embriología y fisiología y en los últimos años con genética, ecología y coevolución. En programas se relaciona con pocas áreas de conocimientos biológicos en comparación con los libros de texto; en ambos documentos aparece en su mayoría explícitamente enunciado. En los libros está relacionado principalmente con explicaciones y se distribuye en la mayoría de los capítulos. “Interacción” se podría convertir en uno de los conceptos estructurantes, si se trabajara desde los programas con la planificación de niveles de complejidad en referencia al propio concepto o a las explicaciones de las que forma parte. Se incluyen reflexiones didácticas para el tratamiento curricular del concepto “interacción”, en la carrera de Biólogo, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba.

Palabras Clave: Biología, interacción, concepto estructurante.

Analysis of the interaction concept in the curriculum of the School of
Biology, Faculty of Exact, Physical and Natural Sciences, National
University of Córdoba

SUMMARY

In this study we analyzed the concept "interaction" in Biology from the historical perspective investigating its origin, the role it plays in the biological sciences and their relationship to different disciplines. We identified the presence, its scope in the curricular organization and the semantic structure that takes the concept across the curriculum programs and textbooks in Biology. The results show that the concept is associated with embryology and physiology in its early, and in recent years, genetics, ecology and coevolution. In the programs is associated with few areas of biological knowledge compared with textbooks, in both documents is the most explicitly stated. In the books is primarily concerned with explanations and is distributed in most chapters. "Interaction" could become one of the structural concepts, if work form planning programs with levels of complexity in reference to the concept or the explanations of which it forms part. We include curricular teaching of the concept "interaction", in the Biologist career at the Faculty of Exact, Physical and Natural Sciences, National University of Cordoba.

Keywords: Biology, interaction, structural concepts.

INDICE

Introducción.....	Página 6
Hipótesis.....	Página 10
Objetivos.....	Página 10
Contenidos de la Tesis	Página 11
CAPÍTULO I.....	Página 13
Marco Teórico.....	Página 14
CAPÍTULO II.....	Página 35
Metodología.....	Página 36
CAPÍTULO III.....	Página 41
Resultados	
Primera Etapa.....	Página 42
Segunda Etapa.....	Página 59
CAPÍTULO IV.....	Página 87
Discusión.....	Página 88
Reflexiones didácticas.....	Página 96
Conclusiones.....	Página 102
CAPÍTULO V.....	Página 105
Bibliografía.....	Página 106
Anexo.....	Página 119

INTRODUCCIÓN

La historia más reciente de la Universidad Argentina, refleja con mayor frecuencia análisis referidos a la formación de profesionales, la definición de quiénes son los actores y sus derechos en relación a los aspectos político-académicos y el currículum de sus carreras (Ander-Egg, 1996; Menin, 2001).

Particularmente entre dichos aspectos curriculares, la discusión se refiere a la diferenciación entre disciplinas, las luchas por la definición de nuevas fronteras temáticas, en vinculación con el campo y el perfil profesional, las incumbencias profesionales y las divisiones estancas entre las carreras. Las problemáticas anteriores son motivo según Salit (2009) de obstáculo en producción de nuevas articulaciones trans e interdisciplinarias. La autora sostiene que el currículum universitario aún vigente en nuestro país, responde a un listado de materias constituidas por una serie de contenidos que reflejan el orden de un discurso pretendiendo ser inalterable para cualquier práctica, sin que se generen reformas de fondo. Considera que la tendencia curricular dominante ha sido con pocas excepciones mantener la misma duración en años para las licenciaturas y el alargamiento de los planes de estudios como una forma de resolver las relaciones entre grupos académicos y distintos profesionales.

Las carreras que otorgan títulos de Biólogo, Licenciado en Ciencias Biológicas, Licenciado en Biología y afines que se dictan en diferentes universidades del país, no escapa a las problemáticas de la universidad en general, a pesar del intenso trabajo conjunto realizado por el Consejo Interuniversitario para la Enseñanza Superior de la Biología (CIPEB) al cual están adheridas en la actualidad 21 unidades académicas. En una de las actas originadas en las diferentes reuniones del mencionado Consejo consideran que *“El avance científico y tecnológico que hay en el mundo, ha hecho que la Biología tenga cada vez más campo de inserción. Es importante encaminar algunas acciones para ponerse de acuerdo en la formación de los jóvenes universitarios e impartir fundamentalmente principios morales y éticos como personas encargadas de cuidar el planeta”* ([http:// site/cipebargentina/](http://site/cipebargentina/)). A partir de los documentos emitidos por el CIPEB se explicita que la organización curricular del plan de estudios consta de dos ciclos: básico y superior. La caracterización del ciclo básico es “la formación en los aspectos fundamentales de la Biología”, mientras en el ciclo superior son “la formación profesional según la diversidad de orientaciones regionales” y “tesis de grado o pasantía que completa la formación práctica profesional”. Ambos ciclos están organizados en

“núcleos temáticos” agrupados en áreas. Además, se enuncian contenidos mínimos respetando la diversidad que pudiera surgir en los diferentes contextos de cada provincia. De este modo, a cada “núcleo temático” le corresponden contenidos curriculares básicos, es decir que la estructura curricular para las carreras de Biólogo, Licenciado en Ciencias Biológicas, Licenciado en Biología y afines (Licenciado en Genética, Licenciado en Biodiversidad y Licenciado Ecología), está fundamentada en una organización centrada en disciplinas.

En la Carrera en Ciencias Biológicas de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba, la *Propuesta Curricular* vigente, año 1991, plantea la implementación de distintas instancias en la formación del estudiante, “*dichas instancias están presentadas por ciclos, entendidos como el cuerpo curricular que resume un grupo de contenidos y metodologías en un tiempo determinado, a lo largo de la formación permanente del individuo*” y continúa explicando que “*cada ciclo procura alcanzar determinados objetivos, que sirven simultáneamente de apoyo al ciclo siguiente. Para ello se crea un Ciclo Básico con dos propósitos fundamentales: favorecer la inserción del estudiante en la vida universitaria y ofrecer una formación básica sólida, global e integrada de los contenidos y métodos de la Biología, y un Ciclo Superior con el propósito de profundizar y completar la formación en diferentes áreas de actividad del graduado en Biología*” (<http://www.efn.unc.edu.ar/>).

En el Ciclo Básico, además de plantear los objetivos, se deja explícito que “*El ordenamiento de las asignaturas en este ciclo, se basa sobre el criterio de organización del proceso de enseñanza-aprendizaje en fases: de Síntesis Inicial (donde se ofrece una visión introductoria globalizadora de la Biología), de Análisis (donde se profundiza en contenidos) y de Síntesis (donde se integran los conocimientos del ciclo)*” (<http://www.efn.unc.edu.ar/>).

Posteriormente se explican diferentes aspectos para que el estudiante comience con el Ciclo Superior, transite en él y complete un determinado número de créditos con asignaturas *Optativas*, de *Especialidad* y *Talleres*.

Con una mirada diferente y como una posible alternativa en el abordaje de una reforma a nivel de plan de estudios en Biología, en una primera instancia podríamos plantearnos responder a la pregunta ¿Qué es la Biología? y ésta respuesta puede ser abordada desde dos campos diferentes: la Biología funcional y la Biología histórica (Mayr, 2006). La primera trata de la fisiología de todas las actividades de los organismos vivientes, en especial de los procesos celulares incluidos los del genoma y la Biología histórica

resulta indispensable para la explicación de todos los aspectos del mundo viviente que impliquen la dimensión del tiempo histórico, es decir todos los aspectos que tienen que ver con la evolución, se refieren a la Biología evolutiva.

La Biología como una ciencia con fundamentos propios, tuvo que pasar por un conjunto de sucesos para que sea reconocida como tal, uno de ellos es la toma de conciencia de la singularidad de ciertos principios básicos biológicos que no son aplicables al mundo inanimado (Mayr, 2006). Además, no existen en el mesocosmos sistemas inanimados que sean tan complejos como los sistemas biológicos; estos sistemas son ricos en propiedades emergentes porque constantemente aparecen nuevos grupos de propiedades en cada nivel de integración. Los sistemas biológicos son siempre abiertos y a causa de su complejidad se encuentran ricamente dotados con capacidades como la reproducción, el metabolismo, la replicación, la regulación, la adaptación, el crecimiento y la organización jerárquica (Mayr, 2006). Sumado a esto, la mayor parte de las teorías biológicas no se basan en leyes sino en conceptos; ejemplos de tales conceptos son la selección, la especiación, la filogenia, la competencia, la población, la adaptación, la biodiversidad, el ecosistema y la función.

Conociendo estas particularidades de la Biología, nos podríamos plantear ahora ¿Qué enseñar de la Biología? ¿Cuáles son sus conceptos fundamentales? para responderla y siguiendo a Mayr (2006), el autor infiere que nada es tan característico de los sistemas biológicos como las interacciones en todos sus niveles, entre los genes del genotipo, entre los genes y los tejidos, entre las células y otros componentes del organismo, entre el organismo y su ambiente inanimado y entre los diferentes organismos. Es precisamente esta interacción de las partes lo que confiere a la naturaleza como un todo, o al ecosistema, o al grupo social o a los órganos de un mismo organismo sus características más pronunciadas. Con esta visión holística, podemos observar lo que nos rodea como un todo en un sistema en que sus partes son inseparables entre sí, es decir existe un fenómeno llamado *sinergia* que se observa sólo cuando hay “un todo funcionando”.

Es a partir de este enfoque holístico que nos planteamos la utilización de conceptos biológicos para ayudar a la comprensión de la intrincada red de estructuras y procesos permitiendo al alumno la construcción del saber. Por ello consideramos que, entre estos conceptos, el de “interacción” podría constituir ejes orientadores para establecer niveles de formulación en la construcción del conocimiento y por lo tanto podría ser considerado un concepto estructurante.

Investigaciones relacionadas al análisis de conceptos dentro de los currícula, expresan que, una de las implicancias para la enseñanza es el desafío de una organización curricular que medie para favorecer la reconstrucción, que a nivel social e individual, harán que los alumnos puedan pasar a compartir los significados de la comunidad científica (Stipcich y Moreira, 2001). Según estos autores, en la Física, la noción de interacción suele incorporarse en el lenguaje de las explicaciones de manera implícita como una expresión que se está en condiciones de entender y utilizar. Sin embargo, la Física podría estar explicando algunas interacciones de importancia por la recursividad con que esta noción aparece, aunque no siempre de manera explícita, en la secuenciación de los contenidos de la disciplina y, por lo tanto, como un principio organizador para la actividad docente en el diseño y puesta en práctica de material curricular. Para García Díaz (2001), la noción “interacción” aporta una visión sistémica del mundo, por lo tanto, en el proceso de su construcción, orienta el tratamiento educativo y organiza el análisis que los alumnos dan a las explicaciones de su entorno.

Desde la organización del plan de estudios de la Carrera de Ciencias Biológicas de la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales de la UNC, se detecta la dificultad para identificar la presencia de conceptos básicos que sean trabajados en las asignaturas obligatorias, alcanzando los niveles de complejidad que resulten significativos para los alumnos y su futuro rol profesional de Biólogo.

En este sentido, realizando un análisis preliminar de los Programas de las diferentes asignaturas obligatorias de la carrera de Biología, intercambiando ideas con docentes y alumnos surge la opinión generalizada de que no es fácil identificar conceptos que se retomen año a año ampliando sus relaciones de significado y que permitan establecer relaciones de temas vistos en diferentes materias. Sumando a lo anterior las investigaciones que denuncian la falta de conceptos estructurantes en el currículum de ciencias se plantea el **problema** para esta tesis relacionado con la identificación del concepto de “interacción” en el currículum de Biología y el alcance que adquiere en distintos espacios curriculares. Se parte del supuesto que dicho concepto puede cumplir un rol estructurante del currículum y en el aprendizaje de los alumnos. Por lo tanto, delimitarlo contribuiría en una organización más adecuada para ir avanzando en el currículum de dicha carrera.

HIPÓTESIS

En la Carrera de Ciencias Biológicas, el concepto “interacción”, expresado en los Libros de Texto y Programas, no adquiere niveles de complejidad creciente a medida que se avanza en el currículum.

OBJETIVO GENERAL

Analizar el concepto de “interacción” en Biología desde una perspectiva histórica y desde su alcance curricular. A partir de lo anterior, identificar su función estructurante y los niveles de complejidad curricular que adquiere.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar la historia y origen del concepto “interacción”, en relación a su papel en las Ciencias Biológicas.
- Identificar su presencia y alcance en la organización curricular de la carrera de Biología a partir de la complejidad que adquiere.
- Indagar la estructura semántica del concepto “interacción” en los libros de texto y programas de las diferentes asignaturas de la carrera de Biólogo.
- Presentar reflexiones didácticas para el tratamiento curricular del concepto “interacción”.

CONTENIDOS DE LA TESIS

Esta Tesis está dividida en cinco capítulos:

En el primer capítulo se desarrollan los **Fundamentos teóricos** que enmarcan las temáticas referidas al *Currículum* como un proyecto que se ha pensado y diseñado en su totalidad. De allí que, los criterios de *selección-secuenciación de contenidos* deban considerar las *redes semánticas* de los alumnos ya que la información almacenada está organizada de manera que las palabras, eventos o representaciones forman relaciones que producen significados. Cuando se solicita al alumno que mencione las palabras que definen un concepto, él hurga en su memoria y selecciona aquellas que asume más relacionadas; lo mismo sucede cuando el alumno está frente a un *libro de texto*.

En este sentido realizar una selección de conceptos y establecer niveles de *complejidad*, puede resultar útil para el diseño de secuencias que busquen favorecer la construcción de un conocimiento rico en relaciones, que parta de *conocimientos previos* y avance en niveles de significatividad creciente. El eje de dichas construcciones son conceptos básicos, llamados *conceptos estructurantes*.

En el segundo capítulo se desarrolla la **Metodología** utilizada para cada una de las dos etapas planteadas en el trabajo. El estudio comprende, en primer lugar la búsqueda del significado de “interacción” y la presencia del concepto en la historia de la Biología. En segundo lugar su presencia, el alcance curricular y estructura semántica del mismo. Para este último punto, se realiza el análisis del contenido de los programas de las diferentes asignaturas de Biología y el análisis de textos referenciados en los programas. Finalmente el análisis de los niveles de complejidad que adquiere el concepto.

En el tercer capítulo se presentan los **Resultados** de las dos etapas: en la primera los resultados del significado del concepto en diccionarios, en la historia de la Biología y en relación a otros campos de estudio de la Biología. En la segunda etapa se identifica la presencia, el alcance en la organización curricular y la estructura semántica que adquiere el concepto en los libros de texto y en los programas de las diferentes asignaturas de la carrera de Biólogo y a partir de estos documentos se analizan los niveles de complejidad.

En el cuarto capítulo se desarrolla la **Discusión** abordada desde los fundamentos teóricos y desde algunos resultados obtenidos en esta tesis. Además se presentan reflexiones didácticas para el tratamiento curricular del concepto “interacción”.

Este capítulo también contiene las **Conclusiones**.

En el capítulo quinto se presentan las **Referencias Bibliográficas**.

El **Anexo** consta de siete tablas, las mismas incluyen los diferentes análisis realizados a los programas y los libros de texto considerados.

Además se anexa el documento publicado por el Consejo Interuniversitario para la Enseñanza Superior de la Biología (CIPEB).

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

El Currículum

El campo curricular representa uno de los espacios más dinámicos en el ámbito de la educación. Así el currículum debe ser considerado más que una selección de contenidos en programas, como un proyecto que se ha pensado y diseñado en su totalidad, es decir, tomando todo el proceso en su conjunto en lugar de proceder por la simple adición de partes o momentos del proceso (Zabalza, 2003). Se agrega a lo anterior el hecho de que debe ser formativo ya que su finalidad última es obtener mejoras en la formación de las personas que participen en él, por lo que los proyectos curriculares precisan unidad y coherencia interna.

Los propósitos finales que se persiguen en el currículum de cualquier materia a cualquier nivel de formación, son la adquisición de saberes y el desarrollo de un pensamiento reflexivo, por lo cual ese currículum se identifica como una estructura organizada del conocimiento (Frigerio, 1991). Dichos conocimientos se refieren a contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales, así como a acciones materiales y a procesos de pensamientos coherentes con el objeto de estudio y su forma de construcción.

Independientemente de la perspectiva teórica que se adopte, en todas es fundamental la cuestión relativa a la relevancia de los contenidos a enseñar, en particular lo referido a su selección y organización.

En el currículum real es donde se articulan las distintas transposiciones didácticas a través de las cuales el conocimiento erudito se convierte en conocimiento a enseñar y enseñado (Chevallard, 1998) que da lugar a generar situaciones para lograr un conocimiento aprendido. Según Sanjurjo y Vera (1994) los modelos curriculares ponen especial énfasis en la transposición didáctica, entendida como “un proceso complejo de transformaciones adaptativas por el cual el conocimiento erudito se constituye en conocimiento u objeto a enseñar y éste en objeto de enseñanza (o conocimiento enseñado)”.

Salinas (1997) se pregunta ¿Qué debemos enseñar? ¿Porqué debemos enseñar eso y no otra cosa? ¿Cómo debemos enseñarlo?, estos interrogantes son algunas cuestiones que el enfoque teórico del currículum nos propone responder.

Así, cuando se examinan las estructuras de los diferentes currícula, se detectan ciertas coincidencias y también un cierto proceso seguido en la toma de decisiones para la elaboración del mismo, aunque no se haya definido en forma explícita y por anticipado. El modo como se aborda un elemento influye sobre el siguiente y sobre cómo se trabajarán los demás. En este sentido, la concreción de las intenciones educativas que plasma el currículum tiene que ver más con un proceso de toma de decisiones en relación a los fines que se desean conseguir con la educación que con una simple identificación de saberes establecidos (Mauri, 1993). Es decir que el currículum se ocupa esencialmente de concretar las intenciones educativas y organizar los saberes “a enseñar”, dar sugerencias metodológicas y criterios para la selección y organización de actividades y formas de evaluación (De Longhi *et al.*, 2003).

Según Díaz Barriga (2003), son numerosos los aspectos que deben considerarse cuando se trabaja dentro del campo curricular. A manera de ejemplo se menciona la existencia de una amplia literatura sobre el tema con líneas teóricas diferentes; la atención a diversos objetos de estudio en el ámbito educativo; la selección, organización y distribución de contenidos; las distancias entre el currículum pensado, el enseñado y el vivido; las discontinuidades que se generan en cada grupo de docentes, entre otras. En este sentido, como suele suceder en ocasiones donde se plantean cambios en el currículum, aparecen conflictos que provienen de problemáticas anteriores al periodo analizado, entremezclándose con las nuevas problemáticas, tanto en lo que se refiere a recursos humanos como a los contenidos a desarrollar.

Zabalza (2003) reconoce que las carreras universitarias a menudo están montadas como una sucesión de decisiones, algunas veces más pensadas que otras, como fruto del simple juego de intereses, de disciplinas y actividades formativas que funcionan como unidades estancas y escasamente relacionadas con las que les precedieron y con las que les siguen en un plan de estudios. Cada asignatura y cada profesor actúa de manera aislada y resulta muy difícil tanto el establecer relaciones significativas de interacción entre disciplinas diversas como evitar los solapamientos entre temas de distintas asignaturas debido a la proximidad entre los ámbitos de estudio de unas y de otras. Díaz Barriga (2003) comenta que falta interlocución entre las comunidades de académicos con aquellas que estudian el currículum debido a que se genera una disolución de las fronteras de la disciplina curricular ya sea con invasión de otras disciplinas o bien con fusión de otros campos de conocimiento.

Según De Longhi *et al.* (2003), el currículum, debe ser concebido como un conjunto de experiencias más que una secuencia de contenidos a ser transmitidos, pasando de posturas cerradas a diseños abiertos, procesuales y posibles de reformulación. Lo importante según los autores es "el sentido" de cada situación de enseñanza y de aprendizaje para cada individuo y cómo se pueden construir versiones cada vez más cercanas a las concepciones de los científicos. En esta línea relacionada con el currículum en ciencias, los especialistas en el campo curricular recomiendan enseñar ciencias vinculando el aprendizaje del proceso científico con el aprendizaje de los contenidos científicos (Minnick Santa y Alvermann, 1994).

La enseñanza puede estar diseñada para ayudar a los estudiantes a aprender contenidos de ciencias al mismo tiempo que incorporan habilidades metodológicas de ciencia y de lectura. Así, la enseñanza efectiva se verá favorecida por diversas fuentes de información, entre ellas distintos tipos de textos. Esa enseñanza no deberá depender del texto como única fuente de información ni de la eliminación del texto a favor de las actividades experimentales. Según Frigerio (1991), los libros de textos constituyen una expresión significativa de la propuesta curricular, es decir, del "proyecto de cultura y socialización que se efectúa a partir de un recorte y organización de contenidos, un formato y un conjunto de prácticas".

De esta manera, pensar en un currículum flexible, requiere ir haciendo aproximaciones sucesivas a los conceptos, principios, teorías o metodologías, desde los textos y desde las clases. Es como pensar en diferentes formulaciones cada vez más complejas asociadas a tipos de aprendizaje esperados en distintos momentos (De Longhi *et al.*, 2003).

En este sentido una carrera universitaria se organiza desde un currículum general integrado por los diferentes espacios curriculares o materias, seminarios o talleres. Darle carácter de flexible a dicho currículum, coherente con las características del objeto de conocimiento (Biología) y a su vez diseñarlo con una progresión en complejidad de sus contenidos, es un desafío que consideramos debe enfrentar la universidad.

Selección y secuenciación de contenidos

En una propuesta educativa, uno de los aspectos nucleares a considerar es el análisis y la justificación de los contenidos que son objeto de enseñanza, el orden en que son

abordados y la forma de presentarlos a los alumnos, de manera que les resulten comprensibles para que puedan realizar aprendizajes significativos (Pedrinaci y Del Carmen, 1997).

Determinar cuales deben ser los contenidos formativos de un Plan de Estudios constituye un espacio de controversia en el que confluyen parte de los dilemas que afectan a la Universidad en su conjunto y a la propia naturaleza de las carreras (Zabalza, 2003). El docente universitario debe tomar decisiones acerca de la selección y secuenciación de los contenidos, ya sea de un teórico, de un práctico, de un seminario, etc. Esta actividad se verá facilitada si el docente posee un marco teórico de referencia que le permita diferenciar lo fundamental de lo accesorio, lo general de lo particular, lo que es propio de la asignatura de lo que es común o que está relacionado con otras disciplinas (Peme, 2003). Así, como lo señalan Bermudez y De Longhi (2006), si se quiere evitar que el alumno se vea desbordado por la gran cantidad de información, los docentes tienen que ser capaces de seleccionar los conocimientos, estructurarlos y transponerlos adecuadamente.

Según Moreno Lorite (1997), la mayor parte de los materiales utilizados para la enseñanza de las ciencias, evidencian que el tipo de secuencia se basa en la lógica de la disciplina; por lo tanto para diseñar una secuencia es imprescindible conocer la estructura de la materia para poder identificar cada contenido y sus contenidos subordinados. Peme (2003), plantea que la importancia de la selección de los contenidos, radica en considerarlos como elementos fundamentales debido a que necesitan estar organizados de manera tal que se logre a través de criterios lógicos, es decir son aquellos que derivan del análisis del propio objeto de conocimiento y de su estructura. Un criterio lógico de selección trabaja con las dimensiones semántica y sintáctica de una disciplina; así como la dimensión semántica se relaciona con el “saber qué” es decir incluye hechos, conceptos, principios y teorías; la dimensión sintáctica se relaciona con el “saber cómo”, con el proceso, con la forma en que se construye el conocimiento de una disciplina científica y con el abordaje de los problemas asociados a un área de conocimiento dada (Peme y Alaniz Andrada, 2010). Estos mismos autores, indican que, dentro de la dimensión sintáctica se deben considerar los comportamientos cognitivos empleados en la construcción del conocimiento como por ejemplo en la identificación, el análisis, la inferencia, la explicación, la clasificación, etc. Todos éstos son elementos sintácticos y dependiendo de la forma que se relacionan conforman las estructuras sintácticas.

Además de los criterios lógicos de selección de contenidos, se tienen en cuenta otros criterios, ya que el docente elige distintos elementos semánticos y sintácticos al considerar diferentes grupos de alumnos y de carreras, de este modo se están considerando criterios psicológicos. Estos criterios incluyen una serie de características de los estudiantes tales como el nivel de desarrollo cognitivo, sus hábitos de trabajo, su capacidad de memoria comprensiva, de su predisposición para aprender significativamente, de sus conceptos y procesos constructivos previos. Es decir que, una concepción acerca de los procesos de los estudiantes es considerada a través de criterios psicológicos (Peme y Alaniz Andrada, 2010).

Además de los criterios lógicos y psicológicos, se deben tener en cuenta los criterios socio culturales de selección de contenidos que tienen que ver, entre otros, con el nivel educativo, la orientación de la institución, la Carrera, el Plan de estudios y el perfil profesional. Se agrega a lo anterior, las áreas que conforman la estructura de la organización curricular, las correlatividades entre sus asignaturas, las relaciones verticales y horizontales entre asignaturas y los contenidos curriculares básicos (Peme y Alaniz Andrada, 2010).

Estos mismos autores señalan que, el docente debe seleccionar contenidos, organizarlos y ordenarlos en el tiempo. Esto es la secuenciación de los contenidos, que también está regida por criterios lógicos, psicológicos y socio culturales.

En los criterios lógicos de secuenciación de contenidos, la organización que emplea el docente muchas veces recupera la experiencia como investigador en su área, otorgándole a los distintos elementos de la estructura, un determinado orden y alcance. En relación a los psicológicos, los autores infieren que estos criterios devienen de una concepción explícita o implícita acerca de cómo se produce el aprendizaje y de cómo se organizan cognitivamente los conceptos del alumno. En ese sentido, ellos expresan que diferentes autores han desarrollado determinadas teorías acerca del aprendizaje y, apoyados en ella, secuencian los contenidos según criterios psicológicos, tales como “las jerarquías conceptuales basadas en las teorías de Ausubel y Novak”, “la secuencia *espiralada* o cíclica de Bruner”, “las jerarquías de aprendizaje de Gagné” y “la teoría de la elaboración que se apoya en los principios del aprendizaje significativo de Ausubel”. Respecto a los criterios de secuenciación socio culturales tienen relación directa con las características de la institución, con su orientación, con el Plan de la Carrera, con las correlatividades a lo que se conoce como coordinación vertical (las correlativas

anteriores y las asignaturas que siguen) y con la coordinación horizontal (las materias que se dan simultáneamente) (Peme y Alaniz Andrada, 2010).

Según Gil Pérez *et al.* (1993), cuando se habla de secuenciar contenidos se refiere a ordenarlos para definir qué se enseña primero y qué se enseña en segundo lugar, también se deben tomar decisiones referidas al eje alrededor del cual se organizarán los contenidos y el o los criterios utilizados.

En este sentido, Pedrinaci y Del Carmen (1997) plantean diferentes criterios de secuenciación de contenidos, entre otros consideran los conocimientos previos de los alumnos; el grado de relación que se desea establecer entre diferentes secuencias de la misma área o asignatura o de otras que se consideren convenientes; la organización de la secuencia a partir de un determinado tipo de contenido que actúe como organizador y el desarrollo continuado y progresivo de preguntas clave o ideas eje considerándolas desde lo general a lo particular, de lo concreto a lo abstracto, de lo simple a lo complejo. Así, entre los contenidos que el docente identifica y selecciona se encuentran una serie de conceptos que varían en complejidad curricular; la misma puede ir desde generalizaciones simples hasta aquellas con mayores relaciones semánticas y de significado, llamadas más complejas o con un alcance más amplio.

También se puede avanzar en complejidad transitando desde una referencia al mundo real, inmediato hasta algo más lejano o mediato; como así también desde ejemplos concretos a generalizaciones formales o modelizaciones.

De ésta manera se hace necesario que el docente al diseñar el currículum identifique los conceptos, junto con sus atributos y redes que definen su significado. Esto le permitirá seleccionar y secuenciar el contenido y su alcance. Además de considerar los criterios psicológicos o socio culturales.

Redes semánticas

Las situaciones de actividad que arman los docentes, desde determinados criterios de selección y organización de contenidos, a nivel psicológico pueden promover o no la construcción en el alumno de redes semánticas. El valor de estas redes reside en que las taxonomías obtenidas son generadas de manera directa de la memoria semántica del sujeto y el orden otorgado va de acuerdo a su escala de valores y percepciones, por lo tanto cuando se le pide al sujeto que mencione las palabras que definen un concepto,

éste hurga en su memoria y selecciona aquellas que asume más relacionadas (Zermeño Flores *et al.*, 2005). Según Vera-Noriega *et al.* (2005), las redes de significado o redes semánticas son las concepciones que las personas hacen de cualquier objeto de su entorno, y mediante el conocimiento de ellas se hace factible conocer la gama de significados, expresados a través del lenguaje cotidiano de todo objeto social conocido. En el modelo de redes semánticas investigado desde la psicología, la información almacenada está organizada en forma de redes en las cuales las palabras, eventos o representaciones, forman relaciones que en conjunto producen significados. Del mismo modo, indican que la memoria semántica es construida por representaciones de conceptos y conocimientos generales. La memoria semántica es la memoria necesaria para el uso del lenguaje, organiza el conocimiento que las personas tienen de las palabras y otros símbolos verbales, sus significados y referentes acerca de las relaciones entre ellos y de las reglas, fórmulas y algoritmos para la manipulación de los símbolos, conceptos y relaciones.

Así, los orígenes de la estrategia didáctica de trabajar desde redes semánticas se encuentran principalmente, en el diálogo entre disciplinas como la psicología, la inteligencia artificial y la pedagogía.

Las nociones sobre la memoria semántica y la memoria episódica, las que ayudan a entender la estructura de la memoria y, por supuesto, la forma en la que asociamos los significados; la primera es la encargada de organizar los significados y conceptos sobre las cosas y las relaciones entre éstos; mientras la segunda, es la que alberga y recuerda información sobre un contexto tempo-espacial (Tulving, 1972). La psicología ofrece, a través de la memoria, explicaciones sobre los mecanismos de selección de los significados, las palabras, los conceptos o las imágenes con las que los sujetos relacionan a los objetos.

La repercusión de la educación sobre el desarrollo personal del alumno es tanto mayor cuantos más significados le ayuda a construir, cuánto más significativos son los aprendizajes específicos que promueve. Así lo verdaderamente importante es que la educación favorezca el aprendizaje significativo de hechos, conceptos, procedimientos o actitudes (Coll, 1996).

Para los alumnos suele resultar dificultoso aprender un concepto, una teoría o un procedimiento nuevo ya que continuamente se establecen nuevas relaciones, modificando alguna asociación, matizando alguna creencia. Es por ello que se recomienda volver a los conceptos más de una vez y desde diferentes puntos de vista,

propiciando que el alumno vaya aumentando el número de relaciones entre diferentes conceptos, cada vez con un mayor grado de abstracción y de riqueza en las interrelaciones con los otros conceptos (Gil Pérez *et al.*, 1993).

Además, los conceptos se encuentran inmersos en diferentes contextos, por ello también es importante la selección y secuencia de contextos en los que los conceptos objeto de estudio adquieren relevancia para posibilitar de este modo que los alumnos construyan la compleja red de teorías y conceptos propios de cada disciplina.

Así, la construcción de conocimientos no sería un proceso lineal, con una secuencia fija en el tratamiento de los conceptos, sino un proceso de reorganización continua en el que, sin descuidar la profundización en cada concepto, se construyan redes de conocimientos cada vez más amplias y complejas (Steinmann y Cañás, 2001).

De allí que, tanto en la secuenciación de conceptos como en los contextos donde ellos están inmersos, no se deberían producir vacíos de contenidos, ya que ésta situación genera cortes en la secuencia que impide el avance en niveles de menor a mayor complejidad.

Todo lo anterior está relacionado con lo que se habla de aprendizaje significativo de las ciencias, apelando a que se deben introducir conceptos desde las propuestas de enseñanza que serán utilizados y aplicados por los alumnos a medida que se avanza en una carrera. De esta forma, cuando el profesor planifica sus clases establece secuencias y relaciones que permiten tal construcción de redes semánticas, donde conceptos estructurantes cobran un rol fundamental. Así, un diseño curricular flexible, debería considerar la enseñanza de contenidos de manera progresiva donde la construcción del conocimiento aumente en complejidad a medida que se avance en la carrera.

Libros de texto

Los libros de texto son la otra fuente de información que toma el alumno para construir los significados, aparte de la explicación del profesor y de las actividades de la clase.

Según Del Carmen y Jiménez Aleixandre (1997) los libros constituyen el material más utilizado para la enseñanza de las ciencias en todos los niveles educativos.

La mayoría de los libros de texto de ciencias rebosan de explicaciones de conceptos científicos (Minnick Santa y Alvermann, 1994). Desde ellos, el alumno debe elaborar una representación semántica del concepto contenido en el texto, que puede partir de

diferentes contextos de significación. Por ello, al buscar comprender un texto el alumno debe construir ideas con los conceptos, conectarlas y construir una jerarquía con esas ideas (Sánchez Miguel, 1995).

Por otro lado están los contextos de referencia del contenido que está escrito en el texto. En este sentido, los libros, además de cumplir con su función específica, son documentos históricos, donde se reflejan la ciencia y la pedagogía de cada época, junto a las vivencias experimentadas por cada autor en su particular contexto socio-histórico. Esto siempre ha resultado evidente en los textos correspondientes a materias de Ciencias Sociales, pero no puede discutirse que tal característica debería aplicarse también a los de Ciencias Naturales (Cornejo, 2006).

Según Cutrera y Dell'Oro (2003), los libros de texto funcionan de modo prescriptivo en la práctica escolar, en tanto señalan lo que debe enseñarse, enfatizan ciertos aspectos en detrimento de otros y establecen la secuencia de los contenidos a enseñar, entre otros aspectos.

En este sentido, un texto es accesible cuando el escritor: 1) ha dispuesto sistemáticamente las ideas en una organización compatible con determinada disciplina (por ejemplo causa y efecto, en el caso de los libros de ciencias); 2) ha conectado lógicamente las ideas; 3) ha evitado la información distractiva o no pertinente y 4) ha tomado en cuenta el conocimiento previo del lector (Minnick Santa y Alvermann, 1994). Del mismo modo, Ramírez (1994), al tomar las redes semánticas como instrumento de su investigación identifica tres niveles primarios en los textos: 1) el que está en relación con las formas en que las frases son coherentes y se organizan dentro de un texto; 2) el que trata los problemas de organización lógica y argumentación en el texto y 3) el de la organización general del texto como un todo. Así, el texto tiende a concebirse como algo que tiene un contenido fijo, independiente del sujeto que lo comprende y, por lo tanto, igual para todos los sujetos en todas las situaciones (de la Mata, 1997).

Campanario y Otero (2003) comentan que sería difícil imaginar cómo podría desarrollarse hoy día la enseñanza de las ciencias sin el recurso del libro de texto ya que es todavía el principal instrumento pedagógico en las clases de ciencias y constituye una de las decisiones curriculares más importantes que toman muchos docentes. Debido a que su uso está muy extendido en todos los niveles y sistemas educativos, el libro de texto ejerce una influencia notable sobre el aprendizaje de los alumnos, dado que orienta y dirige muchas de sus actividades así como las de los docentes. Muchos profesores de

ciencias no solamente utilizan los libros de texto como guía en la exposición del contenido científico sino también como fuente de problemas y preguntas para la evaluación de los alumnos.

Caldeira (2005) sugiere que, una de las cuestiones importantes para que los alumnos aprendan acerca de la naturaleza de la ciencia contenida en los libros de texto, tiene que ver con las ideas que ellos tienen sobre los objetivos de la misma ya que muchos estudiantes ven el conocimiento científico como un conjunto de hechos y fórmulas que es necesario memorizar, en vez de considerar una estructura conceptual que les permitirá hacer numerosas previsiones.

Los materiales de texto impresos siguen siendo el recurso más utilizado en clases de ciencias, pero muchos textos no facilitan la comprensión de los estudiantes debido entre otras cosas a la especificidad del vocabulario, la estructuración deficiente de los textos y la excepcional densidad de la información (Minnick Santa y Alvermann, 1994). Además, dos de los grandes objetivos de la educación científica son que los estudiantes aprendan a describir y a explicar los fenómenos naturales pero raramente los autores de los libros proveen descripciones y explicaciones bien escritas de tales fenómenos; la falta de explicaciones adecuadas para los contenidos generales, generan confusiones y pueden inducir ideas incorrectas sobre conceptos básicos de la ciencia. Como sugiere Bar (2002), la explicación científica como parte del discurso de la ciencia se publica a través de los textos debido a que cumplen un papel muy importante como difusores de modelos de descripción y explicación.

Los numerosos casos de explicaciones no del todo bien desarrolladas en los libros de texto de ciencias ilustran la necesidad de que los docentes de ciencias desarrollen sus propias explicaciones de los conceptos importantes, ya que tienen también que construir diferentes formas de representarlas; éstas últimas serán más efectivas si ponen en evidencia el contraste entre las ideas de los estudiantes y las explicaciones científicas. Los estudiantes a menudo aceptan acríticamente la autoridad científica, tienen dificultad en liberarse del sentido común y piensan que los científicos detentan la verdad absoluta (Caldeira, 2005). Por tanto, les resulta difícil aceptar que las teorías científicas puedan ser modificables, que la ciencia no es necesariamente exacta y que puede haber varias maneras de hacer aproximaciones.

Los alumnos deben recuperar los conocimientos previos que les permitan interpretar la información del texto, ya que, en caso contrario las frases se convierten en una sucesión de palabras sin que pueda activarse un contexto en el que tengan sentido (Alomá y

Malaver, 2007). Investigaciones en Didáctica de las Ciencias demuestran que, con frecuencia, los conocimientos previos de ciencias que mantienen los alumnos son inadecuados; ello condicionará negativamente el resultado del procesamiento de un texto en el que intervengan esos conocimientos, puesto que la representación del texto resulta de la interacción entre el contenido del texto y el conocimiento del lector (Campanario y Otero, 2003).

Por otro lado, existen diversas variables que influyen en el aprendizaje a partir de los textos, siendo una de ellas la que se relaciona con el contenido del texto y su organización. Los autores de libros de texto organizan los contenidos de tal forma que antes de presentar información nueva es necesario que se hayan introducido los conceptos que intervienen en ella.

Ante dicha situación, Caldeira (2005) sugiere que los libros de texto deberían incluir actividades con situaciones que pudiesen ser exploradas por el profesor y sus alumnos, de manera que se pudiesen de manifiesto y se desmontasen las concepciones alternativas y se promoviese la evolución conceptual.

Por ejemplo, desde la ecología, se destaca la importancia de conocer a qué escala jerárquica de organización se sitúan los objetos y entidades que conforman el modelo para poder explicar los fenómenos del mundo; es decir, se considera que la característica de las explicaciones científicas es que relacionan un mismo hecho a escalas distintas. Así, si el texto identifica de manera explícita las escalas, éstas podrán ser utilizadas para construir las explicaciones científicas. Pero no sólo es importante situar los conceptos en relación con su escala dentro del sistema de organización de los seres vivos y la materia, sino que también parece necesario identificar si los fenómenos y los hechos científicos hacen referencia a la “mesoescala”, que es la propia escala donde se sitúan; la “microescala”, que hace referencia a las causas que los permiten, o a la “macroescala”, que identifica las constricciones que posibilitan el cambio. De la misma manera, si se identifica un fenómeno pero no las causas que lo provocan y las situaciones que lo permiten, esta explicación no será significativa para aquel que no pueda interpretarla de manera científica (Tallada, 2005).

Finalmente, como se expresa en De Longhi *et al.* (2003), el discurso de los científicos se hace público en revistas especializadas y en libros de texto, y es especialmente en estos últimos donde la *lógica se reconstruye*, es decir se rearma para su presentación y para que sea comprendida por los alumnos con facilidad. Allí se toman decisiones de la selección, secuenciación, organización y establecimiento de relaciones con otros

contenidos que lo preceden o lo siguen. Generalmente, dicen los autores, en dichos textos no se expresa el camino de idas y vueltas que transita el investigador al trabajar, sino que todo se presenta de manera ordenada.

Es por ello que, el análisis curricular de un contenido se completa con la lógica de los libros de texto usados por los alumnos para su estudio.

Conocimientos previos

Así como venimos analizando, el alumno construye significados recibiendo tanto la influencia de la enseñanza como de los libros de texto. Pero además, se enfrenta a sus propias ideas y a sus conocimientos previos.

Pedrinaci y Del Carmen (1997) plantean que la selección de contenidos es visualizada como una tarea ardua ya que implica seleccionar las ideas principales desentrañando los conceptos, procedimientos y actitudes, las relaciones existentes entre ellos y las exigencias de conocimientos previos.

Existen investigaciones que han demostrado que el aprendizaje de conceptos nuevos de ciencia es un proceso más difícil de lo que antes se creía ya que los estudiantes suelen tener saberes previos en conflicto con las explicaciones presentadas en las clases y en los libros de texto de ciencias (Minnick Santa y Alvermann, 1994). Por ejemplo, las concepciones erróneas que los alumnos manifiestan acerca de conceptos científicos han recibido considerable atención en la literatura sobre la enseñanza de la ciencia. Los estudiantes a menudo tienen fuertes creencias erróneas acerca de conceptos específicos.

Desde el momento que un docente ha podido develar las ideas previas de los alumnos y las tiene en cuenta en su enseñanza, generalmente comienza un camino de tratamiento que va desde las más cercanas o consistentes con los conceptos científicos para tratar después los que están más generalizables tratando de diferenciarse de los de sentido común. Además deberá promoverse que el alumno rompa muchas de las relaciones erróneas que haya establecido intuitivamente y establezca los conceptos de forma más acorde con el conocimiento científico actual (Gil Pérez *et al.*, 1993).

En referencia a los conocimientos previos y los libros de texto, la investigación sugiere que rara vez el estudiante reconoce la incoherencia entre sus ideas y las enunciadas en el texto. Cuando los lectores tienen conocimientos previos incorrectos, sus ideas pasan por encima de la información textual. Desde las investigaciones sobre este tema, se muestra

que los estudiantes suelen tener profundamente arraigadas ideas erróneas sobre muchos fenómenos naturales (Minnick Santa y Alvermann, 1994).

En ese sentido, los resultados sobre “errores conceptuales” representan un claro índice de que las estrategias de enseñanza no suelen tener en cuenta las concepciones iniciales de los alumnos. Esa ausencia de atención a lo que los alumnos puedan pensar, a los obstáculos que esas preconcepciones puedan representar, resulta muy evidente en los libros de texto; así, los conceptos son introducidos sin referencia a las dificultades que condujeron a su construcción ni detenerse en los conflictos de ideas que el tratamiento de esos problemas generó. Los resultados de la investigación apuntan a que una enseñanza que se limita a presentar los conocimientos elaborados, escondiendo todo el proceso que conduce a su elaboración, impide que los alumnos puedan hacer suyas las nuevas ideas, que sólo tienen sentido en la medida en que el tratamiento de determinados problemas exige su construcción (Carrascosa *et al.* 2005).

Normalmente los cursos de ciencia incorporan muchos conceptos con sus correspondientes definiciones; también ponen énfasis en la organización o estructuración lógica de ese conocimiento, pero este énfasis se centra más en la organización interna de las lecciones y de los libros de textos que en su organización en la mente de los estudiantes. En consecuencia, con frecuencia los estudiantes pueden definir conceptos pero no saben qué hacer para aplicar esas definiciones a casos específicos. Esto implica la imposibilidad de operar con ellos para describir y explicar fenómenos del mundo real (Corral de Zurita, 2003).

En ciencias, para que se produzca un aprendizaje significativo, por lo general hace falta que los estudiantes atraviesen un proceso de cambio conceptual. El énfasis debe estar puesto en que los estudiantes comprendan ciertas ideas y puedan explorar esas ideas centrales y sus teorías personales (Minnick Santa y Alvermann, 1994). Según los autores son tres los factores, ligados con los conocimientos previos, que pueden impedir el aprendizaje del contenido del libro de texto. El más obvio es la falta de conocimiento del estudiante sobre el tema; el segundo es el conocimiento previo incorrecto o de las ideas erradas sobre un tema y el tercero tiene que ver con la variabilidad de conocimientos entre los diversos estudiantes.

Si bien no analizaremos la problemática del estudiante en esta tesis, hemos señalado este tema porque una adecuada selección y organización de contenidos en la enseñanza así como en el estudio de un texto, debería considerar lo que los alumnos ya saben, a

modo de anclaje para sus nuevos aprendizajes. Los significados se construyen finalmente en el aula desde la interacción con las representaciones del alumno.

Conceptos estructurantes

La enseñanza de las ciencias, según Gagliardi y Giordan (1986), se articula alrededor de tres ejes fundamentales: los mecanismos de comprensión del alumno, las estrategias pedagógicas y el contenido de la enseñanza. Decidir cuál es la información a transmitir no puede hacerse sólo en función de los resultados de la ciencia, ni tampoco sólo en función de supuestas necesidades sociales; lo importante es lograr que los alumnos desarrollen la capacidad de aprender y de utilizar los conocimientos científicos. Esto les permitirá tanto la adaptación a situaciones cambiantes, como la adquisición de nuevos conocimientos. Así, Gagliardi (1986) introduce la noción de **concepto estructurante** como un concepto cuya construcción transforma el sistema cognitivo del alumno, permitiéndole adquirir nuevos conocimientos, organizar los datos de otra manera, transformar incluso los conocimientos anteriores. Una enseñanza fundada en los conceptos estructurantes reduce los temas a enseñar y permite dedicar más tiempo al desarrollo de la capacidad de los alumnos, por lo que los conceptos estructurantes son, a la vez, un medio para superar los obstáculos epistemológicos y una base para continuar aprendiendo.

Se trata, según García Cruz (1998), de tener en consideración las ideas previas de los alumnos en cuanto a la identificación de los conceptos estructurantes y de sus orígenes. Es importante identificar dichos orígenes para poder actuar, por un lado, sobre los propios conceptos estructurantes y, por otro, sobre las bases en las que se apoyan.

Esto implica que los conceptos estructurantes pueden ser el eje de una organización curricular. Según Bermudez y De Longhi (2006) uno de los desafíos de los educadores es realizar una adecuada selección de contenidos y considerar como la tarea fundamental del docente el hecho de entender que en la base de diferentes disciplinas científicas se encuentran una serie de conceptos que forman el armazón sobre el cual se construyen todos los demás.

Para definir cuáles son los conceptos estructurantes hay diferentes medios: el análisis de representaciones sociales, el análisis de las teorías científicas actuales y el análisis de los momentos de transformación de la ciencia (Gagliardi y Giordan, 1986). Es decir que, lo

que estructura el aprendizaje debería guardar coherencia con lo que estructura la ciencia y su enseñanza. Definir cuales fueron los conceptos estructurantes en los momentos de transformación de la Biología requiere revisar la historia de esta ciencia, ya que es una ciencia joven que se desarrolla en el siglo XIX. Antes de esa fecha, los estudios biológicos se encontraban formando parte de un conjunto de conocimientos de carácter anecdótico, sin un cuerpo teórico que los validara. En contraste, las ciencias físicas habían tenido un importante avance, por lo tanto el análisis histórico de los procesos científicos se desarrollaban básicamente en el contexto de estas ciencias. Fue Novak en 1978, quien sugirió que el problema de la ciencia era un problema conceptual. Si la ciencia es reconocida como un conjunto cambiante de conceptos, debería ser la enseñanza de las ciencias enfocada al aprendizaje de conceptos, ya que cuando se pretende estudiar cualquier disciplina, es muy importante generar un análisis de los conceptos que la construyen (Guillén, 1997).

En este sentido, en esta tesis, revisamos la perspectiva histórica del concepto “interacción”, para poder identificar su función estructurante. Por ejemplo fue a fines del siglo XVIII que se demostró que todas las propiedades de un organismo están determinadas por el nivel microscópico subyacente, por lo tanto sin la búsqueda de causas microscópicas que se manifiestan a través de fenómenos visibles (macroscópicos) no son posibles ni la Citología ni la Fisiología. De esta manera, sólo a través del análisis histórico se puede avanzar en la idea de que la relación “nivel microscópico y macroscópico” puede considerarse un concepto estructurante.

Vecchi (1997) reúne diferentes criterios que, a través de distintas investigaciones, se consideran como pertinentes y significativos de los conceptos estructurantes, uno de ellos se refiere a que poseen un gran campo de investigación, relacionado con un gran número de otros conceptos con los cuales están estrechamente relacionados, pero manteniendo cada uno su interdependencia. Además, el concepto estructurante posee un rol organizador con respecto a las redes de conceptos formadas por campos de investigación menores. Tienen, según el autor, un papel “*federativo*” con respecto al orden y jerarquía de los conceptos de menor campo de investigación que él compromete. Con este rol, la organización y jerarquización va a adquirir tal importancia que es en realidad el mejor aporte en el sentido del buen funcionamiento del concepto estructurante, ya que al tener clara la jerarquización y el orden se puede llegar a mejores y más eficientes precisiones.

Entre los conceptos que Vecchi (1997) ha encontrado como estructurantes, se nombran: sistema, órgano, aparato, función, relación, intercambio, información, comunicación, flujo, ciclo, causalidad, equilibrio, regulación, retroalimentación, interacción, evolución, adaptación, duración, ambiente, ecosistema.

Gil Pérez *et al.*, (1993) concuerdan como hemos dicho anteriormente, sugiriendo algunos ejemplos de estos conceptos estructurantes como los de diversidad, sistema, interacción, cambio, ciclo, estructura, equilibrio, materia, energía.

Estos conceptos básicos, poseen un importante potencial didáctico por su utilidad como núcleos en torno a los cuales se pueden organizar diversas tramas conceptuales. El docente debe poder manejarlos adecuadamente porque a partir de ellos es posible que el alumno adquiriera una cierta autonomía de aprendizaje. No obstante, la experiencia acumulada en formación de docentes revela que no es común el trabajo sobre las potencialidades de estos conceptos (Tedesco, 1998).

Estos conceptos estructurantes para las ciencias deberían tener un rol protagónico en la selección y organización de contenidos, es decir en el currículum. Justamente estructuran el currículum y desde ellos podemos dar mayor flexibilidad a una propuesta.

Complejidad

Como anteriormente se menciona, uno de los aspectos que más se discuten acerca del currículum universitario es el ordenamiento, la selección más o menos crítica de conocimientos específicos disciplinares y su secuenciación a través de un plan de estudios.

El recorrido curricular suele ser más o menos lineal, controlado, regulado y simplificado para asegurar, pese a las variables individuales, que grupos específicos sean competentes en un breve lapso según cánones educativos, sociales y científicos exigidos (Londoño, 2002). Pero, debido a que los problemas que se presentan en el mundo social son cada vez más complejos e interdependientes, que no se limitan a sectores o disciplinas particulares y que, en algunos casos no son predecibles, nos encontramos frente a fenómenos emergentes con dinámicas no lineales y por lo tanto, las incertidumbres están presentes y suceden efectos inesperados. De allí que la realidad es un nexo de fenómenos interrelacionados que no se pueden reducir a una sola dimensión (Morin, 1994).

Para evitar esta visión unilateral y limitada, Morin (1994) plantea tomar conciencia de la existencia de paradigmas que recortan el conocimiento y desfiguran lo real. Para ello formula la idea de un pensamiento complejo, que evita la reducción/disyunción/separación del conocimiento. La idea de un pensamiento complejo pone de relieve una organización para el pensamiento, donde orden y desorden se mezclan y se generan nuevas formas organizadas/desorganizadas de pensar. A primera vista la complejidad (Morin, 1998) es una trama de constituyentes heterogéneos inseparablemente asociados: presenta la paradoja de lo uno y lo múltiple; es decir es el tejido de eventos, acciones, interacciones, retroacciones, determinaciones, azares, que constituyen nuestro mundo de fenómenos. Así la complejidad se presenta con los rasgos de lo enredado, de lo confuso, del desorden, la ambigüedad, la incertidumbre. De allí la necesidad, para el conocimiento, de poner orden en los fenómenos rechazando el desorden, de descartar lo incierto, es decir de seleccionar los elementos de orden y de certidumbre, de quitar ambigüedad, clarificar, distinguir, jerarquizar. Pero tales operaciones, necesarias para la inteligibilidad, corren el riesgo de producir ceguera si eliminan los otros caracteres de lo complejo.

La complejidad como un fenómeno cuantitativo, implica una cantidad enorme de interacciones e interferencias entre un número muy grande de unidades que desafían nuestras posibilidades de cálculo, comprende también incertidumbre, indeterminaciones, fenómenos aleatorios. En un sentido, la complejidad siempre está relacionada con el azar. De esta manera, no se puede ir de lo simple hacia lo complejo, sino de la complejidad hacia aún más complejidad. Lo simple no es más que un momento, un aspecto entre muchas complejidades, así se pueden determinar modelos de baja complejidad, mediana complejidad, alta complejidad en función de diferentes desarrollos de autonomía, individualidad, riqueza de relación con el ambiente, etc. (Morin, 1994).

Según Moreno (2002), la comprensión apropiada de la complejidad no debe referirse a la reducción de lo complejo a lo simple, sino que la comprensión adecuada es la comprensión que articula lo desarticulado, sin desconocer a la vez las distinciones. No hay jerarquía de cosas complejas y cosas simples, hay una jerarquía de sistemas más o menos complejos.

Así, mientras el pensamiento simplificador desintegra la complejidad de lo real, el pensamiento complejo integra lo más posible los modos simplificadores de pensar. Por ello el pensamiento complejo está alentado por una aspiración a un saber no dividido,

no reduccionista, y el reconocimiento de lo inacabado e incompleto de todo conocimiento. El pensamiento complejo no rechaza, de ninguna manera, a la claridad, el orden, el determinismo, pero los sabe insuficientes. En ese sentido, cualquier problemática que se aborde, ya sea educativa, social, política, económica, etc., requiere el abordaje de todos los conocimientos disponibles. Esta convergencia de saberes representa una articulación compleja. Abordar la educación desde el punto de vista de la complejidad implica, entre otras cosas, introducirse en los intersticios de los saberes y aceptar a la incertidumbre como una posible conclusión (Morin, 1994).

Además, debido a que tenemos saberes disociados, compartimentados entre disciplinas, esta partición hace imposible aprender “lo que está tejido junto”, es decir lo complejo. Los desarrollos disciplinarios de la ciencia llevaron a la superespecialización, el enclaustramiento y la fragmentación del saber. Sumado esto a la gran expansión del saber nos lleva a pensar que el conocimiento es solo conocimiento en tanto es organización, relación y contextualización de la información ya que ésta última constituye parcelas de saberes dispersos (Morin, 1999).

Morin (2002) se pregunta ¿Cómo lograr el acceso a la información sobre el mundo y cómo lograr la posibilidad de articularla y organizarla? ¿Cómo percibir y concebir el Contexto, lo Global (la relación todo/partes), lo Multidimensional, lo Complejo? Para articular y organizar los conocimientos y así reconocer y conocer los problemas del mundo, es necesaria una reforma de pensamiento.

A este problema universal está enfrentada la educación del futuro porque hay una inadecuación cada vez más amplia, profunda y grave por un lado entre nuestros saberes desunidos, divididos, compartimentados y por el otro, realidades o problemas cada vez más poli-disciplinarios, transversales, multidimensionales, transnacionales, globales. Así, para que un conocimiento sea pertinente, la educación deberá entonces poner en evidencia y promover una “inteligencia general” apta para referirse, de manera multidimensional, a lo complejo, al contexto en una concepción global.

Pero esta reforma del pensamiento debe ser coherente con la enseñanza que promueva este tipo de aprendizaje del objeto de conocimiento, en nuestro caso, la Biología.

Según Morin (1997), ciertos principios de pensamiento que se arraigan en los alumnos desde la escuela primaria, es a realizar cortes y disyunciones en el complejo tejido de lo real, a aislar disciplinas sin poder asociarlas posteriormente. Luego, se convence a los estudiantes de que la mejor manera de enfocar el estudio es a través del compartimento de las disciplinas, que su aislamiento es indispensable, cuando hoy las ciencias de la

Tierra muestran que es posible una reasociación disciplinaria. De algún modo estamos habituados a pensar al individuo separado de su entorno y de su hábitat, estamos habituados a encerrar las cosas en sí mismas como si no tuviesen un entorno.

Estos son algunos de los argumentos que apuntan hacia la necesidad de desarrollar en los alumnos un pensamiento complejo (Morín, 2002) que les permita analizar las relaciones entre todo fenómeno y sus causas, las cualidades que surjan de las relaciones reciprocas entre el todo y sus partes, y al mismo tiempo que reconozcan la unidad dentro de lo diverso, y lo diverso dentro de la unidad.

Según Wilson (1998), entre "lo particular" y "lo general" no existe oposición, sino diferencia de escala. El autor plantea la necesidad de la superación de las fronteras entre disciplinas dentro de las ciencias naturales por lo tanto serían reemplazadas por "ámbitos híbridos cambiantes" en los que está implícita la consiliencia, es decir que la propone como una forma de articular las grandes ramas del conocimiento, especialmente entre la Biología y las Humanidades y Ciencias Sociales. Así, se vuelven consilientes, es decir coherentes e interconectadas a través de explicaciones causa-efecto.

Para Prigogine (1997), reconocer la complejidad, es hallar los instrumentos para describirla y efectuar una relectura dentro de este nuevo contexto de las relaciones cambiantes del hombre con la naturaleza son los problemas cruciales de nuestra época.

Desde el punto de vista biológico, Mayr (2006), alude a la complejidad intrínseca de los organismos biológicos. Un sistema biológico es complejo porque es un sistema abierto en el que el principio de entropía no es aplicable y responde a una organización jerárquica.

Un ejemplo es la definición típica de la célula, fácil de encontrar en un texto clásico de biología (Alberts *et al.*, 2006): "La célula es cada uno de los elementos microscópicos que constituyen las unidades morfológicas, fisiológicas y reproductivas de las plantas y de los animales. Está formada por un citoplasma y una cubierta protectora. A su vez el citoplasma es una solución acuosa coloidal que contiene principalmente proteínas, glúcidos, lípidos y ácidos nucleicos". Con esta definición se explican muchos aspectos de la célula para entender qué se establece entre sus partes. Pero se escapan otros aspectos fundamentales de la célula que no se reducen simplemente a la relación entre sus partes, como por ejemplo que la célula funciona de una manera autorregulada, que tiene su propio metabolismo, que es capaz de dividirse o autorreproducirse, que reacciona a los estímulos externos, intercambia con el exterior toda suerte de sustancias

de una manera selectiva y establece intercambios de información con las demás células, que funciona en coordinación con las demás células del organismo y que puede lograr adaptaciones y mutaciones como respuesta a los estímulos e informaciones que le llegan. Es decir, es muy difícil entender una serie de funciones tan complejas y diversas sumadas a las variables físicas como el espacio, el tiempo, la velocidad, etc. (Moreno, 2002).

Con esta mirada y considerando como ejemplo al hombre, podemos decir que es un ser biológico y al mismo tiempo un ser cultural pero, a estas dos realidades, la realidad biológica y la realidad cultural, el paradigma de simplificación nos obliga a desunirlas, o a reducir la más compleja a la menos compleja. Es decir estudiamos al hombre biológico como un ser anatómico, fisiológico, etc. y estudiamos al hombre cultural en ciencias humanas y sociales. Por lo tanto, vamos a estudiar al cerebro como órgano biológico y vamos a estudiar al espíritu, la mente, como función o realidad psicológica. Así, nos olvidamos que uno no existe sin el otro, más aún, que uno es al mismo tiempo el otro, si bien son tratados con términos y conceptos diferentes (Morin, 1998).

En el planeta Tierra, todo fluye, todo se intercambia, se regenera, se transforma, se constituye, se auto organiza. Se produce el orden y el desorden, los estados de equilibrio a no-equilibrio suceden constantemente, los puntos de bifurcación aparecen y desaparecen y para muchos científicos lo ideal sería estar en el reduccionismo ya que este enfoque es una estrategia importante para hacer investigación, y cuando es exitosa ofrece explicaciones que son satisfactorias (Uribe, 2008). Según este autor, desde que la vida apareció hace millones de años, ahí ha estado y la fuimos descubriendo poco a poco según se van desarrollando nuevas tecnologías. Los organismos vivos siguen evolucionando, la ciencia sigue descubriendo mecanismos e interrelaciones nuevas, pero no se atreve a revisar sus dogmas y definiciones. La mayoría de los científicos insisten en mantenerse firmes en el paradigma de la naturaleza determinista, lineal y cuantitativa y se resisten a explorar el paradigma de la complejidad.

Por ello, lo que se necesita cambiar es el principio fundamental de nuestro pensamiento ya que, por un lado, la presión de la complejidad misma de los acontecimientos, la urgencia y la amplitud de los grandes problemas ecológicos y por otro lado la necesidad de cada uno de nosotros de modificar los principios individuales del pensamiento (Morin, 1997).

Finalmente, podemos inferir que los estudios de la complejidad constituyen un movimiento científico de integración del saber, desarrollados en sus comienzos entre

disciplinas vinculadas como física, química, biología y matemáticas, pero posteriormente se fueron incorporando estudios inter y transdisciplinarios desde saberes de origen social y humanístico. Es decir, constituye un conjunto de enfoques de naturaleza holística, cuya epistemología y metodologías están todavía en construcción, ya que deben evolucionar desde la multidisciplina a la inter y a la transdisciplina. No obstante, algunos de los presupuestos teóricos fundamentales, tales como, las ideas, principios, conceptos y propiedades de los sistemas complejos, ya se aplican de manera efectiva en las más disímiles áreas de la actividad social.

Este enfoque holístico y de complejidad que se le da al objeto de conocimiento biológico, fundamenta los criterios lógicos para la selección y organización de los distintos componentes del currículum, principalmente a los contenidos a enseñar.

Consideramos que, una guía para ir transitando dicha complejidad pueden ser los “conceptos estructurantes”, que actúan como núcleos en torno a los cuales se pueden organizar diversas tramas conceptuales. Además, puede resultar útil para el diseño de secuencias que busquen favorecer la construcción de un conocimiento rico en relaciones, que parta de conocimientos previos de los alumnos y avance en niveles de significatividad creciente de menor a mayor complejidad. De esta manera, podemos considerar la complejidad curricular como una manera de diseñarlo que nos posibilite mantener un currículum flexible, abierto y con la posibilidad, siempre presente, de reformulación.

En esta tesis se eligió el concepto de “interacción”, debido a que todos los procesos que se desarrollan en el universo, involucran interacciones ya sea a nivel de moléculas, de células, de organismo, población y de sistema. El concepto “interacción” resulta un hilo conductor a modo de concepto estructurante, que permite ir pasando, por ejemplo por los diferentes niveles de organización de los sistemas biológicos (célula, organismo, población y sistema). Estudiarlo desde un enfoque de complejidad como el analizado nos abre el interrogante respecto a que, si el propio concepto de interacción adquiere en su tránsito por el currículum significados en visiones complejas diferentes, integrado a estructuras conceptuales de diferentes niveles a medida que transcurre el trayecto de formación de Biólogo.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

El presente trabajo está enfocado desde el punto de vista del paradigma interpretativo de investigación, desarrollándose una investigación de tipo descriptiva de las características de un conjunto de unidades de estudio (Colás Bravo, 1994).

Los análisis descriptivos tienen por objeto, en un marco de estudio dado, la identificación y catalogación de la realidad empírica de los textos o documentos, mediante la definición de categorías o clases de sus elementos. Como uno de los análisis de contenido descriptivos más específico puede citarse el análisis documental (o de recuperación de información) con muchas variantes (Hernandez Sampieri *et al.*, 1997).

En este sentido, según Krippendorff (1990) el análisis de contenido es una técnica de investigación para formular inferencias identificando de manera sistemática y objetiva ciertas características especificadas dentro de un texto, que debe realizarse en relación con el contexto de los datos y justificarse en función de éste.

El estudio comprende el análisis del concepto de “interacción”, el alcance semántico del mismo y los niveles de complejidad del concepto en el currículum. Se realiza el análisis del contenido de los programas de las diferentes asignaturas de Biología (Bardín, 1986; Krippendorff, 1990) y el análisis de textos referenciados en los programas (Bar, 2002; Del Carmen y Jiménez Aleixandre, 1997; Izquierdo y Rivera, 1997; Jiménez Valladares y Perales Palacios, 2001; Otero, 1997).

En el análisis de contenido se distinguieron tres clases de unidades: de muestreo, de registro y de contexto.

Las unidades de muestreo, consideradas como aquellas porciones del universo observado que serán analizadas, son en nuestro caso los programas de las asignaturas y los libros de texto.

La unidad de registro fue la palabra “interacción”, como el segmento específico de contenido donde se expresa.

Las unidades de contexto, consideradas óptimas para captar la significación exacta de la unidad de registro, fija límites a la información contextual y su tamaño es superior a la unidad de registro. En nuestro caso, fueron tres:

- Las unidades didácticas que incluyen el término en los programas.
- Los párrafos en los libros de texto, de los que forma parte el concepto de interacción.

- El área de conocimiento tanto para programas como para libros de texto. Las áreas de conocimiento utilizadas para el análisis, fueron las propuestas por el Consejo Interuniversitario para la Enseñanza Superior de la Biología (CIPEB), para las carreras de Biología y afines ([http:// site/cipebargentina/](http://site/cipebargentina/)).

Para analizar la estructura semántica que adquiere la unidad de registro (expresión “interacción”), tanto en los programas como en los libros de texto, se elaboraron categorías cuyos datos se volcaron en tablas. Las categorías refieren a la presencia del concepto y su relación con las áreas de conocimiento biológico.

De acuerdo a los objetivos planteados se establecieron dos etapas en la investigación, como se detalla a continuación:

- La **PRIMERA** ETAPA consistió en:

1.- Buscar el significado de los conceptos de “interacción” y su expresión inicial en Biología: “sinergia”.

Para ello, se realizó la búsqueda en diccionarios con distintas ediciones de la Real Academia Española, diccionarios de idioma extranjero y diferentes diccionarios biológicos.

2.- Analizar la presencia del concepto “interacción”:

a.- Desde la historia de la Biología, a fin de detectar el origen del mismo.

b.- Desde su presencia en los distintos campos o ámbitos de estudio de la Biología.

Para cumplimentar con estos dos aspectos se realizó una extensa y profunda revisión a través de la bibliografía biológica editada desde el año 1947 a la fecha.

- La **SEGUNDA** ETAPA consistió en identificar la presencia del concepto “interacción” y su alcance en la organización curricular. Además se indagó la estructura semántica que adquiere el concepto tal como se expresa en los programas y en los libros de texto universitarios utilizados como bibliografía de referencia en los diferentes espacios curriculares de la Carrera de Ciencias Biológicas de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba.

Se decidió trabajar con los programas porque forman parte del currículum prescripto, es decir es la propuesta oficial escrita y explícita del conocimiento “a enseñar” (Frigerio, 1991).

En cuanto a los libros de texto debido a que, según Del Carmen y Jiménez Aleixandre (1997), constituyen el material más utilizado para la enseñanza de las ciencias en todos los niveles educativos.

De todos los libros propuestos en cada materia se seleccionó uno sugerido por el profesor a cargo de esa asignatura, excepto en tres asignaturas en las cuales los profesores trabajan con dos libros de texto, quedando un total de 16 libros analizados (Tabla I).

En esta segunda etapa se procedió como se detalla a continuación:

1.- Análisis de Programas. Para analizar la estructura semántica del concepto en las distintas unidades didácticas, se consideraron las siguientes categorías:

1.A.- Presencia del concepto explícitamente enunciado o cuando subyace su significado, usando otros términos.

1.B.- Áreas del conocimiento biológico en las que se presenta el concepto.

Se analizaron los 24 programas correspondientes a las asignaturas obligatorias, ya que todos los alumnos deben necesariamente cursarlas.

El análisis se desarrolló por año:

1er. año: seis (6) asignaturas

2do. año: cinco (5) asignaturas

3er. año: ocho (8) asignaturas

4to. año: cinco (5) asignaturas

Con los datos agrupados a partir de estas dos categorías (1A y 1B) se elaboró la Tabla II del Anexo.

2.- Análisis de Libros de Texto.

2.A.- Búsqueda y detección del término “interacción” en los Índices General y Analítico de cada libro de texto.

2.B.- Presencia del concepto de manera explícita en el enunciado o cuando subyace su significado pero usando otros términos.

2.C.- Ubicación del concepto en el libro:

- en el capítulo Introductorio
- en capítulos que no son el Introductorio
- en más de un capítulo
- como Título o Subtítulo del/os Capítulo/s
- en la revisión del/os Capítulo/s

2.D.- Análisis de la estructura semántica que adquiere el concepto en los distintos párrafos de cada libro de texto a través de las siguientes categorías:

2.D.a.- Relación del concepto con distintas áreas del conocimiento biológico.

2.D.b.- Tipo de texto del que forma parte el concepto:

- forma parte de una definición
- forma parte de una explicación:
 - denominamos como “acción recíproca” (AR), a aquellas explicaciones que expresan entre que o quienes se realiza esa acción, ejerciéndose simultáneamente.
 - cuando hablamos de “características de la acción recíproca” (CAR) nos estamos refiriendo a la explicación, descripción y exposición detallada de los objetos, fuentes, funciones, etc. que componen esa acción.
 - cuando decimos “explica teoría” (ET) es cuando la explicación del texto hace referencia a teorías de origen biológico.
- forma parte de un ejemplo
- forma parte de una leyenda en el pie de lámina o figura

Con estas categorías se elaboró la Tabla III del Anexo, la cual se replica para el análisis de cada libro de texto.

3.- Análisis de Complejidad del concepto.

La forma de analizar los datos para encontrar la complejidad fue a través de la sucesión de programas y de libros utilizados por asignatura de la siguiente manera:

3.A. Identificación de complejidad curricular en la presencia del concepto en los programas de la carrera secuenciados por año.

- 3.B. Identificación de complejidad curricular en la presencia del concepto en los libros de las materias de la carrera secuenciados por año.
- 3.C. Comparación entre programa y libros, de la presencia del concepto, en cada asignatura.
- 3.D. Comparación entre de la secuencia histórica y la secuencia del currículum .

CAPÍTULO III

RESULTADOS

PRIMERA ETAPA

En esta etapa se investigó el origen y la historia del concepto de “interacción” desde el significado de los conceptos de “interacción” y “sinergia”. Esta etapa del estudio responde al primer objetivo propuesto.

Cuando miramos a nuestro alrededor y vemos la diversidad de seres vivos que nos rodean, nos sorprendemos no sólo por el elevado número y la gran variedad que podemos observar, sino también por la manera que esos seres funcionan a nivel individual y grupal. Casi sin poder advertirlo, los organismos se relacionan utilizando distintas estrategias para alimentarse, comunicarse, reproducirse, es decir están interactuando de una manera u otra, beneficiándose, perjudicándose o compartiendo un hábitat, muchas veces dependiendo uno de otro y actuando en conjunto para poder vivir (Purves *et al.*, 2003).

Con esta visión holística, podemos observar el sistema que nos rodea como un todo, los investigadores advirtieron que existe un fenómeno que emerge y se observa sólo cuando hay “un todo funcionando”, lo cual no se aprecia cuando lo observamos parte por parte. A ese fenómeno se lo llama *sinergia* (<http://www.linkses.com>). Según Barrett y Kress (2001), la sinergia es definida como la acción u operación combinada. Corning (2003), indica que el término sinergia se refiere a los efectos combinados o cooperativos producidos por las relaciones entre distintas fuerzas o partículas o elementos de un mismo individuo en un contexto determinado, efectos que no serían posibles de otro modo. El término proviene de la palabra griega *synergos*, que significa “trabajar juntos”, o literalmente, “cooperar”. La sinergia está a menudo asociada al tópico “el todo es mayor que la suma de sus partes” (el cual se remonta a la Metafísica de Aristóteles), pero ésta última es una descripción bastante estrecha y hasta engañosa. En realidad, la sinergia aparece de muchas formas y algunas veces los todos no son mayores que la suma de sus partes: simplemente son diferentes.

Fue Richard Buckminster Fuller (1895-1983), quien introdujo la palabra *synergetics*, para comunicar experiencias usando conceptos geométricos mucho antes de que el término sinergia se hiciese popular. Pero el reconocimiento público lo alcanzó a una edad tardía con su invento estrella: la **cúpula geodésica**. Se trata de la estructura más

resistente, capaz de albergar en su interior el mayor volumen con el mínimo material empleado, y sin necesidad de pilares. Esta estructura geométrica responde a su idea filosófica de la **sinergia**, en la que *el todo es más que las suma de las partes* (<http://www.epdlp.com>).

Con ésta mirada holística, sinergia e interacción estarían estrechamente relacionadas, por ello se realizó en una primera instancia la búsqueda del significado particular para términos:

1.- En el Diccionario de la Lengua Española de la Real Academia Española, el concepto ha variado con el tiempo; así, la consulta en ediciones correspondientes a los años 1945 y 1956, el concepto “sinergia” aparece como: (del griego: cooperación) *concurso activo y concertado de varios órganos para realizar una función.*

En cuanto al concepto “interacción” con su significado no aparece en estas dos ediciones.

Es a partir de la Edición 1970 del Diccionario de la Real Academia Española, que aparece el significado de “interacción” como: *acción que se ejerce recíprocamente entre dos o más objetos, agentes, fuentes, funciones, etc.* y “sinergia” con el mismo significado de las ediciones anteriores.

En la edición 1984, las definiciones de ambas palabras no presentan modificaciones con respecto a la edición 1970.

En la Edición 1992, el significado de “interacción” permanece como en las ediciones 1970 y 1984, pero “sinergia” se desglosa en: 1. *Acción de dos o más causas cuyo efecto es superior a la suma de los efectos individuales* y 2. *Biol. Concurso activo y concertado de varios órganos para realizar una función.*

Estas dos últimas acepciones se mantienen en el diccionario de la Lengua Española de la Real Academia Española en las siguientes ediciones hasta la actualidad.

También se revisó el significado en diccionarios de idioma extranjero como en inglés: WordReference.com English Dictionary, “interaction”: *mutual or reciprocal action; interacting*; “synergy”: *the working together of two things (muscles or drugs for example) to produce an effect greater than the sum of their individual effects.*

En encarta.msn.com.dictionaty: “interaction”: *reciprocal action: the combined or reciprocal action of two or more things that have an effect on each other and work together;*

“synergy”: *combined effort being greater than parts: the working together of two or more people, organizations or things, especially when the result is greater than the sum of their individual effects or capabilities.*

En el Diccionario de Botánica (Font Quer, 1979, 2001) figura: “interacción”: (de inter y acción). *Acción mutua de uno respecto a otro y viceversa; “sinergia”: cooperación, auxilio mutuo. Acción combinada, en general. Exaltación recíproca del poder patógeno, en el caso de coexistencia de dos parásitos, que en otros casos produce el fenómeno opuesto. Llamase también sinergismo.*

En el Diccionario de la Naturaleza, Hombre, Ecología, Paisaje (Ramos, 1987), el significado de “interacción” es el mismo que aparece en el Diccionario de la Real Academia Española y “sinergia”, además de la definición brindada por el Diccionario de la Real Academia Española, se agrega: *Concurrencia de dos o más efectos sobre el medio, que puede resultar en impacto mayor y más grave que la suma de los efectos individuales.*

Por otro lado, en diccionarios biológicos, como por ejemplo: Diccionarios Rioduero; Zoología, Edición 1979, no aparecen ambos términos. Tampoco figuran en el Diccionario de Biología, Edición 1985 de Lender *et al.*

De esta manera, con el recorrido a través de los diccionarios, se puede observar que el significado de “sinergia” aparece desde épocas muy tempranas y de forma continua, no ocurre lo mismo con el significado de “interacción” que aparece de manera discontinua en diferentes diccionarios a partir de la década del setenta. Desde su aparición, tanto en diccionarios de la lengua española como en biológicos, interacción se refiere a la “acción que se ejerce recíprocamente entre dos o más objetos, agentes, fuentes, funciones, etc.”.

2.- Del análisis de la presencia del concepto “interacción” se obtuvieron los siguientes resultados:

a.- La revisión a través de la historia de la Biología, para detectar el origen del concepto, revela que, desde la época de Aristóteles (460-370 a C.) se intentaba dar algunas explicaciones al observar y asociar, por ejemplo, el hecho de que los animales con cuernos nunca poseen colmillos, que los dotados de dientes puntiagudos son carnívoros, que los de una sola uña jamás poseen cuernos, que los “cuadrumanus” que producen hijos vivos poseen pelo, mientras que los que ponen huevos tienen escamas. Además afirmaciones como la siguiente: “La audición y la

respiración **están relacionadas**, pues oímos menos bien durante el bostezo” (Coonen, 1970).

Sin embargo, este prometedor comienzo no fue seguido por casi 2000 años. Recién en los siglos XVI, XVII y XVIII cuando la revolución científica caracterizó esta época con grandes descubrimientos en las ciencias físicas ligada a nombres como Galileo, Kepler, Newton y Descartes. La Biología fortalecida por la Medicina produjo maravillosos logros en esferas tales como la anatomía (Vesalio), embriología (Harvey), y la fisiología (Mayr, 2000).

En el siglo XVI, Andrés Vesalio (1514-1564), con su aporte de conocimientos anatómicos, sumado al uso de ilustraciones en el método didáctico de enseñanza, permitieron observar de otra manera la anatomía del cuerpo humano. Así, las figuras de huesos o músculos no aparecen simétrica y diagramáticamente dispuestas como en los modernos libros de texto, sino que están representadas como partes de un hombre vivo ya que según Vesalio estas partes constitutivas carecen de sentido **sin el todo** (Singer, 1947).

En el siglo XVII Marcello Malpighi (1628-1694), se hallaba familiarizado con las formas de las células y fue el primero en ver y dibujar los estomas del reverso de las hojas, pero nada aclaró acerca de su función. Malpighi dio buenas descripciones de las partes de las flores, ignorando, no obstante, su naturaleza sexual. Realizó también un interesante **estudio de la relación** entre el muérdago y su huésped (Singer, 1947).

El trabajo experimental más antiguo de cierta importancia sobre fisiología de las plantas fue el de Mariotte (1620-1684), ya que todos los procesos “vitales” de las plantas eran para él resultado de **la interacción** de fuerzas físicas (Singer, 1947).

En el siglo XVIII, Buffon (1707-1788), estimaba que la Naturaleza es una sola cosa, pero también incluía los seres vivos que habían sido excluidos por Newton. Para Buffon todas las partes y todas las funciones del mundo **están vinculadas**. En su vasta encuesta sobre las especies animales, recoge cuidadosamente todos los datos referentes a la proporción sexual, al grado de fecundidad, a la duración de la gestación, a la edad en que empieza y acaba la aptitud de reproducción, las posibilidades de cruce, etc. Ofrece la primera “Antropología positiva”, donde subraya el interés de la fisiología comparada, que nos evita el doble inconveniente de abordar la cuestión más compleja y de razonar en torno a ella “sin **fundamento de relaciones** y sin ayuda de la analogía”. Crea la geografía zoológica, es decir, “la ciencia del globo en relación con la distribución de los animales”. Situando la vida en el conjunto general del cosmos, pone en evidencia las

interacciones complejas de la naturaleza orgánica y de la naturaleza inorgánica. Entre los seres vivos hay continuidad, eslabonamiento; se pasa del uno al otro por gradaciones, por matices. Entre cada una de las grandes familias dice Buffon: “entre los cuadrúpedos, las aves, los peces, la naturaleza ha establecido nexos, líneas de prolongación por las cuales todo se acerca, todo se une, **todo tiene relación**” (Rostand, 1979).

Etienne Geoffroy Saint-Hilaire (1725-1810) pensaba que la naturaleza ha formado a todos los seres vivos, según un plan que es esencialmente el mismo en su principio. Según él, la morfología no debe limitarse a ser un mero catálogo descriptivo de las estructuras y de los aparatos de los diferentes tipos de animales; la morfología tiene que comparar ante todo dichos tipos entre sí, de manera que bajo su diversidad aparente se destaca su profunda semejanza; tiene que tratar de **establecer relaciones, correspondencias, analogías**, incluso donde solo se perciben diferencias (Rostand, 1979).

Los hombres de ciencia del siglo XVIII decían que la “teleología es la enemiga de la ciencia”; era opinión de Kant (1724-1804), que ambas actitudes no son opuestas e irreconciliables, esta idea tiene vinculaciones con los hechos biológicos. Los organismos están compuestos de partes; éstas son comprensibles sólo como condiciones para la existencia **del todo**. La verdadera existencia del todo implica así un fin. En realidad, para Kant, la Naturaleza no se expresa nada en forma de propósitos; sin embargo, se puede entender a los organismos si se los considera como si estuvieran realizados bajo la guía de un pensamiento conforme a un fin. Al llegar a esta conclusión, Kant plantea las **relaciones** de clases de organismos como si estuvieran históricamente **relacionados entre sí** (Singer, 1947).

Según Singer (1947), el naturalista Georges Cuvier (1769-1832), basaba su concepto de los organismos en sus funciones como seres vivos. La concepción principal que guió su obra fue el principio de correlación de las partes. Los órganos no existen o no funcionan naturalmente como entidades aisladas, sino como partes de complejos orgánicos vivos. En estos complejos vivos, existen ciertas **relaciones fundamentales** para su modo de vida.

Alexander von Humboldt (1769-1859), en su libro *Kosmos* rindió muy buenos servicios al destacar **las relaciones entre las formas** y los hábitos de las plantas y el carácter y el suelo de su hábitat (Singer, 1947).

En el siglo XIX, a partir de Charles Darwin (1809-1882) se realizaron investigaciones acerca de la distribución de las especies afines en lo que se llamó **interrelaciones de las especies**. Esto fue posible por el desarrollo de la Ecología como disciplina. Haeckel (1834-1919) puso en circulación esta palabra en 1886 tomando como modelo la palabra “economía” (del griego *oikos*: casa y *nomos*: ley). Haeckel estimaba que el objeto de la ecología es el estudio de las **relaciones entre** los organismos entre sí y con el mundo exterior y que éste último se puede dividir en dos dominios: el de las condiciones físicas (luz, temperatura, humedad, etc.) y el de las otras especies (Singer, 1947).

También en el siglo XIX, Bernard (1813-1878), descubrió que el hígado fabrica a partir de los elementos nutricios que le aporta la sangre, ciertas sustancias que almacena para necesidades futuras, demostró que el organismo no solo puede desintegrar, sino también sintetizar complejas sustancias químicas. De esta manera destruyó la concepción de que se podía considerar al organismo como un conjunto de órganos, cada uno con sus funciones propias y separadas; introdujo lo que podemos denominar “síntesis fisiológica”, concepción que establece que las diversas formas de actividad funcional se hallan **interrelacionadas** y subordinadas a las necesidades fisiológicas del ser vivo. Bernard también explicó de la manera en que se regula la afluencia de sangre a las diferentes regiones del organismo asociada a un complejo aparato nervioso. Las reacciones de este aparato fisiológico dependen de diversas circunstancias en varios otros órganos. De esta manera brindó una ilustración de la íntima y **compleja interdependencia recíproca** de las diversas funciones orgánicas (Singer, 1947).

Por su lado, Pasteur (1822-1895) a través de “métodos seguros” de la física y la química, en un terreno que hasta entonces había sido exclusivamente reservado a los naturalistas y fisiólogos, logra la **interacción** de diversas disciplinas científicas (Rostand, 1979).

Müller (1829-1883), publicó en 1873 “Fertilización de las flores por los insectos y su adaptación recíproca”, muy utilizada por Darwin en sus estudios de botánica. Knuth (1854-1900), en su “Tratado de polinización de las flores”, les dio forma enciclopédica a las investigaciones realizadas por Müller, demostrando **las interrelaciones** reales entre los insectos y numerosas plantas, ya que contiene una tabulación de la correspondencia geográfica entre muchas especies de plantas e insectos (Singer, 1947).

Dos investigadores alemanes, Helriegel (1831-1895) y Wilfarth (1853-1904) probaron que algunos grupos de plantas pueden absorber nitrógeno atmosférico mediante estructuras en sus raíces y que son bacterias las encargadas de fijar el nitrógeno. Esto

constituye la asociación de dos tipos de seres vivientes que **se benefician en forma mutua** (*simbiosis*: del griego: que viven juntos). Existen formas, tales como los líquenes, en las que, como lo demostró por primera vez el botánico Bary (1831-1888), ninguno de los componentes de la agrupación puede vivir solo. Existen muchas **asociaciones** entre animales y plantas. Análogamente, el hombre depende de ciertos organismos por lo que se refiere a algunos procesos que se llevan a cabo en su aparato digestivo. El hombre es en realidad una “colonia” de la cual innumerables bacterias son componentes necesarios. Estas cuestiones tratadas por la ecología abren grandes horizontes en los cuales se puede considerar los organismos **en relación fundamental** con su entorno vivo (Singer, 1947).

Así, la interacción en Biología, es parte de la historia evolutiva que empezó al aparecer la vida sobre la tierra. En ese sentido, la literatura coincide en que, con experimentos de laboratorio, se puede demostrar que las diferentes moléculas interactúan de acuerdo a leyes químicas, por lo que el origen de las primeras células a partir de productos químicos es el resultado del intercambio constante de sus materiales constituyentes con el medio (Margulis, 2002). Esta misma autora sugiere que el mundo microbiano conforma la supervivencia de los humanos ya que somos obra de miles de millones de años de diferentes formas de interacción entre microbios. Además, en el proceso evolutivo se fueron forjando patrones de interacción, fundamentales en la colonización de partes importantes de la tierra, así los habitantes podrían deber su control actual de la tierra a ciertas asociaciones específicas por ejemplo entre plantas y hongos. Estas asociaciones encontradas en antiguos fósiles son estructuras increíblemente parecidas a las actuales.

En este sentido, como lo plantea Corning (2003), desde la nueva visión de la biología, la sinergia emerge como el origen y la razón de ser de un crecimiento constante en el camino evolutivo. Puede alinearse junto a conceptos tan fundamentales como la gravedad, la energía, la entropía y la información, como una de las claves para entender cómo funciona el mundo y cómo llegamos hasta aquí, o hacia dónde nos dirigimos. Además, la sinergia ha funcionado como un motor creativo y una fuente prolífica de innovación en el proceso evolutivo estando presente ya en el Big Bang, por lo que ha estado implicada en la evolución de nuestro universo físico. En algún momento posterior a la aparición de la Tierra, hace unos 4.500 millones de años, la sinergia proporcionó las condiciones que culminaron en el proceso por el cual ciertas redes de moléculas prebióticas se unieron y catalizaron en los primeros sistemas vivientes.

También originó los “beneficios” que, con el paso del tiempo, condujeron a la complejidad asombrosa de la fotosíntesis.

Mayr (2001), comenta que la sinergia se encuentra también en la combinación de las complejas células eucariotas, y participa en el “telar encantado” de la mente humana, este complejo sistema nervioso del que todavía tenemos una muy insuficiente comprensión. Este autor se pregunta si alguna vez conoceremos todas las interacciones de los tres mil millones de neuronas de nuestro sistema nervioso, cada una de las cuales tiene hasta un millar de conexiones (sinapsis) con otras neuronas. Así, dentro de nuestra mente, nuevos y maravillosos fenómenos sinérgicos se están inventando y actualizando cada día. En otras palabras, los efectos cooperativos producidos por diversas combinaciones de “partes” en un contexto determinado son, a su vez, causas distintivas e independientes de fenómenos evolutivos posteriores.

En su obra “Más allá del reduccionismo”, Koestler y Smythies (1969), escribieron que *La verdadera evolución sucede cuando por primera vez se unen cosas que habían estado hasta entonces separadas*. Cuando estos respetados eruditos y novelistas escribieron estas palabras, hace cuarenta años, intentaban llamar la atención sobre un fenómeno enormemente subestimado y mucho más importante de lo que ellos imaginaban. Su tesis, básicamente, es que la sinergia constituye uno de los principios rectores del mundo natural.

Corning (2003), ejemplifica brevemente lo que es la sinergia, con algunas manifestaciones básicas de la naturaleza:

- ✓ Las “supermoléculas” de 50 átomos o más, que adquieren propiedades totalmente nuevas de las que carecen sus semejantes más ligeras, como mayor estabilidad, mejor capacidad de combinación, una geometría diferente, o menor disipación de energía (o entropía).
- ✓ El cloro y el sodio son ambos tóxicos para el ser humano, pero cuando se encuentran combinados producen una sustancia totalmente nueva que resulta beneficiosa en cantidades moderadas: la sal común.
- ✓ El níquel-acero cromado, una aleación sintetizada a partir de los tres elementos naturales, puede ser un 35 % más resistente que la suma de sus tres componentes; además, esta aleación tiene otras propiedades sinérgicas, entre ellas la de ser inoxidable. El níquel añade fuerza al acero y el cromo reduce su tendencia a oxidarse.

- ✓ La sinergia es algo habitual en la medicina. Un ejemplo puede ser el efecto producido por el uso combinado de atropina y prednisona juntas para tratar las inflamaciones oculares. La atropina sirve para dilatar los ojos de tal forma que la prednisona, una sustancia antiinflamatoria, pueda actuar con más efectividad.
- ✓ Otro ejemplo es el vórtice, o remolino, que se forma cuando el agua de un recipiente se vacía por el desagüe, representa un efecto complejo producido por las acciones combinadas de varias fuerzas: gravedad, presión del agua, presión del aire, fuerzas de rotación, fuerza centrífuga, e incluso el estado inicial del agua.
- ✓ Nuestro alfabeto es también altamente sinérgico. Por ejemplo, analicemos estas tres palabras: “rata”, “lata” y “bata”. Cada combinación de letras produce una imagen diferente en la mente del lector. Pero imaginemos qué sucedería si desaparecieran las vocales, la sinergia no existiría y nos quedaríamos con combinaciones de dos letras sin sentido: rt, lt, bt.
- ✓ Una taza de chauchas, proporciona el equivalente nutricional de 60 gramos de carne. Tres tazas de cereales consumidas aisladamente proveen lo mismo que 142 gramos de carne. Pero si se ingieren al mismo tiempo las chauchas y los cereales proporcionan el equivalente a 265 gramos de carne, un 33 % más de proteína. La razón es que sus respectivos aminoácidos son altamente complementarios y, cuando se combinan, cada tipo compensa las deficiencias del otro. En este caso, el todo es más nutritivo que la suma de sus partes.
- ✓ Los líquenes, que pueden encontrarse en los troncos de los árboles, en las rocas e incluso en el suelo de muchas áreas boscosas, poseen una habilidad legendaria para colonizar también terrenos estériles. La clave de su éxito como “pioneros de la naturaleza” se encuentra en sus habilidades complementarias. Los líquenes consisten en realidad en una relación simbiótica entre varios tipos de cianobacterias y hongos. La cianobacteria es un fotosintetizador, se encarga de capturar la energía, mientras el hongo añade a la relación la capacidad de agarre y el almacenamiento de agua, propiedades especialmente útiles en un ambiente árido. Ambas especies deben reunir fuerzas para crear un órgano reproductivo especializado común, llamado thallus, el cual produce esporas combinadas simbióticamente. Por tanto, el “equipo” puede hacer algo que ninguno de sus componentes podría.
- ✓ La “integridad tensional” se refiere al modo en que fuerzas opuestas de compresión y tensión pueden ser utilizadas sinérgicamente para alcanzar la “integridad” en ciertas estructuras físicas auto-estabilizantes. El ejemplo más cercano

es el cuerpo humano, la integridad tensional entre nuestros huesos, músculos, tendones y ligamentos confieren a nuestros cuerpos una combinación especial de estabilidad estructural y movilidad. Asimismo, cada una de los diez billones de células de nuestro cuerpo está soportada por un andamiaje interno denominado citoesqueleto el cual se compone de filamentos y ciertos microtúbulos. Los filamentos contrarrestan las fuerzas de extensión que presionan a la célula y los microtúbulos resisten las fuerzas de compresión.

Según Corning (2003), existen variedades de sinergia, distinguiendo, entre otras, las siguientes:

- ◇ *La sinergia de escala* en la cual una molécula más grande, un organismo más grande, o un grupo más grande, puede ser capaz de hacer cosas que los más pequeños no pueden.
- ◇ *Los efectos de umbral*, considerados como un tipo especial de sinergia de escala, ya que se producen cuando se alcanza un punto crítico que precipita un cambio abrupto de estado. Los efectos de umbral pueden viajar de incógnito, disfrazados como una “masa crítica” o un “número óptimo” y en términos ecológicos como “densidad de la dependencia” y “frecuencia de la dependencia”.
- ◇ *La complementariedad funcional* se refiere a que muchas otras formas de sinergia dependen de diferentes propiedades o capacidades que unen sus fuerzas para dar la combinación de nuevas características funcionales. Tal es el caso de los líquenes (alianzas simbióticas entre cianobacterias y hongos).
- ◇ *Simbiosis, animal-herramienta*, ya que las múltiples relaciones funcionales que existen en la naturaleza entre los organismos y las diversas "herramientas" equivalen a una forma de simbiosis. El animal-herramienta produce efectos sinérgicos de otra manera, por ejemplo algunas aves utilizan piedras para romper las cáscaras de huevos mientras que otros despliegan espinas que buscar larvas bajo la corteza de los árboles. Algunos chimpancés usan "ramitas" para la captura de insectos enterrados, mientras que otros utilizan martillos y yunques de piedra para romper la dura cáscara de algunos frutos.
- ◇ *Los fenómenos emergentes* estarían limitados a las formas de sinergia en las que distintas partes se fusionan, pierden su identidad, y asumen nuevas propiedades físicas o funcionales. El cuerpo humano podría decirse que es un fenómeno emergente ya que nuestros trillones de células son interdependientes y forman un “todo” único de muchas partes que al combinarse generan los efectos sinérgicos.

◇ A través de la *acción conjunta* de organismos individuales a menudo se pueden lograr importantes economías y eficiencia que de otro modo no serían posibles. Por ejemplo los pingüinos emperador, reunidos en colonias, a veces de 10000 o más, durante varios meses son capaces de compartir el calor del cuerpo que de otro modo perderían. Por supuesto, los animales suelen reconstruir su entorno, los nidos, las madrigueras subterráneas preparando sitios para dormir producto de esfuerzos conjuntos. Esto mismo ocurre en la humanidad.

◇ *Riesgo y la financiación de los gastos*, la capacidad de '*economizar*' para *compartir* con otros los costos y los riesgos inherentes a la vida es uno de los pilares de la vida social, tanto en la naturaleza como en las sociedades humanas. Hay innumerables ejemplos en el mundo natural: formaciones de aves migratorias, sincronización de cría, construcción conjunta de nidos, alimentación colectiva, y muchos más. Así pues, muchos animales dividen el trabajo de observación a través del cual se turnan para explorar el entorno por los posibles depredadores.

◇ *La combinación de la mano de obra* es una de las fuentes más importantes de la sinergia en la naturaleza y las sociedades humanas por igual, implica una "división del trabajo". Platón era quizás el primer teórico social para apreciar que la sinergia está en el fundamento mismo de las sociedades humanas; la división del trabajo produce resultados mutuamente beneficiosos, porque diferentes personas tienen diferentes aptitudes, y la especialización aumenta la habilidad de una persona y la eficiencia. La combinación de la mano de obra está muy extendida en la naturaleza; existe, por ejemplo, una especie de araña en la cual los individuos colaboran en la construcción de redes colectivas inmensas que se extienden por el bosque donde sus presas más abundantes son los insectos. También hay muchos carnívoros que se dedican a la caza con un comportamiento de colaboración.

◇ *Compartir la información*, ya que es una de las formas más comunes de la sinergia, tanto en la naturaleza como en las sociedades humanas; todas las especies socialmente organizadas dependen absolutamente de ella. Muy a menudo se trata de un servicio que puede proporcionarse a los demás, es sin costo alguno para el que la posee, mientras que los beneficios pueden ser múltiples. En especies organizadas socialmente existe información de alarma que está bien documentada; por ejemplo, gran parte de la vocalización que se produce en varias especies de aves, carnívoros, delfines y los primates se refiere, a nivel de grupo, de la toma de decisiones acerca de la migración y la búsqueda de alimento.

◇ *Los Efectos Convergentes* es una de las más generalizadas e importantes formas de sinergia en la naturaleza y las sociedades humanas por igual ya que muchas de las sinergias que nos rodean y afectan a nuestra vida cotidiana no son planeadas, la sinergia no es simplemente un objeto, sino un proceso y una dinámica en la que muchas cosas y personas pueden "trabajar juntos" (a sabiendas o no) para producir una nueva forma de sinergia.

El universo puede verse así como una estructura de sinergias, un edificio de muchos pisos en el cual las sinergias producidas en un nivel sirven como ladrillos de construcción del siguiente nivel. Además, formas de sinergia impredecibles, e incluso nuevos principios, emergen en cada nivel organizativo. Esto es lo que Corning (2003) llama el "Castillo mágico", porque hay algo verdaderamente mágico en este aspecto creativo de la naturaleza. La "selección sinérgica" sustituye así a la selección genética y puede aplicarse también a la aparición explosiva de las complejas sociedades humanas durante los últimos miles de años.

La sinergia, como lo sugiere Corning (2003), es de una importancia esencial en cada una de las disciplinas científicas, aunque con mucha frecuencia viaje de incógnito bajo diversos disfraces, entre ellos: cooperación, mutualismo, simbiosis, competencia, efectos emergentes, masa crítica, coevolución, interacciones, efectos umbral y suma acumulativa.

El concepto de sinergia es utilizado para explicar cómo los procesos sinérgicos y mutualísticos funcionan con células, organismos y poblaciones tanto en un nivel como entre sistemas ecológicos y sociales entre otros. Barrett y Kress (2001) plantean la existencia de este tipo de conceptos que aportan al pensamiento de manera integral, de esta forma se deberían enunciar los retos a los que se deberá contribuir para hacer que el siglo XXI pueda ser reconocido por la integración de nuestra humanidad biológica.

Por otro lado, de acuerdo con la tradición hoy imperante en la biología evolutiva, conocida como neodarwinismo, las mutaciones genéticas "aleatorias", y los fenómenos asociados a nivel molecular, se encuentran en la base de la evolución. Según esto, la evolución de la vida ha ido tomando forma a lo largo del tiempo gracias a una constante competencia entre "genes egoístas". Corning (2003) sostiene que los neodarwinistas manejan un criterio sesgado. De hecho, son los beneficios funcionales, las "ventajas de supervivencia", producidas por las distintas innovaciones a diferentes niveles (incluida la innovación en el comportamiento), lo que ha definido la trayectoria de la evolución.

Al contrario de lo que comúnmente se cree, la selección natural no selecciona genes, sino que recompensa de forma distinta a diferentes genes y combinaciones de ellos, en base a los efectos que producen en un medio ambiente determinado. Son los efectos funcionales lo que importa en la selección natural. Bajo este punto de vista, son en realidad formas primarias de sinergia funcional, de efectos cooperativos, las responsables de dar forma a la evolución a lo largo del tiempo. Lo hacen a través del proceso que puede ser caracterizado como “selección sinérgica”.

Este nuevo paradigma llamado por Corning “Darwinismo Holístico”, a través del cual y al lado de un número creciente de biólogos contemporáneos que sostienen que la evolución debe contemplarse como un proceso en muchos niveles, en el cual los genes egoístas se encuentran muy a menudo subordinados a los dictados de “genomas egoístas” (de sistemas sinérgicos). Los “genes egoístas”, representan la excepción más que la regla general.

Todo esto puede sonar a vieja retórica, pero la *Hipótesis Sinérgica*, tal como Corning (2003) la denomina, es una seria teoría científica enteramente compatible con la teoría de Darwin y con las leyes de las ciencias físicas, biológicas y sociales, e incluso con la nueva ciencia de la complejidad. Tal hipótesis sostiene, en pocas palabras, que la sinergia es un efecto ubicuo en la naturaleza que ha jugado un papel central en la causalidad del proceso evolutivo. Ha sido al mismo tiempo el origen y la razón de ser de un crecimiento constante en el camino evolutivo.

La hipótesis sinérgica también puede aplicarse a la aparición explosiva de las complejas sociedades humanas durante los últimos miles de años.

Así, la sinergia ha sido el manantial de donde ha surgido la creatividad en la evolución del universo, y ha influido decisivamente en la trayectoria de la vida en la Tierra y también ha jugado un papel central en el surgimiento de la humanidad. La sinergia es vital para el funcionamiento de toda sociedad moderna. No es una exageración afirmar que nuestro destino último depende de ella (Corning, 2003).

Una de las implicaciones principales de esta visión del mundo, es que se trata de un error fundamental el buscar “leyes” secretas que organicen la historia humana; esto es, alguna fuerza o mecanismo determinista que nos permita predecir el futuro de la “carrera humana”.

Se conoce que la mayor parte de las teorías biológicas no se basan en leyes, sino en conceptos como: la selección, la especiación, la filogenia, la competencia, la población, la adaptación, la biodiversidad, el desarrollo, el ecosistema, la función, la interacción,

etc. Con un pensamiento holístico, en un sistema biológico hay tantas interacciones entre las partes, que un conocimiento completo de la propiedad de las partes más pequeñas brinda apenas una explicación parcial. Así, en un ecosistema, nunca encontraremos a un organismo que esté viviendo autónomamente, totalmente aislado de su entorno. Todo esto es parte del medio ambiente, rico en materia inorgánica, rico en otros organismos, desde una especie a otra, con los cuales forman una interacción. Las relaciones entre las especies pueden ser muy diferentes, desde una especie que se come a otra, hasta ambos organismos viviendo en un beneficio mutuo (Bernardello, 2008). Además, según Sanpedro (2002), las propiedades de una especie dependen de su interacción con las demás especies en una zona más que a factores climáticos.

En el caso de muchos insectos, han establecido con los microorganismos relaciones simbióticas mutualísticas; los insectos necesitan a los microorganismos por dos motivos: en primer lugar cuando la dieta del insecto es pobre y carece de metabolitos esenciales como vitaminas, aminoácidos y otros que no pueden ser sintetizados por él, como esteroides y carotenoides y, en segundo lugar, cuando la dieta está constituida por sustancias a las que no puede digerir (Salvo, 2008).

Con este aspecto del estudio podemos inferir que, ya desde la época de Aristóteles se utilizaban expresiones tales como “están relacionadas”; sin embargo recién a partir del siglo XVI se empiezan a encontrar afirmaciones asociadas a conceptos, hechos o procesos biológicos tales como “estudio de la relación”, “carecen de sentido sin el todo”, “están vinculadas”, “todo tiene relación” “relaciones fundamentales”, “interrelaciones de las especies” y “compleja interdependencia recíproca”. En su gran mayoría, la presencia de dichos enunciados lleva implícito el significado de interacción. Estas expresiones se ponen de manifiesto además del siglo XVI como anteriormente se menciona, durante los siglos XVII, XVIII y XIX.

De esta manera, a través de la revisión bibliográfica en búsqueda del concepto “interacción” se puso en evidencia que éste concepto aparece estrechamente relacionado al concepto de “sinergia”. Este último está presente, de alguna manera, en todas y en cada una de las formas, de las funciones, del comportamiento, de los procesos que llevan a cabo los seres vivos, los cuales han incluido interacciones desde que catalizaron los primeros sistemas vivientes, asociados con aspectos morfológicos, funcionales y comportamentales. Es decir, las formas de interacción son innumerables y diferentes,

más o menos evidentes, pero siempre de alguna manera están presentes. Y, sin lugar a dudas, el papel que juegan las interacciones en la evolución fue y es fundamental.

b.- Al considerar la presencia del concepto en distintos campos de estudio de la Biología vemos que desde los albores del siglo XX, según Singer (1947), la fisiología (estudio de las funciones) por sí misma era incapaz de lograr una imagen del modo de acción del organismo como ser integral, aunque las doctrinas modernas sobre el funcionamiento del sistema nervioso han conseguido explicar ciertas formas de conducta de los animales. Pero aclara que las funciones del sistema nervioso, como las de otros siete más, guardan **relación con las otras funciones del cuerpo**.

La embriología (ciencia que estudia la formación y desarrollo de los embriones), recién en el siglo XX (1900) descubre que, a pesar de los factores que determinan el desarrollo de un huevo son de diferentes clases, existen “factores internos” que son transmitidos por los progenitores y su desarrollo depende de su entorno. Esto es, que está constituido por la **interacción recíproca** de diferentes elementos del embrión. Como expresa Singer (1947) la descripción de este fenómeno en un molusco, identifica la característica de los seres vivos de traer consigo la capacidad de esa **antigua interacción** de sus propios componentes somáticos. También por esta época se descubre que además del propio sexo del organismo, hay ciertos caracteres que no guardan relación directa con el proceso de la generación; se los conoce como “caracteres sexuales secundarios” y pueden ser el resultado de la acción de los mismos órganos sexuales sobre el organismo. En este contexto explicativo se afirma que las glándulas sexuales trabajan **en relación** con todos los otros órganos del cuerpo, estableciéndose un estado de equilibrio, de intercambio. Así, la conocida como “doctrina de la relatividad de las funciones” vale tanto para los genes como para cualquiera de los órganos del cuerpo, ya que existen y funcionan **en relación con** otros órganos.

Por otro lado, debido a que, aproximadamente a partir de 1860 las ideas evolucionistas indujeron a una nueva concepción de lo que se puede llamar la *economía* de la vida, surgió la tendencia a examinar las relaciones recíprocas de los seres vivientes, esto llevó al análisis de cómo las comunidades, especialmente las vegetales, adaptan su forma y su comportamiento a factores como la humedad, el calor, la luz, los alimentos, etc. Así, según Singer (1947) la ecología se extiende al **estudio del modo de asociación** de las

plantas y animales en comunidades, tanto respecto a **las relaciones** que mantienen unos con otros, cuanto respecto a **las relaciones** que guardan con las otras comunidades.

En este sentido, Malpartida (1997), comenta que en la tercera década del siglo XX comienzan las primeras concepciones de la Ecología de Comunidades, donde en el concepto de comunidad como nivel jerárquico superior de organización, se incluyen distintas poblaciones **interactuantes** con su entorno. Además, la necesidad de buscar conceptos integradores tuvo que esperar hasta que Tansley (1935) propuso el concepto de "ecosistema". Este término fue posteriormente desarrollado por Lindeman (1941), quien lo concibió desde los intercambios de energía, atendiendo a la necesidad de conceptos que vinculen diversos organismos a sus ambientes físicos. En los textos de Ecología de la década del 50 y aún posteriores, se designa ecosistema como la suma de las distintas comunidades, en este tipo de definición es notable cómo los organismos o la comunidad se formulan disociadamente del entorno, puesto que se define ecosistema por la suma de términos. Aunque enunciado en 1935, el concepto de ecosistema recién tomó fuerza en la década del 60, y en la actualidad el término ha derivado desde su sentido original en diferentes acepciones y significados.

Además, en épocas más actuales, numerosos investigadores aportan diferentes miradas desde sus disciplinas a las formas de **interacción** asociada a procesos biológicos. Por ejemplo, Margulis (2001) analiza la adquisición de simbioses que luego son heredados a lo largo del tiempo, tal es el caso de mitocondrias y cloroplastos que proceden de bacterias según la teoría de la endosimbiosis.

Likens (2001) comenta que, mientras algunos biólogos aumentan el desafío de desenmarañar la extraordinaria complejidad del genoma a nivel molecular, los ecologistas tratan de entender el funcionamiento de ecosistemas enteros y paisajes habitados por un incontable número de **interacciones** abióticas y entidades bióticas.

Orians (2001) indica que los actores que participan en la evolución están comprometidos con una variedad de comportamientos y que la mayoría de las propiedades de sistemas ecológicos son el resultado del comportamiento de los miles de individuos **interactuando** con algún otro en su ambiente físico.

Ehrlich y Raven (1964) en su publicación "Mariposas y plantas: un estudio en coevolución", explican que el examen de amplios patrones de coevolución permite varios niveles de predicciones siendo estas rutas prometedoras para el entendimiento de la evolución de una comunidad. Estos autores concluyen acerca de la importancia de las respuestas selectivas recíprocas entre organismos ecológicamente vinculados, en ese

sentido la “interfase” planta-herbívoro, puede ser la principal zona de **interacción** responsable de generar la diversidad orgánica terrestre.

Oyama (1999), cuando analiza las **interacciones** de orden superior dentro de la coevolución, comenta que se debe tener en cuenta que los interactuantes nunca están aislados; se encuentran inmersos en una matriz de relaciones y que en muchas ocasiones es difícil establecer la bilateralidad de una sola interacción, esto determina que la población de una especie se encuentre interactuando con muchas otras y que, probablemente, varias de las características morfológicas, fisiológicas o de otro tipo, que representen estos organismos, son producto de la interacción con otros componentes orgánicos y no necesariamente con el supuesto coevolucionador. Es decir que, la suma de una serie de **interacciones** no resulta necesariamente de la estructuración que ha evolucionado conjuntamente.

Así, en este aspecto del estudio se identificó desde comienzos del siglo XX la presencia del concepto “interacción”, el cual aparece inicialmente de manera fragmentada distintos campos de estudio de la Biología como la embriología y la fisiología.

Podríamos decir que recién cuando se supera el concepto de “relación” por el de “interacción”, de la mano de la ecología a mediados del siglo XX, se cambia en Biología la perspectiva de análisis desde visiones más fragmentadas a otras más integrales. Al mismo tiempo esto le agrega complejidad a los estudios biológicos.

Entonces, a partir del reconocimiento de la ecología como una ciencia, se comenzaron a profundizar las relaciones recíprocas de los seres vivos y, en la tercera década del siglo XX surge la ecología de comunidades la cual incluye estudios de interacciones entre diferentes poblaciones. En los últimos años, el concepto “interacción” es incorporado en escritos referidos a la genética, y recientemente éste concepto forma parte de textos cuyos enfoques estudian diferentes aspectos de la evolución. Actualmente, al considerar que los interactuantes nunca están aislados, se analizan las interacciones de orden superior dentro de estudios de coevolución.

SEGUNDA ETAPA

En esta segunda etapa, para cumplimentar con el segundo y tercer objetivos propuestos se identificó la presencia del concepto, su alcance en la organización curricular y la estructura semántica que adquiere en los programas de las diferentes asignaturas y los libros de texto universitarios utilizados como bibliografía de referencia en los espacios curriculares de la Carrera de Ciencias Biológicas de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba.

1.- Análisis de Programas

1.A.- Se analiza a continuación la presencia del concepto, si se encuentra de manera explícita en el enunciado o si subyace su significado (Tabla II del Anexo). Los resultados por año de la carrera de Biólogo son:

1er. año:

El concepto aparece de manera explícitamente enunciado en dos (2) asignaturas: *Introducción a la Biología y Química Orgánica*.

En *Introducción a la Biología* el concepto está presente tanto en el programa Sintético como en el Analítico, mientras en *Química Orgánica* está en el programa Analítico.

En las dos asignaturas el concepto forma parte de un tema dentro de una unidad o capítulo.

2do. año:

El concepto aparece de manera explícitamente enunciado en dos (2) asignaturas: *Química Biológica y Biología Celular*.

En *Química Biológica* el concepto forma parte de un tema dentro de una unidad o capítulo y está presente en el Programa Analítico.

En *Biología Celular* el concepto está presente como título de una unidad tanto en el Programa Sintético como en el Analítico.

En la asignatura, *Morfología Vegetal*, subyace su significado utilizando el término “simbiosis”.

3er. año:

El concepto aparece de manera explícitamente enunciado en cuatro (4) asignaturas: *Diversidad Vegetal I, Genética, Microbiología y Fisiología Animal*.

En *Diversidad Vegetal I*, el concepto está presente en la Parte general del Programa Sintético. En la Parte general del programa Analítico subyace su significado utilizando el término “simbiosis”.

En *Genética*, el concepto está explícitamente enunciado en el Programa Analítico.

En *Microbiología*, en el programa Analítico aparece el concepto y subyacen además los términos “simbiosis” e “interrelación”.

En *Fisiología Animal* el concepto está presente como título de una unidad tanto en el Programa Sintético como en el Analítico. También aparece el término “interrelación”.

En *Fisiología Vegetal* es el término “interrelación” el que aparece en el Programa Analítico.

4to. año:

El concepto aparece de manera explícitamente enunciado en tres (3) asignaturas: *Ecología*, *Genética de Poblaciones y Evolución* y *Biogeografía*.

En *Ecología* el concepto está presente como título de una unidad tanto en el Programa Sintético como en el Analítico.

Tanto en *Genética de Poblaciones y Evolución* como en *Biogeografía*, el concepto forma parte de un tema dentro de una unidad o capítulo y está presente en el Programa Analítico.

Estos resultados indican la presencia del concepto en el 58.33% del total de programas de las asignaturas obligatorias analizadas. De este porcentaje, se registró que en el 45.83% de dichos programas el concepto apareció explícitamente enunciado y en el 12.50% de ellos subyace con otro término.

Es decir que, el concepto está presente de manera explícitamente enunciado en poco más de la mitad de los programas de las asignaturas obligatorias.

1.B.- En cuanto a la presencia del concepto de “interacción” en las diferentes áreas del conocimiento biológico (expresadas en los programas de las asignaturas), surgen los siguientes datos:

Área de conocimiento	1er. año	2do. año	3er.año	4to. año
Ecología	X		X	X
Genética	X		X	X
Química	X	X	X	

Biología Celular y Molecular		X	X	
Biología de Plantas		X		
Fisiología			X	
Biología de Microorganismos, Protistas y Hongos			X	
Evolución				X

El CIPEB, considera un total de 16 áreas temáticas y dentro de cada una de ellas enuncia los contenidos curriculares básicos. Se puede observar que, a lo largo de los cuatro años de la carrera, el concepto interacción aparece asociado a ocho de dichas áreas de conocimiento o áreas temáticas, según el documento publicado por el CIPEB (se anexa).

En este estudio o análisis de documentos realizado desde los programas de las diferentes asignaturas, el concepto no se presenta de manera explícita y continua en una misma área de conocimiento a lo largo de los cuatro años de la carrera.

2.- Análisis de Libros de Texto

2.A.- Los resultados de la búsqueda y detección de la presencia del concepto en los índices general y analítico de cada libro de texto, se incluyen en la Tabla III (Libros N° 1 al 16) del Anexo. En la misma tabla se encuentran de manera detallada la transcripción de los párrafos de cada libro donde está presente el concepto.

El número de párrafos fue muy variable para cada libro, alcanzando hasta 144 en un mismo libro de texto.

2.B.- Los resultados del análisis de la presencia del concepto de interacción de manera explícitamente enunciado o cuando subyace su significado demuestran que:

Del total de libros analizados, en el 75% el concepto aparece de manera explícitamente enunciado. En el 25% restante aparece implícitamente bajo términos como endosimbiosis, simbiosis mutualista o interrelación (Tabla VI del Anexo). La aparición de estas últimas formas está asociada mayoritariamente cuando el concepto se relaciona con la Biología Celular y Molecular como área de conocimiento biológico.

Es decir que, el concepto está presente de manera explícitamente enunciado en la mayoría de los libros de texto analizados.

2.C.- En relación a la ubicación del concepto en el libro de texto se obtuvieron los siguientes resultados:

El concepto fue detectado en el 81.25% en el capítulo introductorio de los libros de textos analizados. Su presencia en más de un capítulo y en capítulos que no son el introductorio fue registrado en el 93.75%; mientras que formando parte de un título o subtítulo en el 68.75%. Finalmente en la revisión de los capítulos apareció en el 56.25% (Tabla VII del Anexo).

Es decir que, el concepto está inmerso en forma amplia en los diferentes capítulos de los libros de texto analizados. Si tenemos en cuenta que estos textos son los sugeridos por docentes en los diferentes programas podemos inferir que su tratamiento podría formar parte de casi todas las materias de la carrera. Analizar programas y textos es una parte del currículum, quizás analizando las clases podemos encontrar otras presencias.

2.D.- A partir del análisis de los distintos párrafos donde está presente el concepto se obtuvieron los siguientes resultados:

2.D.a.- En cuanto a la relación del concepto con las diferentes áreas del conocimiento biológico en los libros de texto se elaboró la siguiente tabla:

Área de conocimiento	1er. año	2do. año	3er.año	4to.año
Ecología	X		X	X
Genética	X	X	X	X
Química	X	X	X	X
Biología Celular y Molecular	X	X	X	X
Biología de Plantas	X		X	X
Biología Animal	X		X	X
Fisiología	X		X	
Evolución	X			X
Biología de Microorganismos, Protistas y Hongos	X		X	X
Biodiversidad				X
Bioestadística				X
Matemática				X

Al hacer el análisis del concepto “interacción” explícitamente enunciado en los libros de texto, vemos que se hace referencia al mismo dentro de otras áreas, preestablecidas por el CIPEB. De esta manera se incorpora su tratamiento en las áreas de: Biología Animal, Biodiversidad, Bioestadística y Matemática.

Al considerar las áreas de *Genética, Biología Celular y Molecular y Química*, podemos observar que están asociadas al concepto desde primero a cuarto año, es decir que existe una continuidad en cuanto al tratamiento del concepto de interacción en los libros de texto a lo largo de los cuatro años de carrera. Este dato da elementos para justificar su elección como concepto estructurante en la Biología.

2.D.b.- Tipo de texto del que forma parte el concepto

Los resultados obtenidos indican que, en todos los libros de texto analizados el concepto está formando parte en su mayoría de redes semánticas que se estructuran de explicaciones (76.64%), seguido por definiciones (10.43%), leyendas al pie de página (9.97%) y finalmente ejemplos (2.94%) (Tabla IV del Anexo).

Las explicaciones pueden adquirir tres formas de estructura semántica, aquella que “interacción” se define como una *acción recíproca* (AR) entre elementos, conceptos hechos etc. A manera de ejemplo se transcribe el siguiente párrafo correspondiente al libro de texto N° 1: “Primero describiremos la jerarquía de las **interacciones** entre las unidades de la Biología desde lo pequeño hasta lo más grande: desde las células hasta la biosfera”. Aquí la AR es entre unidades de la Biología.

Un segundo tipo de estructura a la que llamamos *características de la acción recíproca* (CAR) es en la cual no solo se enuncia algo como interacción (la palabra) sino que además se caracteriza la misma en relación a hechos, procesos, etc. Es decir que se deja explícito su significado. Por ejemplo, continuando con el libro de texto N° 1: “No es sorprendente que los iones con cargas de una o más unidades puedan interactuar con moléculas polares y con otros iones. Esta **interacción** surge cuando la sal de mesa o cualquier otro sólido iónico se disuelve en agua: "capas" de moléculas de agua rodean a los iones individuales y los separan”. Aquí la CAR implica cómo se comportan químicamente algunas moléculas.

Un tercer tipo de estructura a la que llamamos *explica teoría* (ET) es aquella en la cual el concepto de interacción se presenta, generalmente de manera implícita, asociado a la explicación de una teoría. Por ejemplo, continuando con el libro de texto N° 1 “Las

mitocondrias y los cloroplastos podrían tener un origen **endosimbiótico**. Los cloroplastos y las mitocondrias son aproximadamente del tamaño de las células procariontes. Contienen ADN y tienen ribosomas similares a los de los procariontes, y se reproducen y se dividen dentro de la célula para producir mitocondrias y cloroplastos adicionales. Pero estas organelas, aún cuando tienen el material genético y la maquinaria para la síntesis proteica necesaria para fabricar alguno de sus propios componentes, no son independientes del control del núcleo. La vasta mayoría de sus proteínas están codificadas por el ADN nuclear, son fabricadas en el citoplasma e importadas dentro de la organela. Estas observaciones han conducido a especulaciones acerca del origen de estas organelas. Una propuesta es la **teoría de la endosimbiosis** acerca del origen de las mitocondrias y los cloroplastos”. Aquí la ET implica conocimientos acerca de las diferentes formas y funciones de los componentes celulares.

La estructura CAR fue registrada en forma mayoritaria en nueve de los 16 libros analizados, con porcentajes que alcanzaron en promedio el 64.66%.

La estructura AR fue mayoría en dos libros de texto con porcentajes que alcanzaron en promedio el 66.66%. Además en tres libros de textos ambas estructuras semánticas comparten el 50%.

Por su parte, la estructura ET predominó solamente en un libro de texto con 60.86%.

Finalmente en un libro de texto el concepto no aparece (Tabla V del Anexo).

Estos resultados nos indican que en los libros de texto el concepto aparece asociado mayoritariamente con explicaciones.

Al hablar de explicaciones científicas nos referimos a estructuras conceptuales (modelos, teorías, etc.) que la ciencia ofrece con el fin de comprender porqué ocurren determinados hechos científicos y por qué algunos de ellos acontecen con una regularidad dada (porqué existen ciertas leyes).

Además las explicaciones estarían dirigiendo la atención a los resultados y a los productos de procesos específicos y, sobre todo a la contribución de varias partes en el mantenimiento de propiedades globales del sistema como un todo. Esto implica tener en cuenta qué relaciones tienen en el sistema mayor capacidad de redefinición que el resto, cómo lo hacen y qué reestructuraciones introducen en el sistema. Al mismo tiempo se puede analizar cómo y en qué medida aquellas relaciones que mostraron mayor redefinición fueron modificados por las o los demás. Así, se puede considerar al sistema complejo como un conjunto de relaciones, en que unas relaciones definen a otras y se

re-definen por las otras, sin que ninguna de ellas por separado puedan explicar el comportamiento de las partes y del todo.

3.- Análisis de Complejidad del concepto

Consideramos como criterio de análisis del gradiente de complejidad lo expresado en los textos y a qué hacen referencia.

El concepto de interacción se presenta en los textos de diferente manera, yendo desde un enfoque concreto y poco complejo refiriendo a hechos o fenómenos observables a otros más abstractos y complejos que requiere el establecimiento de múltiples relaciones para su comprensión. Estos textos presentan expresiones más complejas que para su explicación se necesita de otros conocimientos para la interpretación del significado.

Además se considera la relación del concepto con diferentes áreas del conocimiento biológico, acorde se avanza en la carrera, completando el análisis que veníamos haciendo desde programas y textos.

3.A.- Los resultados del análisis de secuencia de programas de las diferentes asignaturas desde primero hasta cuarto año indican que:

Las áreas del conocimiento biológico más frecuentes en las que se usa el concepto en estudio son *Ecología, Genética, Biología Celular y Molecular y Química*.

Con el área de ECOLOGÍA, en el Programa de primer año, el concepto es utilizado en la temática de “crecimiento e **interacción** de las poblaciones”.

En tercer año está presente asociado a la ecología de las plantas a-vasculares y la importancia de los procesos biológicos y sus **interacciones** con otros organismos y con el resto del ecosistema.

En cuarto año, se desarrolla en la temática de **interacciones** entre especies, **interacciones** entre dos o más niveles tróficos y dentro de los procesos biogeográficos como extinción e **interacciones** ecológicas.

En primer lugar podemos observar que el concepto asociado con el área de “Ecología” en primero y tercer año solo aparece en los Programas Sintéticos, no está presente en los Programas Analíticos, a pesar de ello se los considera para su análisis.

En **primer año** el concepto está asociado con el nivel de organización biológica de población, refiriéndose a interacciones interespecíficas. Estos contenidos conceptuales

están ubicados en un escalón intermedio dentro de los niveles de organización. El estudio de las poblaciones, necesita el conocimiento de conceptos previos, referidos no solamente a conocer los organismos que componen la población, sino también cuales son los factores (bióticos/abióticos) que están interviniendo para que esa población pueda permanecer y crecer en el tiempo y en el espacio.

En **segundo año** el concepto no está presente en los diferentes programas de la carrera, asociado al área de conocimiento “Ecología”.

En **tercer año** el concepto se relaciona nuevamente a interacciones interespecíficas pero asociado al concepto de ecosistemas. Este último contenido representa uno de los máximos niveles de organización biológica, por lo que son fácilmente observables pero necesitan de conocimientos previos.

Finalmente en **cuarto año**, se desarrollan en profundidad todas las interacciones entre las especies, en las comunidades y entre los diferentes niveles tróficos. Se consideran además procesos ecológicos evolutivos y procesos biogeográficos asociados a “Interacción”.

A partir de este análisis de programas, podemos inferir que de primero a tercer año, el concepto “interacción” no se presenta planificado para ser tratado en diferentes niveles de complejidad. Se parte de suponer su significado al trabajar en un nivel de organización (relaciones interespecíficas) casi exclusivamente. Recién en cuarto año es considerado desde diferentes enfoques, en todos los niveles de organización y asociado con amplitud a diferentes contenidos conceptuales. Podríamos decir que su referente más simple y de algún modo observable son las relaciones entre especies. Desde aquí el alumno de Biología se enfrenta a su ampliación en sistemas más complejos al llegar a cuarto año.

Pero ¿Podemos decir que este es un gradiente de complejidad? ¿Es el referente de las relaciones interespecíficas una base sólida para entender la interdependencia, el intercambio y todo lo que esta implícito en este concepto usado para comprender los sistemas ecológicos?

Del análisis de los programas no hay un diseño que revele que se va ampliando su alcance.

Con el área de GENÉTICA, en el Programa de primer año el concepto es utilizado en la temática de “Nociones de alelos múltiples e **interacción** génica”.

En tercer año está presente en “**interacción** génica y modificación de las proporciones fenotípicas”.

En cuarto año se utiliza el concepto en “**Interacción** entre deriva y flujo génico”.

Lo primero que se puede observar en el análisis del concepto “interacción” con el área de conocimiento genética es que, en **primer año** se plantea el estudio de “interacción génica” la cual implica nociones de mendelismo complejo. Esta temática es muy abstracta ya que implica procesos que ocurren a nivel molecular por lo tanto no son observables.

En **segundo año** el concepto no está presente en los diferentes programas de la carrera asociado al área de conocimiento “Genética”.

En **tercer año** se desarrolla nuevamente la temática “interacción génica” con profundidad tratándose el mendelismo complejo a nivel de individuos.

En **cuarto año** se agrega deriva y flujo génico a nivel de población.

A partir de este análisis podemos registrar otro salto curricular relacionado con la ausencia de contenidos conceptuales, asociados a interacción en el área de la genética, entre primero y tercer año. Si bien el concepto se recupera en tercero se asocia a características muy complejas y con una visión limitada a la de individuo. Recién en cuarto año la interacción se asocia a nivel de población agregándose además procesos complejos de deriva y flujo génico.

En relación con el área de genética, el concepto “interacción” no se manifiesta planificado claramente en niveles de complejidad, a través de los programas. El alumno va construyendo la idea de interacción asociada a explicaciones genéticas de manera fragmentada. Así, el nivel de referencia que se le da al alumno de este concepto (para el área de genética) en primer año es a nivel molecular, como fundante para entender luego lo que ocurre a nivel poblacional.

Con el área de BIOLOGÍA CELULAR Y MOLECULAR, en los programas de **primer año**, el concepto no aparece.

En los Programas de **segundo año** el concepto es utilizado en la temática de “**interacción** núcleo-citoplasma”, dentro de organización pluricelular “las asociaciones celulares como resultado de **interacciones** estables y “adaptaciones y **simbiosis** de la raíz”.

En **tercer año**, el concepto subyace con otros términos en la siguiente temática: “fijadores de vida libre y en **simbiosis**”, “origen de los organismos eucariotas: teoría

endosimbiótica”, “hongos adaptados a la **simbiosis mutualista** con Cyanophyta y Chlorophyta: Lichenes”, “**interrelación** nódulo/planta en la fijación biológica del nitrógeno (FBN)” y “**simbiosis**. Líquenes. Fijación **simbiótica** de N”.

A partir de la presencia del concepto tanto de manera explícitamente enunciado como cuando subyace con otro término, se puede inferir que el concepto está asociado en los dos años (2do. y 3ro.) al rol que juegan las células ya sea en la relación entre sus partes o como porciones microscópicas de otro organismo mayor. Como analizamos anteriormente estas generalizaciones y teorías, se refieren a cuestiones abstractas y el concepto de interacción forma parte de ellas, necesitando conocimientos previos para ser comprendido. Es muy difícil entender una serie de funciones tan complejas y de diversidad de partes que se interrelacionan e interactúan de manera conjunta en el espacio y en el tiempo a partir de contenidos conceptuales atomizados que no están inmersos en una red conceptual adecuadamente explícita y para la cual el concepto de interacción podría ser estructurante.

Si bien el contenido de célula está en el primer año, la idea de interacción a este nivel no se explicita en el programa.

Nuevamente debemos aclarar que este análisis es de documentos y no de clases. Quizás esté presente en las clases y en las explicaciones de los profesores.

Con el área de QUÍMICA, subárea Química Biológica, en el Programa de primer año el concepto es utilizado en la temática de “**interacciones** proteína-agua y generalidades de las enzimas”.

En segundo año, está presente en la temática de “**interacción** del metabolismo de glúcidos, lípidos y proteínas”

En tercer año, está asociado a los “Ciclos del C y O: su **interacción** y formación de humus”.

En **primer año** el concepto sólo está asociado con el tema de proteínas, esto implica el conocimiento de una serie de conceptos previos, relacionados con la estructura molecular de las proteínas [aminoácidos (aa)] con la participación de un grupo amino (NH₂) y un grupo carboxilo (COOH). Además, las uniones peptídicas a través de la reacción de síntesis (vía deshidratación) entre los grupos de aa. Es decir que se trata de conocimientos relacionados con elementos químicos tales como C, N, H y O. Ellos dan lugar a una gran variedad de moléculas de gran tamaño, además el carbono es el más importante ya que éste átomo es la base de la química orgánica y de la química de los

seres vivos. Todos los procesos involucrados en diferentes tipos de reacciones implican un elevado nivel de abstracción.

En **segundo año** se asocia al metabolismo de las moléculas biológicas; estos procesos metabólicos implican, para poder ser entendidos, numerosos contenidos conceptuales previos como el conocimiento de la estructura de los bioelementos para lograr entender su participación en las distintas vías anabólicas y catabólicas que generan las células. Además no son procesos fácilmente observables o de identificar sus indicadores ya que se trata de procesos a nivel molecular.

En **tercer año**, se asocia al estudio del ciclo del Carbono, éste es un elemento básico en la formación de las moléculas de carbohidratos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos, ya que todas las moléculas orgánicas están formadas por cadenas de carbonos enlazados entre sí.

Si bien en los programas de las asignaturas de los dos primeros años, el concepto de “interacción” se presenta en la química orgánica y la química biológica, nos preguntamos si es suficiente verlo asociado a las moléculas biológicas para poder entender luego la interacción de los diferentes procesos metabólicos.

Además en cuarto año no está presente asociado con el subárea de química biológica.

3.B.- Los resultados del análisis de secuencia en libros de texto de las diferentes asignaturas desde primero hasta cuarto año se observa que:

Con el área de ECOLOGÍA, en el libro de texto utilizado en *primer año* (Tabla III, Libro de texto N° 1) el concepto está presente en los siguientes capítulos de los cuales se transcriben los títulos subrayados:

Un marco evolutivo para la Biología, en éste capítulo introductorio el concepto es utilizado de la siguiente manera “describiremos la jerarquía de las **interacciones** entre las unidades de la biología desde lo pequeño hasta lo más grande: desde las células hasta la biosfera”

Ecología de poblaciones, en éste capítulo el concepto está formando parte de explicaciones dentro de la temática “Estructura poblacional: patrones en el tiempo y en el espacio” (ver página 134 del Anexo).

Ecología de Comunidades, se desarrollan los tipos de **interacciones** ecológicas: competencia, mutualismo, comensalismo, predador-presa y parásito-hospedador.

En los libros de texto de *segundo año*, el concepto no está presente.

En el libro de texto de *tercer año* (Tabla III, Libro de texto N° 9) el concepto está formando parte de los siguientes capítulos:

Animales y ambientes: función en el escenario ecológico, en este capítulo se expresa que “el análisis de la **interacción** ambiente-animal a menudo requiere cálculos dinámicos que toman en cuenta que la **interacción** es del tipo dos vías: ida y vuelta”. Además cuando el concepto subyace bajo otros términos el texto plantea el siguiente interrogante: “¿Qué es el ambiente? Un comienzo importante para contestar esta pregunta es reconocer que un animal y su ambiente son entidades **interrelacionadas**, no independientes” (ver página 168 del Anexo).

En *cuarto año*, en uno de los libros de texto analizados (Tabla III, Libro de texto N° 16), el concepto está presente en los siguientes capítulos:

Introducción: ecología y sus dominios, en este capítulo se define la Ecología de la siguiente manera: “nosotros definimos a la ecología como el estudio científico de las **interacciones** entre organismos y sus ambientes. También como “el estudio científico de las **interacciones** que determinan la distribución y abundancia de los organismos”.

El concepto está presente en los capítulos cuyos títulos se enumeran a continuación:

Condiciones

Recursos

Vida, muerte e historias de vida

Competencia intraespecífica

Aplicaciones ecológicas a nivel de organismos y poblaciones de especies simples: restauración, bioseguridad y conservación

Interacciones entre especies

Competencia interespecífica

Dinámica de población de la predación

Descomponedores y detritívoros

Parasitismo y enfermedad

Simbiosis y mutualismo

Abundancia

Ecología aplicada a nivel de interacciones de población: control de plagas y manejo de cosechas

Comunidades y ecosistemas

La naturaleza de las comunidades: patrones en espacio y tiempo

El flujo de energía a través de ecosistemas

El flujo de materia a través de ecosistemas

La influencia de las interacciones poblacionales en la estructura de la comunidad

Redes alimenticias

Patrones en riqueza de especies

Aplicaciones ecológicas a nivel de comunidades y ecosistemas: manejo basado en la teoría de sucesión, redes alimenticias, ecosistemas funcionales y biodiversidad

Además, en otro de los libros de texto utilizados en cuarto año (Tabla III, Libro de texto N° 13), el concepto está presente en los siguientes capítulos:

Biología Evolutiva, en la temática: “la ecología es el estudio de las **interacciones** entre organismos y su ambiente”.

El contexto medioambiental y el cambio evolutivo, en las siguientes temáticas: “**interacciones** entre especies”, “competencia”, “predación”, “mutualismo” y “otras **interacciones** entre especies”.

La geografía de la evolución, en el tema “las **interacciones** interespecíficas”.

La evolución de **interacciones** entre especies, en las siguientes temáticas: “clases de **interacciones**”, “los efectos evolutivos de esas **interacciones** dependen de sus efectos en el fitness del organismo individual, no en la población y estos pueden ser diferentes”, “dos especies pueden involucrarse simultáneamente en más de una clase de **interacción**”, “coevolución en enemigos y víctimas”, “conflicto y estabilidad” y “evolución de **interacciones** competitivas” (ver páginas 190, 191 del Anexo).

La evolución del comportamiento, el concepto forma parte del desarrollo del tema “teorías de manipulación y altruismo”.

La evolución de la diversidad biológica, “enfoque ecológico de los patrones contemporáneos de diversidad”.

Finalmente en los libros analizados de cuarto año (Tabla III, Libros de texto N° 14 y N° 15) el concepto está presente en los siguientes capítulos:

Introducción a la Biogeografía, en éste capítulo se expresa que “el nivel de **interacción** entre lo vivo y lo no vivo es término de ecosistema y el concepto puede ser ampliamente usado en biogeografía para ayudar a entender el camino en el cual el mundo natural opera y el probable impacto del cambio de algunos componentes”.

Patrones de distribución, en las siguientes temáticas: “**interacción** de factores”, “**interacción** de especies”, “predadores y presas” y “patrones espaciales”.

Biogeografía de islas: patrones en el ensamble y evolución de comunidades insulares, en la temática: “patrones que reflejan las **interacciones** interespecíficas”.

Diversidad de especies en hábitats continentales y marinos, en “**interacciones** bióticas”.

A partir del análisis de los libros de texto en el área ECOLOGÍA, podemos inferir que en primer año el concepto “interacción” se relaciona con generalidades acerca de las jerarquías biológicas, ecología de poblaciones y ecología de comunidades.

Existe un vacío de la temática ecológica asociada al concepto en libros de segundo año.

En los textos de tercer año, está relacionado solamente a la temática ambiental.

Finalmente en cuarto año, las interacciones se desarrollan a nivel de organismos, intraespecífico, interespecífico, de población, de comunidad, de ecosistema y dentro de éste último los flujos de materia y energía. Además, se relaciona con diferentes patrones como resultado del ensamble de las especies. También se desarrollan las interacciones desde el punto de vista evolutivo, del comportamiento y biogeográfico.

De esta manera, podemos observar que el tratamiento del concepto de interacción en textos de Ecología, pasa de generalizaciones simples asociadas preferentemente a nivel poblacional a cuarto año con una mirada multidimensional.

Con el área de GENÉTICA, en el libro de texto utilizado en *primer año* (Tabla III, Libro de texto N° 1) el concepto está presente en los siguientes capítulos:

Genética: Mendel y lo que le siguió en las temáticas: “los alelos y sus **interacciones**” “**interacciones** génicas”, “el vigor híbrido es el resultado de combinaciones génicas e **interacciones** nuevas”. En estos temas el concepto está presente de manera explícita (ver páginas 129,130 del Anexo).

Protistas y el amanecer de los Eucarya: “**endosimbiosis** y organelas”, en esta temática subyace con otro término.

En *segundo año*, en el libro de texto (Tabla III, Libro de texto N° 4) el concepto está presente en los siguientes capítulos:

La Célula Eucarionte, aquí se desarrolla la temática “Los organismos modelos” dentro del cual se plantea que “los genes -que son copiados y transmitidos a todas las células del organismo- definen el comportamiento de cada una de ellas en sus **interacciones** sociales con sus hermanas y primas, y de que manera controlan las estructuras que producen”.

Genética, meiosis y bases moleculares de la herencia, el texto indica que: “la mayoría de los fenotipos obvios en el ser humano -desde la altura, el peso, el color de los ojos y el

color del cabello, hasta la inteligencia, el temperamento, la sociabilidad y el humor surgen de la **interacción** de muchos genes” (ver página 156 del Anexo).

En *tercer año*, en uno de los libros de texto utilizados (Tabla III, Libro de texto N° 6) el concepto está presente en los siguientes capítulos:

Genes, medio ambiente y ser vivo, el concepto está presente en la temática: “determinación génica” y “la mayoría de los fenotipos cambian continuamente a lo largo de la vida de un organismo, conforme sus genes **interaccionan** con una serie de ambientes sucesivos”.

Interacciones génicas en las siguientes temáticas: “Mutaciones con fenotipos diferentes”, “Supresores” y “Genes duplicados” (ver página 160 del Anexo).

En otro libro de texto utilizado en tercer año (Tabla III, Libro de texto N° 11), el concepto está en los siguientes capítulos:

Las células vegetales, el concepto es utilizado en las temáticas: “el núcleo contiene la mayor parte del material génico de la célula” de manera explícita y cuando subyace con otros términos en la temática “las mitocondrias y los cloroplastos son orgánulos semiautónomos”.

Expresión génica y transducción de señal, en la temática “expresión génica eucariota” cuando expresa: “para vincular la secuencia específica de DNA, el campo de vinculación del DNA debe tener extensas **interacciones** con la doble hélice a través de la formación de hidrógeno, iónica y enlaces hidrofóbicos” y “las **interacciones** proteína-proteína pueden modificar los efectos de factores de transcripción de DNA de vinculación”

Crecimiento y Desarrollo, el concepto está presente en la temática “las rutas de desarrollo están controladas por redes de genes que interactúan” (ver página 178 del Anexo).

En *cuarto año*, en el libro de texto utilizado (Tabla III, Libro de texto N° 13), el concepto está presente en los siguientes capítulos:

Variación, en la temática “variación en rasgos cuantitativos”.

La teoría de la Selección Natural, como “**interacción** de selección y deriva génica”.

Genes múltiples y características cuantitativas, el concepto está presente en las temáticas: “**interacción** de genes” y “genotipo-**interacciones** ambientales”.

Especies, el concepto se presenta en “las bases genéticas de barreras reproductivas”.

La evolución de **interacciones** entre especies, el concepto se presenta en: “modelo gen por gen” y “modelo predador-presa con rasgos cuantitativos” (ver páginas 190, 191 del Anexo).

La evolución del comportamiento: “interacciones entre individuos emparentados” y “niveles de selección”.

Desarrollo y Evolución: “cambios en **interacciones** de genes”.

A partir del análisis de los libros de texto en el área GENÉTICA, podemos inferir que en primer año el concepto se relaciona con conceptos de alelos y con teorías biológicas.

En segundo año, se desarrolla el concepto asociado a una de las formas de división celular y el papel que juegan los genes en el fenotipo.

En tercer año, se retoma la relación de los genes con el medio ambiente y se agregan los cambios que se pueden producir en esas interacciones. También en este año se desarrolla la temática del material genético en las células vegetales considerando de manera detallada el rol que juega el ADN. Finalmente se relaciona el concepto con el crecimiento y desarrollo.

En cuarto año, está asociado con variación, selección natural, especiación, evolución interespecífica y evolución del comportamiento.

Considerando que la Genética es un área con contenidos abstractos, no directamente observables, podemos inferir que el concepto de interacción en los libros de texto, se va asociando gradualmente a diferentes temáticas a medida que se avanza en la carrera, retomando algunos contenidos y profundizándolos.

Con el área de BIOLOGÍA CELULAR y MOLECULAR, en el libro de texto utilizado en *primer año* (Tabla III, Libro de texto N° 1) el concepto está presente en los siguientes capítulos:

Un marco evolutivo para la Biología, en éste capítulo introductorio el concepto es utilizado como se transcribe a continuación: “muchas propiedades emergentes de los sistemas son el resultado de las **interacciones** entre sus partes. Por ejemplo, en el nivel de los organismos, las **interacciones** del desarrollo de las células se traducen en un organismo multicelular cuyas características como adulto son mucho más ricas que las de la célula única a partir de la cual se originó”. Además en la siguiente expresión “otros ejemplos de propiedades que emergen a través de **interacciones** complejas son la memoria y las emociones. En el encéfalo humano, estas propiedades surgen de las **interacciones** entre los 10 billones de células con sus 10.000 billones de conexiones”.

Además del capítulo introductorio, el concepto está presente en los siguientes capítulos: Organización celular, cuando el concepto subyace con otro término “las mitocondrias y los cloroplastos podrían tener un origen **endosimbiótico**”.

Fotosíntesis: energía proveniente del sol, en el tema: “**interacciones** metabólicas en la célula de una planta”.

Defensas naturales contra la enfermedad, en la temática “**interacciones** entre células T y células presentadoras de antígenos”.

Protistas y el amanecer de los Eucarya, en la siguiente expresión: “la **endosimbiosis** es muy común entre los protistas y en algunas instancias tanto el huésped como el endosimbionte son protistas”. Además en el desarrollo del tema “una historia de **endosimbiosis**” (ver páginas 130, 131 del Anexo).

Efectores: el movimiento de los animales, en la temática. “cilios, flagelos y movimiento celular”

En *segundo año*, el concepto está presente en los siguientes capítulos de los libros de texto utilizados (Tabla III, Libros de texto N° 3 y N° 4):

Lípidos y membranas celulares, en la siguiente explicación: “ciertamente, en la actualidad hay muchos indicios de que las mitocondrias evolucionaron a partir de bacterias por **endosimbiosis**”.

Fosforilación oxidativa, en el tema “las mitocondrias son el resultado de un proceso **endosimbiótico**”.

Las reacciones de la fase luminosa de la fotosíntesis, en el tema: “los cloroplastos aparecieron en un proceso **endosimbiótico**”

Introducción a las células. La célula eucarionte, en la siguiente expresión: “existe casi la certidumbre de que las mitocondrias se originaron a partir de bacterias que fueron fagocitadas por una célula eucarionte ancestral y que sobrevivieron en su interior manteniendo una **relación simbiótica** con el huésped”. Además en: “se cree que los cloroplastos se originaron a partir de bacterias fotosintéticas **simbióticas**, que fueron capturadas por células eucariontes primitivas ya provistas de mitocondrias” (ver página 150 del Anexo).

En *tercer año*, el concepto está presente en los siguientes capítulos de uno de los libros de texto (Tabla III, Libros de texto N° 6, N° 7, N° 9 y N° 11):

Genes extranucleares, en las siguientes explicaciones: “en general, se asume que las mitocondrias y cloroplastos aparecieron a lo largo de la evolución como **endosimbiontes**” y “la mayoría de las células eucariotas modernas dependen

completamente de los genes de los orgánulos para realizar su función normal; por lo tanto lo que originalmente surgió como una **simbiosis** opcional resulta ahora algo obligatorio”.

Genética del desarrollo, en “formación de la vulva de *Caenorhabditis elegans* a partir del grupo de equivalencia mediante **interacciones** célula-célula”.

Genética evolutiva, en la temática ADN importado se explica: “las células eucarióticas contienen orgánulos celulares como mitocondrias y cloroplastos de los organismos fotosintéticos. Ambos tipos de orgánulos son descendientes de procariotas que penetraron en las células eucarióticas, bien por infección, bien por ingestión. Estos procariotas se convirtieron en **simbiontes**, transfiriendo la mayor parte de su material genético al núcleo de la célula hospedadora eucariótica, aunque retuvieron genes esenciales para las funciones celulares” (ver página 163 del Anexo).

Hongos superiores y Líquenes, en las siguientes explicaciones: “los líquenes son polifiléticos, la **asociación simbiótica** se ha originado de forma separada entre distintos grupos de hongos y con distintos grupos de algas” y “sea cual sea la relación hongo/alga, parece ser que la combinación puede vivir en lugares donde ninguno de ambos **simbiontes** es capaz de subsistir solo”.

Control de movimiento: las bases motoras de la conducta animal, en la temática: “patrones de acción: generación nerviosa de la conducta rítmica”.

Bases generales y celulares de la fisiología médica, en la temática “morfología funcional de la célula, mitocondrias” con la siguiente expresión: “es muy probable que alguna vez las mitocondrias fueron microorganismos autónomos que desarrollaron una **relación simbiótica** con células eucariotas ancestrales y se incorporaron a ellas”.

Nutrición mineral, en la siguiente explicación: “desde una perspectiva biológica, el suelo constituye un ecosistema diverso en el que las raíces y los microorganismos compiten por los nutrientes minerales. A pesar de esa competencia, las raíces y los microorganismos pueden formar alianzas con beneficios para ambas especies (**simbiosis**)”.

Fotosíntesis: las reacciones luminosas, en la siguiente expresión: “la mayoría de expertos coinciden en que el cloroplasto es el descendiente de una **relación simbiótica** entre una cianobacteria y una célula eucariota sencilla no fotosintética. Este tipo de relación se denomina **endosimbiosis**. En algunos tipos de algas se cree que los cloroplastos proceden de **endosimbiosis** de organismos eucariotas fotosintéticos. Se

creo que la mitocondria también se originó tras procesos de **endosimbiosis**, como acontecimiento muy anterior al de la formación del cloroplasto”.

El fitocromo y el control por la luz del desarrollo vegetal, en el desarrollo de la temática “las **interacciones** de los fitocromos son importantes en las fases tempranas de la germinación”.

Introducción: panorámica general de la microbiología y biología celular, en las siguientes explicaciones: “en los organismos pluricelulares, las complejas **interacciones** entre estos tipos diferentes de células conducen al comportamiento y función de tales células” y “algunos orgánulos de las células eucarióticas, como las mitocondrias y los cloroplastos, están relacionados filogenéticamente con miembros de Bacteria que hace eones llegaron a integrarse en la célula eucariota mediante un proceso denominado **endosimbiosis**”.

Biología celular, en la expresión: “esta teoría de la **endosimbiosis** establece que los eucariotas surgieron cuando una célula grande engulló a una célula procariota”.

Genética microbiana, en el desarrollo del tema: “genética de mitocondrias”.

Diversidad metabólica de los microorganismos, en la temática “fijación del nitrógeno”.

Ecología microbiana, en “**interacciones** planta-microorganismos” y “bacterias de los nódulos radicales y **simbiosis** con leguminosas” y “etapa de formación de nódulos.

Evolución sistemática y taxonomías microbianas, en la temática “eucariotas y orgánulos” se desarrollan los temas “endosimbiosis” y “filogenia microbiana a partir de la secuenciación del RNA ribosómico”.

En *cuarto año*, el concepto está presente en los siguientes capítulos de los libros de texto utilizados (Tabla III, Libro de texto N° 13 y N° 16):

La historia de la vida en la tierra, en la siguiente explicación: “casi todos los eucariotas tienen mitocondrias y muchos tienen cloroplastos. Está totalmente claro que esas organelas son descendientes de bacterias y que probablemente primero fueron comidas por procariotas heterotróficas y más tarde incorporados por **endosimbiosis**”.

Desarrollo y evolución, en la temática “cambios en interacciones de tejidos” se expresa: “durante el curso del desarrollo embriológico de muchos organismos, un grupo de células se diferencian dentro de tejidos específicos o estructuras en respuesta a señales de otros tejidos o grupos de células. Estas **interacciones** epigenéticas pueden evolucionar. Nuevas clases de **interacciones** pueden ser menos importantes en la evolución de rasgos novedosos que en el contexto (tiempo o espacio) en el cual ocurren las **interacciones**”.

Vida, muerte e historias de vida, en la temática: “organismos unitarios y modulares” se explica: “los organismos modulares no tienen distribución ni forma predecible. El cigoto desarrolla dentro una unidad de construcción, la cual luego produce más módulos similares. Los individuos están compuestos por un número variable de tales módulos y su programa y desarrollo es fuertemente dependiente de sus **interacciones** con sus ambientes”.

Competencia interespecífica, en la temática “espacio imprevisible: el colonizador pobre es el mejor competidor”, se expresa: “el modelo es de crecimiento numérico que combina dinámica espacial y temporal por tener **interacciones** que combinan células individuales de dos tramas dimensionales, pero también tienen movimientos entre las células”.

Simbiosis y mutualismo, en “**simbiontes** fotosintéticos dentro de invertebrados acuáticos”, “**mutualismo** que involucra plantas superiores y hongos” y “fijación de nitrógeno atmosférico en plantas mutualistas” (ver páginas 224, 225 del Anexo).

A partir del análisis de los libros de texto en el área BIOLOGÍA CELULAR y MOLECULAR, podemos inferir que en primer año el concepto se relaciona con propiedades emergentes que surgen de las interacciones entre células, también está asociado al proceso de fotosíntesis, a procesos de defensa, de movimiento animal y relacionado con la teoría de endosimbiosis.

En segundo año, el proceso endosimbiótico es el eje alrededor del cual se desarrollan diversas temáticas ya que el concepto que subyace con otro término, se relaciona con la formación de las membranas celulares, mitocondrias, cloroplastos y fotosíntesis.

En tercer año, se profundiza las temáticas relacionadas con la endosimbiosis desarrolladas en segundo año y se agregan diferentes enfoques tales como el genético, genético evolutivo, microbiológico, y las estrechas asociaciones simbióticas.

En cuarto año, también se desarrolla la simbiosis y mutualismo y se agregan las interacciones a nivel de competencia interespecífica, desarrollo y evolución.

El concepto relacionado a la Biología Celular y Molecular en los libros de texto, se manifiesta principalmente cuando subyace su significado pero usando otro término. De esta manera, a partir de una teoría biológica (endosimbiosis) desarrollada en primer año, se asocian y profundizan contenidos. A partir de tercer año, se agregan además, diferentes enfoques desde distintas áreas del conocimiento biológico.

Con el área de QUÍMICA, subárea Química Biológica, en el libro de texto utilizado en *primer año* (Tabla III, Libro de texto N° 2) el concepto está presente en los siguientes capítulos:

Macromoléculas: su química y biología, en la temática “la estructura terciaria de una proteína se forma por doblado y plegado” que explica “mientras el puente de hidrógeno es responsable de la estructura secundaria, las **interacciones** entre los grupos R determinan la estructura terciaria. Las **interacciones** débiles y fuertes entre los átomos de carbono están involucradas en la determinación de la estructura secundaria” e “**interacciones** de las Macromoléculas” (ver página 139 del Anexo).

Energía, enzimas y metabolismo, dentro de la explicación “como cualquier sustancia que se une a una proteína, el sustrato interactúa con el sitio activo de una enzima debido a la forma y las **interacciones** químicas”.

Aminoácidos, péptidos y proteínas, en las temáticas: “determinación de la estructura de los péptidos”, “niveles de estructura de las proteínas” y “desnaturalización de las proteínas”.

En *segundo año*, el concepto está presente en los siguientes capítulos de los libros de texto utilizados (Tabla III, Libro de texto N° 3):

La bioquímica: una ciencia en desarrollo, en este capítulo introductorio, cuando expresa “la bioquímica estudia la química de los procesos vitales. Estos procesos implican la **interacción** de dos clases diferentes de moléculas: las macromoléculas biológicas: moléculas grandes, como las proteínas y los ácidos nucleicos y las llamadas metabolitos: moléculas de bajo peso molecular como la glucosa o el glicerol, que se transforman químicamente durante los procesos biológicos”, “las bases tienden a apilarse aún en las moléculas de ADN de una sola hebra. No obstante el apilamiento de bases y las **interacciones** asociadas de van der Waals resultan óptimas en la estructura de la doble hélice” y “los principios de formación de la doble hélice por parte de dos hebras de ADN son aplicables a muchos otros procesos bioquímicos. Muchas **interacciones** débiles contribuyen a la energética global del proceso, unas favoreciéndolo y otras dificultándolo. Las propiedades del agua desempeñan un papel crucial para determinar la importancia de estas **interacciones**.”

Composición y estructura de las proteínas, en la explicación “las **interacciones** de van der Waals entre las cadenas laterales fuertemente empaquetadas también contribuyen a la estabilidad de las proteínas”.

Enzimas: conceptos básicos y cinética, cuando expresa “los sustratos se unen a los enzimas por numerosas fuerzas débiles. Las **interacciones** no covalentes en los complejos Enzima-Sustrato son mucho más débiles que los enlaces covalentes”.

Estrategias reguladoras, en la temática “las **interacciones** alostéricas en la ATCasa están mediadas por grandes cambios en su estructura cuaternaria” (ver página 144 del Anexo).

Carbohidratos, bajo el título “las lectinas son proteínas que se unen a carbohidratos específicos” y desarrolla la temática: “las lectinas propician **interacciones** entre las células”.

Lípidos y membranas celulares, en la explicación “las proteínas llevan a cabo la mayoría de los procesos que tienen lugar en las membranas”.

Metabolismo del glucógeno, en la temática “la fosforilasa se regula por **interacciones** alostéricas y por fosforilación reversible”.

Componentes químicos de las células, cuando desarrolla el tema: “los enlaces no covalentes son los mediadores de la **interacción** entre macromoléculas.”

En *tercer año*, el concepto está presente en los siguientes capítulos de los libros de texto utilizados (Tabla III, Libro de texto N° 9, N° 10 y N° 11):

Moléculas y células en la fisiología animal, en las temáticas: “estructura de las proteínas y las uniones que la mantienen” y “las enzimas poseen sitios de fijación tridimensionales que a menudo interactúan entre sí”.

Energía y enzimas, en la siguiente temática: “enzimas: los catalizadores de la vida”.

Asimilación de nutrientes minerales, en “los factores Nod producidos por la bacteria actúan como señales para la **simbiosis**”.

El fitocromo y el control por la luz del desarrollo vegetal, en las temáticas “el fitocromo actúa a través de múltiples rutas de transducción de señal” y “la acción del fitocromo puede estar modulada por la acción de otros fotorreceptores” (ver página 179 del Anexo).

En *cuarto año*, el concepto está presente en los siguientes capítulos de los libros de texto utilizados (Tabla III, Libro de texto N° 16):

Recursos, en la explicación: “durante los meses de invierno las concentraciones permanecen virtualmente constantes a través de los días y noches en todas las alturas. Pero en verano los mayores ciclos diurnos de concentración desarrollados reflejan la **interacción** entre la producción de CO₂ por descomposición y su consumo en fotosíntesis”.

Descomponedores y detritívoros, en la definición “ecología "stoichiometry" es definida por Elser y Urabe (1999) como el análisis de fuerzas y consecuencias en **interacciones** ecológicas del balance de masas de múltiples elementos químicos en un acercamiento que puede dar luz a las **interacciones** entre recursos y consumidores” (ver página 220 del Anexo).

A partir del análisis de los libros de texto en el área QUÍMICA, subárea Química Biológica, podemos inferir que en primer año el concepto se relaciona con la determinación de la estructura de las proteínas, los niveles de estructura y la desnaturalización de las mismas, incluidas las enzimas.

En segundo año, profundiza en composición y estructura de las proteínas, sobre todo en lo que se refiere a las enzimas, y agrega carbohidratos, lípidos, membranas celulares y metabolismo del glucógeno.

En tercer año, se relaciona con la estructura de las proteínas enfocada desde la fisiología animal y vegetal a través de los fitocromos.

En cuarto año se relaciona con los recursos disponibles y con organismos descomponedores.

De esta manera, podemos observar que el tratamiento del concepto relacionado a la Química Biológica en los libros de texto, desde primer año se desarrolla principalmente el contenido de proteínas, temática que se retoma y se profundiza en segundo y tercer años. En los libros de cuarto año, ésta temática no se relaciona al concepto en estudio.

3.C.- Se detallan los resultados del análisis del concepto “interacción” por asignatura entre programa y libro de texto, desde primero a cuarto año de la carrera:

1er. año:

Introducción a la Biología. El concepto “interacción” está presente en el Programa relacionado con el área de Ecología desarrollando particularmente la temática y nivel de organización de las poblaciones. En el libro de texto, el concepto se presenta en las temáticas de poblaciones, comunidades, tipos de interacciones ecológicas y efectos indirectos de las interacciones entre especies.

Con el área de Genética en el Programa, el concepto está relacionado con nociones de alelos múltiples e interacción génica. En el libro de texto está relacionado además de las mencionadas para el programa con el vigor híbrido como resultado de

interacciones nuevas. Además el concepto cuando subyace con otro término, está presente en “endosimbiosis y organelas”.

Química Orgánica. En el programa de esta asignatura, el concepto está presente relacionado con la subárea de Química Biológica en la temática de las interacciones proteína-agua y generalidades de las enzimas. En el libro de texto el concepto se relaciona con la determinación de la estructura de los péptidos, niveles de estructura de las proteínas y desnaturalización de las proteínas.

En los libros de texto analizados, el concepto también está presente en otras áreas que no están reflejadas en los programas, por ejemplo, Biología Celular y Molecular, Biología de plantas, Biología Animal, Fisiología y Evolución.

2do. año:

Química Biológica. En el Programa de esta asignatura, el concepto está presente en la interacción del metabolismo de glúcidos, lípidos y proteínas, es decir relacionado con la subárea de Química Biológica. En el libro de texto analizado, el concepto también se relaciona con los tres grupos de macromoléculas (glúcidos, lípidos y proteínas) mencionados, pero, de manera mucho más detallada definiendo diferentes tipos de interacciones y profundizando en las explicaciones para finalmente tratar la integración del metabolismo.

Biología Celular. En el Programa el concepto está relacionado al área de Biología Celular y Molecular en la interacción núcleo-citoplasma también dentro de la organización pluricelular. En el libro de texto el concepto subyace con otro término, acerca de la temática de la célula eucarionte y el origen de las mitocondrias y cloroplastos a partir de bacterias fotosintéticas simbióticas.

Morfología Vegetal. En el Programa, el concepto subyace con otro término y se refiere a las adaptaciones y simbiosis de la raíz, es decir se relaciona con el área de Biología Celular y Molecular.

En el libro de texto, el concepto no está presente.

En los libros de texto analizados, el concepto también está presente en el área de Genética.

3er. año:

Genética. En el Programa el concepto se presenta relacionado al área de Genética en interacción génica y modificación de las proporciones fenotípicas. En el libro de

texto, el concepto está relacionado con la temática expresada en el programa, pero además se relaciona a los genes y el medio ambiente, la variación de los fenotipos en relación a su interacción con una serie de ambientes sucesivos, a las mutaciones con fenotipos diferentes, supresores y genes duplicados.

Diversidad Vegetal I. En el Programa el concepto aparece relacionado al área de Ecología como la importancia de los procesos biológicos para los seres vivos y en sus interacciones con otros organismos y con el resto de ecosistema, sin embargo en los libros de texto analizados no aparece el concepto relacionado con el área de Ecología.

También en el Programa el concepto está presente cuando subyace con otros términos y relacionado con el área de Biología Celular y Molecular, en simbiosis, simbiosis mutualista y teoría endosimbiótica. En los libros de texto, también se desarrolla el origen de la asociación simbiótica entre distintos grupos de hongos con distintos grupos de algas y la simbiosis mutualística de la que se benefician ambos organismos.

Fisiología Animal. En el Programa el concepto se relaciona con el área de Fisiología a través de las interacciones con el medio y con la interacción entre los sistemas nervioso y endocrino. En los libros de texto el concepto también se asocia con el área de Fisiología en el análisis de la interacción ambiente-animal. Además se desarrolla la temática del control y coordinación del movimiento en los vertebrados incorporando las distintas áreas del cerebro en el control de los movimientos. También se agregan los mecanismos de circulación cardiovascular.

Fisiología Vegetal. En el programa el concepto subyace bajo otro término como la interrelación nódulo/planta en la fijación biológica del nitrógeno, siendo la Biología Celular y Molecular el área con la cual se relaciona. En el libro de texto se presenta relacionado en la temática de membranas biológicas, también en la temática del fitocromo y el control por la luz del desarrollo vegetal y de las interacciones de los fitocromos en las fases tempranas de la germinación.

Microbiología. En el programa el concepto se relaciona con la subárea de Química Biológica en los ciclos del C y O y la formación de humus. También está presente cuando subyace con otro término en la simbiosis de los líquenes y la fijación simbiótica de N, es decir relacionado al área de Citología. En el libro de texto el concepto no está relacionado con la Química Biológica, en tanto que, con el área de Biología Celular y Molecular se presenta de manera explícita o cuando subyace con

otro término. En la primera de las formas está presente en numerosas temáticas tales como, los microorganismos como células, transferencia de plásmidos y leghemoglobina y grupos con inoculación cruzada. Cuando subyace con otro término también se relaciona con numerosas temáticas como, por ejemplo, las relaciones evolutivas entre organismos vivos, las mitocondrias y cloroplastos, fijación del nitrógeno, formación de nódulos y origen de los eucariotas actuales por endosimbiosis.

En los libros de texto analizados, el concepto también está presente en otras áreas como Biología de Plantas, Biología Animal y Biología de Microorganismos, Protistas y Hongos.

4to. año:

Genética de Poblaciones y Evolución. En el programa el concepto se relaciona con el área de Genética en la interacción entre deriva y flujo génico a nivel poblacional. En el libro de texto, además del tema mencionado en el programa, se relaciona con variación en rasgos cuantitativos, la teoría de selección natural, genes múltiples y clases de interacciones.

En el programa también se relaciona con el área de Evolución en la interacción entre deriva y flujo génico con modelos de selección. En el libro se desarrolla la estructura de la biología evolutiva, la evolución de interacciones entre especies, la evolución del comportamiento y cambios en interacciones de genes.

Finalmente, con el área de Ecología, en el programa se desarrollan las interacciones entre especies. En el libro de texto se desarrollan todos los tipos de interacciones inter e intraespecíficas en las poblaciones.

Biogeografía. En el programa el concepto se relaciona con el área de Ecología dentro de los procesos biológicos como extinción e interacciones ecológicas. En los libros de texto se desarrollan los patrones de distribución, la biogeografía de islas y la diversidad de especies en diferentes hábitats.

Ecología. En el programa dentro de las interacciones entre especies, se desarrollan temáticas de clasificación, preferencias, dinámicas de los sistemas, interacciones entre dos o más niveles tróficos y sus patrones, tales como la coevolución y especialización de los distintos niveles tróficos y diferentes teorías ecológicas.

En el libro de texto, las temáticas que se desarrollan relacionadas al concepto, son las interacciones a nivel de individuos, dentro de la especie y entre especies. Tipos

de interacciones y sus dinámicas, comunidades y ecosistemas, flujos de materia y energía. Patrones de riqueza y abundancia de especies, teoría de sucesión y biodiversidad.

En los libros de texto analizados, el concepto también está presente en otras áreas como Biología Celular y Molecular, Biología de Microorganismos, Protistas y Hongos, Biología de Plantas, Biología Animal y Bioestadística.

Además, se observa que, el área de Evolución, que se desarrolló en los libros de texto de primer año, vuelve a retomarse en cuarto año.

Del análisis de la comparación entre los programas y los libros de texto, podemos observar que, en primero, segundo y tercer años, en los programas de las asignaturas el concepto está limitado a pocas áreas de conocimientos en comparación con los libros de texto utilizados. En los programas de las asignaturas de cuarto año el concepto también está relacionado con pocas áreas de conocimiento, pero en comparación con los libros de texto utilizados las áreas no se amplían mucho más. Es decir que, en cuarto año, existe una marcada concordancia entre los programas de las asignaturas y los libros de texto donde está presente el concepto.

En general podemos inferir que, al comparar la presencia del concepto “interacción” en los programas de las asignaturas con los libros de texto utilizados, en éstos últimos el concepto se relaciona con numerosas áreas de conocimientos en comparación con los programas. A partir de esto, nos preguntamos si esta situación se repite en las clases de las distintas disciplinas.

Esto podría ocurrir porque los programas no siempre reflejan lo que se da o porque este concepto los docentes suponen que subyace a otros y no es necesario explicitarlo en los programas. Esta última situación suele ser común a conceptos estructurantes.

3.D.- Los resultados de la comparación de la secuencia histórica con la secuencia del currículum enseñado podemos inferir:

Como vimos la evolución histórica del concepto se inicia con la idea de sinergia, pasa a tratarse como “interacción” (en ciencias como la embriología y la fisiología), con un significado mas complejo al incluirlo en la ecología y trabajar la “reciprocidad” y al aplicarlo a diferentes niveles biológicos. Por ello, como dijimos, en los últimos años, el concepto “interacción” es incorporado en escritos referidos a la genética, y recientemente éste concepto forma parte de textos cuyos enfoques estudian diferentes aspectos de la evolución. Actualmente, al considerar que los interactuantes nunca están

aislados, se analizan las interacciones de orden superior dentro de estudios de coevolución.

La secuencia histórica analizada muestra que el significado más simple de interacción es el que se refiere a la manera recíproca de actuar de un elemento sobre otro y el más complejo sería pensarlo como elementos interactuantes en un proceso temporal y en los diferentes niveles biológicos (molecular, celular, individual, poblacional, ecosistémico). De allí que, la secuencia histórica nos permite afirmar que puede ser tomada la “interacción” como concepto estructurante de un currículum. Pero, nos preguntamos ¿Transitando la misma complejidad de la historia? O partiendo del final (interactuantes en una coevolución)?, si es así cómo considerar en el currículum de Biología este tema en las diferentes áreas que se suponen integran una formación complementaria.

CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN

Los docentes reflexionan frecuentemente acerca de la ciencia que se enseña en las instituciones educativas, atribuyéndole las características de difícil, aburrida y desconectada de los intereses de los estudiantes. Estas reflexiones suelen estar relacionadas con el hecho que la enseñanza de la ciencia se basa primordialmente en principios generales y abstractos, muchas veces sin conexión entre ellos y sin el desarrollo de estrategias concretas para utilizarla desde una variedad de herramientas en contextos particulares.

Así, como lo señala Lemke (2006), se necesita realizar cambios fundamentales como modificar las metas de la educación científica para que se ajusten mejor tanto a los intereses de los estudiantes como a la sociedad en su conjunto. El mismo autor también señala que se debe cambiar el currículum en dirección de profundizar menos temas pero más concretos.

En este sentido, existen líneas de investigación que se desarrollan desde la didáctica y son numerosas las conclusiones elaboradas con la finalidad de mejora de la enseñanza de las ciencias en general y de la Biología en particular. No obstante los hallazgos y propuestas derivados de la reflexión e investigación sobre los problemas de la enseñanza de la Biología no suelen traducirse con facilidad y fluidez en modificaciones de la práctica docente. Según Cañal (2004), mientras ciertos cambios sociales se suceden con gran rapidez, en la educación todo parece ir mucho más despacio, ya que en general, las instituciones educativas siguen actuando con una gran inercia y con una manera conservadora que opone una fuerte resistencia a las modificaciones.

Particularmente, Reiss (2006) manifiesta que los currícula de Biología de secundaria no han respondido a los rápidos avances en la disciplina. Y lo que es quizás más importante, a menudo no están proporcionando a los estudiantes las habilidades que ellos necesitan, tanto si trabajan en carreras relacionadas con ella como si simplemente son ciudadanos en un mundo donde la Biología parece tener cada vez mayor influencia sobre la sociedad y sobre las vidas de las personas.

En lo que se refiere a los programas de las carreras de ciencias, han sido construidos tradicionalmente desde el punto de vista de los científicos, desarrollando las ideas de la forma que ellos consideran sensata, esto es, dando prioridad a los conceptos científicos (Reiss, 2006). En ese sentido, Pozo (1992) manifiesta acerca de la importancia que se le asigna a un concepto científico al considerarlo que no es un elemento aislado, sino que

forma parte de una red de conceptos de manera que su significado proviene de la relación con otros. Mientras más entretejida se encuentre la red de conceptos de un alumno, mayor será su capacidad para establecer relaciones significativas. El concepto “interacción”, como uno de los resultados obtenidos en esta tesis, no se presenta en los programas de las diferentes asignaturas de manera continua formando redes a medida que avanza la carrera. Esta situación estaría afectando, de alguna manera, la construcción de redes de significado justamente por no estar expuesto a una permanente reorganización y profundización.

Las conceptualizaciones anteriores fundamentan esta tesis, donde se analiza una problemática curricular de la Carrera en Ciencias Biológicas de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la UNC, con Plan de estudios año 1991. Se toma el concepto de interacción y se lo analiza a través de dicho currículum.

Se encuentra que se presenta asociado mayoritariamente con áreas de conocimiento biológico como la Ecología y la Genética, pero no se evidencia, que se vayan estableciendo relaciones de significado cada más amplias y profundas alrededor de dichas áreas, acorde se transita desde primer año de la carrera en adelante, como sería de esperar si el currículum se desarrollara en niveles de complejidad creciente (Pedrinaci y Del Carmen 1997, Bermúdez y De Longhi 2006).

Esas dos áreas de conocimiento biológico surgen desde los resultados como las que permitirían el tratamiento del concepto estructurante de Biología. Este dato es coincidente con los de otras investigaciones, como las de Tancredi (2006) para Genética y Jiménez Tejada *et al.* (2008) para Ecología.

Estos últimos autores, desde la Ecología, toman el concepto de “población” y afirman que es considerado adecuado para su tratamiento interdisciplinar desde las Ciencias Naturales, las Matemáticas y la Geografía, entre otras, ofreciendo la oportunidad de integrar la ciencia, la tecnología y la sociedad. Así, “población”, que tradicionalmente se viene tratando de forma atomizada entre las disciplinas sin conexión alguna entre ellas, podría ser el eje de las mismas al conectar problemas, permitiendo también el tratamiento de materias transversales. Otros autores que remarcan la necesidad de articular el currículum desde algunos conceptos de Biología son Franco Romero *et al.* (2010) que toman como articulador el de “Adaptación Biológica”. Demuestran, entre otras cuestiones, que al señalar las características estructurales, comportamentales y funcionales de los organismos asociadas al concepto se afirma la existencia de tales

características únicamente en función de su ventaja adaptativa. Dicen que esto repercute finalmente en la problemática de las concepciones erróneas.

Estos autores también coinciden con nuestro marco teórico en el cual vemos la importancia de considerar las ideas previas en las estrategias de enseñanza. Dichas ideas previas tienen sentido para los alumnos y son útiles cuando justifican las explicaciones que deben dar y en general están firmemente arraigadas en la estructura cognitiva de ellos. Además, los conceptos se aprenden relacionándolos con los conocimientos previos que se poseen; así el aprendizaje se vuelve significativo, ya que aprender resulta de la integración entre la información nueva con los conocimientos anteriores. En consecuencia se favorece la comprensión y adquisición de nuevos significados, anclados en los anteriores.

Si bien la problemática de los conocimientos previos no es analizada desde los datos de esta tesis, sí es considerada desde el marco teórico ya que está muy relacionada con una adecuada selección de los contenidos y constituye el primer peldaño en los niveles de construcción de los mismos. Como indican Pozo *et al.* (1992), el aprendizaje de conceptos de manera significativa es un proceso lento y gradual, por lo tanto tiene consecuencias importantes para la selección y secuenciación de los contenidos conceptuales en el currículum. Es decir que, para promover el aprendizaje a partir de los conocimientos previos se deberá animar a los alumnos en primer lugar a que tomen conciencia de sus propias ideas, ya que sólo lograrán modificarlas siendo conscientes de ellas y haciéndolas explícitas.

Por otro lado, también vimos que el material de estudio más utilizado por el alumno, en general libros de texto, deben tener una estructura conceptual explícita. Una de las exigencias que debe cumplir este material de aprendizaje, acorde al marco teórico analizado, para que pueda ser comprendido es que tenga una organización interna, es decir que cada parte del texto tenga una conexión lógica o conceptual con el resto de las partes. Además los textos, describen muchos fenómenos de manera diferente de acuerdo a la visión que posea el autor, pero desconocida por el lector, por lo tanto, éste no siempre puede identificarla. Así, la mayoría de los libros de ciencias están cargados de explicaciones de conceptos científicos (Minnick Santa y Alvermann, 1994). En un estudio realizado por Liendro (1992) dedicado al análisis de libros de Biología de nivel medio llevado a cabo en nuestro país, considera que un libro de texto debería ser claro en sus conceptos. El autor realiza una distinción entre conceptos mencionados (se menciona el nombre sin expresar su definición), conceptos definidos (lo menciona junto

a su definición), y conceptos explicados (su definición aparece relacionada con la definición de otros conceptos). Esta discriminación resulta de gran interés para el análisis de los libros, porque uno de los problemas observados en los textos es el excesivo número de conceptos mencionados frente al número menor de los definidos y a los, aún más escasos, explicados. A partir de los resultados obtenidos en este trabajo, en todos los libros de texto analizados el concepto “interacción” está formando parte en su mayoría de redes semánticas que se estructuran en explicaciones y dentro de ellas, el subgrupo donde el concepto está caracterizando a la interacción, es decir existen descripciones de los elementos, hechos, funciones, etc. de los interactuantes. Lo anterior podría llevarnos a inferir un futuro problema en la comprensión de algunos conceptos, ya que podría suceder lo que analiza Bar (2002), quien sostiene que las explicaciones de los fenómenos biológicos generan modelizaciones acerca de su naturaleza. Este autor al investigar la explicación concebida por un texto y desde allí el modelo que intenta transmitir, encontró la coexistencia de dos modelos que no logran rescatar las propiedades de la vida, contribuyendo directa o indirectamente a fragmentar el fenómeno biológico. Para López Manjón (1997), en Biología las explicaciones son utilizadas como argumento fundamental de los sistemas biológicos ya que están dirigiendo la mirada a procesos específicos y, sobre todo, al aporte de varias partes del sistema para lograr mantener las propiedades del todo.

A partir del análisis del concepto interacción en los programas y sus libros de texto de referencia en las asignaturas obligatorias de la carrera de Biólogo, nos encontramos que este concepto podría ayudar a la coordinación de contenidos, no obstante hemos visto que puede haber otros que cumplan la misma función en el currículum. Nos preguntamos entonces si sería factible re pensar un currículum de Biología a partir de conceptos estructurantes.

Sin duda, para lograr responder a esta pregunta, debemos empezar por considerar que los organismos y los procesos biológicos no se encuentran de manera aislada, por lo tanto trabajar desde conceptos estructurantes introduciría diferencias en las formas habituales de seleccionar y tratar a los contenidos, los cuales frecuentemente se centran en el dato o fenómeno aislado, para dar lugar, así como lo expresa Armúa de Reyes (2003), a propuestas didácticas globalizadoras y más integradas.

Con los resultados obtenidos en esta tesis, no se vislumbra que el concepto “interacción”, vaya enriqueciendo la red de relaciones de significados a medida que avanza la carrera, sin embargo se podría convertir en estructurante trabajando desde la

planificación de los programas de los diferentes espacios curriculares y del mismo modo podría actuar como núcleo en torno al cual se pueden organizar tramas conceptuales para lograr diseñar secuencias curriculares. En ese sentido, Bermúdez y De Longhi (2006) indican que, los conocimientos necesarios para construir un enunciado, pueden ser expresados como hipótesis de progresión que contemplan la construcción gradual del conocimiento. Por ejemplo ellos consideran los siguientes conceptos estructurantes en Ecología: “la biodiversidad”, “su pérdida y su conservación” y “las perturbaciones”. Plantean una propuesta didáctica que desde el nivel de comprensión que denominan “ingenuo”, pasando por el “de principiante”, “de aprendiz” y finalmente el “de maestría”, y señalan que es posible el abordaje de conceptos que contemplan la construcción gradual del saber, lo cual supone distintos niveles de complejidad. Finalmente los autores expresan que, este enfoque brinda criterios para la selección y organización de los contenidos del currículum.

Cañal (1997), coincide con este aspecto al indicar que, realizando una selección de conceptos y estableciendo niveles de formulación, de menor a mayor complejidad se puede constituir un punto de partida para una hipótesis de progresión conceptual fundamentada. Para Pedrinaci y Del Carmen (1997), la complejidad de la secuenciación se ve incrementada por el volumen de conocimientos que deben tratarse afectando al currículum de un área determinada.

Por lo tanto, debemos ser conscientes de la influencia que en el aprendizaje ejerce el orden de tratamiento de los contenidos y la estructura con que se presentan. Si los conocimientos que tratamos de enseñar fuesen independientes unos de otros y si todos tuviesen el mismo nivel de complejidad, poco importaría la organización que se le da en el currículum o su orden de tratamiento. En ese sentido, seleccionar y secuenciar los contenidos a enseñar posee influencia en las posibilidades de aprendizajes que promovemos, ya que debemos estar convencidos de que determinados aprendizajes no se adquieren si antes no se cuenta con ciertas nociones, así como de la importancia que tiene la cantidad y cualidad de las relaciones establecidas entre los nuevos conocimientos y aquellos que los alumnos ya saben. En coincidencia con Pedrinaci (1997) creemos que, son los conceptos, principios o teorías los ejes que se utilizan para establecer la secuenciación. Analizando los contenidos básicos de una carrera y a partir de ahí considerando las ideas de los alumnos, el autor propone una secuencia con un gradiente de complejidad creciente, de dificultad igualmente creciente, pero de generalidad decreciente.

Sin embargo, nos preguntamos si los estudios de complejidad hasta ahora realizados tienen suficientes sustentos para su tratamiento y su implementación en procesos educativos de la Biología. Nos encontramos que, las ideas, principios, conceptos y propiedades de los sistemas complejos, así como muchos de los nuevos métodos y herramientas ya se aplican de manera efectiva en las más disímiles áreas de la actividad social (Martinez *et al.*, 2009). Además, las propiedades del comportamiento complejo en los sistemas vivos, se vislumbran desde el siglo XIX, pero recién en la década del 60, se establece un enfoque sistémico. Desde esa década muchos han sido los precursores interdisciplinarios que ha tenido el estudio de la complejidad de la vida, ya sea desde la física, la química y las matemáticas, produciéndose una integración directa e indirecta con las diferentes ramas de la Biología.

En la obra de Darwin estuvieron subyacentes otras ideas más avanzadas que hoy son reconocidas como esenciales dentro de los estudios de la complejidad. Su concepción en relación a las ideas de fluctuaciones y azar, de evolución y de irreversibilidad a nivel biológico, corresponden a una complejidad creciente y a la autoorganización. Así, fueron Maturana y Varela, quienes en 1973 promovieron desde la Biología los sistemas autorregulados, adaptativos y creadores o autopoieticos. Sumado a esto, las ideas contenidas en los descubrimientos realizados por Prigogine en 1977 en el estudio de los procesos químicos complejos, tienen un valor extraordinario para el estudio de la dinámica compleja de los fenómenos biológicos y sociales. Para González Casanova (2004), las ideas rectoras, principios y conceptos básicos del comportamiento complejo de los fenómenos biológicos, se fueron revelando poco a poco en los más diversos procesos de la vida.

Al comparar la visión actual de los procesos sociales frente a la que se tenía a principios del siglo XX, hay dos cuestiones que marcan las principales diferencias: la aceptación de la complejidad y la inestabilidad que viene provocada por el continuo cambio. El conocimiento consolidado desde hacía muchos años ahora parece caduco, cambiando de tal forma que pone a prueba nuestra capacidad de adaptación, tanto en la ciencia como en los demás campos. En lo que se refiere a la aceptación de la complejidad, Elortegui *et al.* (2002) indican que se necesita el desarrollo de nuevas líneas de investigación, por ejemplo, sobre la existencia de múltiples saberes con fronteras desdibujadas, con relación a la comunicación y con relación a las ideas de caducidad, inestabilidad y cambio continuo. El tratamiento del concepto de “interacción” para la Física (Stipcich y Moreira, 2001) demuestra que, los estudiantes al finalizar los cursos de Física, deberían

reconocer los dos niveles de estudio que emplea esta disciplina: el macroscópico y el microscópico. Aceptar este supuesto, dicen los autores, es focalizar la mirada hacia las interacciones fundamentales con que se describen los fenómenos y, para ello, se deben delinear algunos principios estructurantes de largo alcance en el desarrollo de los contenidos de la Física, como es el eje *interacción*. Así, en el currículum un eje estructurante puede llegar a traspasar las metas de un ciclo educativo y podría convertirse en una meta de la educación científica, es decir que está asumiendo a la “interacción” como un concepto representante o indicador de la integración jerárquica del proceso de aprendizaje de varios cursos de Física y podría ser el resultado de una reestructuración teórica.

Tomando el mismo concepto del estudio anterior y analizándolo en otro ámbito disciplinar, como es la Biología, también lo encontramos como potencial estructurador del currículum. Por ello el análisis se enfocó como un gradiente, desde menor complejidad donde los hechos, conceptos o procesos asociados al concepto, son poco abstractos, con una explicación sencilla y fácilmente observables. La mayor complejidad se dirigió hacia los hechos o procesos que son más abstractos y requieren de una explicación que necesita del conocimiento de teorías y conocimientos previos del área para la interpretación del significado. Sin embargo, este hipotético gradiente de complejidad creciente en la secuenciación curricular del concepto de interacción, no se pone de manifiesto claramente en niveles a medida que se avanza en la carrera. Esto sería como lo expresado por Gil Pérez *et al.* (1993), como la forma de volver a los conceptos más de una vez y desde diferentes puntos de vista. Entonces para propiciar, como expresa el autor, que el alumno vaya aumentando el número de relaciones entre diferentes conceptos, hace falta realizar selecciones y organizaciones de contenidos de manera espiralada para provocar el tratamiento del concepto y su recontextualización en diferentes momentos y de distintas maneras. Lo anterior posibilitaría a los alumnos hacer análisis cada vez más abstractos más complejos y con mayor riqueza en las interrelaciones con los otros conceptos.

En el modelo de secuenciación de contenidos presentado por Gil Pérez *et al.* (1993), toma como eje de la secuencia diferentes conceptos estructurantes comunes a distintas disciplinas científicas; así selecciona “materia”, “energía” e “interacción”. Argumenta que ellos son frecuentemente estructurantes porque están en la base del estudio de cualquier sistema. El autor elabora un esquema conceptual en el cual los sistemas vivos se originan a partir de las “interacciones” entre materia y energía, relacionando células,

organismos y tejidos, cada uno a su vez con sus propias interacciones. Y los sistemas no vivos que relacionan átomos, sustancias, máquinas, planeta tierra y universo sumando las interacciones en cada uno de estos niveles. Estas ideas tuvieron influencia en la hipótesis planteada en esta tesis y sustentan la discusión didáctica que planteamos.

Pero no solo las investigaciones e innovaciones de didáctica de las ciencias plantean la necesidad de identificar estos conceptos estructurantes con niveles de complejidad creciente, sino también las propuestas oficiales. Así, el Consejo Interuniversitario para la Enseñanza Superior de la Biología (CIPEB) generó un documento en la Reunión Plenaria del 30 de marzo de 2006, en el cual, en el tópico que trata acerca del “Desarrollo del plan de estudios”, considera tres aspectos: carga horaria, núcleos temáticos e intensidad de la formación práctica. En éste último punto se formulan algunos *elementos para evaluar la intensidad de la formación práctica*, y se consideran la *Integración de Teoría y práctica*, la *Resolución de situaciones problemáticas* y la *Gradualidad y Complejidad*, explicitando que “este criterio responde al supuesto de que el aprendizaje constituye un proceso de reestructuraciones continuas, que posibilita de manera progresiva alcanzar niveles cada vez más complejos de comprensión e interpretación de la realidad. Se refiere a los aportes que los distintos grupos de contenidos, desde el inicio de la carrera, realizan a la formación práctica, vinculados directamente o no con la práctica profesional”.

La Biología constituye un campo de conocimientos que incluyen saberes teóricos y prácticos (de campo y de laboratorio) interrelacionados, por ello consideramos que su tratamiento en niveles de complejidad debería abarcar los dos tipos, de esta manera se podría evitar la fragmentación y reducción del conocimiento.

Para sintetizar de alguna manera, la forma en que se manifiesta la problemática planteada en esta tesis, podríamos mencionar que a partir del análisis de programas y textos, subyace una idea actualizada del concepto de interacción y que se hace más explícito en las áreas de Ecología y Genética, preferentemente en los últimos años. No se planifica enseñar la secuencia histórica del concepto como contexto de explicación de ningún área en ninguna disciplina. La red semántica que conforma la explicación del mismo seguramente aparece más clara en las clases, no así desde los materiales que tomamos en esta tesis, análisis limitado a textos y programas.

Finalmente, en el diseño de los programas de las asignaturas no se detectan ejes conceptuales transversales, tampoco queda explícita la utilización y/o elaboración de redes conceptuales, como herramientas que permitan a los alumnos apropiarse de los

conocimientos científicos. Es por lo expresado anteriormente que nos planteamos como cuarto objetivo, presentar:

Reflexiones didácticas para el tratamiento curricular del concepto “interacción”

Las reflexiones que se presentan a continuación, en relación al cuarto objetivo propuesto, se fundamentan en considerar el abordaje del concepto en estudio como un eje transversal del currículum de biología y como integrante de redes conceptuales a lo largo de la carrera de Biólogo.

El propósito de esta reflexión es ofrecer propuestas para que los docentes puedan diseñar contextos de enseñanza que promuevan operaciones cognitivas en los alumnos, relacionadas con el establecimiento de relaciones y construcción de significado, a partir del concepto de “interacción”.

Como hemos analizado a lo largo de la tesis, los temas transversales, con frecuencia surgen como respuesta a determinadas situaciones problemáticas ya que atraviesan y/o globalizan el análisis del currículum en el ámbito educativo en toda su complejidad conceptual y en ocasiones conectan lo académico con la realidad del aula (<http://www.scribd.com>). Estos temas transversales, según Steinmann y Cañas (2003), deben ser el eje en torno al cual gire la temática de diferentes áreas curriculares, son generalmente multidisciplinarios y sólo pueden abordarse desde esta óptica; no pueden plantearse como programas paralelos, ni mucho menos como actividades complementarias y ocasionales. Además, señalan los autores, es necesario tenerlos presentes a la hora de planificar y desarrollar el currículum ya que constituyen temas nucleantes para la enseñanza, para los materiales y para las intenciones educativas. Por lo anterior se requiere que sean asumidos por la totalidad de los actores que participan en el proceso educativo.

Así, los contenidos transversales no aparecen asociados a ninguna asignatura concreta sino a todas (Pedrinaci y Del Carmen, 1997). Esto implica que se desdibujan los límites de cada una de las disciplinas que conforman un currículum y es a través de la elaboración de redes conceptuales que cada alumno tendrá la oportunidad de movilizar sus ideas provenientes de aprendizajes anteriores y de esta manera incorporar los nuevos conocimientos. Esta prescripción didáctica coincide con la propia característica de los conceptos científicos, ya que nunca están aislados sino que están estrechamente

vinculados entre sí y el dominio de uno exige la referencia a numerosos otros (Soussan, 2003).

De esta forma, el currículum debería ser concebido de tal manera que existan entrecruzamientos entre disciplinas tanto en sus actividades de docencia, como en las de investigación y de extensión, es decir es un trabajo conjunto desde distintos puntos de referencia disciplinares, donde se comparten lenguajes, se ensayan métodos combinados que transforman a los originales y se anhela el surgimiento de nuevas expresiones, es decir, la interdisciplina (Gómez, 2002). Aunque consideramos, en coincidencia con el autor, que todavía faltan aportes en el campo de la puesta en marcha de programas de investigación y planes de estudio que permitan poner la interdisciplinariedad en práctica y tener éxito.

Para Reiss (2006), cuando los resultados de investigaciones educativas en ciencias llegan a las instituciones educativas, no es fácil cambiar la forma en que habitualmente se enseña. La investigación referida a esta temática muestra, entre otras cuestiones, la importancia del apoyo por parte de las autoridades, el trabajo entre los colegas, la retroalimentación y tutoría en el lugar de trabajo, la disponibilidad de tiempo suficiente y de una adecuada evaluación.

De esta manera, cuando los cambios como el que plantearemos llegan al aula, se puede detectar que la clase no es un lugar en que el conocimiento del profesor es transmitido al alumno que actúa como receptor, sino que hay una comunidad de aprendizaje en la que el alumno y el docente cooperan en la construcción del conocimiento. Para Soussan (2003), el docente incentiva a cada alumno a recuperar sus conocimientos del año anterior o de la disciplina anterior, de esa manera los nuevos aprendizajes serán más completos y mejor estructurados para los alumnos que lograron bases sólidas. En ese sentido, si los alumnos participan activamente, son protagonistas de su propio aprendizaje (De Longhi, 2001), para ello deben movilizar sus conocimientos, procesar información, elegir entre diferentes opciones, justificar sus propuestas. Todo ello implica convertir la clase de ciencias en una comunidad donde se produce y se usa el conocimiento (Jiménez Aleixandre, 2001).

Teniendo en cuenta que la didáctica de una disciplina es estructurada por los problemas específicos de dicha disciplina, es relevante entonces tener presente algunas de las características de la Biología. Por un lado, la complejidad de los sistemas y por otro lado, la renovación rápida del conocimiento, que influye por ejemplo sobre la actualización de las investigaciones en el campo disciplinar, en los programas, o como

respuesta a la demanda de los estudiantes frente a los nuevos contenidos (Meinardi y Adúriz Bravo, 2002). Es así que trabajar sobre conceptos estructurantes en esta disciplina nos posibilitaría hacer propuestas curriculares más flexibles y que redundarían en establecimiento de relaciones conceptuales más ricas, por parte de los alumnos.

Por lo anterior y como reflexión didáctica generada a partir de los datos y del marco teórico considerado proponemos el tratamiento del concepto “interacción” como un eje conceptual transversal. Además, planteamos para su desarrollo la necesidad de transitar un proceso de enseñanza cuyo recorrido pudiera comenzar con una visión global o **síncrética** de este concepto, en el marco de situaciones biológicas con referencia a la realidad conocida por los alumnos. Una segunda etapa donde se podrían identificar las variables o puntos clave que participan de las mencionadas situaciones, con diferenciación y análisis parciales. Esta etapa podríamos denominarla de **análisis** de conceptos y procesos que conforman la explicación e interpretación de diferentes interacciones. Finalmente los alumnos podrían realizar integraciones, generalización y transferencias a otras situaciones, en una etapa llamada de **síntesis** (Díaz Bordenave y Martins Pereira, 1982). Estas etapas brindarían estrategias en el proceso de enseñanza, para que los alumnos logren alcanzar gradualmente niveles superiores e integrados de conocimiento relacionados, esto podría proponerse para cada espacio curricular o a medida que se avanza en el plan de estudios de la carrera de Biólogo. Este tratamiento guarda coherencia con las etapas propuestas en el plan de estudios detallados en la introducción.

Nuestras reflexiones didácticas para el tratamiento del concepto “interacción” como eje transversal, se ejemplifican abordando desde los contenidos de primer año de la carrera y relacionado al área de conocimiento Ecología.

El concepto se asocia al contenido ecosistema, ya que éste representa uno de los máximos niveles de organización biológica, es fácilmente observable e inicialmente puede dársele un nivel de tratamiento no abstracto.

A partir de las diferentes asignaturas, se podrían adecuar los siguientes contenidos:

Asignatura	Contenido propuesto
Introducción a la Biología	Interacción de los componentes de un Ecosistema

Química General	La contaminación del aire, del agua, del suelo y su efecto en la interacción de los seres vivos en un ecosistema
Matemática	La productividad de un ecosistema: interacción entre materia y energía
Química Orgánica	La interacción de los compuestos orgánicos en un ecosistema
Estadística y Biometría	Análisis de las diferentes variables que establecen interacciones en un ecosistema
Física	Interacción entre los ciclos biogeoquímicos de un ecosistema.

Es decir que, en primer año y en el área de Ecología, se podría desarrollar desde los diferentes espacios curriculares, el nivel de organización biológica **ecosistema** (*relación entre un grupo de organismos entre sí y con su medio ambiente*).

Debido a que, la mayoría de las asignaturas de primer año, corresponden al área temática denominada “Ciencias Básicas”, desde la Química General se podrían trabajar los contenidos en relación a lo que sucede en un ecosistema cuyo aire, agua o suelo esté contaminado, influyendo ésta situación en la interacción de diferentes organismos. Desde la Química Orgánica, se podría desarrollar la temática de cuáles son los compuestos orgánicos presentes en un grupo de organismos, en su interacción con otros individuos y con el medio donde se desarrollan. Mientras que, desde la Matemática y la Estadística se podría trabajar, de manera conjunta la productividad de un ecosistema al considerar a los vegetales con capacidad de sintetizar su propia masa corporal a partir de los elementos y compuestos inorgánicos del medio, en presencia de agua y con la intervención de la luz solar, considerando a cada una de ellos como variables. Luego, los animales al comer las plantas, aprovechan los compuestos orgánicos y generan su propia estructura corporal. En ambos casos la proporción entre la cantidad de nutrientes ingresados y la biomasa producida nos dará la productividad, la cual servirá para obtener un parámetro para medir el funcionamiento de dicho ecosistema y conocer el modo en que la energía fluye. De esta manera, desde dos asignaturas se podría medir la eficacia de un ecosistema, al calcular su productividad como el cociente entre una variable de salida y otra de entrada. La Física abordaría el estudio de la circulación de

materia desde el mundo vivo hacia el ambiente abiótico y su regreso. Éstos son procesos naturales que reciclan elementos en diferentes formas químicas desde el medio ambiente hacia los organismos, y a la inversa, por lo tanto la Física en conexión con la Química estarían trabajando en cómo algunos elementos como el agua, carbono, oxígeno, nitrógeno y fósforo entre otros recorren estos ciclos, tanto en ecosistemas naturales como contaminados, en la interacción de los componentes vivos y no vivos de la Tierra.

Además, debemos tener en cuenta que el término “interacción”, se presenta con variadas acepciones en disciplinas como la Química o la Física. En Química de primer año, al hablar de estructura y propiedades de las moléculas orgánicas, nos estamos refiriendo a los diferentes tipos de enlaces, por ejemplo: “interacción doble enlace” o “interacciones de van der Waals”. Así, el término también es considerado debido a la polisemia con la cual se presenta en los diferentes documentos analizados. Esto nos permitiría, de alguna manera, transmitir la pluralidad de significados que se le atribuyen al término en estudio desde primer año, así se comenzarían a construir redes de significados y contextos interpretativos de los fenómenos que se ampliarían a medida que se avanza en la carrera.

En segundo año, se trabajaría las interacciones en el nivel de **población** (*conjunto de individuos que pertenecen a la misma especie y que ocupan el mismo hábitat*) y el nivel de **especie** (*conjunto de individuos que poseen el mismo genoma y que tienden a aparearse entre sí dando origen a una cría fértil*). A manera de ejemplo, desde las asignaturas Morfología Animal y Morfología Vegetal, se podrían relacionar los diferentes patrones morfológicos que pueden adquirir un conjunto de individuos (animales o vegetales) y en las interacciones entre ellos para lograr establecerse y afianzarse en un determinado hábitat, para constituir una población.

En tercer año se podría desarrollar el concepto de interacción a nivel de **comunidad** (*conjunto de poblaciones interactuando entre sí, ocupando el mismo hábitat*). También a manera de ejemplo, desde las asignaturas Diversidad Vegetal I y II, se podría desarrollar de manera coordinada, la importancia de algún proceso biológico particular relacionado a una población de plantas celulares y a una población de plantas vasculares. Este enfoque desde ambas asignaturas, podría revelar las interacciones que ocurren a nivel poblacional (recuperando conceptualizaciones de segundo año), para así transferirlos al nivel de comunidad.

Finalmente, en cuarto año, se desarrollaría la temática referida a todas las **interacciones** a nivel de organismos, intraespecífico, interespecífico, de población, de comunidad y de ecosistema, desde el punto de vista evolutivo, del comportamiento y biogeográfico. En este último año, y al haber recorrido todos los niveles de organización biológica, desde la Ecología como asignatura nucleante, se podría trabajar el concepto de manera conjunta planteando situaciones problemáticas cuyo abordaje requiera diferentes miradas relacionadas con la evolución, la biogeografía y la genética.

La investigación descriptiva desarrollada en esta tesis, representa un diagnóstico inicial que plantea una problemática curricular, a través del análisis de la presencia y alcance que toma el concepto de interacción. Se fundamenta su rol de “estructurante” del estudio de la Biología.

Como un aporte reflexivo se realiza una propuesta curricular para la carrera estudiada, desde una mirada diferente, acerca de los numerosos aspectos que deben considerarse para elaborar y/o modificar diseños curriculares.

Restan realizar investigaciones e innovaciones educativas que pongan a prueba estas ideas relacionadas con la necesidad de tratamiento en niveles de complejidad de los temas y de estructuraciones del currículum de materias y carreras desde conceptos integradores como el analizado aquí.

CONCLUSIONES

- Se identificó una estrecha relación entre los conceptos de “sinergia” e “interacción”, puesta en evidencia a través de la literatura biológica.
- Al comparar la aparición de los conceptos de “interacción” y “sinergia”, éste último fue detectado desde épocas muy tempranas en bibliografía biológica, mientras que el concepto “interacción” es un término cuyo uso es relativamente reciente (a partir de la década de 1970).
- La aparición del concepto “interacción” fue inicialmente de manera fragmentada, por ejemplo en la embriología y la fisiología. Luego fue incorporado a genética, y más recientemente forma parte de textos que estudian diferentes aspectos de la evolución.
- El concepto está presente de manera explícitamente enunciado en poco más de la mitad de los programas de las asignaturas obligatorias de la carrera de Biología (Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales-Universidad Nacional de Córdoba) mientras que en la mayoría de los libros de texto se presenta casi siempre explícitamente enunciado.
- El análisis desde la historia de la Biología permite analizar la línea de incorporación curricular del concepto estudiado y de los textos explicativos o descriptivos de los que forma parte. Es decir que resulta ser adecuado retomar la historia para reinterpretar el currículum, así como para identificar los conceptos estructurantes como el aquí tratado.
- Un análisis histórico y epistemológico del concepto en estudio, nos permite revisar la evolución histórica de la noción de “interacción”, a través de la cual podemos relacionar la aparición del concepto con la incorporación de la visión más holística, sistémica y ecológica hacia los sistemas biológicos. Lo anterior impacta fuertemente en la manera de aproximarse al estudio y la construcción del conocimiento en biología, generando un gran cambio en la manera de interpretar y predecir.

- La presencia explícita del concepto estaría indicando la asiduidad con que es utilizado tanto de parte de los profesores que arman los programas de las asignaturas como de los autores que escriben los libros de texto.

- En los libros de texto analizados, el concepto está asociado a numerosas áreas de conocimientos biológicos en comparación con los programas de las asignaturas. Si bien el armado de un programa exige un recorte curricular y la selección de determinados términos para su presentación, puede haber conceptos recurrentes para establecer sus correlaciones. La situación encontrada para el concepto de interacción podría ser tomada en cuenta para ampliar e integrar, desde el currículum, diferentes áreas de conocimientos que en la actualidad tienen escaso tratamiento, escasas relaciones o no pueden estar desarrolladas.

- El concepto está inmerso en forma amplia en los diferentes capítulos de los libros de texto analizados. Si tenemos en cuenta que estos textos son los sugeridos por docentes en los diferentes programas el alumno debe haberlo leído y en el mejor de los casos incluido en su estudio. Podemos inferir entonces que sería factible explicitar su tratamiento en casi todas las materias de la carrera.

- Desde el análisis de los programas, no hay un diseño que revele que se va ampliando su alcance en las distintas áreas de conocimiento biológico consideradas; es decir que el concepto “interacción” no estaría expuesto a una continua reorganización y profundización para alcanzar gradualmente niveles superiores e integrados de conocimientos relacionados. Por ello, en la secuenciación curricular no se manifiesta planificado claramente en niveles de complejidad creciente.

- Desde los libros de texto a lo largo de los cuatro años de carrera, y considerando las diferentes áreas de conocimientos biológicos, podemos observar que están asociadas al concepto desde primero a cuarto año, es decir que existe una continuidad en cuanto a su tratamiento. Este hecho justifica su elección como posible concepto estructurante en la Biología. Así, el concepto “interacción” se podría convertir en uno de los conceptos que forman un armazón sobre el cual se construyen los demás, si se trabajara desde los programas con la planificación de sus distintos

niveles de complejidad en referencia al propio “concepto” o a las “explicaciones” de las que forma parte.

- El concepto interacción muestra ser estructurante, acorde al estudio empírico realizado. Lo encontrado coincide con lo que sostiene Vecchi (1997) el cual expresa *“se realizó la búsqueda de algunos conceptos que pueden ser clasificados como estructurantes y hemos identificado los siguientes: sistema, órgano, aparato, función, relación, intercambio, información, comunicación, flujo, ciclo, causalidad, equilibrio, regulación, retroalimentación (feedback), “interacción”, evolución, adaptación, duración, ambiente, comunidades, ecosistemas”*.
- Metodológicamente es factible encontrar indicadores de conceptos estructurantes desde textos y programas a partir de su presencia y recurrencia.
- Análisis diagnósticos como el realizado dan fundamentos y base empírica para plantear un cambio curricular.
- El análisis curricular es parcial ya que se completaría con el desarrollo de las clases, lo cual escapa a los límites de este estudio.
- Estarían dadas en la carrera la secuencia de materias que permitirían recorrer el tratamiento propuesto para este tema.

CAPÍTULO V

BIBLIOGRAFÍA

Alberts, B., Bray, D., Hopkin, K., Johnson, A., Lewis, J., Raff, M., Roberts, K & Walter, P. (2006). *Introducción a la Biología Celular*, Editorial Médica Panamericana, Buenos Aires.

Alexopoulos, C.J. & Mims, C.W. (1985). *Introducción a la Micología*, Ediciones Omega, Barcelona.

Alomá, E. & Malaver, M. (2007). Análisis de los conceptos de energía, calor, trabajo y el teorema de carnot en textos universitarios de termodinámica, *Enseñanza de las ciencias*, 25(3): 387- 400.

Alvarez, J. (1979). *Diccionarios Rioduero, Zoología*, Rioduero, Madrid.

Ander-Egg, E. (1996). *La planificación educativa. Conceptos, métodos, estrategias y técnicas para educadores*, Magisterio del Río de la Plata, Buenos Aires.

Armúa de Reyes, C. (2003). Una propuesta integradora en la enseñanza de la Biología, *Memorias V Jornadas Nacionales de Enseñanza de la Biología*, Misiones.

Bar, A.R. (2002). Textos de Biología y explicaciones del mundo biológico, *Revista de Educación en Biología*, 5 (1): 9-19.

Bardín, L. (1986). *El análisis de contenidos*, Ediciones Akal, Madrid.

Barrett, G.W. & Kress, W.J. (2001). “The New Revolution in Biology”, en: *A new Century of Biology*, Kress, W.J. and Barrett, G.W. (ed.), Smithsonian Institution Press, Washington and London, pp. 1-8.

Begon, M., Rowsend, C.R. & Harper, J. (2005). *Ecology: from individuals to ecosystems*, Fourth Edition, Blackwell Scientific Publications, London.

Berg, J. M., Tymoczko, J.L. & Stryer, J.M. (2008). *Bioquímica*, Editorial Reverté, Barcelona.

Bermúdez, G.M. & De Longhi, A. L. (2006). Propuesta curricular de hipótesis de progresión para conceptos estructurantes de ecología, *Campo abierto (Revista de Educación)*, 25 (2): 13-38.

Bernardello, G. (2008). *La Biología en la Ciencia Contemporánea*, Maestría en Educación en Ciencias Experimentales y Tecnología, Apuntes de Clase, Córdoba.

Brown, J.H. & Lomolino, M.V. (1998). *Biogeography*, Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Massachusetts.

Caldeira, H. (2005). Los libros de texto de ciencias ¿son como deberían ser?, *Revista de Investigación e Innovación Educativa*, 36: 167-184.

Campanario, J. & Otero, J. (2003). La comprensión de textos de ciencias, en: F.J. Perales y P. Cañal (Eds.) *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Editorial Marfil, Alicante.

Cañal, P. (1997) La fotosíntesis y la respiración inversa de las plantas: ¿un problema de secuenciación de los contenidos?, *Alambique*, 14: 21-36.

Cañal, P. (2004). La enseñanza de la Biología: ¿cuál es la situación actual y qué hacer para mejorarla?, *Alambique*, 41: 27-41.

Carrascosa, J., Gil Pérez, D & Valdés, P. (2005). *¿Cómo hacer posible el aprendizaje significativo de conceptos y teorías?*, OREALC/UNESCO, Santiago de Chile.

Chevallard, Y. (1998). *Transposición Didáctica. Del Saber Sabio al Saber Enseñado*, Aique Grupo Editor, Buenos Aires.

Colás Bravo, M. P. (1994). “La investigación en el campo de la educación”, en: *Investigación Educativa*. Editorial Alfar, Sevilla, pp. 25-42.

Coll, S. (1996). *Aprendizaje escolar y construcción del conocimiento*, Editorial Paidós, Buenos Aires.

Coonen, L. (1970). *La génesis de la Biología*, Editorial Columbia, Buenos Aires.

Cornejo, J. N. (2006). La enseñanza de la ciencia y la tecnología en la escuela argentina (1880-2000): un análisis desde los textos, *Enseñanza de la Ciencias*, 24 (3): 357-370.

Corning, P. (2003). *Nature's Magic Sinergy in Evolution and the Fate of Humankind*, Cambridge University Press, New York.

Corral de Zurita, N. (2003). El marco epistemológico del estudiante en el proceso de enseñanza y aprendizaje de disciplinas científicas, *Congreso Latinoamericano de Educación Superior en el Siglo XXI*, San Luis.

Cox, C. B. & Moore, P.D. (1993). *Biogeography An ecological and evolutionary approach*, Blackwell Scientific Publications, London.

Cutrera, G. y Dell'Oro, G. (2003). Un análisis del contenido en textos escolares sobre el método científico. *Revista Ibero Americana de Educación. Experiencias e Innovaciones*. Versión digital. Publicación de la Organización de Estados Iberoamericanos. Mayo 2003. Recuperado el 10 de Febrero de 2009 <http://www.rieoei.org/experiencia55.htm/>

De la Mata, M. L. (1997). La comprensión de textos como proceso interactivo: el papel del profesor en la ZDP, *Cultura y Educación*, 67: 91-103.

Del Carmen, L. & Jiménez Aleixandre, M.P. (1997). Los libros de texto: un recurso flexible, *Alambique*, 11: 7-14.

De Longhi, A.L. (2001). ¿Cuáles son los principales cambios en la didáctica de la biología en los últimos años?, *Memorias de las V Jornadas Nacionales de Enseñanza de la Biología*, Misiones.

De Longhi, A.L., Bernardello, G., Crocco, L. & Gallino, M. (2003). *Curso de Capacitación docente en Biología. Genética y Evolución*, Ministerio de Educación, Ciencia y Tecnología de la Nación, Buenos Aires.

Díaz Barriga, A. (2003). Currículum. Tensiones conceptuales y prácticas, *Revista electrónica de educación educativa*, 5 (2): 81-93.

Díaz Bordenave, J & Martins Pereira, A. (1982). *Estrategias de enseñanza-aprendizaje Orientaciones didácticas para la docencia universitaria*, Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura, San José.

Diccionario General Ilustrado de la Lengua Española (1945), Publicaciones y ediciones Spes, S.A. Barcelona.

Diccionario de la Lengua Española. Real Academia Española (1956), Decimoctava Edición. Espasa-Calpe, S.A. Madrid.

Diccionario de la Lengua Española. Real Academia Española (1970), Decimonovena Edición. Espasa-Calpe, S.A. Madrid.

Diccionario de la Lengua Española. Real Academia Española (1984), Vigésima edición. Espasa-Calpe, S.A. Madrid.

Ehrlich, P. & Raven, P. (1964). "Butterflies and Plants: A Study in Coevolution", en: *Evolution*, 18, pp. 586-608.

Elortegui, N., Fernández González, J. & Medina, M. (2002). Consideraciones sobre la investigación en didáctica de las ciencias de la naturaleza, *Alambique*, 34: 37-46.

Elser, J. & Urabe, J. (1999). The stoichiometry of consumer-driven nutrient recycling: theory, observations, and consequences, *Ecology*, 80 (3): 735-755.

Fahn, A. (1985). *Anatomía vegetal*, Editorial Pirámide, Madrid.

- Font Quer, P. (1979). *Diccionario de Botánica*, Editorial Labor, S.A. Barcelona.
- Font Quer, P. (2001). *Diccionario de Botánica*, Editorial Labor, S.A. Barcelona.
- Franco Romero, A.M., Castellanos Roberto, P.L. & Medellín Cadena, F.A. (2010). Una Mirada al Contenido Didáctico del concepto Adaptación Biológica en libros de texto de biología de 6º y 9º grados de Educación Básica, *Bio-grafía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, 3 (4): 1-27.
- Frigerio, G. (Comp.) (1991). *Currículum presente. Ciencia ausente. Normas, teorías y crítica*, Miño y Dávila editores, Buenos Aires.
- Futyuma, D.J. (1998). *Evolutionary Biology*, Sinauer Associates, Inc., Sunderland, Massachussets.
- Gagliardi, R. (1986). Los conceptos estructurantes en el aprendizaje por investigación, *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (1): 30-35.
- Gagliardi, R. & Giordan, A. (1986). La historia de las Ciencias: una herramienta para la enseñanza, *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (3): 253-258.
- Ganong, W.F. (2004). *Fisiología Médica*, Editorial El Manual Moderno, México.
- García, J.E. (1997). La formulación de hipótesis de progresión para la construcción del conocimiento escolar: una propuesta de secuenciación en la enseñanza de la ecología, *Alambique*, 14: 37- 48.
- García Díaz, J.E. (2001). La construcción de la noción de interacción, *Alambique*, 27: 92- 106.
- García Cruz, C. M. (1998). Historia y Epistemología de las Ciencias. De los obstáculos epistemológicos a los conceptos estructurantes: una aproximación a la enseñanza-aprendizaje de la geología, *Enseñanza de las ciencias*, 16 (2): 323-330.

Gil Pérez, D., Gaviria Catalán, V., Sanmartí Puig, N., Caamaño Ros, A., Albadejo Marcet, C., Jimenez Aleixandre, M.P., Barral, F.M.L. & Otero Gutierrez, L. (1993). *Propuestas de secuencia Ciencias de la Naturaleza*. Editorial Escuela Española, Madrid.

Gómez, E.D., (2002). “Pensamiento Complejo para una Educación Interdisciplinaria” en: *Manual de Iniciación al Pensamiento Complejo*, Marco Antonio Velilla (comp.), ICFES, UNESCO, pp. 209-220.

González Casanova, P. (2004). *Las nuevas ciencias y las humanidades. De la Academia a la Política*, Editorial Anthropos, Barcelona.

Griffiths, A.J.F., Miller, J.H., Susuki, D.T., Lewontin, R.C. & Gelbart, W.M. (2002). *Genética*, Editorial Interamericana, Madrid.

Guillén, F. C. (1997). “Algunos aspectos a considerar en la enseñanza de la biología”, en: *Contenidos relevantes de ciencias naturales para la educación básica*. Alba, A. et al., México, p. 53-64.

Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C. & Baptista Lucio, P. (1997). *Metodología de la Investigación*, Mac Graw Hill Interamericana editores, México.

Hill, R.W., Wyse, G.A. & Anderson, M. (2006). *Fisiología Animal*, Editorial Médica Panamericana, Madrid.

Izquierdo, M & Rivera, L. (1997). La estructura y comprensión de los textos de ciencias, *Alambique*, 11: 24-33.

Jiménez Aleixandre, M.P. (2001). Comunidades de producción de conocimientos en clase de biología, *Memorias de las V Jornadas Nacionales de Enseñanza de la Biología*, Misiones.

Jiménez Tejada, M., González García, F. & Hódar, J. (2008). El aprendizaje del concepto biológico de población: cómo pueden las ciencias sociales y las matemáticas

colaborar con la didáctica de la biología, *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 22: 103-114.

Jiménez Valladares, J. & Perales Palacios, F. (2001). Aplicación del Análisis Secuencial al estudio del texto escrito e Ilustraciones de los Libros De física y Química de la ESO, *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (1): 3-19.

Koestler, A. & Smythies, J.R. (eds.) (1969) *Beyond Reductionism: New perspectives in the Life Sciences*, Hutchinson, London.

Krippendorff, K. (1990). *Metodología de análisis de contenido Teoría y Práctica*, Editorial Paidós, Buenos Aires.

Lemke, J.L. (2006). Investigar para el futuro de la educación científica: nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir, *Enseñanza de las Ciencias*, 24 (1): 5-12.

Lender, T., Delavault, R. & Le Moigne, A. (1985). *Diccionario de Biología*, Editorial Grijalbo, Barcelona.

Liendro, E. (1992). *Curriculum presente ciencia ausente*, Tomo II, Editorial Miño y Dávila, Buenos Aires.

Likens, G.E. (2001). "Ecosystems: Energetics and Biogeochemistry", en: *A new Century of Biology*. Kress, W.J. and Barrett, G.W. (ed.), Smithsonian Institution Press, Washington and London, pp. 53-88.

Lindeman, R.L. (1941). *Ecological dynamics in a senescent lake*, University of Minnesota, Minneapolis, Minnesota.

Londoño, S.L. (2002) "Educación Superior y Complejidad: apuntes sobre el principio de flexibilización curricular", en: *Manual de Iniciación Pedagógica al Pensamiento Complejo*. Marco A. Velilla (comp.), ICFES, UNESCO, pp. 201-208.

López Manjón, A. (1997). “La explicación teleológica en la enseñanza y aprendizaje de la Biología”, en: *Construir y enseñar las ciencias experimentales*. Aique grupo editor, Buenos Aires, 209 pp.

Madigan, M.T., Martinko, J.M. & Parker, J. (2004). *Brock. Biología de los Microorganismos*, Pearson Educación, Madrid.

Malpartida, A. (1997). “Orígenes y bases de la Ecología”, *Ambiente Ecológico*, 31.

Margulis, L. (2001). “Bacteria in the Origins of Species: Demise of the Neo-Darwinian Paradigm”, en: *A new Century of Biology*. Kress, W.J. and Barrett, G.W. (ed.), Smithsonian Institution Press, Washington and London, pp. 9-27.

Margulis, L. (2002). *Planeta Simbiótico. Un nuevo punto de vista sobre la Evolución*, Editorial Debate, Madrid.

Martínez, F., Ortiz, E., González, A. & Brito, H. (2009). Antecedentes, iniciadores y fundamentos de los estudios de la complejidad, *Quórum Académico*, 6 (1): 79-120.

Maturana, H.R. & Varela, F.J. (1973). *De máquinas y seres vivos: Una teoría de la organización biológica*, Editorial Universitaria, Santiago.

Mauri, M.T. (1993). “Currículum y Enseñanza”, en: *El currículum en el centro educativo*. Ice Horsori, Universidad de Barcelona.

Mayr E. (2000). Biology in the Twenty-First Century, *BioScience*, 50 (10): 895-897.

Mayr, E. (2001) “Biology in the Twenty-First Century”, en *A new Century of Biology*, Kress, W.J. and Barrett, G.W. (ed.), Smithsonian Institution Press, Washington and London, pp, vii-x.

Mayr, E. (2006). *Porqué es única la Biología. Consideraciones sobre la autonomía de una disciplina científica*, Katz editores, Buenos Aires.

Meinardi, E. & Adúriz Bravo, A. (2002). Debates actuales en la didáctica de las ciencias naturales, *Revista de Educación en Biología*, 5 (2): 41-49.

Menin, O. (2001). *Pedagogía y Universidad. Currículum, didáctica y evaluación*, Editorial Homo sapiens, Rosario.

Minnick Santa, C. & Alvermann, D (1994). *Una didáctica de las ciencias. Procesos y aplicaciones*, Aique Grupo Editor, Buenos Aires.

Moreno Lorite, M (1997). Secuenciación de contenidos y enseñanza de la Astronomía, *Alambique*, 14: 61-71.

Moreno, J.C. (2002) “Tres Teorías que dieron origen al Pensamiento Complejo: sistémica, cibernética e información”, en: *Manual de Iniciación Pedagógica al Pensamiento Complejo*. Marco Antonio Velilla (comp.), ICFES, UNESCO, pp. 25-37.

Morin, E. (1994). *El Método. El conocimiento del conocimiento*, Ediciones Cátedra, Madrid.

Morin, E. (1997). *Método II: La naturaleza de la naturaleza*, Ediciones Cátedra, Madrid.

Morin, E. (1998). *Introducción al pensamiento complejo*, Editorial Gedisa, Barcelona.

Morin, E. (1999). *La cabeza bien puesta: Repensar la reforma*, Ediciones Nueva Visión, Buenos Aires.

Morin, E. (2002). *Los siete saberes necesarios para la educación del futuro*, Ediciones Nueva Visión, Buenos Aires.

Novak, J. (1978). An alternative to Piagetian Psychology for science and mathematics education, *Studies in SC. Education*, 5: 1-30.

Orians, G.H. (2001). "Behaviour, Ecology, and Evolution", en: *A new Century of Biology*, Kress, W.J. and Barrett, G.W. (ed.), Smithsonian Institution Press, Washington and London, pp. 89-116.

Otero, J. (1997). El conocimiento de la falta de conocimiento de un texto científico, *Alambique*, 11: 15-22.

Oyama, K. (1999). "La Coevolución", en: *La Evolución Biológica*. Nuñez-Farfán, J. y Eguiarte, L.E. (comp.) Universidad Autónoma de México, México, pp. 153-174.

Pedrinaci, E. (1997). ¿Es importante secuenciar contenidos?, *Alambique*, 14: 5-8.

Pedrinaci E. & Del Carmen, L. (1997). La secuenciación de contenidos: mucho ruido y pocas nueces, *Alambique*, 14: 9-20.

Peme, C. (2003). La problemática de la selección, organización y secuenciación de contenidos en didáctica de las Ciencias. Fundamentos de algunos criterios a considerar en su planificación, *Apuntes de Curso-Taller*, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, UNC, Córdoba.

Peme, C. & Alaniz Andrada, H. (2010). *Aportes didácticos para la formación de docentes universitarios. Selección de Contenidos*, Editor Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, UNC, Córdoba.

Pozo, J. (1992). "El aprendizaje y la enseñanza de hechos y conceptos", en: *Los contenidos de la Reforma*, Coll, C., Pozo, I., Sarabia, B. and Valls, E. Editorial Santillana, Buenos Aires, pp. 19-79.

Prigogine, I. (1997). *¿Tan solo una ilusión? Una exploración del caos al orden*, cuarta edición, Tusquets Editores, Barcelona.

Purves, W.K., Sadava, D.; Orians, G.H. & H.C. Heller (2003). *Vida. La ciencia de la Biología*, sexta edición, Editorial Médica Panamericana, Buenos Aires.

Ramírez, E. (1994). Reelaboración de esquemas lógicos en la producción de un discurso, *Infancia y Aprendizaje*, 67-68: 35-49

Ramos, A. (1987), *Diccionario de la Naturaleza, Hombre, Ecología, Paisaje*, Editorial Espasa-Calpe, Madrid.

Reiss, M.J. (2006). Desarrollo de un curso de Biología contextualizado en el Bachillerato: el caso del Proyecto Salters-Nuffield Advanced Biology, *Enseñanza de las Ciencias*, 24 (3): 429-438.

Rostand, J. (1979). *Introducción a la Historia de la Biología*, Editorial Península, Barcelona.

Salinas, D. (1997). "Curriculum, racionalidad y discurso didáctico", en: Poggi, M. (Comp.) *Apuntes y Aportes para la gestión curricular*, Editorial Kapelusz, Buenos Aires.

Salit, C. (2009). El currículum universitario como objeto de investigación: ¿Un campo de estudios emergente?, *VI Encuentro Nacional y III Latinoamericano*, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba.

Salvo, A. (2008). *Insectos y Microorganismos*, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Entomología, apuntes teóricos, Córdoba.

Sánchez Miguel, E. (1995). *Los textos expositivos Estrategias para mejorar su comprensión*, Ediciones Santillana, Buenos Aires.

Sanjurjo, L. & Vera, M. (1994). *Aprendizaje significativo en los niveles medio y superior*, Editorial Homo sapiens, Rosario.

Sampedro, J. (2002). *Deconstruyendo a Darwin*, 1ª Edición, Plaza edición, Barcelona.

Scagel, R.F., Bandoni, R.J., Maze, J.R., Rouse, G.E., Schofield, W.B. & Stein, J.R. (1991). *Plantas no vasculares*, Ediciones Omega, Barcelona.

Singer, Ch. (1947). *Historia de la Biología*, Espasa-Calpe Argentina, Buenos Aires-México.

Soussan, G. (2003). *Enseñar las ciencias experimentales Didáctica y Formación*, Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe. UNESCO. Santiago de Chile.

Steinmann, A.R. & Cañas, F.L. (2001). Un modelo de contenido transversal para la enseñanza de las ciencias experimentales, *Revista de Educación en Biología*, 4 (2): 27-32.

Stipcich, M.S. & Moreira, M.A. (2001). El tratamiento del concepto de interacción en textos de Polimodal y universitarios, *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 1: 118-131.

Taiz, L. & Zeiger, E. (2006). *Fisiología Vegetal*, Editorial Universidad Jaume, Castellón de la Plana.

Tallada, A.M. (2005). Una propuesta de análisis de textos de ciencias para mejorar su uso en el aula, *Educar Revista de Educación*: 81-88.

Tancredi, D. (2006). El concepto de gen y cromosoma, conocimiento estructurante de la biología. Algunas aportaciones desde la investigación en enseñanza de las ciencias, *Revista de Investigación*, 59: 189-219.

Tansley, A.G. (1935). The use and abuse of vegetational concepts and terms, *Ecology*, 16 (3): 284-307.

Tedesco, J.C. (1998). Fortalecimiento del rol de los docentes: balance de las discusiones de la 45° Sesión de la Conferencia Internacional de Educación, *Revista Latinoamericana de Innovaciones Educativas*, 29: 15-40.

Tulving, E. (1972). *Episodic and Semantic Memory*, en: Tulving, E y Pearlstone (Eds) *Organization of Memory*, New York.

Uribe, L. (2008). Del mecanicismo a la complejidad en Biología, *Revista de Biología Tropical*, 56 (1): 399-407.

Vecchi, G. (1997). Faire Construire des Concepts Structurants des l'école primaire. Recuperado el 15 de marzo de 2009.

<http://www.unige.ch/fapse/SSE/teachers/giordan/LDES/info/publi/articles/vecchi.html>

Vera-Noriega, J.A., Pimentel, C.E. & Batista de Albuquerque, F.J. (2005). Redes Semánticas: aspectos teóricos, técnicos, metodológicos y analíticos, *Ra Ximhai*, 1 (3): 439-451.

Wade, Jr. L.G. (2004). *Química Orgánica*, Editorial Pearson Educación, Madrid.

Wilson, E. (1998). *Consilience. La unidad del conocimiento*, Editorial Galaxia Gutenberg, Barcelona.

Zabalza, M. (2003). *Competencias docentes del profesorado universitario. Calidad y desarrollo profesional*, Editorial Nancea, Madrid.

Zermeño Flores, A., Arellano Ceballos, A. & Ramirez Vazquez, V. (2005). Redes Semánticas Naturales: Técnicas para representar los significados que los jóvenes tienen sobre televisión, Internet y Expectativas de vida, *Estudio sobre las Culturas Contemporáneas*, 11 (22): 303-334.

Sitios web consultados

(<http://sites.google.com./site/cipebargentina/>). Recuperado el 30 de agosto de 2010.

(<http://www.efn.unc.edu.ar/escuelas/biolog/>). Recuperado el 25 de abril de 2009.

(<http://www.linkses.com>). Recuperado el 20 de noviembre de 2009

(<http://www.epdlp.com>). Recuperado el 03 de junio de 2010

<http://www.scribd.com/doc/20612067/CONTENIDOS-TRANSVERSALES>.

Recuperado el 15 de septiembre de 2010.