



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR**  
**FACULTAD DE PSICOLOGÍA**

**MODELO DE EVALUACIÓN CONSTRUCTIVO CRONOMÉTRICO DEL APRENDIZAJE DE  
BIOLOGÍA II Y IV EN ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR**

TESIS  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
MAESTRA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA SUPERIOR EN PSICOLOGÍA

PRESENTA:  
**JOCELYN PAMELA GARCÍA DURÁN**

TUTORA PRINCIPAL  
DRA. GUADALUPE ELIZABETH MORALES MARTÍNEZ  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES SOBRE LA UNIVERSIDAD Y LA EDUCACIÓN

COMITÉ:  
DRA. REYNA ELENA CALDERÓN CANALES  
INSTITUTO DE CIENCIAS APLICADAS Y TECNOLOGÍA  
DRA. OFELIA GUTIÉRREZ CONTRERAS  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA  
DR. MIGUEL MONROY FARÍAS  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA  
DRA. MILAGROS FIGUEROA CAMPOS  
FACULTAD DE PSICOLOGÍA  
**CIUDAD DE MÉXICO, MAYO 2021**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **Agradecimientos**

Al CONACYT por el apoyo otorgado a lo largo de la Maestría, el cual se consolida en la presente investigación.

A mi tutora la Dra. Guadalupe Morales, por su acompañamiento en todo el proceso, por fomentar el desarrollo científico en jóvenes, por construir puentes entre áreas de conocimiento y por transmitir su convicción en la formación de los jóvenes mexicanos.

Al comité tutorial, la Dra. Elena Calderón y la Dra. Ofelia Gutiérrez, por todas las valiosas observaciones y contrastes paradigmáticos que nutrieron el trabajo.

A mi mamá por su amor y apoyo incondicional, por ser la fuerza el medio y el fin. A mi hermano por ser el contraste que da equilibrio a mi vida. A Pi-pá por su apoyo y amor paternal. A mi tía Lety por sembrar en el conocimiento la fuente de superación. A Pau y Clauz por ser las hermanas que siempre quise. A Vale, Emi y Muno, por ser chispa en mi vida, por llenar de luz y alegría a toda la familia.

A los docentes de la MADEMS, que a través de retos académicos ayudaron a vislumbrar la complejidad que subyace en la labor docente. Estos vaivenes entre docente-alumno, implican posicionarse en alguna para crear y después apelar a la otra parte para evaluarse a uno mismo. Gracias por enseñarnos la importancia de la formación continua, en el la disciplina propia pero más importante en estrategias psicopedagógicas.

“Investigación realizada como parte del proyecto Consolidación de un Modelo de Transferencia Tecnológica de la Evaluación del Aprendizaje en Línea y Presencial. EVCOG o Evaluador cognitivo. Agradezco el apoyo en infraestructura y recurso humano del Instituto de Investigaciones sobre la Universidad y la Educación de la Universidad Nacional Autónoma de México”.

## Resumen

El presente trabajo de investigación en ciencia cognitiva y evaluación del aprendizaje académico exploró los cambios en el esquema de conocimiento de Biología (II y IV) aprendido por 100 estudiantes de cuarto y sexto semestre del nivel educativo medio superior. Para ello, se utilizó un enfoque metodológico *mixto* llamado Modelo de evaluación cognitiva constructiva cronométrica del aprendizaje. Primero a través de un estudio de Redes Semánticas Naturales se exploró el significado que los participantes dan al contenido que aprendieron en la materia de biología. La tarea del participante era definir con verbos, sustantivos y adjetivos diez conceptos centrales al curso de biología que estaban cursando. Además, por medio de un estudio de Facilitación Semántica, se evaluó la consolidación del aprendizaje en la memoria a largo plazo. Para ello, los participantes llevaron a cabo una tarea de decisión lexical, clasificando palabras asociadas o no al esquema de conocimiento evaluado. Los resultados del primer estudio señalan cambios en la forma en como los participantes organizan y estructuran la información. Sin embargo, los datos del segundo estudio sugieren que no hubo consolidación de la información almacenada en la memoria de los estudiantes. Las implicaciones de esta propuesta psicológica de evaluación del aprendizaje en el diagnóstico cognitivo del aprendizaje y en la elaboración de materiales para la enseñanza de estudiantes a nivel de educación media superior es discutida en el presente trabajo.

**Palabras clave:** Educación media superior, *aprendizaje, evaluación cognitiva constructiva-cronométrica, mapas conceptuales, ciencia cognitiva.*

## Summary

This research work in cognitive science and evaluation of academic learning, explored the changes in the knowledge scheme of Biology (II and IV) learned by 100 students of the fourth and sixth semester of the high school. For this, a mixed methodological approach called the Chronometric-Constructive Cognitive Assessment Model of Learning was used. First, through a study of Natural Semantic Networks, the author explored the meaning that the participants give to the content they learned in the subject of biology. The participant's task was to define with verbs, nouns, and adjectives ten central concepts to the biology course. In addition, the consolidation of learning in long-term memory was evaluated by a Semantic Priming study. For this, the participants carried out a lexical decision task, classifying words associated or not with the evaluated knowledge scheme. The results of the first study indicate changes in the way participants organize and structure information. However, the data from the second study suggest that there was no consolidation of the information stored in the memory of the students. The implications of this psychological proposal for the evaluation of learning in the cognitive diagnosis of learning and in the elaboration of materials for the teaching of students at the high school is discussed in the present document.

**Keywords:** High school, Learning, Constructive-Chronometric Cognitive Evaluation, Conceptual Maps, Cognitive Science.

## Índice de contenido

<b>Introducción</b>	1
<b>Capítulo 1. Contextualización del trabajo de investigación</b>	6
1.1 Fundación del Colegio de Ciencias y Humanidades	6
1.1.1 Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Vallejo	8
1.1.2 Misión y filosofía educativa del CCH Plantel Vallejo	8
1.1.3. Sobre la materia de Biología II y IV	9
1.2 Planteamiento del Problema	14
1.3 Justificación	17
<b>Capítulo 2. La Evaluación Educativa</b>	19
2.1. Definición e importancia de la evaluación del aprendizaje	19
2.2. Historia de la evaluación del aprendizaje	21
2.3. Evolución de los paradigmas de la evaluación del aprendizaje	25
2.3.1 Primera Generación de Evaluación	27
2.3.1.1 El impacto de la psicometría en la visión del aprendizaje y sus medios de evaluación del aprendizaje.	31
2.3.2 Segunda Generación de la Evaluación	31
2.3.2.1 El inicio de la Evaluación por Criterios	33
2.3.2.2. El impacto del conductismo en la visión del aprendizaje y sus medios de evaluación del aprendizaje	34
2.3.3. Tercera Generación de la Evaluación	36
2.3.4 Cuarta Generación de la Evaluación	42
2.3.4.1. El impacto del constructivismo en la visión del aprendizaje y sus medios de evaluación del aprendizaje	42
2.5. La evaluación en la ENCCH	42
2.6. Aspectos cognitivos a evaluar en el aprendizaje y el C3-LEM	42
<b>Capítulo 3. La Evaluación Cognitiva Constructiva Cronométrica del Aprendizaje</b>	45
3.1 El aprendizaje desde las Ciencias Cognitivas	45
3.2.1 Estudio del aprendizaje constructivo con Redes Semánticas Naturales	49
3.2.2 Estudio cronométrico del aprendizaje con Facilitación Semántica	51
<b>Capítulo 4. Aprendizaje significativo y mapas conceptuales</b>	54

4.1. Aprendizaje significativo	54
4.2 Mapas conceptuales	57
4.3 Origen de los mapas conceptuales	59
4.4 Elaboración de mapas conceptuales	59
4.5 Funcionalidad de los mapas conceptuales	62
4.6 Sistemas de puntuación de los mapas conceptuales	63
4.7 Los mapas conceptuales y su relación con el C3-LEM.	67
<b>Capítulo 5. Propuesta metodológica</b>	<b>69</b>
5.1 Pregunta de investigación	69
5.2 Objetivo General	69
5.3 Objetivos Específicos	69
5.4 Diseño del estudio	70
5.5 Definiciones conceptuales, operacionales	71
5.6 Hipótesis (de trabajo y estadísticas).	72
5.7 Participantes	73
5.8 Escenario	74
5.9 Instrumentos y materiales	75
5.10 Procedimiento	76
5.10.1 Estudio de Redes Semánticas Naturales	76
5.10.2 Estudio de Facilitación Semántica	77
<b>Capítulo 6. Resultados</b>	<b>78</b>
6.1 Resultados de los Estudios Cognitivos Biología II Grupo 447	78
6.1.1 Hallazgos en el estudio de Redes Semánticas Naturales	78
6.1.2 Hallazgos en el estudio de Facilitación Semántica	94
6.2 Resultados de los Estudios Cognitivos Biología II Grupo 472	95
6.2.1 Hallazgos en el estudio de Redes Semánticas Naturales (RSN)	95
6.2.2 Hallazgos en el estudio de Facilitación Semántica	109
6.3 Resultados de los Estudios Cognitivos Biología IV Grupo 693	110
6.3.1 Hallazgos en el estudio de Redes Semánticas Naturales (RSN)	110
6.3.2 Hallazgos en el estudio de Facilitación Semántica	122
6.4 Resultados de los Estudios Cognitivos Biología IV Grupo 860	123
6.4.1 Hallazgos en el estudio de Redes Semánticas Naturales (RSN)	123
6.4.2 Hallazgos en el estudio de Facilitación Semántica (FACSEM)	136

<b>Capítulo 7. Discusión y conclusiones</b>	138
7.1 Discusión	138
7.2 Conclusiones	142
7.3 Reflexión como maestrante	145
<b>Referencias</b>	148
<b>Anexo I</b>	168
<b>Anexo II. Propuesta de mapas conceptuales para los contenidos de biología</b>	172

## **Introducción**

Las secuelas de la Segunda Guerra Mundial dejaron estragos en todas las dimensiones sociales de la humanidad. El desarrollo científico y la acelerada competencia tecnológica internacional derivada de la victoria rusa en la carrera tecnológica del espacio culminaron en un análisis mundial profundo de los sistemas educativos, los métodos de enseñanza y evaluación. Así, la llamada Crisis Mundial de la Educación, parece ser uno de los cambios más relevantes, de ella se hace mención en los textos de (Lindblad et al. 2018).

El panorama mundial contemplaba ciertos factores como el decrecimiento de la población, movimientos migratorios y reincorporación a actividades productivas diarias. La integración y división de naciones y el final de los conflictos bélicos, hicieron que los presupuestos globales, fueran destinados a la reconstrucción de las naciones, por ende, la educación fue concebida como principal medio de transformación social. Sin embargo, los sistemas educativos no estaban en condiciones de enfrentar el alza súbita por educación. Además, imperaban aún metodologías y estrategias tradicionales. Por ello, la agenda educativa mundial hizo hincapié en una transformación del proceso educativo en toda su complejidad. Como resultado, en 1967 se realizó la Conferencia Internacional sobre la Crisis de la Educación, en este evento se llevó a cabo un análisis de las problemáticas y prioridades, así como la propuesta de nuevas metodologías y estrategias que implicaran una nueva visión de las instituciones, sus agentes y procesos (Guillén, 2008).

Las dinámicas internacionales impactaron las reformas educativas de los países miembros de las principales organizaciones económicas y políticas del mundo. En el caso de México los efectos causados en la Educación Media Superior incluyeron la reformulación de algunos sistemas con el objetivo de empatar las actividades laborales y educativas de la población joven. En el caso de la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) distinguida por su modelo enciclopédico, se destacaba una educación de alta calidad, ya que ofrecía una variedad de disciplinas que van desde conocimiento en filosofía, literatura, ciencias, teología y artísticas. Después esta pasó a ser un modelo educativo dentro de la amplia variedad de sistemas de educación media superior que surgirían debido a las nuevas demandas sociales. Es decir, se buscaba que el perfil de los alumnos de la ENP fuera de alto

nivel adquisitivo, donde la visión de las familias y de los jóvenes estaban proyectadas hacia la continuidad de su trayectoria académica en la educación superior. Es evidente que la educación de calidad, especialmente en niveles más avanzados eran un privilegio, ya que gran parte de la población se incorporaba al campo laboral y productivo al finalizar sus estudios de secundaria. Sin embargo, la capacitación y adquisición de conocimiento y habilidades no debería quedar en los sectores privilegiados, sino que la población en general requería aumentar su nivel educativo para también impactar el campo laboral con actividades intelectuales más allá que sólo año de obra (Villa, 2010).

La educación se ve involucrada en dinámicas de diversa índole (p. ej., laboral, económica, cultural, histórica) y dado el crecimiento poblacional, la necesidad de mayor capacitación para incorporarse al campo productivo y la estabilidad económica del país existen mayores oportunidades para que los jóvenes puedan acceder a mayores niveles educativos. A estas alturas, el Estado se ve rebasado por la demanda y acude a diversas instituciones como la Secretaría de Educación Pública (SEP), la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y el Instituto Politécnico Nacional (IPN) para diseñar nuevas propuestas con diversos perfiles y orientaciones que dieran respuesta inmediata al criterio de cobertura.

Así, se desarrollaron un conjunto de propuestas en las que destacan los modelos basados en competencias para la vida como el del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH), donde se innova con la modalidad semestral, las clases pensadas en dinámicas de talleres, que buscaban otorgar a los estudiantes habilidades de socialización, debate y argumentación. Donde a diferencia de la Escuela Nacional Preparatoria, se optaba por clases de 120 minutos. El currículum involucraba educación científica, contenidos culturales y artísticos. Los docentes provenían directamente de las Facultades de Ciudad Universitaria de la UNAM.

Aunado a los esfuerzos anteriores, el CONALEP se consolida como otra institución que crece exponencialmente en sus primeros años de vida, debido a la gran oferta de carreras técnicas que capacitaban a los alumnos para incorporarse al campo laboral una vez concluidos sus estudios. Cabe señalar que esta institución tuvo gran aceptación en su fase inicial reflejado en el rápido aumento de matrícula, sin embargo, la efervescencia

terminaría pronto debido a la nula capacidad del modelo para asegurar la continuidad de los estudiantes al nivel universitario.

Finalmente, el Instituto Politécnico Nacional, se suma a los esfuerzos y en conjunto con la SEP crean los Centros de Estudios Científicos y Tecnológicos (CECyT) que buscaban tener mayores conocimientos en las áreas de ciencias exactas. Además, también se buscaba que cada uno de los planteles ofreciera la oportunidad de egresar con una especialización técnica (p. ej., técnico en sistemas computacionales, técnico en mecánica y eléctrica, técnico en enfermería, técnico en aeronáutica, entre otros) y conocimientos generales sobre humanidades y ciencias sociales. Es decir, a diferencia del CONALEP, esta formación permitía a los estudiantes tener la oportunidad de acceder al nivel superior o ingresar al campo laboral (Villa, 2010).

Con la vorágine de los eventos políticos reflejados en esfuerzos inmediatos para atender la cobertura, el Estado pierde de vista la heterogeneidad de los sistemas de Educación Media Superior, esto implica que la preparación que recibían los jóvenes tendría en algunos centros muchas carencias, lo que menguaba a aquel sector de estudiantes que deseaban continuar su trayecto en la Educación Superior. La respuesta gubernamental tras analizar el panorama fue tratar de homogeneizar los sistemas a través del examen único para el ingreso a la educación media superior (Exani-I) del CENEVAL, priorizando los principios de cobertura, equidad y calidad de la Educación.

Sumado a las condiciones nacionales mencionadas, es menester indicar la presión e influencia que ejercen los organismos internacionales en busca de estandarizar aquellos logros educativos que los países miembros debían alcanzar (e. g. OCDE, Banco Mundial); y los cambios de paradigmas en las Ciencias de la Educación.

Por la parte política institucional, la OCDE solicita al comité liderado por Delors, un informe sobre la educación mundial y sobre las rutas que habría que seguir en años posteriores, así el reporte intitulado “La educación encierra un tesoro” publicado en 1997, analiza los sistemas a partir de ejes dicotómicos siguientes:

1. La tensión entre lo mundial y lo local.
2. La tensión entre lo universal y lo singular.

3. La tensión entre tradición y modernidad.
4. La tensión entre el largo plazo y el corto plazo.
5. La tensión entre la indispensable competencia y la preocupación por la igualdad de oportunidades.
6. La tensión entre el extraordinario desarrollo de los conocimientos y las capacidades de asimilación del ser humano.
7. La tensión entre lo espiritual y lo materia.

Dichos ejes fungen como la base de la propuesta del comité, en donde se busca reconocer un amplio espectro de diversos factores, sociales, culturales, políticos, económicos, y espirituales. Dejando entrever que la Educación trasciende o debería entonces trascender los contenidos y planes de estudios, recuperar la riqueza de los recursos de cada país miembro y entonces construir modelos desde este vértice.

Así, Delors et al. (1997) refieren que la educación es todo lo que la Humanidad ha aprendido sobre sí misma. En resumen, proponen cuatro pilares que resultan fundamentales en la educación a lo largo de la vida, Aprender a conocer, Aprender a hacer, Aprender a vivir juntos, Aprender a ser. Resulta primordial mencionar la génesis de estos pilares, ya que, resultan ser los ejes del Modelo Educativo de Colegio de Ciencias y Humanidades. Un centro que busca la autonomía en el aprendizaje de sus estudiantes, y la trascendencia del saber en sus vidas diarias, la transformación del pensamiento a través del estudio de las Ciencias Exactas, Sociales y Humanidades.

El presente trabajo pretende abonar al pilar de Aprender a conocer que implica más que generar conocimientos de un dominio específico, sino hacer consiente al alumno de su conocimiento y con base en ello generar una serie de estrategias conectivistas que evidencien y permitan la constante organización de los significados atribuidos a un contenido. De forma específica, en este trabajo se plantea conocer las representaciones que los alumnos tienen tanto antes como después del curso. Este tipo de mediciones es una necesidad educativa en dos niveles, el de enseñanza y el de aprendizaje, porque permite un proceso de ajuste constante en la construcción del conocimiento y esquemas más complejos. En las siguientes páginas se describirá una propuesta metodológica (Modelo de Evaluación Cognitiva Constructiva Cronométrica del Aprendizaje) que busca aportar a una

nueva evaluación educativa centrada en el aprendizaje y significado de los estudiantes. Para enmarcar la implementación de esta propuesta de evaluación, en los siguientes capítulos se describe el contexto bajo el que se realizó la presente investigación. Posteriormente, se desarrollan aspectos teóricos que son la base del presente trabajo (p. ej., la evaluación educativa, el aprendizaje, representación del conocimiento y el uso de mapas conceptuales como estrategia constructiva de conocimiento). Finalmente, se presenta el método y utilizado, el análisis de los datos, la discusión, conclusiones, así como se mencionan las limitaciones del trabajo y las posibles líneas de investigación futuras y las conclusiones.

## **Capítulo 1**

### **Contextualización del trabajo de investigación**

El capítulo se presenta como una descripción de la institución educativa en la que se desarrolló el trabajo de investigación enmarcándolo dentro del contexto histórico, y geográfico en el que sucede. A este respecto, es importante mencionar que la Universidad Nacional Autónoma de México ha propuesto dos modelos educativos en el nivel de educación media superior, la Escuela Nacional Preparatoria y el Colegio de Ciencias y Humanidades. Por ello, el Programa de Maestría en Docencia para la Educación Media Superior busca contribuir a estos ambientes educativos con innovaciones y mejoras en los diversos aspectos de la enseñanza y el aprendizaje. Debido a esto el presente trabajo fue diseñado para evaluar el aprendizaje en estudiantes de educación media superior en uno de los Colegios de Ciencias y Humanidades. Entonces, para contextualizar el presente trabajo se inicia con la descripción breve del origen de la institución en donde se aplicó el estudio, después se exponen los principios regentes de la institución y finalmente se presenta la constitución de los planes y programas abordados que serán retomados a lo largo del presente trabajo.

#### **1.1 Fundación del Colegio de Ciencias y Humanidades**

La fundación del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) data del año 1971. Fue el 26 de enero de ese año, durante el rectorado de Pablo González Casanova que se aprueba por el Consejo Universitario de la UNAM, la creación de un sistema de Educación Media Superior que apoyara los esfuerzos nacionales para regular, estandarizar y atender la creciente demanda de cobertura que necesitaba la población mexicana (UNAM, 2018).

Durante esa época, además de los problemas estatales surgidos por unificar la oferta educativa, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) enfrentaba a su vez problemas de integración institucional, reflejados en la desvinculación de las escuelas, facultades, institutos y centros de investigación. Era necesario trabajar en un proyecto que coadyuvara al movimiento educativo del país, sin embargo, la propuesta buscaba ser más que una simple respuesta de cobertura o instalaciones. Por lo que, la transformación académica de la UNAM estaría encabezada por el diseño de una perspectiva curricular

innovadora que contemplara una nueva concepción de alumno y de los métodos de enseñanza.

Así, comenzó a cincelarse la creación del Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH), cuyos trabajos fueron confiados a un grupo de aproximadamente 80 destacados universitarios, dirigidos por Roger Díaz de Cossio, entonces coordinador de Ciencias de la UNAM. Mientras transcurrían las labores para la elaboración de planes y programas de estudio, surgieron opiniones en contra del proyecto por lo que terminaría siendo suspendido durante un tiempo.

Posteriormente, se reactivarían los trabajos, ahora en manos de los coordinadores de Ciencias y Humanidades de la Universidad, Guillermo Soberón y Rubén Bonifaz Nuño, lo que evidenciaba el interés de la UNAM por involucrar todas las instancias institucionales para este nuevo proyecto; además, de los directores de las facultades de Filosofía y Letras, Ciencias, Química y Ciencias Políticas y Sociales, lo anterior porque querían dotar al nuevo modelo de coherencia académica y mayor independencia en los procesos de aprendizaje de los jóvenes mediante fomento a la investigación. También en este proyecto participó el entonces director de la Escuela Nacional Preparatoria, Moisés Hurtado. Este esfuerzo concluiría en un sistema innovador, denominado por González Casanova, como el Colegio de Ciencias y Humanidades (UNAM, 2018).

Las primeras generaciones, ingresaron a los planteles de Azcapotzalco, Naucalpan y Vallejo, el 12 de abril de 1971, los planteles Oriente y Sur, abrieron sus puertas con un año de diferencia, en 1972. A lo largo de su historia de consolidación, destacan los siguientes eventos, la creación de su Consejo Técnico en 1992; la actualización de su Plan de Estudios en 1996; la obtención del rango de Escuela Nacional en 1997, así como la instalación de la Dirección General, en 1998 (UNAM, 2007).

En la actualidad, el Colegio está integrado por una Dirección General, cinco planteles, y por un Laboratorio Central, cuyas instalaciones están ubicadas en la Ciudad Universitaria de la UNAM. Este complejo sistema atiende a una población estudiantil de 60 mil alumnos, con una planta docente de aproximadamente 2 mil 800 profesores. Cada año ingresan 18 mil alumnos a sus aulas, y con base en el último informe han egresado un

millón de estudiantes (UNAM, 2007). Existen los turnos matutino y vespertino y se rige bajo los términos de la Ley Orgánica y del Estatuto General de la Universidad, además cuenta con una legislación propia denominada Reglamento de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades.

### **1.1.1 Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Vallejo**

Específicamente, la presente investigación se desarrolló en el Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Vallejo que se ubica en Av. 100 Metros Esq. Fortuna, Magdalena de las Salinas, Gustavo A. Madero, C.P. 07760, México, CDMX. Cuenta con, Clave del Sistema Nacional de Información de Escuelas: 09UBH0003S, Clave DGAE: 33 y Clave Entidad: 47204. El plantel cuenta con servicios básicos como de electricidad, agua, cañerías, alumbrado. Además de los servicios institucionales tales como la consulta y los préstamos bibliotecario, auditorios, zona deportiva de canchas y áreas verdes, préstamos de equipo de cómputo, audio, videograbación, mediateca, estacionamiento y vigilancia dentro de las instalaciones, servicios de salud, correo electrónico institucional y salas de cómputo.

### **1.1.2 Misión y filosofía educativa del CCH Plantel Vallejo**

La misión del Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Vallejo al igual que la de los demás CCH es promover que los alumnos se asuman como agentes responsables de su aprendizaje estimulando los procesos cognitivos complejos como la metacognición, la autorregulación y el razonamiento, aplicados a las situaciones sociohistóricas en las que se desenvuelven. En general, los CCH pretenden que la educación ofrecida comprenda las disciplinas básicas de la ciencia y los saberes académicos, y a su vez sirvan como bases de conocimiento funcionales en su trayectoria hacia la Educación Superior, de ahí la importancia de comprender y apropiarse de los contenidos. Asimismo, reafirmar los procesos metacognitivos y el control de su aprendizaje funge como uno de los objetivos de las instituciones educativas, paradójicamente las instituciones deben enseñar a depender cada vez menos de ellas en la formación de un estudiante (UNAM 2018).

Desde la filosofía del CCH, el estudiante es visto como un individuo capaz de autorregular su propio conocimiento, por lo que la metodología de la enseñanza debe buscar que el estudiante aprenda a aprender. Por ello, los docentes tienen la tarea de apoyar al estudiante en la toma de consciencia de su responsabilidad y participación en su propio

aprendizaje, por lo que los docentes de los CCH promueven la participación activa de los estudiantes en su proceso de aprendizaje (CCH,2018).

En este trabajo fue de especial interés la observación de la forma en cómo los estudiantes construyen su conocimiento sobre la materia de Biología II y IV, por lo que se evaluó la manera en cómo ellos asimilan los materiales y experiencias que el docente les facilita para promover su aprendizaje en esta materia. Para ello, en la siguiente sección se describe de forma general.

### **1.1.3. Sobre la materia de Biología II y IV**

México es un país miembro de la OCDE, institución internacional que evalúa y dicta los estándares globales de los objetivos de la Educación y de la Educación Media Superior en este caso, así en un esquema general todos los países deberán construir sus planes y programas basados en los criterios de tales instituciones (OCDE, 2017). La evaluación del aprendizaje de estos planes y programas de estudios debe considerar los contenidos específicos que se revisan a lo largo de cada curso.

En los siguientes párrafos se presenta algunos aspectos generales de los programas de Colegio de Ciencias y Humanidades, de las cuales Biología pertenece a la rama de Ciencias experimentales, esta adscripción, destaca su sentido científico. Para ello Newton y Osborne (2000), mencionan que saber ciencia no sólo es saber “qué” es un fenómeno, sino “cómo” se relaciona con otros sucesos, “por qué” es importante y “cómo” es que surge esta visión del mundo.

El modelo del CCH también considera prioritario el desarrollo del pensamiento crítico en sus alumnos, por lo tanto, es crucial que los alumnos tengan las herramientas para construir y analizar los argumentos relacionados con los asuntos donde la ciencia está implicada y aplicada. Gracias a la enseñanza de la ciencia, los estudiantes conocen un nuevo lenguaje para representar y describir el mundo que los rodea.

Para Kemp (2002) la alfabetización científica comprende tres dimensiones; (1) conceptual (comprensión y conocimientos necesarios); (2) procedimental (procedimientos, procesos, habilidades y capacidades), que implica el uso de la información científica, la aplicación de la ciencia en la vida cotidiana y la divulgación del conocimiento científico,

(3) afectiva (emociones, actitudes, valores y disposición ante la alfabetización científica); es decir, generar aprecio e interés por la ciencia.

Las estrategias de aprendizaje favorecen el alcance de los objetivos institucionales, a continuación, se presentan el enfoque didáctico de los cursos de Biología I y II, se presentan juntos ya que así es el diseño instruccional,

- Hacer una evaluación diagnóstica que permita identificar los conocimientos e ideas previas que tienen los alumnos sobre los aprendizajes a lograr. Esta evaluación permitirá hacer los ajustes convenientes a las actividades planeadas.
- Las actividades planeadas deberán considerar el logro de aprendizajes conceptuales (hechos, conceptos, principios, teorías, etcétera), habilidades (destrezas técnicas, procedimentales, experimentales, de investigación, etcétera) y actitudes (hacia las ciencias, a la actividad científica, etcétera).
- Se sugiere que las acciones sean diversas, atendiendo a los diferentes estilos y saberes de los alumnos, evitando caer en monotonías o rutinas que provoquen el desinterés por parte de ellos.
- A través de la incorporación de actividades prácticas-experimentales en laboratorio, permitir el análisis y la reflexión sobre problemas y/o estudios de caso de forma contextualizada y bajo distintas perspectivas.
- Promover la participación individual y colectiva, utilizando espacios con equipo de cómputo (tic) para que el alumno reformule y construya la nueva información, comparta sus percepciones e intercambie información en la resolución de problemas.
- Las actividades planeadas deberán de considerar la participación individual y el trabajo colectivo donde prevalezca la disciplina, la tolerancia y el respeto entre los integrantes, así como el cuidado de las instalaciones.

Además, entre los propósitos generales de las materias de Biología I y II de acuerdo con los programas de la institución (UNAM, 2016) están que el alumno:

- Reconozca que la biología estudia a los sistemas biológicos.

- Interprete que la biología es una ciencia que emplea métodos, entre ellos, el científico experimental para construir conocimiento.
- Identifique la Teoría celular y la Teoría evolutiva por selección natural, como unificadoras para el estudio de la biología.
- Relacione las evidencias que fundamentan la Teoría celular y el reconocimiento de la célula como unidad estructural y funcional de los sistemas biológicos.
- Reconozca que las biomoléculas son componentes químicos importantes de la célula y las relacione con la estructura y función de los sistemas biológicos.
- Identifique los componentes celulares y establezca las diferencias entre célula procariota y célula eucariota.
- Distinga los mecanismos que permiten la transmisión y modificación de la información hereditaria en los sistemas biológicos.
- Relacione los conocimientos adquiridos sobre la estructura del DNA con la manipulación genética, sus beneficios y riesgos.
- Identifique las teorías que favorezcan la interpretación científica del origen y evolución de los sistemas biológicos.
- Interprete a la evolución como el proceso por el que los sistemas biológicos cambian en el tiempo y cuyo resultado es la diversidad biológica.
- Distinga las formas en que los organismos se relacionan entre sí y con su ambiente físico para comprender el funcionamiento del ecosistema.

En general, el proceso de aprendizaje es la causa de la enseñanza, sin embargo es independiente de ella, lo que se deriva en una problemática para los actores que buscan generarlo. Con base en Fensham (2001), existen cinco postulados a considerar respecto al aprendizaje de algunas ciencias experimentales, como lo es la biología en el CCH, 1) no es función únicamente de lo que ocurre en el aula y del desempeño docente, sino que está supeditada a las ideas previas en la mente de los alumnos; 2) obedece a diferentes propósitos e intereses, dependiendo del currículo que se tome en consideración; 3) los alumnos responden, afectivamente, de diferente manera ante diferentes contenidos; 4) los contenidos están, en buena medida, divorciados de las habilidades científicas, y 5) muchos docentes no poseen un dominio mínimo del contenido que supuestamente enseñan.

Respecto al segundo punto que retoma la concepción del currículum, para el modelo educativo del CCH, uno de los principios de enseñanza es fomentar los procesos de aprendizaje autónomo, quien da poder, reconocimiento e independencia a los recursos y habilidades propias. Por lo que una de las metas de los docentes es fomentar el aprendizaje autorregulado, que se define como "un proceso activo en el cual los estudiantes establecen los objetivos que guían su aprendizaje intentando monitorizar, regular y controlar su cognición, motivación y comportamiento con la intención de alcanzarlos" (Rosário et al., 2004), y hace referencia a una concepción del aprendizaje centrada en los componentes cognitivos, motivacionales y conductuales que proporcionan al individuo la capacidad de ajustar sus acciones y metas para conseguir los resultados deseados teniendo en cuenta los cambios en las condiciones ambientales (Zeidner, 2000).

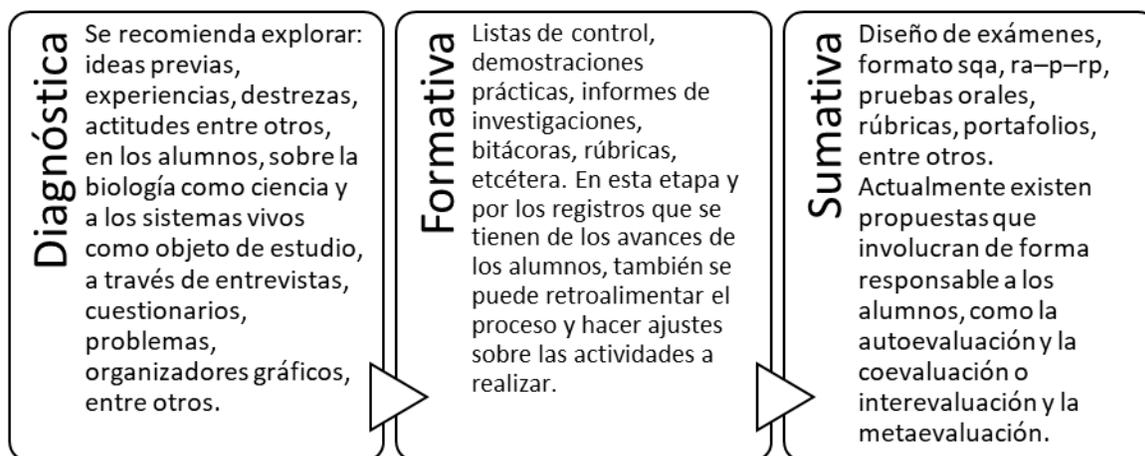
Por lo anterior en el contexto de aprendizaje autorregulado se espera que el estudiante sea capaz de: (1) Planificar: lo que implica establecer metas y actividades que posibiliten el cumplimiento de las tareas; (2) Monitorear: incluye la comprensión de cómo se está realizando la tarea y la redirección de las estrategias que se utilizan, si fuese necesario; y (3) Evaluar: es la comprensión de la eficacia y la eficiencia con la que se desarrolla la actividad de aprendizaje. Permite valorar qué tanto el esfuerzo realizado corresponde con los resultados obtenidos.

Para enmarcar estos objetivos de enseñanza y aprendizajes en el Anexo I se muestran los contenidos y experiencias de aprendizaje programadas en cada materia. Además, uno de los aspectos directamente relacionados al presente trabajo son los medios de evaluación que se utilizan dentro de las materias de Biología I y II. A este respecto, desde la perspectiva del CCH se otorga la libertad a cada profesor de diseñar sus instrumentos y métodos de evaluación, lo que permitiría utilizar la metodología del Sistema EVCOG, para evaluar los contenido declarativos y conceptuales de diferentes cursos en el Nivel Medio Superior. De igual modo se sugiere que, la evaluación de los aprendizajes logrados por los alumnos debe ser global, esto es, además de principios y conceptos debe evaluarse el desarrollo de las habilidades, las actitudes y los valores que se pretenden lograr en cada curso (UNAM, 2016).

En específico para las materias de Biología se sugieren como métodos e instrumentos de evaluación cuestionarios, listas de control, exámenes, entre otros como los mostrados en las siguientes figuras.

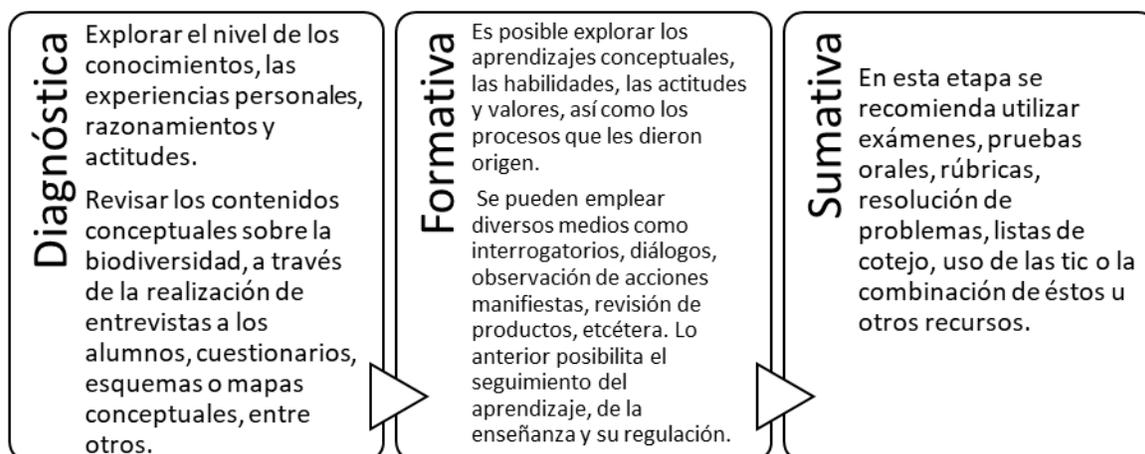
**Figura 1.**

*Tipos y medios de evaluación para Biología I y II del Programa de estudios, CCH-UNAM.*



**Figura 2**

*Tipos y medios de evaluación para Biología III y IV del Programa de estudios, CCH-UNAM.*



Se puede observar que existen similitudes entre las técnicas e instrumentos propuestos en cada tipo de evaluación (Véase Figura 1 y 2), las diferencias subyacen en los

contenidos, mientras para los cursos de Biología I y II se orienta a los sistemas biológicos, para las materias de Biología III y IV se orienta a temáticas de Biodiversidad. Es importante destacar el reconocimiento que se le da a los aprendizajes conceptuales y los procesos de construcción, así como el uso de mapas conceptuales como evaluación diagnóstica de los saberes previos de los estudiantes.

Para complementar estas estrategias de evaluación en este trabajo se propuso probar un modelo de evaluación cognitivo que permita a estudiantes y maestros promover las habilidades metacognitivas sobre el proceso de aprendizaje, el aprendizaje autorregulado y que contribuya a la evaluación formativa de los estudiantes brindando información al maestro en la generación de materiales didácticos. Específicamente se propone el uso del Modelo de Evaluación Cognitiva Constructiva Cronométrica del Aprendizaje o C3-LEM por sus siglas en inglés (Chronometric Constructive Cognitive Learning Evaluation Model). Este modelo surgió como una respuesta de la psicología cognitiva ante las necesidades de crear nuevas aproximaciones e instrumentos de evaluación del aprendizaje que estén más acordes a la visión del aula del siglo XXI y promuevan el aprendizaje autorregulado, los procesos metacognitivos y aquellas habilidades relacionadas al aprender a aprender, además de proveer guías para el diseño de materiales a partir de la evidencia obtenida de sus instrumentos (Morales-Martinez et al., 2021). En el siguiente apartado se enmarcará la utilidad de este modelo como otra alternativa más de evaluación cognitiva del aprendizaje en la educación media superior.

## **1.2 Planteamiento del Problema**

El presente trabajo de investigación se enfoca en dos pilares del campo de la Educación como son la evaluación y el aprendizaje. De forma específica, se ilustra una aplicación de las aportaciones al desarrollo de instrumentos de evaluación del aprendizaje desde la Psicología Cognitiva. Desde esta visión se asume que los estudiantes ingresan a los cursos académicos con saberes previos o experiencias de cierto tipo que relacionan a los contenidos, y ellos forman nuevos esquemas de conocimiento a través de los cursos académicos. Medir desde una visión cognitiva los cambios en las propiedades de estos esquemas de conocimiento debidos al aprendizaje en un curso académico es el problema de investigación. Para ello, es necesario y relevante desarrollar métodos, técnicas e

instrumentos que exploren las representaciones de cada estudiante y la forma en la que cambian conforme van avanzado en los cursos. Esto permitiría al docente tener indicadores cuantitativos y cualitativos para dar seguimiento a cada estudiante.

En relación con los fenómenos anteriores, se propone explorar el aprendizaje en el dominio de Biología en el Nivel Medio Superior con el Modelo de Evaluación Cognitiva Constructiva Cronométrica o C3-LEM (Morales-Martinez et al., 2021). Esta aproximación resulta ser una aproximación hacia la evaluación del aprendizaje académico, entendido como aquel que se establece en los programas institucionales y abordados por el docente durante el curso formal de la asignatura. Este modelo cognitivo encuentra sus fundamentos en la idea original de López y Theios (1992) y López (1996), del sistema denominado SASO por sus siglas en inglés (Semantic Analyzer of Schemata Organization) que busca explorar el comportamiento de los esquemas. López y Theios desarrollaron un software a partir de una red neural, y publicaron sus hallazgos sobre el Sistema SASO (López & Theios, 1992). Este fenómeno generó nuevas interrogantes y una línea de investigación sobre los esquemas cognitivos, sin embargo, como se plateó al inicio, ciertas investigaciones tienen un impacto directo en otras áreas, precisamente su idea sobre los esquemas de conocimiento adquirido era compatible en el campo educativo con aplicaciones en el aprendizaje y evaluación. A partir de ello, López Ramírez compartió y difundió este sistema con otros investigadores, dando lugar al uso del sistema SASO como un nuevo sistema de evaluación del aprendizaje (e.g., Padilla, López, & Rodríguez, 2006; Padilla, Peña, López, & Rodríguez, 2006; Morales-Martínez, López-Ramírez., & López-González, 2015; López, Morales, Hedlefs & Gonzales, 2014; González, López & Morales, 2013).

Las investigaciones citadas anteriormente aportaron nuevos datos en disciplinas variadas, los cuales bajo diferentes tipos de análisis permitieron reconocer algunas limitaciones del sistema SASO, así como la necesidad de sistematizar algunos procesos del diseño y construcción de los estudios cognitivos. Dicha evolución fue llamada C3-LEM que contaba con un sistema computarizado, el EVCOG o Evaluador Cognitivo (véase Morales-Martínez, et al., 2017; Morales-Martínez & López-Ramírez, 2016; Morales-Martínez & Santos-Alcantara, 2015; Morales-Martínez, López-Ramírez., &

López-González, 2015; López, Morales, Hedlefs & Gonzales, 2014; González, López & Morales, 2013).

Así se gestaron una serie de protocolos de análisis para los estudios de Redes Semánticas Naturales, un nuevo método sistemático de selección de conceptos para los estudios de Facilitación Semántica, además de incorporar otros indicadores de aprendizaje (Morales-Martínez 2020; Morales-Martínez, 2015; Morales-Martínez et al., 2021; Morales-Martínez et al., 2020). La modificación del sistema permitió expandir el enfoque de este, como instrumento de evaluación diagnóstica y sumativa. Dicho sistema ha sido aplicado en diversos campos del conocimiento por Morales y López (véase Morales-Martínez, et al., 2017; Morales-Martínez & López-Ramírez, 2016; Morales-Martínez & Santos-Alcantara, 2015; Morales-Martínez, et al., 2015; López et al., 2014; González et al., 2013).

Precisamente, el presente trabajo de investigación muestra el C3-LEM (Morales-Martínez 2020; Morales-Martínez, 2015; Morales-Martínez et al., 2021; Morales-Martínez et al., 2020; Morales & López, 2018) como una alternativa, capaz de medir el significado que los estudiantes dan a los contenidos aprendidos en una asignatura. Bajo algunos postulados de la Psicología Cognitiva, tales como la cronometría mental, la capacidad de formar representaciones mentales, y los tipos de información (Lachman, Lachman & Butterfield, 1987).

El C3-LEM y su sistema EVCOG han demostrado ser una herramienta sólida en la exploración del esquema de conocimiento, primero, al extraerlo por medio de la técnica de Redes Semánticas Naturales, la cual nos ofrece indicadores sobre la organización (tipos de relación, peso semántico) y estructura (Arquitectura y agrupamiento de conceptos) del esquema. Asimismo, nos permite identificar si el esquema que los alumnos han desarrollado a lo largo del semestre permanecerá en su memoria a largo plazo. Lo anterior gracias a los estudios de Facilitación semántica, que por medio de la comparación de tiempos de reacción evidencian aquellos conceptos que han sido incorporados a la red mnemónica del estudiante (Morales-Martínez 2020; Morales-Martínez, 2015; Morales-Martínez et al., 2021; Morales-Martínez et al., 2020).

Precisando, con base en los indicadores anteriores, se propuso este sistema proveniente de la psicología cognitiva para evaluar el aprendizaje con una población de alumnos de Educación Media Superior pertenecientes al sistema de Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Vallejo de la UNAM. En específico se contempló las asignaturas de Biología II y IV, cursadas durante el 4° y 6° semestre, respectivamente, para explorar los cambios en el esquema de conocimiento aprendidos.

Finalmente, a partir de los resultados obtenidos en los estudios cognitivos y en colaboración con el docente experto, se elaboraron un total de veinte de mapas conceptuales (diez para cada materia), que fueron elaborados a partir del contenido que la maestra impartía en su clase y bajo los criterios de Novak sobre las técnicas conectivistas. Estos mapas tienen por objetivo ayudar a los estudiantes a reconocer y clasificar aquellos conceptos centrales a la asignatura, así como evidencia de manera gráfica su relación con otros temas y conceptos. Esto a su vez permitirá a los estudiantes generar sus propios esquemas desde sus aprendizajes e irlos modificando y nutriendo con elementos propios, grupales y/o del docente.

### **1.3 Justificación**

En esta sección se presentan algunas características de los programas del ENCCCH que resultan relevantes para el enfoque del trabajo. Así con base en el rol del alumno y sus procesos de aprendizaje, se menciona que,

*“En la didáctica constructivista el alumno adquiere un papel preponderante, es el actor principal en el proceso educativo, aquí adquiere dinamismo y asume el compromiso de participar en su proceso de aprendizaje, por lo tanto, se propone que los alumnos vayan **reestructurando el conocimiento de manera continua**, donde sus investigaciones escolares, las explicaciones, los procedimientos y los cambios, sean la base a partir de la cual se logrará el aprendizaje de nuevos conceptos, principios, habilidades, actitudes y valores más complejos.”*

Se resalta el proceso de reestructuración del conocimiento que se menciona en el plan de estudios como muestra de la compatibilidad de la propuesta con los objetivos educativos de la institución. Así, a partir de la Ciencias Cognitiva explorar una metodología

de evaluación destinada a medir la reestructuración del esquema de conocimiento académico.

*“Para lograr lo arriba señalado, es importante la planeación de estrategias didácticas que promuevan el aprendizaje significativo, es decir, que propicien el proceso a través del cual una **nueva información se relacione de manera sustantiva con las ideas y conocimientos previos del alumno**. Lo anterior, con el propósito de permitir entre los educandos una mayor libertad de pensamiento, lograr formas de pensar y actuar que se traduzcan respecto a la biología como ciencia, sus metodologías, sus descubrimientos, la actividad científica, la conservación y preservación del medio ambiente y el logro del desarrollo sustentable, así como propiciar hábitos saludables y que relacionen lo aprendido con su entorno, con la sociedad, con el país y el mundo, conscientes de las diversas problemáticas, su reflexión y actuación en las probables soluciones”*

La versatilidad del C3-LEM permite conocer el esquema previo de ellos estudiantes, es decir cómo representan aquellos conceptos claves de la materia, qué nociones sobre los fenómenos biológicos conocen. A manera de primicia se proporciona el ejemplo del concepto “Dominio” explorado en este trabajo y detallado en el capítulo de resultados, en el que el esquema de conocimientos previos apelaba a referentes sociales, históricos y políticos, que si bien no se relacionan con la Biología, resulta útil para el alumno y el docente conocer el punto de partida de sus saberes para poder vincularlo y desarrollarlo con los aprendizajes esperados para dichos cursos. En conclusión, la metodología es compatible con el modelo educativo de la ENCCH, en específico para la evaluación del eje rector de *Aprender a aprender*, en el que los alumnos pueden conocer sus esquemas de conocimiento antes de tomar el curso académico y cómo es que la relación que construyen entre estos se diversifica de alumno a alumno y además se modifica continuamente, lo que indica que la técnica es sensible a los cambios conceptuales de los estudiantes.

Durante el siguiente apartado se hace una revisión de los antecedentes históricos de la Evaluación Educativa y cómo dichas transiciones ayudaron en la consolidación de la propuesta de una nueva era en la evaluación del conocimiento.



## **Capítulo 2**

### **La Evaluación Educativa**

En este capítulo se enmarca la relevancia de la evaluación en el proceso de aprendizaje, la evolución de los paradigmas de evaluación desde una visión industrializada hasta la incorporación de paradigmas que ponen al estudiante en el centro de la actividad evaluativa. Precisamente, la evaluación cognitiva es enmarcada dentro de los paradigmas que consideran la evaluación como una herramienta de transformación tanto del proceso de aprendizaje como del proceso de enseñanza.

#### **2.1. Definición e importancia de la evaluación del aprendizaje**

En la balanza del acto educativo pareciera que existen únicamente dos procesos que estabilizan los platillos, la enseñanza y el aprendizaje, sin embargo, existe un proceso más que da sentido, impulso y rutas a los otros es la evaluación educativa. La evaluación es un eslabón muy relevante en la cadena del proceso de enseñar y aprender. Esta contribuye a valorar los efectos de las actividades instruccionales sobre el aprendizaje (Wiliam, 2000). Además, la evaluación actualmente es utilizada como el mecanismo principal para otorgar los créditos de una materia, y por estudiantes y maestros centran su atención en la evaluación. Desde esta visión la evaluación es conceptualizada como un paradigma de procedimiento, es decir como el uso de diferentes métodos para recopilar datos, tales como cuestionarios, entrevistas, proyectos escolares, en lugar de nuevos propósitos o muestras para recopilar la información (Short y Burke, 1994). En este enfoque, el papel de los profesores y los estudiantes es pasivo, ya que no participan directamente en la toma de decisiones sobre los procedimientos y los propósitos de evaluación. Ya que este proceso está orientado a informar a los agentes externos el desempeño de la institución, no así orientar la instrucción en el aula (Cizek, 1998). Esta visión, puede ser distinguida desde mucho tiempo atrás, por ejemplo, Carreño (1977) definió la evaluación como un conjunto de operaciones con el objetivo de determinar, el valor de los logros alcanzados por los

estudiantes dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje, teniendo como referente los objetivos del programa de estudio de la institución.

Ahora se sabe que la evaluación puede jugar un papel mayor, porque puede ser empleada como modulador de cambios en las estrategias de enseñanza-aprendizaje, en distintos niveles del sistema educativo. De hecho, Brown (2004) menciona que la evaluación no sólo puede dar cuenta de lo que los estudiantes aprenden, sino que puede también contribuir al aprendizaje mismo. Por ejemplo, se sabe que la evaluación puede moldear cómo y que aprenden los estudiantes (Griffith University, 2017), ellos regulan su tiempo, esfuerzo y su desempeño académico, considerando el tipo de evaluación que les será aplicado (Gibbs, 2010).

La evaluación es un instrumento útil para el instructor y para el estudiante, si ésta es aplicada e interpretada adecuadamente, porque ayuda a comprender y determinar lo que los estudiantes están aprendiendo (ETS, 2003). A este respecto, Gebril y Brown (2014) sugirieron que entre las funciones de la evaluación se encuentra el mejoramiento del aprendizaje. En general la información proveniente de la evaluación puede contribuir en la mejora de las estrategias de enseñanza y retroalimentación al estudiante con respecto a su proceso de aprendizaje, pues le ofrece información acerca de sus aciertos y desaciertos, y con ello pueden corregir su desempeño y ser conscientes del tipo de respuestas esperadas, así como de avances y logros, y de cómo utilizar la información de la evaluación para no reincidir en los errores. En otras palabras, los estudiantes puedan reforzar sus áreas de oportunidad identificando en que habilidades o conocimientos ellos requieren de un mayor esfuerzo para alcanzar sus metas de aprendizaje (Brown & Pickford, 2013).

Entonces, la una visión más moderna considera que la evaluación del aprendizaje es central en el campo educativo porque permite retroalimentar a los estudiantes, maestros y directivos, con respecto al proceso de enseñanza y aprendizaje, con el fin de contribuir a que el estudiante alcance de los objetivos establecidos (Tobón, 2015). Este cambio en la concepción de la evaluación está íntimamente ligado al cambio en los paradigmas del aprendizaje (Dugua, Cabañas, & Olivares, 2016) que ahora exigen que la evaluación sea coherente con el plan de estudios que es enseñado y la teoría del aprendizaje de la que se

parte. Lo que ha caracterizado a estos nuevos enfoques, es el cómo se toma conciencia sobre la evaluación pensada para el aprendizaje (Zhao, et al, 2017).

Los cambios de paradigmas han propiciado una evolución en materia de modelos educativos centrados en el proceso de aprendizaje, además de modificaciones en los roles de los docentes y estudiantes. Dichas transformaciones significativas han permitido el acceso a otro modelo para la formación de profesionales, basado en escenarios tecnológicos que generan una rápida evolución social, cultural y científica (Dugua, Cabañas, & Olivares, 2016).

Este cambio en la concepción de la evaluación ha sido el producto de un largo proceso que ha sido influido por factores sociales, históricos, tecnológicos y científicos. En la siguiente sección se presenta una síntesis de las fases de transición que ha experimentado la evaluación educativa. Se reitera que el recorrido histórico permite trazara un eje de análisis para el desarrollo de nuevas propuestas que busquen innovar en aquellas dimensiones que han quedado relegadas en su desarrollo cronológico.

## **2.2. Historia de la evaluación del aprendizaje**

Al igual que muchos objetos de estudio y procesos humanos, es complejo definir precisamente su génesis, la evaluación no es la excepción, al tener un sinfín de definiciones, dependiendo la que se elija, podrían variar sus orígenes. Para los fines del presente trabajo, se considerará a partir de la definición formal de medir propiedades humanas con un objetivo. Así, para algunos historiadores los inicios se remontan al año 202 a.C. en China, durante la dinastía Han (202 a.C. a 200 d. C.), en la que se sabía que aplicaban pruebas físicas e intelectuales de alta demanda, a los ciudadanos que deseaban fungir en alguna labor del gobierno nacional. De inicio, les solicitaban extensos escritos de temáticas diversas, que debían realizar en completo aislamiento y nulas comodidades; Se puede notar la visión implícita de selección de las mejores aptitudes, una evaluación orientada a descartar candidatos y seleccionar aquellos considerados más aptos, acto que habría de replicarse en Educación, como filtros de selección de la planta estudiantil, por ejemplo.

Los candidatos chinos que resultaban aprobados eran dirigidos a la siguiente etapa, en la que debían afrontar pruebas físicas extenuantes. Finalmente, en Pekín se realizaban las pruebas intelectuales finales, los victoriosos eran galardonados con el puesto de mandarín (Chafee, 1985; citado en Gregory, 2001).

Los antecedentes de la civilización China, así como una serie de pruebas de los hechas por los filósofos de la Antigua Grecia, Cicerón, pasajes bíblicos y San Agustín introducen en sus escritos algunos conceptos e ideas relacionadas con el proceso evaluador (Hernández, Nava y González, 2015). Debido a lo vasto e informal de las aproximaciones, se les considera en una categoría denominada Periodo pre-Tyleriano.

Evidentemente como la etapa anterior lo evidencia, el Periodo Tyleriano, resulta un hito en la historia de la Evaluación educativa, ya que posee mayor precisión y formalidad en su concepción como proceso relevante. Cronológicamente se ubica en la década de 1930, aunque se considera una propuesta adelantada a su época, al proponer un énfasis en la selección y organización del contenido a enseñar. La innovación de Tyler fue someter factores correspondientes a la enseñanza como los temas, la organización del currículum, fortalecido con la elaboración de estrategias para lograr un mejor aprendizaje, y así, conseguir las metas institucionales planteadas al inicio (Rama, 1989).

La relevancia de la propuesta Tyleriana es un cambio paradigmático, la concepción pasada de la Evaluación implicaba clasificar a los estudiantes, con una visión meritatoria y de selección según el desempeño académico, si bien el objeto de análisis era el estudiante en sí, el nuevo paradigma considera que la relevancia de los contenidos, así como las formas de enseñarlos deben ser factores por considerar en el acto educativo. Así, la Evaluación pasaría a enfocarse en el currículum y en las estrategias de docente también.

Siguiendo la propuesta de Tyler, su concepto de la evaluación se entendía como una herramienta que nos permite determinar en qué medida han sido alcanzados los objetivos a través del cotejo entre los resultados y los objetivos planteados en el programa (Rama, 1989).

El nuevo paradigma hizo frente al mundo en un entorno posterior a la Primera Guerra Mundial, en términos Kuhnianos el paradigma dominante fue calificado de insuficiente y

reduccionista, al centrarse en el rendimiento del estudiante. En consecuencia, e nuevo paradigma propone una evaluación basada en el contraste de las fortalezas y debilidades con respecto a los objetivos establecidos (Dobles, 1996).

Dejando como antecedente un enfoque integral de la evaluación, con diferente estrategias y agentes de evaluación, continúa la Era de la Inocencia, que se remonta a finales de la década de 1940 y a inicios de 1950, específicamente en los Estados Unidos. Esta etapa se caracteriza por un brote de ofertas educativas. La comercialización de certificados como sinónimo de calidad educativa, la rentabilidad de la Evaluación propició exigir a las plantas docentes certificación de sus habilidades y capacidades, para poder ofertarlas al público y así obtener más reconocimiento, adeptos e ingresos a sus instituciones (Rama, 1989).

La problemática del lucro de las certificaciones educativas es que genera un ambiente centrado en reconocimientos institucionales más allá de fomentar aprendizajes y desarrollo en la población estudiantil, asumir que docentes certificados garantizan el aprendizaje, implica la negación de otros factores educativos.

El Periodo de la Inocencia quedó atrás en la década de los 1960, cuando surge la Era del Desarrollo (Madaus, et al., 2012). Cronológicamente se liga con el nacimiento de las Ciencias Cognitivas, precisamente en el año 1956, durante aquel Simposio celebrado en el MIT, sobre nuevas propuestas que respondían a cuestiones ignoradas por el conductismo.

El periodo de Desarrollo demanda la elaboración de nuevos proyectos curriculares, encaminados a la formación de profesionales. Se reconoce un teórico destacado de la era, Cronbach quien redefinió la concepción Tyleriana de la evaluación, concebida como un proceso encargado de recabar y formalizar información útil y práctica para los diseñadores curriculares (Rama, 1989). En este sentido, la selección y organización de los contenidos adquiere relevancia, asimismo el análisis de aquellos contenidos y objetivos que deberían diseñarse con base en factores sociales, psicológicos (desarrollo humano, cognitivo) e institucionales.

Para el año de 1973, florece la Generación Valorativa (Guba & Lincoln, 1989) o la Era de Profesionalización, y recibe su nombre debido al rol que jugaban los evaluadores, al ser

considerada una profesión propia, en la que agentes externos e internos realizaban informes sobre el desempeño institucional, ofreciendo un diagnóstico de elementos que podrían mejorarse. Por lo que los juicios fungían como argumentos valorativos sobre elementos educativos diversos. Además, en esta era inicia un vínculo con las áreas de investigación, que permiten expandir la evaluación no solo a cuestiones académicas y educativas, sino también a factores de control institucionales y laborales. Debido a esto, las instituciones educativas comenzaron a interesarse por satisfacer las recomendaciones y ofertarse como centros educativos de alta calidad (Rama, 1989; González & Ayarza, 1997).

A lo largo de este periodo, se observó un incremento considerable de instituciones de educación superior especialmente, lo que provocó una disputa por la captación de la planta estudiantil, ofreciendo mejores certificaciones, instalaciones, planta docente capacitada, cursos más avanzados y materiales didácticos especiales. Independientemente de la diversidad de modelos educativos, planta docente y programas curriculares, la evaluación educativa debe partir de la premisa que todos los esfuerzos deben buscar el crecimiento cognitivo y el desarrollo personal de todos los participantes en los procesos de enseñanza y aprendizaje (Hernández, 1998).

El conjunto de técnicas propuestas en esta investigación, se acoplan precisamente al rubro de crecimiento cognitivo, que por su periodicidad se observa que no es nuevo, el carácter novedoso se da al fusionar avances de las Ciencias Cognitivas experimentales, con los postulados de Teorías del aprendizaje, aplicados al campo educativo.

Todas las aproximaciones anteriores han servido para diversificar y potencializar el campo de la Evaluación educativa, esto la ha posicionado como un proceso fundamental que debe diseñarse en conjunto con la enseñanza y los aprendizajes de los estudiantes, y enriquecerse con las investigaciones de otros campos científicos (biológicos, sociales y antropológicos).

En tiempos modernos se ha incrementado el interés en el desarrollo personal de los estudiantes, la consideración de las dimensiones culturales, la adecuación a condiciones sociales de la institución, dejando libertad a los docentes de seleccionar entre una amplia gama de estrategias, todo este esfuerzo buscando la trascendencia del conocimiento de ellos

estudiantes en ellos mismo y sus entornos. En este sentido, la evaluación se concibe como orientadora y formativa del proceso; de manera que, se convierte en uno de los mejores procedimientos del control de la calidad de la educación (Hernández, 1998).

Una vez acotados ambos enfoques a continuación se describirá brevemente el desarrollo cronológico de la evaluación educativa. En paralelo se irá contrastando ambos modelos, y sus conexiones temporales, con el objetivo de justificar la generación de una nueva era de la evaluación educativa basada en el estudio de los esquemas de conocimiento generados constantemente a partir del aprendizaje de un curso académico.

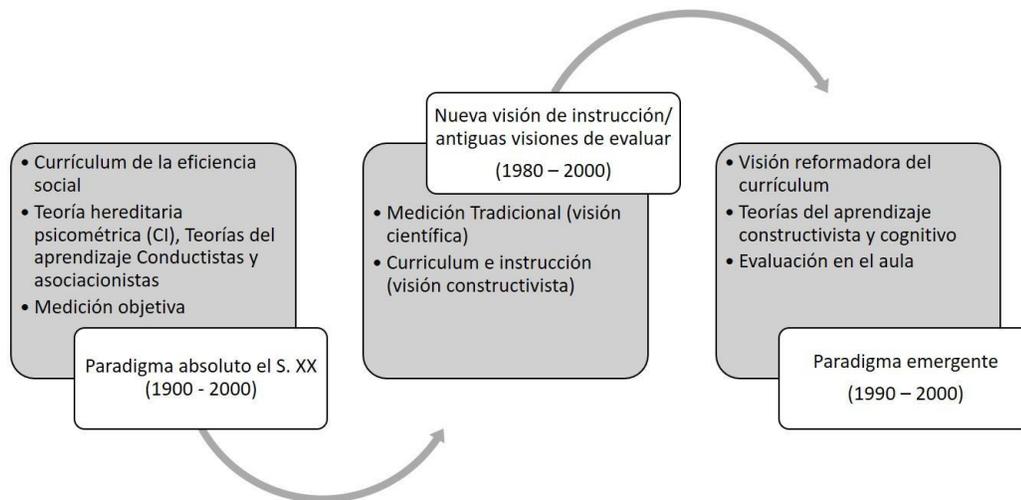
### **2.3. Evolución de los paradigmas de la evaluación del aprendizaje**

Los grandes avances de la Humanidad se producen a sí mismos como resultado de la condensación de aportaciones generados paulatinamente y favorecidos por condiciones históricas y necesidades de mayor comprensión de los fenómenos. La relevancia de los antecedentes de la evaluación educativa radica en comprender la naturaleza de su génesis, sus objetivos y aplicaciones, y en consecuencia proponer una aproximación que bien añada elementos nuevos de análisis o por el contrario busque diferenciación radical del paradigma anterior. Por ello, aquí se describen brevemente diferentes modelos de la evaluación de la evaluación, todos ellos ilustran como ha sucedido la transición de una evaluación centrada en el desempeño a una evaluación de la nueva era. En cada fase propuesta por los diferentes modelos se enfatizan las prioridades de la evaluación que prevalecen de acuerdo con momento evolutivo.

Madaus, Scriven y Stufflebeam (2012) enmarcaron el desarrollo de la evaluación en una línea de tiempo que consta de siete generaciones o periodos claves, se resumirán en la Figura 3.

#### **Figura 3.**

*Desarrollo cronológico de la evaluación educativa*



Short y Burke (1994) distinguieron tres paradigmas de la evaluación, clasificados así por la concepción que tiene sobre la evaluación. Estos son, i) la evaluación como medida; ii) la evaluación como proceso y iii) la evaluación como indagación. Asimismo, se acompañan de una visión del currículo (comprende el rol docente y de los alumnos). Por tanto, dentro del currículo visto como hecho se concibe al conocimiento como un producto que se transfiere exactamente por los docentes y contenidos, y los alumnos son agentes pasivos que sólo deben aprehenderlo. Bajo esta lógica, lo único que debe corroborarse es que al final los alumnos conocen los contenidos tal como fueron enseñados.

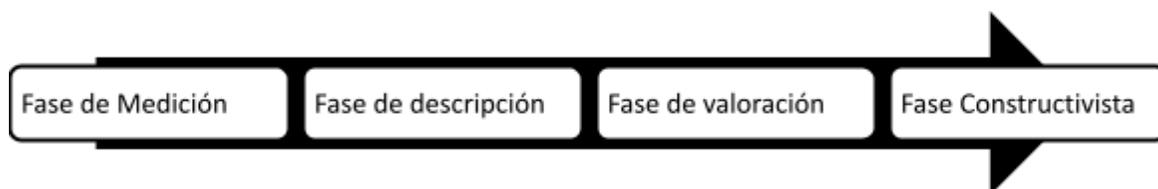
El currículo visto como actividad es aquel que se refiere a la dinámica que emerge dentro del aula, con factores variantes que crean atmósferas educativas singulares. En consecuencia, la evaluación debería ser un conjunto de técnicas y métodos sensibles a estos a los cambios en los procesos de aprendizaje de los estudiantes. Se prioriza el rol del docente al elaborar estrategias y recursos para adaptarse a la evolución del alumnado. La evaluación concebida como investigación, busca hacer uso de preguntas guía, objetivos y métodos con el fin de explorar diversos indicadores sobre los procesos empleados por los estudiantes para construir su conocimiento, además conocer aquellas estrategias e intervenciones con mejores resultados y las condiciones necesarias para favorecer el aprendizaje (Serafini, 2010).

Por otra parte, Guba y Lincoln (1989) clasificaron el desarrollo de la evaluación educativa en cuatro fases (Véase Figura 4). En la que se parte de la funcionalidad u

orientación de la evaluación en los sistemas educativos globales. Así, se inicia con una orientación cuantitativa con fines segregativos ente los alumnos, después evoluciona a una descriptiva que se centra en los contenidos y metas educativas a alcanzar. La tercera fase de valoración considera aspectos del rendimiento institucional e inician las evaluaciones externas. Finalmente, la fase constructivista devuelve el enfoque a la formación de los alumnos y al uso de esta para el crecimiento de los agentes educativos.

#### **Figura 4**

*Clasificación cronológica de la evaluación educativa*



Estas cuatro fases representan una generación diferente que define y ejecuta la evaluación de forma diferente (Tabla 1). Guba y Lincoln (1989) afirman que durante las primeras fases de esta evolución de la evaluación los parámetros habían sido construidos a priori, como un plan o estrategia fija que habría que cumplir en determinado plazo. Empero, la última generación manifiesta un interés en proceso como un valor en sí mismo, otorgando poder de decisión a los docentes y dando la oportunidad de modificar estrategias, tiempos y recursos bajo la premisa de fomentar el desarrollo de los alumnos. A pesar de todos estos avances, se considera que el aspecto de la acreditación académica implícita en la evaluación ha impedido transitar a la cuarta generación (Dobles, 1996).

En el siguiente apartado se abordarán los detalles del Modelo de Guba y Lincoln. De forma general, se presentan los paradigmas de educación dominantes durante cada una de las cuatro generaciones de la evaluación revisadas (Guba y Lincoln, 1989), esto con el objetivo de situar a la evaluación como un proceso compatible con el Sistema Educativo propio. Las dimensiones que se analizan son las técnicas e instrumentos de medición, su función, y características. De forma particular, se describe el estancamiento de la cuarta

etapa, las problemáticas de la era y cómo la evaluación cognitiva del conocimiento podría aportar elementos para la transición a una nueva era en la evaluación.

### **2.3.1 Primera Generación de Evaluación**

Una de las primeras labores atribuidas a la evaluación fue la clasificación, así a partir de la medición de las características de los individuos y las diferencias entre ellos. Las teorías evolucionistas apelaban por una supervivencia de las especies mejor adaptadas, pero los ecos de esta teoría implicaban que en Educación habría que seleccionar aquellos alumnos más aptos o con mejor desempeño. En conjunto con el desarrollo de los métodos estadísticos (Nunnally, 1978), se podían hacer grandes mediciones y comparaciones entre individuos, estableciendo una curva de normalidad, a la que los estudiantes podrían ser sometidos para ser clasificados en sus capacidades y desempeño.

Aunado al pináculo de la sociedad industrial, además de la clasificación y selección de aquellos miembros de mejor desempeño en la pruebas y altos puntajes, se fomentaba la selección de trabajadores bajo estos criterios y por tanto Sistemas Educativos basados en la medición estándar y clasificación de sus actores (Shepard, 2000).

Resulta evidente pensar que el instrumento fundamental de este paradigma son las pruebas estandarizadas a gran escala, que además de evaluar a alumnos y docentes también comparaban programas educativos estatales a un bajo costo, lo que permitía comparar el cumplimiento de metas y con base en ello decidir la distribución presupuestal (Murphy, 1997). Desde la primera esto se hace evidente, el impacto de la evaluación en el desarrollo de los sistemas educativos, al condicionar a las instituciones a una visión de rendimiento para poder obtener recursos, presiones políticas y económicas que trazan una ruta en la concepción de la educación misma.

Si bien es preciso decir que en los entornos educativos se trabaja a diario con procesos cognitivos (atención, memoria, razonamiento, metacognición, autorregulación, emociones, toma de decisiones, etc.), es necesario comprenderlos para obtener los mejores beneficios en el aula. Una ciencia especializada en cuestiones mentales es la psicología, de la cual proviene uno de sus miembros más destacados, Galton, un psicólogo experimental pionero en la medición las capacidades cognitivas. Este investigador en 1883 publica su

obra “Investigaciones sobre las facultades humanas y su desarrollo” en la que se centra en los tiempos de reacción, y umbrales sensoriales para crear las primeras pruebas mentales individuales (Boring, 1980).

Asimismo, el objetivo de las pruebas estandarizadas es obtener la mayor cantidad de información en poco tiempo y con menos recursos, por lo que se sacrifican ciertos valores cualitativos. Empero ante la recolección masiva de datos es necesario tener herramientas de análisis pertinentes al fenómeno, por lo que Galton importó a la psicología métodos estadísticos, tales como la distribución normal y distribuciones de frecuencias propuestas por Quetelet, posteriormente en colaboración con Karl Pearson se desarrolló la teoría de la correlación vigente hasta nuestros días (Nava & Vega, 2004).

Los antecedentes mencionados dieron origen al área de la psicometría, altamente usada en el campo educativo, legal, laboral y experimental. Sin embargo, la visión Darwiniana de la que se inspiró buscaba equiparar la clasificación de los individuos del mismo modo que la tipificación de las especies, en la que a partir de las diferencias individuales en los procesos psicológicos eran utilizados para la toma de decisiones y juicios (Anastasi, 1977).

Las primeras pruebas registradas fueron de carácter físico (estatura, peso, largo de la cabeza, ancho de la misma, complexión, proporción, etcétera), además de pruebas sensoriales y conductuales, (fuerza, tiempo de reacción para estímulos visuales y auditivos). Las pruebas no tuvieron un impacto inmediato, sin embargo, abonaron en el desarrollo de un nuevo enfoque en evaluación basado en pruebas estandarizadas (Gregory, 2001).

Posteriormente surgió una ola de aplicaciones, por ejemplo, Catell consideraba factible obtener una medida de las funciones intelectuales mediante pruebas de discriminación sensorial y tiempos de reacción. Por otra parte, Wissler buscaba predecir el desempeño académico en las escuelas, para ello aplicó las pruebas mentales de Catell, los resultados fueron correlacionados con las calificaciones académicas de 300 estudiantes sin éxito alguno (Nava & Vega, 2004).

La demostración de su potencial atrajo al Ejército Estadounidense, que tenía el propósito de clasificar de manera rápida y económica, al más de millón y medio de

soldados americanos más aptos para afrontar la Primera Guerra Mundial. Los instrumentos diseñados reciben el nombre de Test Alfa y Test Beta (Anastasi, 1977).

Para inicios del Siglo XX, bajo la misma línea psicométrica continúan desarrollándose instrumentos, como el propuesto por Binet para medir la inteligencia, un rubro de especial interés en educación, ya que igual que en la armada, los puntajes de los estudiantes indicaban quiénes podrían acceder a mejores oportunidades académicas, en contraste con el lado opuesto de la curva, que señalaba a aquellos con retraso mental, según el término de aquel tiempo.

Este sector de la población resultaba “un gasto innecesario del presupuesto educativo”, en la que se justificaba la discriminación y exclusión del derecho educativo a quienes no se consideraban aptos de él. Las mediciones pueden resultar únicas, sin embargo, las interpretaciones de estas suelen ser más peligrosas. El resultado del movimiento psicométrico dejó una visión eugenésica de la Educación, que más tarde generaría escuelas especializadas para alumnos con discapacidad. Las implicaciones políticas y sociales de este paradigma generaron otros problemas que requirieron hacer ajustes a sus aplicaciones.

Por otro lado, el paradigma psicométrico instauró visiones sobre los agentes y procesos educativos, así conceptos como la objetividad, estandarización y confiabilidad son rubros centrales bajo los que se diseñan las evaluaciones académicas. El papel del maestro se reducía a la selección de ítem para evaluar, la selección del término correcto y la supervisión durante las pruebas, la evaluación era hecha por computadora para evitar el error humano y la subjetividad de criterio, en consecuencia, y la función del alumno se reducía exclusivamente a responder las pruebas, y aprender aquellos contenidos de la manera más parecida a la que vendría en las evaluaciones (Escudero, 2003). Lo que resultaría en un fenómeno actual, el desempeño académico e institucional orientado a la aprobación de pruebas para cumplir con los estándares.

La visión del aprendizaje es meramente la transmisión de conocimiento válido, porque en las pruebas sólo existía un significado correcto. El conocimiento se reduce a un resultado, objetivo y exacto, sin importar características (individuales y contextuales),

puede medirse cuantitativamente a través de formas estandarizadas de evaluación (Bertrand, 1991).

El paradigma conductista fue el que permitió a los docentes guiar sus prácticas a partir del control de estímulos y reforzamiento de conductas, para lograr que los alumnos retuvieran la información enseñada. El poder de los contenidos era mayor que las estrategias didácticas, se caracterizaba por estar fragmentado, ser de carácter memorístico, mecánico y desprovisto de significado para los estudiantes (Ertmer & Newby, 2013).

Los efectos no sólo se sufrieron dentro de los salones de clases, en las que los alumnos eran presionados a tener altos resultados, sino que se extrapola a los docentes, al tener que demostrar su desempeño ante los distritos escolares, quienes rendían cuentas a los departamentos de educación estatales o provinciales, que proveían de presupuesto a las mejores escuelas (Meier, 1994).

#### **1.3.1.1 El impacto de la psicometría en la visión del aprendizaje y sus medios de evaluación del aprendizaje.**

A continuación, se describirá la influencia de la visión psicométrica de la evaluación en campo educativo, además de su relación con el paradigma dominante, el conductismo. Finalmente se resumirá un conjunto de técnicas e instrumentos de naturaleza cuantitativa y sumativa.

A finales del siglo XIX, aunado a los modelos de aprendizaje y conducta humana. Se desarrolla en evaluación el “testing”, sus características son:

- Medición como sinónimo de evaluación.
- Tenía el propósito de detectar y establecer diferencias individuales, (Fernández Ballesteros, 1981), es decir, determinar la posición de los estudiantes dentro de la norma poblacional.
- Guba y Lincoln (1989), la evaluación y la medida tenían poca relación con los programas escolares.

Fue durante los años de 1920 y 1930, donde hubo una especie de efervescencia en el diseño de instrumentos, por mencionar algunos están las escalas de escritura de Ayres y

Freeman, de redacción de Hillegas, de ortografía de Buckingham, de cálculo de Wood, de lectura de Thorndike y McCall y de aritmética de Wood y McCall (Nunnally, 1978; Torrado, 1996; Ebel, 1977). Sin embargo, gracias a las aportaciones de Thorndike sobre reforzamiento (1904, citado en Lerner, Dowling & Chaudhuri, 2005) los tests psicológicos tuvieron mayor impacto.

Esta multitud de pruebas son bien recibidas en los modelos educativos de la época, a tal punto que McCall (citado en Escudero, 2003) propuso que los profesores construyeran sus propias pruebas objetivas, para tener mayor confiabilidad en los resultados que los otorgados por los evaluadores externos. Cabe mencionar que, los métodos de control riguroso de aplicación, provenientes de la psicología experimental (e.g., métodos del conductismo, véase siguiente sección), y los métodos estadísticos para normativizar los resultados, tuvieron un papel determinante en el desarrollo de dichas pruebas.

### **1.3.2 Segunda Generación de la Evaluación**

Este afán de evadir la subjetividad en la aproximación al objeto de estudio generó que la visión del conocimiento en Educación fuera paralela con el enfoque empirista y asociativo del aprendizaje. Donde afirmaban que, la conducta de un organismo podía explicarse a través de las condiciones (asociación de estímulos y respuestas), que habían generado dicha respuesta. (Pozo, 2006).

Durante el auge del paradigma positivista, la exigencia del método científico, la experimentación y la observación como único medio de validación del conocimiento, ocasionó que los modelos educativos importaran dichos principios al aula escolar. Por lo que el modelo dominante fue el Conductismo, gracias a las aportaciones de Pavlov (1932), Watson (1916), y Guthrie (1930) para el condicionamiento clásico, y Hull (1943), Thorndike (1913) y Skinner (1953) como representantes del condicionamiento operante (Ertmer & Newby, 2003), en el área educativa también es conocido como, Pedagogía Científica (Segura, 2005).

El siglo XX fue llamado el Siglo de Oro de la evaluación educativa, surgió un movimiento llamado Docimología (Barbier, 1998), el cual es el antecedente principal de la

Era Tyleriana. La Docimología, se divide en dos, la crítica y la prescriptiva, pugnaba por la falta de congruencia entre lo que se enseñaba y las metas de la instrucción, aunado a que las interpretaciones corrían a cargo de personas no necesariamente preparadas ni inmersas en el campo educativo.

Este movimiento sugiere que el proceso evaluativo debe comenzar con la elaboración de objetivos de acuerdo con taxonomías, para que orienten el curso de los programas de enseñanza; Otra propuesta fue aumentar y diversificar las fuentes de recolección de información para evitar la subjetividad de un evaluador; Remarcan la necesidad de que los criterios de corrección sean consensados y aprobados con anterioridad, para impedir la variación y ambigüedad de los mismos; La última propuesta, demanda agregar procedimientos para verificar la confiabilidad y validez, durante la revisión de los juicios de valor emitidos (Perassi, 2008).

Las propuestas anteriores, fueron el preámbulo ideal para que en los años 20's el francés Ralph W. Tyler, comenzara una nueva corriente en la evaluación educativa, que continúo vigente en algunos aspectos.

A diferencia de la generación anterior, la evaluación trasciende los propósitos de medición. En la generación Tyleriana, se demanda implícitamente un juicio de valor, que sirva para la orientación en la toma de decisiones sobre las modificaciones a la programación que resulten más convenientes, con base en los resultados de los alumnos.

### **1.3.2.1 El inicio de la Evaluación por Criterios**

Los mayores avances en el campo de la evaluación surgen en Francia, con el Padre de la evaluación educativa, Ralph W. Tyler, quien recibió el título gracias a su investigación pionera “Estudio de Ocho Años sobre la Educación Secundaria”, donde propuso la necesidad de una visión metódica y científica para perfeccionar la calidad de la educación (Tyler, 2013).

Además de proponer un análisis completo del Currículum ideal, la trascendencia de su trabajo es gracias al diseño de un método sistemático de evaluación. Entendido como,

el proceso para determinar en qué medida han sido alcanzados los objetivos planteados inicialmente (Tyler, 1967). Y la buena evaluación precisa de las siguientes condiciones:

- a) Propuesta clara de objetivos.
- b) Determinación de las situaciones en las que se deben manifestar las conductas esperadas.
- c) Elección de instrumentos apropiados de evaluación.
- d) Interpretación de los resultados de las pruebas.
- e) Determinación de la fiabilidad y objetividad de las medidas.

Para Tyler, la referencia por excelencia son los objetivos previos, que deben ser elaborados todavía, en términos de conductas (Mager, 1973). Lo novedoso viene de la finalidad de la evaluación, que implica no sólo conocer los cambios, sino darlos a conocer a los alumnos, padres y profesores. Además, los datos recabados servirán también a nivel institucional, como una herramienta orientadora de los conocimientos, técnicas y habilidades del profesor sino también para determinar la eficacia del programa educacional. Se trata, según Guba y Lincoln (1989), de la segunda generación de la evaluación (Guba y Lincoln, 1989).

A pesar de ser clara, comprensible y fácil de aplicar, la visión de Tyler no fue utilizada en su tiempo, sin embargo, fue años después que los diseñadores curriculares la retomaron, para la elaboración de estrategias de enseñanza. (Guba y Lincoln, 1989; House, 1989).

Por otra parte, con base en el modelo de Madaus & Stufflebeam (2002) durante la Era de la Inocencia, surge un periodo de expansión, y seguridad, social y económicamente, finalizada la Segunda Guerra Mundial, que se vio desperdiciado por el consumismo irresponsable, inclusive después de haber enfrentado una época de recesión. Sus consecuencias en el campo educativo, fue el lucro con todo tipo de tests estandarizados, favorecidos a su vez por los avances tecnológicos en medición y principios estadísticos del diseño experimental (Embretson, & Reise, 2013; Dayton & Dayton, 1970; Kember, 2000; Walberg y Haertel, 1990) y la aparición de las taxonomías de los objetivos educativos (Bloom 1976; Krathwohl, 2002).

### **1.3.2.2. El impacto del conductismo en la visión del aprendizaje y sus medios de**

## **evaluación del aprendizaje**

Con relación a las necesidades sociales, económicas y educativa explicada anteriormente, se hace explícito que la visión asociativa del aprendizaje desencadenó el diseño de infinidad de instrumentos supuestamente objetivos y confiables, a continuación, se describirá el enfoque conductista en sus dimensiones educativas más relevantes, además se hará una breve revisión de los modelos más representativos de la época.

En Educación, lo agentes más importantes son los estudiantes, y bajo esta perspectiva deben ceñirse a un rol reactivo de las condiciones del ambiente, es decir, un sujeto que recibe estímulos y reforzamientos ante aquellas conductas que se considera empatan con las metas de los programas y la institución. Los procesos y las estructuras del conocimiento del alumnado son conocidos como la Caja Negra, o como un símil de un compartimento que se cree debe poseer “algo”, pero que según los conductistas no requiere de exploración científica (Ertmer & Newby, 2003).

Respecto al proceso de aprendizaje, se afirma que se ha alcanzado cuando se demuestra o exhibe una respuesta apropiada, seguida de la presentación de un estímulo ambiental específico. El factor crítico en este tipo de programas es el ordenamiento del estímulo y sus consecuencias dentro del medio ambiente. Mientras que, únicamente evaluación orienta en el punto inicial de la instrucción, y sobre la programación de los reforzamientos para el grupo o para un estudiante. (Ertmer & Newby, 2003)

Es evidente que el modelo de comunicación del conductismo es vertical, y ubica al docente como la figura de mayor importancia, experticia y control; Quien, a su vez, es el responsable de diseñar los objetivos y programas de reforzamiento, contemplando actividades de repetición y métodos cuantitativos de evaluación (Segura, 2005).

A pesar de tener el poder absoluto dentro del aula, los docentes tienen poca participación en el proceso de toma de decisiones, debido a que los resultados de las evaluaciones eran insuficientes a la hora de orientar el diseño de las actividades del aula y las adecuaciones del currículo (Rothman, 1996).

En la evaluación como paradigma de medición, las decisiones sobre la recopilación de la información, los métodos de análisis y el reporte de resultados, son determinados por

agentes externos. Las pruebas estandarizadas se refieren a los déficits y acumulación de conocimiento. (Murphy, 1997). Respecto a los modelos de evaluación más destacados de la época, son resumidos en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Modelo conductista-eficientista*

<b>Método/autor</b>	<b>Finalidad evaluativa</b>	<b>Paradigma dominante</b>	<b>Contenido de evaluación</b>	<b>Rol del evaluador</b>
Consecución objetivos Tyler (1940)	Medición logro objetivos	Cuantitativo	Resultados	Técnico
CIPP Stufflebeam (1967)	Información para toma decisiones	Mixto	C (contexto) I (input) P (proceso) P (producto)	Técnico
Figura (countenance) Stake (1967)	Valoración resultados y proceso	Mixto	Antecedentes, transacciones, resultados	Técnico
CSE Alkin (1969)	Información para determinación de decisiones	Mixto	Centrados en logros de necesidades	Técnico
Planificación educativa Cronbach (2000)	Valoración proceso y producto	Mixto	U (unidades de evaluación) T (tratamiento) O (operaciones)	Técnico

Nota: Adaptado de “Desde los tests hasta la investigación evaluativa actual. Un siglo, el XX, de intenso desarrollo de la evaluación en educación” Escudero, T., 2003 *Revista Electrónica de Investigación y Evaluación Educativa (RELIEVE)*, 9 (1). [http://www.uv.es/RELIEVE/v9n1/RELIEVEv9n1\\_1.htm](http://www.uv.es/RELIEVE/v9n1/RELIEVEv9n1_1.htm).

### 1.2.3. Tercera Generación de la Evaluación

Los avances pioneros de Rusia en materia de exploración espacial, causaron gran descontento en Estados Unidos, y provocó un análisis profundo de su sistema educativo con el objetivo de detectar las fallas que les había impedido destacar en el ambiente científico mundial. Además, el gobierno destinó millones de dólares para subvencionar nuevos programas educativos científicos e iniciativas institucionales destinadas a renovar la calidad de la enseñanza. Lo anterior se materializó en decretos gubernamentales como, la ley de defensa educativa en 1958, el Elementary and Secondary Education Act (ESEA) y el National Study Committee on Evaluation, en 1964 (Gilbert & Graham, 2010).

Como consecuencia, se amplió considerablemente el fenómeno de la evaluación educativa. El sujeto directo de la evaluación siguió siendo el alumno, pero también todos aquellos factores que confluyen en el proceso educativo (el programa educativo en un sentido amplio, los profesores, medios, contenidos, experiencias de aprendizaje, organización, etc.), así como los productos educativos.

Durante esta época se inicia un periodo de reflexión y ensayos teóricos con ánimo de clarificar la multidimensionalidad del proceso evaluativo. Son precisamente estas reflexiones teóricas las que enriquecerán el ámbito conceptual y metodológico de la evaluación, que, en conjunto con la tremenda expansión de la evaluación de programas ocurrida durante estos años, dará lugar al nacimiento a nueva modalidad de investigación aplicada conocida como investigación evaluativa.

En la tercera generación aparecen dos propuestas teóricas de suma importancia en la evaluación educativa, el primero titulado “Curso de mejora a través de la evaluación” de Cronbach (2000), y el otro “Metodología de la evaluación” de Scriven (1967).

Así, la propuesta de Cronbach (2000), asocia el concepto de evaluación con tres tipos de decisiones; La primera, para el conocimiento del rendimiento académico y dificultades de los alumnos, la segunda, para la mejora y adecuación del programa y la instrucción, y la última como medio de regulación del sistema administrativa.

Además, afirma que, el periodo de aplicación debe ser intermedio, porque da la posibilidad de ajustar el programa y otras condiciones, cuando todos los agentes aún están implicado en el hecho educativo. Esto sienta las bases de la evaluación formativa, que se sirve de los procesos en determinados tiempos, más allá que los productos finales que ofrece la evaluación Sumativa.

Asimismo, se aboga por el diseño e implementación de ciertos criterios de comparación de carácter absoluto, al defender la valoración con relación a objetivos previos y no la comparación con otros grupos. En cuanto a las técnicas de recolección, se sugiere el uso de diversas fuentes como los cuestionarios, las entrevistas, la observación sistemática y no sistemática.

Por último, metodológicamente Cronbach (2000) propone que la evaluación debe incluir:

- 1) Evaluación de procesos
- 2) Establecer criterios de rendimiento y actitudes observables.
- 3) Expedientes de seguimiento para evaluar la evolución de los alumnos

Por su parte, las aportaciones Scriven (1967) dan claridad al proceso evaluativo, primero porque hace una distinción entre la evaluación como proceso metodológico y la función de la información recabada en un contexto específico. Establece dos funciones de la evaluación, la formativa encargada del proceso de evaluación de un programa en desarrollo y la sumativa orientada a comprobar la eficacia del programa una vez concluido. Sin embargo, aunque la clasificación dual prevalece, actualmente se orienta más hacia los procesos de aprendizaje de los estudiantes en la formativa, y los productos finales de evaluación en la sumativa (Álvarez y García, 2008). La Tabla 2, resume los nuevos criterios.

**Tabla 2**

*Cuadro Comparativo Evaluación Sumativa y Formativa.*

<b>Evaluación sumativa</b>	<b>Evaluación formativa</b>
Determinar si los alumnos han alcanzado o no y hasta qué punto los objetivos educativos propuestos (Doménech y García, 2004)	Representa la parte central y más extensa del proceso enseñanza y aprendizaje (Giné y Parcerisa, 2000)
<ul style="list-style-type: none"> <li>o Se usa al final de una fase educativa</li> <li>o Decisiones respecto a la nota final impuesta al alumno</li> <li>o Sistema tradicional</li> <li>o Función educativa</li> <li>✓ Recoge información sobre el progreso y nivel de aprendizaje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Durante todo el proceso de aprendizaje</li> <li>o Ofrece retroalimentación inmediata               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Docentes</li> <li>✓ Estudiantes</li> </ul> </li> <li>o Es difícil de realizar</li> <li>o Implica un cambio en la metodología</li> </ul>

Nota: Adaptado de “La motivación y los métodos de evaluación como variables fundamentales para estimular el aprendizaje autónomo” Álvarez, B. Á., Mieres, C. G., &

Rodríguez, N. G., 2008. Revista de Docencia Universitaria, 37(1).  
<http://revistas.um.es/redu/article/view/3371>

Scriven además de sugerir una evaluación por objetivos, afirma que es necesario la incorporación de una segunda categorización de que involucra una la evaluación intrínseca, donde se valora el componente por sí mismo, por el contrario, la evaluación extrínseca se valúa por sus efectos en los estudiantes. Y es precisamente esta tipificación la que sirvió para que la tercera generación del modelo de Guba y Lincoln (1989), se rigiera por la valoración, el juicio, como un contenido intrínseco en la evaluación.

Tomando como núcleo teórico las concepciones anteriores en especial la de Scriven, se comienza a transitar a una nueva concepción de la evaluación, donde el vértice yace en la valoración de los cambios a largo plazo en los estudiantes, como producto de un conjunto de situaciones educativas diseñadas sistemáticamente, utilizando los objetivos como indicadores (Escudero, 2003).

En adición a las dos propuestas anteriores, múltiples autores acogen la idea de centrar la evaluación del aprendizaje en las taxonomías básicas del dominio cognoscitivo más que las del afectivo, porque implica menor dificultad de medición, así surge un nuevo enfoque denominado evaluación basada en criterios (Glaser, 1965; Bloom, Hasting y Madaus, 1975; Gagné 1971).

La distinción de Glaser (1965), entre la evaluación normativa y la de criterios, tiene efecto en las décadas posteriores. Así, los tests por criterio se caracterizan por su orientación hacia la toma de decisiones para determinar el nivel de dominio de contenidos de los estudiantes, una segunda función es su utilidad para valorar la eficacia de un programa (Bordón, 2009). Por ello, la evaluación por criterios gana muchos adeptos en la década de los setentas, en el sentido que, operativiza la evaluación del aprendizaje individual del alumno con base en objetivos educativos que fungan como criterio comparativo. (Bordón, 2009; Popham, 1983).

En conclusión, esta generación está orientada a brindar retroalimentación a los estudiantes, y otorgarles mayor responsabilidad en su proceso de aprendizaje, además de

resignificar la labor docente como agentes educativos capaces de generar indicadores y obtener información con fines institucionales y de estrategias de enseñanza personal.

A continuación, se describirán una serie de instrumentos utilizados a lo largo de las tres generaciones, que ilustran mejor la naturaleza metodológica y el enfoque teórico que los sustenta, el siguiente cuadro fue elaborado a partir del trabajo de Diaz-Barriga (2004) (véase Tabla 3).

**Tabla 3**

*Técnicas e instrumento de evaluación tradicional.*

<b>Tipo de examen</b>	<b>Características</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Exámenes	<p>Los exámenes pueden ser de dos tipos: los estandarizados (por lo general los elaboran especialistas en evaluación) y los formulados por los profesores según las necesidades.</p> <p>Las evaluaciones basadas en normas o en criterios y las pruebas psicométricas estandarizadas.</p>	<p>Las pruebas estandarizadas se pueden aplicar de manera simultánea a varias personas (grupo).</p> <p>Puede estructurarse de manera que sea contestado mediante claves.</p> <p>Son de fácil elaboración para el docente.</p> <p>Aplicación rápida y generalizada.</p>	<p>Valoración de los contenidos de tipo declarativo.</p> <p>Situaciones de evaluación artificiales, restringidas.</p> <p>Evalúan resultados aislados y no las verdaderas competencias cognitivas, afectivas o sociales de los alumnos.</p> <p>Acentúan el valor de las calificaciones al centrarse demasiado en los productos.</p> <p>Escasa retroalimentación cualitativa sobre la situación de enseñanza.</p> <p>No se les informa a los alumnos sobre los criterios de evaluación antes.</p> <p>Generan ansiedad en los alumnos.</p>

Tipo de examen	Características	Ventajas	Desventajas
Examen Oral	<p>Se lleva a cabo mediante un dialogo entre el maestro y el alumno durante un tiempo determinado.</p> <p>Otra posibilidad es el interrogatorio, el docente pregunta sobre algún tema.</p>	<p>Da apertura al de estudiante expresar sus respuestas.</p> <p>Permite una comunicación personal.</p> <p>Brinda la oportunidad del estudiante de seleccionar, ordenar, analizar y sintetizar la información.</p>	<p>Requiere mucho tiempo para llevarse a cabo.</p> <p>No es factible para grupos numerosos.</p> <p>Un alumno introvertido tiene desventaja.</p>
Pruebas objetivas	<p>Se integran por reactivos con enunciados o preguntas muy concretas.</p> <p>La Calificación que se obtiene es independiente del juicio del que califica.</p> <p>Existen diversos tipos de reactivos para la integración de las pruebas objetivas.</p>	<p>Evalúan el nivel de progreso individual del alumno en relación con el logro de una gran variedad de objetos.</p> <p>Ayudan a identificar las necesidades de modificaciones en el proceso E-A.</p> <p>Ayudan a señalar al alumno sus desaciertos.</p> <p>Son fácil de calificar.</p> <p>Es de fácil aplicación.</p>	<p>Cuando se señalan al alumno los desaciertos, pero no así las respuestas correctas, no podrá identificar sus errores de aprendizaje.</p> <p>El azar constituye en algunos casos un elemento distorsionador de la medición de los conocimientos.</p> <p>Su preparación y diseño son costosos.</p>

Tipo de examen	Características	Ventajas	Desventajas
Reactivos de completamiento	Son preguntas que deben contestarse con frases ó presentan un espacio en blanco para contestar y las denominadas de tipo canevá que presentan más de un espacio en blanco, intercalado con partes de la frase que le dan sentido.	<p>Pueden evaluar muchos datos en un tiempo breve.</p> <p>Son fáciles de aplicar y corregir.</p> <p>Puede abarcar mayor cantidad de contenido.</p> <p>Evalúan la memoria.</p> <p>Son formatos excelentes para las matemáticas, pero se adaptan a cualquier materia.</p>	
Reactivos de respuesta breve	<p>Pueden plantearse en forma de pregunta o de manera afirmativa.</p> <p>Requieren mayor grado de elaboración en la respuesta, la cual debe ser breve.</p>	<p>Estas preguntas son útiles para evaluar hechos, conceptos y principios.</p> <p>Son objetivas.</p>	Resulta inadecuado evaluar aprendizajes complejos, ya que lo que de diera como respuesta puede resultar muy alejado de lo que se pregunta.
Reactivos de opción múltiple	<p>Son enunciados interrogativos a los que debe responderse eligiendo una respuesta de entre una serie de opciones.</p> <p>Estos reactivos se pueden clasificar por su forma de respuesta.</p>	<p>Estas preguntas permiten evaluar una gran cantidad de contenidos.</p> <p>Son aprovechables para la exploración de aprendizajes muy variados y de distinto nivel, naturaleza e índole.</p> <p>Son objetivos.</p>	<p>Se limita a productos de aprendizajes en los que el alumno no tiene la libertad de plantear otras respuestas diferentes a las que se le presentan.</p> <p>No es apropiado para evaluar la capacidad de integrar ideas.</p>

	De acuerdo con su estructura se clasifican en complementación, donde el enunciado solicita una opción que responde a la pregunta.		
--	---	--	--

Tipo de examen	Características	Ventajas	Desventajas
Reactivos de verdadero o falso	<p>Los reactivos de verdadero o falso también se denominan de respuesta alterna.</p> <p>El porcentaje de respuesta correcta para los reactivos de verdadero o falso es de 50%.</p> <p>Los reactivos de respuesta alterna se limitan a una de dos opciones.</p>	<p>Evalúan la mayoría de los datos en el tiempo más corto.</p> <p>Son fácil de calificar.</p> <p>Evalúan el reconocimiento.</p> <p>Son objetivas.</p>	<p>Es difícil medir el aprendizaje completo.</p> <p>Es difícil elaborar reactivos confiables.</p> <p>La respuesta correcta es susceptible de adivinarse.</p>
Reactivos de relación de columnas	<p>Los reactivos de relación de columnas también se conocen como reactivos de apareamiento.</p> <p>Pueden ser utilizados para medir resultados del aprendizaje en casi todas las materias.</p>	<p>Son excelentes para evaluar asociaciones y el reconocimiento de datos.</p> <p>Aunque son breves pueden evaluar el aprendizaje complejo (especialmente los conceptos).</p> <p>Son objetivas.</p>	
Reactivos de jerarquización	<p>Cosiste en presentar varias proposiciones, las cuales deberán ordenarse cronológica o lógicamente.</p>	<p>Con estos reactivos se pueden evidenciar la capacidad de observación, de reflexión y de asimilación.</p> <p>Pueden evidenciarse el análisis y la discriminación que el alumno haga.</p>	

		Con poca información en la pregunta se puede obtener mucha información del alumno. Es objetiva, de rápida ejecución.	
--	--	---	--

#### **1.2.4 Cuarta Generación de la Evaluación**

Hasta este punto, se han revisado las transformaciones de los paradigmas de evaluación, causados por acontecimientos sociales, tecnológicos, científicos y económicos, que establecen una relación bidireccional entre el aprendizaje y la evaluación, cuando cualquiera de los dos se ve afectado, el otro es sensible a las modificaciones. En este apartado se revisará el enfoque más moderno, así como algunos modelos e instrumentos destacados.

Los autores Guba y Lincoln (1989) fueron quienes destacaron una nueva generación a la que describieron como respondiente y constructivista, la primera característica gracias al enfoque respondiente de Stake (1975), y el segundo debido a la epistemología postmoderna del constructivismo (Russell & Willinsky, 1997). En general, el constructivismo plantea que el conocimiento es producto de un proceso dinámico e interactivo a través del cual la información se va construyendo progresivamente en modelos explicativos, cada vez más complejos y potentes (Coll, 2002).

Sin embargo, podemos encontrar todo un espectro constructivista que va desde el cognitivo con Piaget, hasta el social con Vygotsky, el encargado de integrar la diversidad de posturas fue el campo educativo, por medio del constructo de "cognición situada", que se significa al conocimiento como parte y producto de la actividad, el contexto y la cultura en que se desarrolla y utiliza (Harris & Brown, 2009). Asimismo, se piensa que el conocimiento es construido por el individuo dentro de los contextos sociales del evento de aprendizaje, en lugar de ser adquirido únicamente a través de transmisión o técnicas de instrucción directa. En este paradigma, se fomentan múltiples interpretaciones, y cada alumno puede crear significados distintos de los contenidos enseñados (Rosenblatt, 1979).

Básicamente la actividad del alumno es la de apropiarse de los contenidos a partir de la atribución de significado al proceso de aprendizaje, mientras que la actividad de enseñanza debe, brindar tipos y grados de ayuda adecuados a las necesidades del estudiante al momento, metas y al contexto cultural particulares (Mauri, Coll & Onrubia, 2008). Con lo que respecta al papel del docente, se le da apertura para utilizar diversas técnicas de evaluación cualitativa y cuantitativa, e indagar sobre sus alumnos, sobre los procesos de aprendizaje.

El propósito de las evaluaciones es una comprensión profunda de cada estudiante en sus diferentes contextos de aprendizaje. En este paradigma también se involucra a las autoridades externas, maestros, y padres ya que se considera que la evaluación es una actividad interpretativa social y contextualmente específica (Crafton & Burke, 1994).

Al utilizar la evaluación como investigación, los profesores y los estudiantes son vistos como creadores activos de conocimiento más que como receptores pasivos (Wells, 1984). Los maestros sustituyen las pruebas para medir las habilidades de los estudiantes y compararlos por procedimientos de evaluación basados en el aula que faciliten el aprendizaje, dirijan las decisiones curriculares y comuniquen más eficazmente con el concepto de comunidad de aprendizaje, que se entiende como un grupo de personas con distintos niveles de pericia, experiencia alumnos y los padres (Serafini, 2010).

La evaluación no se considera un proceso de medición "objetivo" destinado a comparaciones y prescripciones; más bien, se ve como una interacción humana que involucra al ser humano como el principal instrumento de evaluación. De manera que lo que se pretende es la construcción de un sujeto socialmente competente (González-Tejero & Pons, 2011).

En la siguiente tabla se resumen las principales aportaciones de los dos enfoques más importantes en el constructivismo.

**Tabla 4***Paradigmas Constructivistas*

<b>Concepciones</b>	<b>Leyes, propuestas...</b>
<p>Constructivismo.</p> <p>J. Piaget, en sus estudios sobre epistemología genética, en los que determina las principales fases en el desarrollo cognitivo de los niños, elaboró un modelo explicativo del desarrollo de la inteligencia y del aprendizaje en general a partir de la consideración de la adaptación de los individuos al medio.</p>	<p>- Considera tres estadios de desarrollo cognitivo universales: sensoriomotor, estadio de las operaciones concretas y estadio de las operaciones formales. En todos ellos la actividad es un factor importante para el desarrollo de la inteligencia.</p> <p>- Construcción del propio conocimiento mediante la interacción constante con el medio. Lo que se puede aprender en cada momento depende de la propia capacidad cognitiva, de los conocimientos previos y de las interacciones que se pueden establecer con el medio. En cualquier caso, los estudiantes comprenden mejor cuando están envueltos en tareas y temas que cautivan su atención.</p>
<p>Socio-constructivismo.</p> <p>Basado en muchas de las ideas de Vygotski, considera el aprendizaje como un proceso personal de construcción de nuevos conocimientos a partir de los saberes previos (actividad instrumental), pero inseparable de la situación en la que se produce. Enfatiza en los siguientes aspectos:</p>	<p>- Importancia de la interacción social. Aprender es una experiencia social donde el contexto es muy importante y el lenguaje juega un papel básico como herramienta mediadora, no solo entre profesores y alumnos, sino también entre estudiantes, que así aprenden a explicar, argumentar... Aprender significa “aprender con otros”, recoger también sus puntos de vista. La socialización se va realizando con “otros” (iguales o expertos).</p> <p>- Incidencia de la zona de desarrollo próximo, en la que la interacción con los especialistas y con los iguales puede ofrecer un “andamiaje” donde el aprendiz puede apoyarse.</p> <p>Actualmente el aprendizaje colaborativo y el aprendizaje situado, que destaca que todo aprendizaje tiene lugar en un contexto en el que los participantes negocian los significados, recogen estos planteamientos. El aula debe ser un campo de interacción de ideas, representaciones y valores. La interpretación es personal, de manera que no hay una realidad compartida de conocimientos. Por ello, los alumnos individualmente obtienen diferentes interpretaciones de los mismos materiales, cada uno construye (reconstruye) su conocimiento según sus esquemas, sus saberes y experiencias previas de contexto...</p>

Nota: Recuperado de “Concepciones sobre el aprendizaje. Didáctica. Los procesos de enseñanza y aprendizaje”, de Marqués, P., 2001. La motivación. Disponible en: <http://dewey.uab.es/pmarqués/actodid.htm>

#### **1.2.4.1. El impacto del constructivismo en la visión del aprendizaje y sus medios de evaluación del aprendizaje**

Al igual que en las revoluciones científicas de Kuhn, los cambios paradigmáticos son necesarios para el desarrollo de la ciencia, se generan bajo ciertas condiciones sociales, por el surgimiento de enfoques alternativos, por evidencia científica que falsea la anterior, por contradicciones teóricas, entre otros factores. Las condiciones que fundan una cuarta generación en evaluación son, la casi nula existencia de factores contextuales, la falta de personalización de la evaluación, la ambigüedad en la toma de decisiones o en la emisión de juicios y la necesidad de asumir el proceso evaluativo como, medio de descubrimiento y exploración (Guba y Lincoln, 1989).

Anteriormente la evaluación rotaba en torno al desempeño, objetivos y la eficacia de los programas institucionales, sin embargo, el interés por las demandas, preocupaciones y asuntos de los agentes de aprendizaje y los de enseñanza ha tomado el protagonismo. Guba y Lincoln (1989) describen la relevancia de considerar estos nuevos factores, ya que los estudiantes deben conocer los riesgos de la evaluación, todos pueden saber y usar la información de la evaluación para ampliar y mejorar el rango de la evaluación y favorecer una interacción positiva.

Es así como la propuesta de Guba y Lincoln (1989) emerge de la naturaleza y características del paradigma constructivista, en la cual, para juzgar la calidad de la evaluación, deben tomar en cuenta tres enfoques, el paralelo, el ligado al proceso hermenéutico y el de autenticidad, que a continuación se describen.

Los criterios del enfoque paralelo son los de credibilidad, transferencia, dependencia y confirmación (Lincoln y Guba, 1986). El criterio de credibilidad es un símil del criterio de validez interna existen diversa técnica para medirla (la observación persistente, el contraste con colegas, el análisis de casos negativos; Kidder, 1981). La transferencia es equivalente a la validez externa, la dependencia alude a la fiabilidad, finalmente, la confirmación funge como la objetividad.

En este tipo de evaluación, el desempeño del evaluador reúne los tres roles anteriores, es decir, la de técnico, analista y juez, agregando las habilidades para recoger e interpretar datos cualitativos (Patton, 1980). Además, debe realizar tareas secuencialmente

o de forma paralela, con el propósito de construir en conjunto con los estudiantes, un proceso ordenado y sistemático de trabajo.

Las alternativas de la práctica evaluadora en la cuarta generación son defendidas por Russell y Willinsky (1997), que apuestan por la mejora del binomio enseñanza y aprendizaje, haciendo conscientes a los docentes y alumnos de las implicaciones de su buen desempeño, sobre ellos mismos, sobre su entorno y sobre el propio sistema educativo.

En resumen, la cuarta generación puede concebirse como un proceso, sociopolítico, de colaboración, de enseñanza y aprendizaje, continuo, recursivo, emergente, altamente divergente, con resultados impredecibles y finalmente como creador de realidad. En la siguiente tabla se resumen las técnicas e instrumentos de la evaluación por criterios y formativa, elaborada a partir del trabajo de elaborado a partir de Diaz-Barriga (2004).

**Tabla 5***Técnicas e instrumento de evaluación constructivista*

<b>Tipo de examen</b>	<b>Características</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
El portafolio	Recopilará los mejores ejemplos junto con aquellos que puedan establecer una relación del proceso de cambio en la manera que se ha organizado el curso, en la forma en que se ha impartido la enseñanza y en la evaluación del aprendizaje del mismo.	Promueve la participación del estudiante al monitorear y evaluar su propio aprendizaje. Requiere que los estudiantes asuman la responsabilidad de su aprendizaje. Los maestros pueden examinar sus destrezas.	Consume tiempo del maestro y del estudiante.  Requieren refinamiento del proceso de evaluación.  Existe poca evidencia sobre la confiabilidad y validez de los resultados.
Estudio de caso	La evaluación con este método se realiza relatando una situación que se llevó a cabo en la realidad, en un contexto semejante al que los estudiantes están o estarán inmersos y donde habrá que tomar decisiones.	El alumno debe combinar principios aprendidos en el aula y nuevas reglas de aplicación. Evalúa la capacidad del alumno para poner en práctica su habilidad de preparar reportes escritos. Ofrecen al alumno una situación parecida o cercana a la realidad.	Requiere una planificación cuidadosa.  El profesor deberá definir si el problema es estructurado o no estructurado.
El debate	Es un instrumento que con frecuencia se utiliza para discutir sobre un tema.  El maestro guiará la discusión y observará libremente el comportamiento de los alumnos.	Observar habilidades del alumno para argumentar sobre el tema a discutir. Observar la capacidad de atención de los compañeros. Útil para trabajar sobre la actitud y tolerancia.	Necesidad de atención total por parte del maestro y de organización de observadores.  Fácilmente el grupo se puede salir de control.
El ensayo	Este instrumento contiene preguntas o temas en los que el alumno debe construir las respuestas utilizando un estilo propio, considerando el carácter crítico con las palabras o términos que considere más adecuados.	Permite que el estudiante exprese su punto de vista sobre un tema en particular.  Fomenta la capacidad creativa.  Evalúa la capacidad del alumno para transmitir su mensaje.	Se requiere mucho tiempo para calificar los productos.  Hay mayor probabilidad de ser subjetivo a la hora de ser calificados.  No puede abordarse la totalidad de los contenidos a evaluar en el mismo producto.

**Tabla 5**

*Técnicas e instrumento de evaluación constructivista (Continuación)*

Tipo de examen	Características	Ventajas	Desventajas
Técnica de la pregunta	La práctica y manejo de la técnica de la pregunta requiere de mucho esfuerzo, ejercitación, retroalimentación y entusiasmo por parte del profesor.	<p>Desarrolla destrezas de pensamiento.</p> <p>Estimula la participación y da retroalimentación.</p> <p>Promueve y centra la atención del alumno.</p>	<p>Requiere experiencia en el manejo de la técnica para darle el seguimiento adecuado.</p> <p>Requiere esfuerzo para manejar la técnica con fluidez.</p>
Exposición oral	Es la exposición oral de un tema contenido en el programa de estudio, frente a un grupo de personas.	<p>Brinda al alumno la oportunidad de demostrar sus habilidades para seleccionar, ordenar, analizar y sintetizar información.</p> <p>Al utilizarse este instrumento, el alumno deberá seleccionar y elaborar materiales didácticos para su trabajo.</p>	<p>Si no se determinan previamente los criterios para evaluar, el resultado que se emita puede ser subjetivo.</p> <p>Tratándose de grupos numerosos, la participación del grupo puede resultar mínima pues la exposición no permite aprovechar las diferencias individuales.</p>
Demostración	Se le solicita al alumno que de manera práctica muestre el manejo de un instrumento, elaboración de algún trazo, un experimento o actividad que requiera la secuencia de un proceso o la manipulación de una herramienta u objeto.	<p>Permite observar con detalle la ejecución de actividades prácticas.</p> <p>Mediante la aplicación de este instrumento es posible verificar si el alumno está logrando la integración entre la teoría y la práctica.</p>	<p>No se puede aplicar apropiadamente si no se cuenta con las condiciones, instalaciones, equipos e implementos básicos.</p> <p>La utilización de este instrumento puede resultar inútil si se aplica antes de finalizar la etapa de aprendizaje que se pretende evaluar.</p>

Entonces el desarrollo de las generaciones de los modelos de evaluación ha sido muy complejo y largo. Para finalizar la presentación de la evolución de la evaluación en la Tabla 6 se presenta de forma resumida las características de cada evaluación. .

**Tabla 6***Características de la evaluación a lo largo del siglo XX*

<b>1ª Generación de la Evaluación (Hasta 1930)</b>	<b>2ª Generación de la Evaluación (1930-1957)</b>	<b>3ª Generación de la Evaluación (1957-1972)</b>	<b>4ª Generación de la Evaluación (1973-Actualmente)</b>
Se asume el positivismo de las ciencias físico- naturales	Tyler acuña el término de “evaluación educativa”	La evaluación se asocia a la toma de decisiones	Se produce una “eclosión” de modelos de evaluación
Interés por la medición científica de las conductas humanas	Se va más allá de la evaluación psicológica	Interés por rendir cuentas. El alumnado seguía siendo sujeto directo de la evaluación, además, también el profesorado, los medios, los contenidos, las experiencias de aprendizaje, la organización, etc.	Entre esos modelos aparecen los cualitativos, impregnados por la lógica del constructivismo. El interés se basa en la comprensión y reconstrucción de los acontecimientos educativos
A través de la aplicación de instrumentos de forma técnica (tests de inteligencia y personalidad)	A partir de la propuesta de B. Bloom se define el currículum en términos de conductas (a través de objetivos muy precisos). Predomina el uso de tests.	Cronbach incluye los cuestionarios, las entrevistas, y la observación como técnicas de evaluación	Es necesario fomentar el intercambio de opiniones, valores y experiencias entre los participantes de un programa a través de la utilización de métodos participativos
Valoración de resultado de los programas educativos en estudiantes a través de la aplicación de tests, encuestas, acreditaciones y comparaciones experimentales	La evaluación se encarga de verificar la consecución de los objetivos propuestos, con objeto de valorar la eficacia de los programas. Aunque, la aportación de la evaluación a la mejora de la enseñanza es escasa	La evaluación sirve para rendir cuentas. Y éstas deben tener incidencia directa en los programas, los proyectos o las instituciones. Las decisiones deben mejorar la enseñanza	La evaluación es una herramienta que facilita el empoderamiento, la emancipación de los individuos

**Tabla 6***Características de la evaluación a lo largo del siglo XX (Continuación)*

<b>1ª Generación de la Evaluación (Hasta 1930)</b>	<b>2ª Generación de la Evaluación (1930-1957)</b>	<b>3ª Generación de la Evaluación (1957-1972)</b>	<b>4ª Generación de la Evaluación (1973-Actualmente)</b>
<p>Medición es sinónimo de evaluación, anteponiéndose el término medición</p> <p>Deja de hablarse de “medición”, para avanzar en el concepto de evaluación educativa</p> <p>“Evaluación basada en la norma”. Informa sobre el rendimiento del individuo en comparación con un grupo.</p>	<p>El término evaluación se antepone al de medición. Se habla de evaluación y medición</p> <p>“Evaluación basada en criterios”. Indica el rendimiento de un individuo en relación con un estándar.</p>	<p>Se incluye el término “juicio”. Se pretende valorar el mérito o valor de los programas.</p> <p>Predomina la “evaluación por criterios”. Scriven acuña los términos “evaluación formativa” y “sumativa”, o “evaluación intrínseca” y “extrínseca”.</p>	<p>El evaluador es un juez, que emite juicios.</p> <p>Aparecen modelos alternativos (“Evaluación respondiente” de Stake, “democrática” de McDonald, “iluminativa” de Parlett y Hamilton, la “evaluación como crítica artística” de Eisner, entre otros).</p>

Nota: Recuperado de “Aproximación histórica a la evaluación educativa: de la generación de la medición a la generación ecléctica” Alcaraz, N. 2015. *Revista Iberoamericana de evaluación educativa*, 8 (1), 11-25. Recuperado de <https://repositorio.uam.es/handle/10486/668240>

### **1.5. La evaluación en la ENCCH**

La profesora Cuenca Aguilar (s/a) da cuenta de que en la actualización de los programas de 2015 a 2016 del CCH se propone que la evaluación esté alineada al proceso de enseñanza y al proceso de aprendizaje para que sea realmente un mecanismo de regulación y autorregulación del aprendizaje de los alumnos. En ese sentido, se plantea que sea un proceso continuo y contextualizado, centrado en el aprendizaje y las estrategias didácticas.

En los programas actualizados se plantea que la evaluación del aprendizaje se centre en lo que ocurre en el aula de acuerdo con los aprendizajes planteados, que se transforme el enfoque de la “evaluación del aprendizaje” por el enfoque de “evaluación para el aprendizaje”, lo que implica concebir a la evaluación como un proceso que promueve y regula el aprendizaje de los alumnos, es decir, que se considere como una estrategia didáctica.

Esta visión se acerca más a la cuarta generación de la evaluación del aprendizaje, que promueve el uso de una evaluación como herramienta misma de aprendizaje y el involucramiento más inclusivo de todos los protagonistas en el proceso de la evaluación. De hecho, Novak (1988) reconoció la importancia de considerar dentro de este proceso a el aprendiz, el profesor, el currículo y el entorno social Schwab (1973). Sin embargo, no solo se trata de el involucramiento de ellos protagonistas, sino de la creación de todo un ambiente que favorezca el acceso a la evaluación de calidad. A este respecto, los instrumentos que ahora están disponibles para evaluar siguen anclados a la tradición del siglo XX, por ello es necesario incluir nuevas perspectivas que tal vez lleven a una nueva forma de evaluación más acorde a las necesidades del siglo XXI tal como plantea Morales et al. (2021). Por ejemplo, la introducción de las herramientas metodológicas de la Psicología Cognitiva, puede ser una alternativa más en la búsqueda de la creación de nuevas herramientas de evaluación, por lo menos en su aspecto formativo.

### **1.6. Aspectos cognitivos a evaluar en el aprendizaje y el C3-LEM**

Todo proceso de aprendizaje lleva implícita la evaluación del mismo. Dado que cualquier tipo de aprendizaje produce cambios en la estructura cognitiva del alumno, la evaluación es un proceso que tiene por objetivo observar variaciones en dicha estructura cognitiva. Este proceso

requiere un conjunto de pruebas que deberán medir una serie de variables significativas de forma válida y fiable (Liu, 1994; Ruiz-Primo & Shavelson, 1997; Novak, 1998; Shavelson et al, 2005).

Por tanto, en función de los cambios observados se puede reconocer si el aprendizaje ha sido significativo o memorístico. El aprendizaje significativo es el que mejora la estructura cognitiva del alumno preparándola para incorporar futuros conocimientos y permitiendo su aplicación y/o extrapolación a nuevas causas o situaciones. Además, según la teoría de la educación de Novak (1998), el aprendizaje significativo resulta de la integración constructiva del pensamiento, el sentimiento y la acción, que conducen a la capacitación humana para el compromiso y la responsabilidad. Con estas premisas se puede suponer que la mayoría de los actos formativos tienen como objetivo dicho aprendizaje, sin menoscabo de que en determinadas circunstancias interese un aprendizaje memorístico.

En cuanto al proceso evaluativo podemos distinguir dos aplicaciones: la que observa una evolución y la que constata una estructura cognitiva final. La primera tiene por objeto detectar las modificaciones en la estructura cognitiva del sujeto tras el proceso de formación para poner de relieve un aprendizaje. Esta evaluación requiere como mínimo dos medidas: una previa al proceso de aprendizaje y una posterior, y puede optarse por una valoración cualitativa o una cuantitativa. La segunda aplicación, pretende comprobar que el alumno ha alcanzado los objetivos de la asignatura, por tanto, bastará con una sola medida final y suele atribuírsele una valoración cuantitativa.

Como ya se ha dicho, las pruebas que conforman el proceso de evaluación deben proporcionar medidas sobre un conjunto de variables significativas. Sin embargo, los procesos evaluadores están sujetos a errores asociados a los evaluadores, a las propias tareas de evaluación, a los contextos a evaluar, a las diferentes escalas posibles o cualquier combinación de los mismos (Kim, 2000). Además, toda evaluación implica un proceso de corrección mediante el cual la medida nos proporciona un resultado o puntuación. A su vez, dicho proceso de corrección está sujeto a un conjunto de variables potencialmente introductoras de errores: el criterio de corrección, los correctores y el entorno. Así, por un lado, un criterio definido previamente puede sufrir cambios a medida que se aplica a sucesivos ítems. Por otro, los correctores aun aplicando

un criterio de corrección común fijo no pueden sustraerse a un cierto nivel de subjetividad y difícilmente obtienen siempre un mismo resultado.

En todos los casos las pruebas realizadas deben ser válidas y fiables. La validez de una prueba se consigue cuando podemos asegurar que mide lo que se desea medir. En el caso del aprendizaje significativo, la prueba a evaluar deberá proporcionar información sobre la inclusión de los nuevos conocimientos y su integración en la estructura cognitiva. La fiabilidad de una prueba se consigue cuando podemos garantizar que los resultados de la medición son siempre los mismos, independientemente de la situación en que se realice la medición. Por ejemplo, el resultado de la medida de las variables significativas de la prueba debe coincidir tanto si la puntuación la realizan diferentes correctores como si se realiza en diferentes épocas; en este último caso debe garantizarse que no se ha producido una modificación del conocimiento entre una prueba y la siguiente (Novak, 1998).

Estos dos aspectos, validez y confiabilidad en la medición del aprendizaje cognitivo pueden ser cumplidos con el uso de instrumentos provenientes de la Ciencia Cognitiva que han sido ampliamente utilizados para medir diferentes procesos cognitivos relacionados al aprendizaje como la memoria humana. Aquí se presenta un ejemplo de la utilidad de las herramientas cognitivas para evaluar el aprendizaje, específicamente con el caso del C3-LEM. Este modelo es una aproximación hacia la evaluación del aprendizaje académico (entendido como aquel que se establece en los programas institucionales y abordados por el docente durante el curso formal de la asignatura) que es caracterizado por la combinación de técnicas de evaluación constructiva y responsiva que fueron importadas del área de ciencia cognitiva. En el siguiente capítulo se aborda estos dos aspectos (la parte constructiva y la parte cronométrica) del C3-LEM.

## **Capítulo 3**

### **La Evaluación Cognitiva Constructiva Cronométrica del Aprendizaje**

Las Ciencias de la Educación son un vasto campo que se compone del estudio e integración de procesos dinámicos y complejos como son la enseñanza, el aprendizaje, el diseño curricular, la evaluación, entre otras ramas. Cada uno de estos pilares posee un desarrollo propio, con hallazgos, modelos y paradigmas distintos, por ello se requiere acotar bajo qué enfoque se abordará el proceso del aprendizaje. El presente capítulo pretende abordar los elementos teóricos que sustentan la teoría y la metodología del modelo de evaluación que se emplea en el presente trabajo para medir el aprendizaje cognitivo de los estudiantes esto es el C3-LEM.

#### **3.1 El aprendizaje desde las Ciencias Cognitivas**

Los seres humanos estamos en contacto con el mundo externo gracias nuestros sentidos, sin embargo, esto no implica que exista una única vía de acceso hacia la comprensión del mundo, por el contrario, las diferencias subyacen en las formas en la que dicha interacción es conservada en cada persona. En algunas áreas científica como el enfoque cognitivo, son denominadas representaciones, y aluden a los procesos de codificación, acceso y almacenamiento de la información (Simon, 1978). La visión representacional de la mente sostiene que es sólo a través de un medio de representación interna que los sistemas inteligentes actúan como lo hacen (Schmitt, 2006).

Por mucho tiempo, la forma en cómo representamos y organizamos el mundo de forma abstracta ha sido un enigma para psicólogos, filósofos y lingüistas. Cuando algo está ausente y se significa a través de una notación o signo o conjunto de símbolos se dice que se está presentando ese objeto aun en ausencia del mismo, es decir se representa algo. La representación mental, por tanto, se relaciona al qué y al cómo se hacen estas representaciones en la mente (Eysenck & Keane, 2000).

Una representación mental es una parte del proceso mental que implica imaginar o pensar en cosas que no están perceptualmente presentes (Lundh,1995). Existen tantos tipos de

representación mental como tipos de información (e.g., análoga, digital, especial, lingüística, matemática) (Hubbard, 2007). Las propiedades intrínsecas de una representación mental dependen de la naturaleza misma de la información representada (Hubbard, 2007).

Las representaciones mentales pueden ser analizadas desde dos puntos de vista: el simbólico (proposicionales y analógicas) y el distribuido. Las representaciones proposicionales son representaciones al estilo del lenguaje que capturan el contenido ideacional de la mente, independientemente de la modalidad original en el que la información fue encontrada. Las representaciones analógicas tienden a ser imágenes que pueden ser, visuales, auditivas, o kinestésicas, las representaciones mentales que son distribuidas se refieren a que son almacenadas como patrones de activación en redes conexionistas. Aquí son de especial interés aquellas llamadas proposicionales que caracterizan los conceptos de objetos, relacionales y estructuras conceptuales complejas como los esquemas (Eysenck & Keane, 2000).

Las representaciones lingüísticas/proposicionales son comúnmente utilizadas en las teorías y modelos psicológicos. Primero, en los modelos seminales de la memoria largo plazo, la memoria semántica fue un aspecto central (Hubbard, 2007). Está se relaciona al sistema de lenguaje humano, que es común en todos los usuarios de un lenguaje dado, y permite el proceso de comunicación (Szymanski & Duch, 2012).

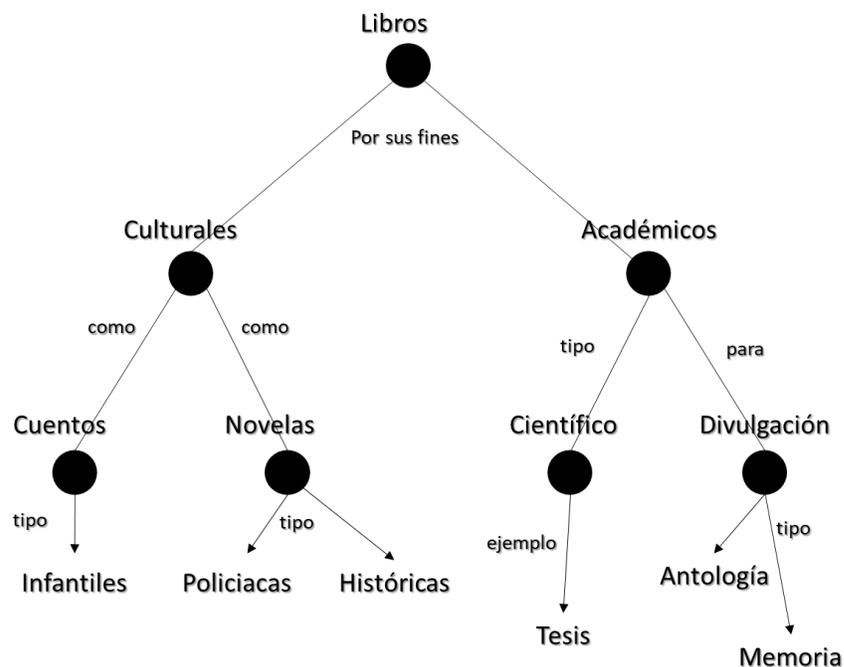
La memoria semántica alberga las palabras que son las etiquetas de los conceptos que describen los elementos de las experiencias humanas. Pero además contiene las relaciones entre estos conceptos ya que, sin ellas, los conceptos solos tendrían muy poco significado. Entonces en la memoria semántica hay redes conceptuales de elementos que están conectados entre ellos a través de diversos tipos de asociación (Szymanski & Duch, 2012).

Existen algunos modelos que tratan de explicar cómo es que estos elementos lexicales se almacenan y procesan en la mente humana (Szymanski & Duch, 2012). En general, estos modelos proponían que los nodos (conceptos) de información estaban unidos por ligas que reflejaban la asociación entre los nodos y el largo de estas ligas reflejaba la fuerza de asociación (Hubbard, 2007).

Entre de los modelos psicológicos más destacados que consideran las representaciones de naturaleza proposicional y conceptual se encuentran los modelos de redes semánticas. Estas consisten en un conjunto de nodos que están selectivamente conectados por vínculos etiquetados por relaciones entre cada par de nodos conectados (Figura 5). Por ejemplo, el modelo jerárquico de Collins y Quillian (1969), propone que los conceptos están organizados en una especie de árbol taxonómico (Szymanski & Duch, 2012).

### Figura 5

*Ilustración de la estructura de memoria hipotética para tres niveles de jerarquía*



Nota: Adaptada de "Retrieval Time from Semantic Memory", Collins, A. M., & Quillian, M. R., 1969, Retrieval Time from Semantic Memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 8(2), 240-247. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(69\)80069-1](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(69)80069-1)

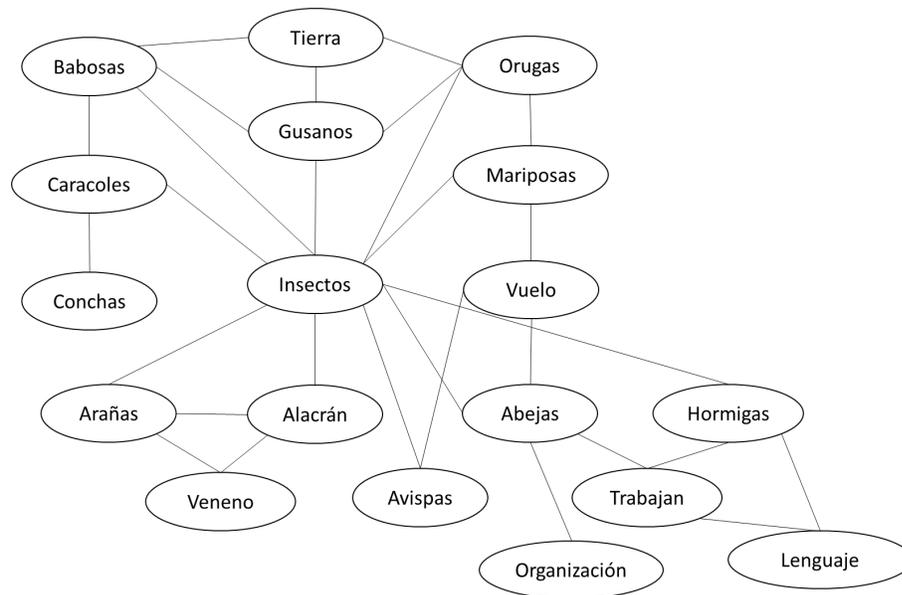
En este modelo los nodos (conceptos) se relacionan a través de ligas (relaciones semánticas), y al presencia o ausencia de esta relación puede ser interpretada como un sí o bien un no. Un aspecto interesante de los modelos jerárquicos es que permiten observar las propiedades de los conceptos descritos a través de las características que se vinculan a ellos a través de estas ligas. De hecho, en estudios de tiempos de respuesta a preguntas acerca de las

propiedades de los objetos mostraron que cuando las preguntas estaban relacionadas a propiedades que tienen un vínculo directo, eran respondidas más rápidamente (Szymanski & Duch, 2012). Con relación a esto, se asume que el lenguaje influye o moldea la representación mental de la información semántica y que ciertos conceptos u objetos son mejor recordados o percibidos si hay categorías verbales disponibles para ellos (Hubbard, 2007).

Sin embargo, dadas las limitaciones en los postulados del modelo clásico pronto surgió la necesidad de plantear otros modelos que permitieran considerar que las estructuras de la memoria son dinámicas. En respuesta a estas necesidades emergieron otros modelos como el de propagación de la activación, propuesto por Collins y Loftus (1975). En este modelo, no hay una jerarquía, la información se organiza en forma de redes lexicales. Los nodos de la red están conectados a través de diferentes relaciones incluyendo las semánticas (véase Figura 6), el concepto que es analizado se activa y si esta activación es suficientemente fuerte esta actividad se propagará a otros nodos o conceptos asociados (Szymanski & Duch, 2012).

**Figura 6**

*Representación esquemática de la relación de conceptos en un fragmento estereotipo de la memoria humana*



Nota: Las líneas cortas representan mejor relación. Adaptada de “A spreading-activation theory of semantic processing”. Collins, A. M., & Loftus, E. F. 1975. *Psychological review*, 82(6), 407. <http://dx.doi.org/10.1037/0033-295X.82.6.407>

Otros modelos que también han contribuido en el estudio de la naturaleza de la representación mental son los modelos conexionistas, este tipo de modelos es ilustrado en el apartado de conexionismo, expuesto más adelante en este mismo capítulo.

Estas aportaciones teóricas (Collins & Quillian, 1969, 1970) y otros desarrollos teóricos (Rumelhart et al., 1972, Anderson, 1972, Winograd, 1972), al estudio de la representación mental sentaron las bases para el surgimiento de diversas técnicas de exploración en este campo, entre ellas la técnica de Redes Semánticas Naturales o RSN, que es un pilar fundamental de la presente investigación.

### **3.2.1 Estudio del aprendizaje constructivo con Redes Semánticas Naturales**

Descifrar qué es y cómo se genera el “significado”, es uno de los temas más complejos que ha ocupado a la psicología, dentro del estudio del pensamiento abstracto. La formación de conceptos es un aspecto de especial relevancia en este campo. Los conceptos son categorías abstractas que agrupan los objetos, los procesos o bien otros conceptos en uno o más conjuntos mentales. Así cualquier concepto que pertenezca a una agrupación determinada, aunque sea visto de forma individual será reconocido como un ejemplar de la agrupación a la que pertenece (Mercado et al., 2015).

La forma en cómo estos conceptos son organizados para generar los significados ha sido explorada a través de la técnica de Redes Semánticas Naturales o RSN, que surge de la visión de la representación de la información y de la investigación en memoria humana (Valdez, 1998; López, 2001; 2002).

La RSN fue propuesta por Figueroa et al. (1976) para explorar los significados en una variedad de campos del conocimiento humano. Por ejemplo, en el área de medicina para conocer la impresión de los alumnos sobre los cadáveres (Collipal & Silva, 2011), campo de psicología para explorar el significado del duelo y sus diferentes fases (Ávila & de la Rubia, 2013), en el estudio del estado de ánimo y el autoconocimiento en el nivel superior (Flores, Medrano & Manoiloff, 2014), en el campo educativo para explorar los significados de las TIC, la televisión y el internet (Zermeño, Arellano & Rodríguez, 2005), y como técnica para la evaluación del conocimiento declarativo en ciertas áreas académicas (López et al., 2014; Morales-Martínez &

Santos, 2015). Dado lo anterior, en la actualidad se tiene una gran cantidad de investigación, en donde se muestra la potencialidad teórica y operativa de este tipo de herramientas (Morales, 2017).

La técnica de RSN permite realizar análisis sobre la organización del significado a partir de la exploración de la memoria semántica, en donde se asume se organiza la información en redes conceptuales. Esto es de relevancia porque las RSN determinan el significado examinando como un concepto (objetivo) es definido a través de otros conceptos (definidores), y como es que los conceptos objetivos sirven de definidores en otras ocasiones dependiendo de qué parte de la red se active (Morales, 2017). En general, en los estudios de RSN, el procedimiento común es que los participantes definen conceptos utilizando definidores como verbos, sustantivos y adjetivos. Después cada participante pondera cada definidor de acuerdo con la relevancia de dicho concepto a la hora de definir al concepto objetivo. Con estos datos, se obtienen los indicadores propuestos por Figueroa (valor J, G, M, el grupo SAM, G) (López & Morales, 2015).

De acuerdo con López y Theios (1992) el valor J se refiere al número total de definidores y puede entenderse como la riqueza semántica. El valor M a la suma de las ponderaciones asignadas a cada definidor, y está relacionada a la relevancia de cada concepto como definidor del objetivo. El grupo SAM (por sus siglas en inglés: Semantic Analysis of M value) señala el grupo de los diez definidores con el valor M más alto. Estos diez definidores son los que construyen el significado de la mayor parte de la red. El valor G es la diferencia entre el valor M más alto y el más bajo en el grupo SAM dividido por el número de definidores en el grupo SAM menos 1, los valores pequeños indican alta densidad semántica y los altos lo opuesto.

En adición a los indicadores antes mencionados, esta técnica, permite representar en un espacio bidimensional la organización conceptual que las personas utilizan para dar significado a algo. Además, la técnica de RSN es diferente de la aproximación clásica de la representación mental porque en esta técnica se enfatiza el significado y no tanto el nivel definicional de la organización del conocimiento (Morales, 2017; Morales-Martínez & López-Ramírez, 2016; Morales-Martínez & Santos-Alcantara, 2015; Morales-Martínez, López-Ramírez., & López-González, 2015; López, Morales, Hedlefs & Gonzales, 2014; González, López & Morales, 2013).

Si los conceptos más relevantes de una RSN tienen una relación en el lexicon, puede ser probado de manera experimental en estudios de facilitación semántica. Precisamente, este es el segundo eslabón de evaluación en el modelo C3-LEM. La idea de esta segunda fase en la evaluación es que los resultados de los estudios de facilitación semántica pueden ofrecer evidencia de si existe una relación semántica entre conceptos y no están solamente vinculados a través de una mera asociación. Este tipo de evidencia puede ser considerada como una señal de la existencia de un esquema de conocimiento (Morales, 2017; Morales-Martínez & López-Ramírez, 2016; Morales-Martínez & Santos-Alcantara, 2015; Morales-Martínez, López-Ramírez., & López-González, 2015; López, Morales, Hedlefs & Gonzales, 2014; González, López & Morales, 2013). En el siguiente apartado se discutirá más sobre esta idea planteada en la parte de evaluación cronométrica del C3-LEM.

### **3.2.2 Estudio cronométrico del aprendizaje con Facilitación Semántica**

En la facilitación semántica se asume que cuando un concepto es antecedido por otro concepto que está relacionado al primero este será reconocido más rápido, que si le antecede por uno que no está relacionado (McNamara, 2005). Por ejemplo, tal como planteó una serie de autores (Morales-Martínez, et al., 2017; Morales, 2017; Morales-Martínez & López-Ramírez, 2016; Morales-Martínez & Santos-Alcantara, 2015; Morales-Martínez, López-Ramírez., & López-González, 2015; López, Morales, Hedlefs & Gonzales, 2014; González, López & Morales, 2013) en una serie de estudios realizados con este paradigma, si en una clase los estudiantes han adquirido un esquema del tema aprendido, los tiempos de reconocimiento en tareas de facilitación semántica serán diferentes al inicio que al final del curso dada la relación esquemática entre los pares de palabras presentados. Los estudios de facilitación semántica evalúan la relación semántica entre un concepto (facilitador) y otro (objetivo) (Morales, 2017). A este respecto, se sabe que los tiempos de reconocimiento varían dado el tipo de relación semántica establecida entre los conceptos (e.g., relación asociativa, categórica, etc.) (McNamara, 2005).

Cuando las palabras seleccionadas tienen una relación por esquema y esto produce un tiempo de reconocimiento diferente del obtenido en la presentación de otros pares de palabras con otro tipo de relaciones (e.g., categóricas, o asociativas), se le denomina “facilitación

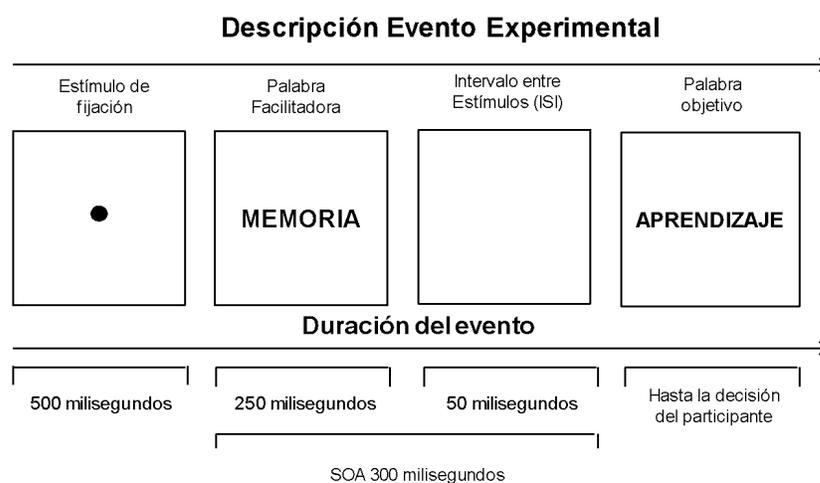
esquemática” (López & Theios, 1992; López, 1996). Este fenómeno ha sido explorado también en ambientes académicos para explorar el aprendizaje académico (p. ej., López et al., 2014). La evidencia señala que la técnica de facilitación semántica parece detectar cuando un estudiante aún no tiene un esquema en su memoria de la materia a aprender y permite discriminar cuando el esquema ha sido adquirido (véase González et al., 2013; Morales, & López, 2016b).

Considerando los hallazgos obtenidos en este tipo de evaluación responsiva basada en estudios de facilitación semántica, Morales-Martínez et al. (2017) proponen que el uso de este paradigma es una alternativa valiosa para evaluar el aprendizaje, y en conjunto con la evaluación constructiva obtenida a través de las redes semánticas, técnica presentada en el apartado anterior, se puede obtener información valiosa sobre el proceso de aprendizaje.

En general, en un estudio de facilitación semántica, se presentan una serie de ensayos experimentales que se componen de la presentación de pares de palabras facilitador-objetivo. En sí la secuencia experimental consiste en un estímulo de fijación atenta, luego una palabra facilitadora y finalmente una última palabra, sobre la que se lleva una tarea de decisión lexical. El participante tiene que decidir si el objetivo está bien o mal escrito (Morales, 2017; López et al., 2014). La secuencia se ilustra en la Figura 7.

### Figura 7

*Descripción gráfica del estudio de facilitación semántica*



Nota: Se muestra la secuencia de eventos en experimentos de reconocimiento de palabras con tareas de decisión lexical para observar si existe facilitación semántica Adaptado de “New empirical directions to evaluate online learning”. López, R. E. O., Morales, M. G. E., Hedlefs, A.M.I., & González, T. C. J., 2014, *International Journal of Advances in Psychology*, 3(2), 40-47. <http://dx.doi.org/10.14355/ijap.2014.0302.03>

Entonces, a lo largo de este capítulo se ha revisado de forma general el modelo CE-LEM y su utilidad en la evaluación del aprendizaje académico por lo menos a niveles de Educación Superior. Estas mismas premisas pueden ser aplicadas a la evaluación del aprendizaje en Educación Media Superior. De hecho, en la presente tesis se pretende mostrar la aplicación de este modelo a la evaluación de los aspectos organizativos y cronométricos del aprendizaje en las materias de Biología II y IV, siguiendo las dos fases de la evaluación cognitiva constructiva cronométrica descritas en este capítulo.

Uno de los objetivos del CE-LEM es proveer de información útil sobre el proceso de aprendizaje de los estudiantes, que permita al maestro conocer qué aprenden y cómo organizan este conocimiento los estudiantes y dar uso a esta información para mejorar sus estrategias didácticas. En este trabajo, también se propone una posible aplicación de los resultados de la evaluación cognitiva que fue aplicada. Específicamente, se propuso la elaboración de materiales que permitan al estudiante identificar fácilmente los conceptos clave de la materia de Biología II o IV y poder integrar estos conceptos en una forma organizada y coherente a través del uso de mapas mentales. Los fundamentos de esta técnica son descritos en el siguiente capítulo.

## Capítulo 4

### Aprendizaje significativo y mapas conceptuales

Uno de los principales objetivos de la Educación es garantizar el aprendizaje, y desarrollo de habilidades cognitivas de orden superior. Es por ello que a lo largo de la Historia han surgido métodos, estrategias y técnicas que apoyen en la labor de optimizar la comprensión, accesibilidad y uso de la información. Actualmente, una de las estrategias más reconocidas y utilizadas en el contexto educativo son los mapas mentales. Estos consisten en una representación bidimensional que permite organizar un conjunto de conceptos con el objetivo de optimizar el acceso y recuperación de la información. Asimismo, puede ser un instrumento que favorezca los procesos de memoria, retención y acomodación de conocimiento.

Considerando que este tipo de herramientas favorece el aprendizaje cognitivo, en este capítulo se presenta de forma breve el concepto de aprendizaje significativo y su relación con la aplicación de los mapas conceptuales como una herramienta para promover este tipo de aprendizaje. También se presenta de forma general el concepto de mapas mentales, su origen, uso y finalmente su vinculación a la evaluación cognitiva, en especial su relación con el uso del C3-LEM.

#### 4.1. Aprendizaje significativo

La Teoría de Ausubel (1968) pone de relieve cuatro tipos de aprendizaje que podemos agrupar en dos bloques, en tanto que se refieren a procesos diferentes. Por un lado, en función del tipo de instrucción recibida, tenemos los aprendizajes por recepción y por descubrimiento. Por otro lado, en base a cómo se integran los nuevos conocimientos en la estructura cognitiva, se tienen los aprendizajes significativo y memorístico.

El aprendizaje por recepción es aquel en el que el estudiante recibe el nuevo conocimiento, ya sea suministrado por el enseñante o por cualquier otro método. Así, a este nivel, tenemos las tablas de multiplicar, las clases magistrales, etc. En el extremo opuesto está el aprendizaje por descubrimiento, en el que el aprendiz encuentra los nuevos conceptos y/o interrelaciones. Este es el aprendizaje autónomo por excelencia y el utilizado por los

investigadores en su labor de aflorar nuevo conocimiento o por los compositores de música al crear sus obras. Ambos aprendizajes no forman una disociación completa, sino que forman un continuo donde, por ejemplo, tenemos estadios intermedios como el aprendizaje por descubrimiento forzado. Este último se da cuando el profesor hace la labor de guía en la instrucción por descubrimiento del alumno, y este no tiene más que seguir las pautas marcadas para llegar al nuevo entendimiento. De hecho, el alumno, desde preescolar hasta nivel universitario, experimenta todo este abanico de instrucciones.

El aprendizaje memorístico es puramente mecánico y es almacenado arbitrariamente de forma literal, sin atribución de significados personales (Moreira, 1988). Por tanto, no altera la estructura cognitiva preexistente, ya que los nuevos conceptos se incorporan, pero no se integran. Esta situación indica una ausencia de comprensión y por ello la imposibilidad de aplicar los nuevos conocimientos a situaciones diferentes. No obstante, este tipo de aprendizaje es útil y necesario.

Existen múltiples ejemplos a todos los niveles educativos y formativos, empezando por las tablas de multiplicar en matemáticas, la escala de dureza de materiales propuesta por el geólogo Friedrich Mohs, los parámetros de normalidad de una muestra sanguínea en medicina, una lista de números de teléfono, entre otros. Es más, en cualquier disciplina existe toda la nomenclatura típica de la materia, que debe aprenderse de esta manera. La utilización continuada del aprendizaje memorístico produce un sobreaprendizaje que posibilita su persistencia en la estructura cognitiva, aun cuando no disponga de interrelaciones que aporten significado.

En el lado opuesto, el aprendizaje significativo ocurre cuando un conocimiento nuevo se incorpora o asimila a una estructura cognitiva previa, en tanto que se ancla en ella mediante los llamados inclusores, construyendo una nueva organización. De esta forma, los conceptos incluidos adquieren un significado personal para el aprendiz. Los conocimientos así adquiridos permiten la aplicación y/o extrapolación a nuevas causas o situaciones, en tanto que se ha realizado una comprensión de lo aprendido. El conocimiento incluido permite la incorporación de nuevos conceptos y proposiciones a la estructura cognitiva, la cual sufre una reestructuración continua en este tipo de aprendizaje creando un proceso dinámico (Moreira, 1988). A este respecto, Ausubel (1968) en el prefacio de su obra *Psicología Educativa*, insistía en que “la base

del aprendizaje es averiguar lo que el alumno ya sabe y enseñar en consecuencia”. Esta teoría introduce varias ideas relevantes sobre el aprendizaje, a saber: la inclusión, la diferenciación progresiva y la reconciliación integradora, así como la importancia de los conceptos inclusores en la estructura preexistente.

Cada nuevo aprendizaje de este proceso pasa por las fases ya mencionadas de inclusión, diferenciación progresiva y reconciliación integradora. Este carácter propio y personal del proceso de aprendizaje marca de manera única la estructura cognitiva del alumno, de forma que no existirán dos individuos con organizaciones mentales idénticas (Moreira, 1988; Bolte, 1997).

Austin (Austin y Shore, 1995) enfrenta estos dos aprendizajes en la resolución de problemas en asignaturas de ciencias. Por un lado, argumenta que el aprendizaje memorístico permitirá al alumno la resolución de problemas en 1 paso, o en varios cuando el procedimiento es único y por tanto memorizable. En el otro, el aprendizaje significativo, el cual implica una comprensión, permite la resolución de problemas en múltiples pasos. En estos casos, no puede producirse el primero sin el segundo. Este es el caso, referido por Novak (1998), del alumno que memoriza palabra por palabra la definición de un concepto, para posteriormente establecer relaciones válidas con otros conceptos que lo llevan a dotarlo de significado (aprendizaje significativo). Sin embargo, estos dos tipos de aprendizaje tienen características diferentes. En este aspecto, el aprendizaje basado exclusivamente en la memorización desaparece fácilmente puesto que no está anclado en la estructura cognitiva. Inicialmente Novak (Novak y Gowin, 1984) indicaba que lo aprendido de memoria persistía durante 15 días siempre que no se reforzara lo memorizado. En otras publicaciones dicho intervalo se situaba entre las 2 o 3 semanas (Novak, 1991a) e incluso entre las 6 y las 8 semanas (Hagerman, 1966; Novak, 1987; Novak y Abrams, 1993). Finalmente, Novak (1998) distingue diferentes periodos de olvido en función del tipo de conocimiento memorizado y el nivel de sobreaprendizaje realizado.

Así, si lo memorizado son sílabas sin sentido, el olvido aparece en sólo unas horas y se retrasa a unos días en poesías o fragmentos de textos. Sin embargo, en ciencia, historia y otras materias escolares, la retención se reduce a una fracción del aprendizaje original en cuestión de semanas. Finalmente, si se produce un sobreaprendizaje por estudiar de forma reiterada, la persistencia puede alargarse en el tiempo e incluso indefinidamente, pero en ningún momento

podrá facilitar nuevo aprendizaje. Por otra parte, en el aprendizaje significativo, los conceptos aprendidos se retienen durante más tiempo; algunos toda la vida (Novak, 1998). Esto no quiere decir que el olvido no pueda darse también en el aprendizaje significativo, pero al estar el conocimiento incrustado en la estructura cognitiva, ésta no se pierde. Así aparece el fenómeno que Ausubel y Novak (Ausubel, 1968; Novak y Gowin, 1984; Novak, 1998) denominan “inclusión obliterativa”, donde el alumno olvida los mensajes específicos aprendidos, pero en la estructura cognitiva permanecen ideas mejoradas. Estas son las que facilitarían en este caso el aprendizaje futuro.

Por tanto, si la esencia del conocimiento es la estructura conformada por las interrelaciones verbalizadas como proposiciones, y el aprendizaje significativo es la evolución de dicha estructura, tenemos que la unidad mínima del aprendizaje significativo serán las proposiciones (Novak y Gowin, 1984; Shavelson et al, 1994; Novak, 1998; Schau et al, 1999). En la misma línea, el aprendizaje significativo es por necesidad un acto de voluntad, pues el sujeto decide aprender significativamente (Ausubel et al, 1978; Novak y Gowin, 1984; Novak, 1998). Cabe destacar que en este proceso el alumno, además de su voluntad, precisa que el material didáctico empleado sea igualmente significativo (Novak, 1998). Es aquí donde técnicas como los mapas conceptuales pueden convertirse en herramientas muy útiles. Para promover su uso es necesario conocer ¿qué son? ¿Cuál es su origen? ¿cómo se utilizan? estas y otras cuestiones son abordadas a continuación.

#### **4.2 Mapas conceptuales**

Un mapa conceptual es una representación gráfica bidimensional de la estructura cognitiva de su autor respecto a una materia. Dado que los elementos básicos de dicha estructura cognitiva son los conceptos y sus interrelaciones, como ya se ha mencionado, el mapa conceptual deberá incluir ambos elementos. Así, por un lado, los conceptos se distribuyen en el plano de trabajo y por otro lado, las interrelaciones entre conceptos, que se verbalizan en forma de proposiciones y se presentan mediante una línea o enlace que une los dos conceptos a relacionar en la proposición.

Dicha línea en sí misma carece de significado, es por ello que dicho enlace debe etiquetarse con palabras que evidencien la naturaleza de la interrelación y por tanto su significado. En un mapa conceptual, la secuencia “CONCEPTO-etiqueta de enlace-CONCEPTO”, conforma una proposición y en consecuencia representa una unidad semántica básica (Novak y Gowin, 1984; Shavelson et al, 1994; Schau et al, 1999).

Un mapa conceptual es un diagrama que tiene por objeto representar relaciones significativas entre conceptos y que lo hace en forma de proposiciones (Moreira, 1988; Novak y Gowin, 1984), siendo por tanto una técnica para exponer el entendimiento conceptual y proposicional que el sujeto tiene sobre un determinado conocimiento (Moreira 1980). No debe confundirse ni con esquemas, ni con resúmenes de una materia, y aún menos con diagramas de flujo puesto que el mapa conceptual es un diagrama de significados (Moreira, 1988).

Un mapa presenta diferentes elementos. En primer lugar, los ya mencionados: conceptos y enlaces con sus etiquetas. Los conceptos se distribuyen de forma jerárquica en el plano de trabajo, siendo el elemento superior el llamado supra-ordenado. De dicho elemento derivan otros conceptos enlazados creando una típica estructura en árbol. Un concepto derivado recibe el nombre de subordinado. A medida que el mapa se va refinando también se va ramificando. Así una rama será aquella secuencia de conceptos y enlaces que surgiendo del elemento supra-ordenado llega hasta un extremo final. Cuando un enlace une conceptos de diferentes ramas se le denomina enlace cruzado. Una proposición será cualquier combinación “concepto-etiqueta de enlace-concepto”. Finalmente, por su ubicación en el diagrama, los conceptos pueden denominarse nodos del mapa.

Un proceso de aprendizaje puede observarse comparando un mapa inicial y uno final. Los conceptos preexistentes que sirven para introducir el nuevo conocimiento reciben el nombre de conceptos inclusores. En la bibliografía también se utilizan diferentes terminologías. Así algunos autores agrupan los enlaces por el tipo de relación que establecen entre los conceptos. Entre ellos: general, causal, conductual, condicional, o de finalidad (França et al, 2004).

Respecto al tipo de diagrama presentado, algunos autores hablan de redes de conceptos (Novak, 1998), redes semánticas (Lomask et al, 1992), mapas cognitivos (Goldsmith et al, 1991),

mapas jerárquicos (Novak y Gowin, 1984; Allen, 2006), mapas radiales, en cadena o red (Kinchin y Hay 2000) o bien con estructura lineal, circular, radial, en árbol o en red (Yin et al, 2005).

### **4.3 Origen de los mapas conceptuales**

Los mapas conceptuales se originaron como una herramienta de trabajo para la recogida de datos a partir de entrevistas clínicas. En la Universidad de Cornell, el grupo de trabajo de Novak et al. (1972) estaba inmerso en un estudio longitudinal de 12 años en el que utilizaba estas entrevistas como elementos de registro. Este estudio (Novak y Mussonda, 1991; Novak, 2005) pretendía evaluar cómo determinados métodos de formación en estados iniciales influían en el aprendizaje posterior a largo plazo. La técnica utilizada en este estudio, calificada como la más válida y fiable para evaluar el conocimiento del alumno, fue la entrevista personal que se grababa para su posterior análisis. Entonces, surgió la problemática de cómo extraer y sintetizar la información facilitada por los estudiantes en los cientos de registros de audio realizados. Así se ideó una técnica de transcripción de los datos que se recogían en las entrevistas. Esta técnica consistía en unos diagramas de conceptos extraídos de las mismas. Estos mapas primigenios fueron una representación bidimensional de conceptos enlazados, pero sin caracterizar el significado del enlace mediante palabras. Rápidamente el grupo de trabajo observó que los meros enlaces no reflejaban el conocimiento real de los alumnos tal como se deducía de los datos recogidos. En consecuencia, introdujeron pequeñas expresiones o palabras de enlace a modo de etiquetas sobre las líneas. Así, en esencia, el mapa conceptual adoptó su forma actual.

Entonces la técnica de mapas conceptuales surgió como una necesidad de Novak y Mussonda (1991) de organizar los resultados de estos estudios sobre cambios en el conocimiento de las ciencias en niños. Así, podrían detectar detalladamente y dar mayor seguimiento a las modificaciones relevantes. La eficiencia de esta técnica era altísima pues una entrevista transcrita en 15 o 20 páginas se convertía en un mapa de una sola hoja sin perder conceptos esenciales o proposiciones significativas del entrevistado (Novak, 2005).

### **4.4 Elaboración de mapas conceptuales**

La estrategia esencial para construir un mapa conceptual consiste en los siguientes pasos (extraído de Novak y Gowin, 1984; Novak, 1998):

1. Identificar la pregunta, tema o campo de conocimiento que se desea representar.
2. Confeccionar una lista de 10 a 20 conceptos relacionados con el tema a desarrollar

3. Ordenar los conceptos jerárquicamente del más amplio, general e inclusivo, al más detallado y concreto. Situar los primeros en la parte superior y los últimos en la inferior. Dado que algunos conceptos tendrán el mismo nivel jerárquico aparece un orden bidimensional.
4. Construir el mapa:
  - a) disponer los conceptos sobre un plano según el orden anterior,
  - b) unir mediante una línea aquellos conceptos que estén relacionados, y
  - c) etiquetar dichos enlaces con unas pocas palabras que pongan de relieve la naturaleza de la relación.

Este procedimiento secuencial no es unidireccional, puesto que cada paso puede obligar a retroceder y modificar los pasos anteriores. Así en el momento en que se establece la jerarquía conceptual, pueden aparecer nuevos conceptos a incluir, lo que nos llevará al paso anterior. Igualmente, al construir el mapa pueden observarse jerarquías diferentes e incluso nuevos nombres, lo que nos llevara a los pasos anteriores. Finalmente, una vez concluido el mapa, seguramente precisará una reestructuración.

En efecto, es posible que aquellos conceptos que están más relacionados se encuentren alejados en el mapa, con lo que los enlaces y sus etiquetas cruzaran el mapa dificultando su visualización. Normalmente la concepción de un mapa conceptual requiere varias tentativas con correcciones y refinamientos sucesivos, siendo normal un mínimo de dos o tres intentos. No obstante, esta metodología no es única.

De hecho, las técnicas de construcción varían ampliamente con más de 128 posibilidades identificadas (Shavelson et al, 1994) en función del grado de libertad o nivel de restricción que se impone al alumno que realiza el mapa. Así, el protocolo descrito anteriormente correspondería a un mapa completamente libre, es decir, aquel en el que simplemente se solicita al sujeto que haga un mapa sobre un tema.

A partir de aquí se abren múltiples variantes según el número y tipo de restricciones impuestas en la tarea solicitada. Al sujeto se le puede pedir:

- a) respecto a la jerarquía: que el mapa sea o no jerárquico,

b) respecto a los conceptos: que elija los suyos propios o que los seleccione de una lista cerrada. En esta lista pueden incluirse algunos conceptos que distraigan (que no pertenezcan al tema solicitado, aunque lo parezcan). También puede ocurrir que el instructor permita al alumno añadir algún concepto propio que no se encuentre en la lista facilitada.

c) respecto a los enlaces: que elija sus propios enlaces o que estos ya existan en el mapa. En este caso sólo debe etiquetarlos.

d) respecto a las etiquetas de los enlaces: que elija sus propias palabras, o que utilice las de una lista. Las posibilidades de la misma pueden ser análogas a los conceptos: una lista cerrada de obligada utilización o una abierta donde elegir (con o sin elementos que distraigan) y con la posibilidad de incluir nuevas etiquetas.

Finalmente, las restricciones mayores tienen lugar cuando al alumno se le facilita la propia estructura. Es decir, se proporciona al sujeto un mapa con conceptos, enlaces y/o etiquetas de enlace suprimidos. La tarea pues consiste en rellenar dichos blancos. Para ello las posibilidades sobre conceptos, enlaces y etiquetas de enlace son las mismas ya expuestas.

Normalmente el mapa suministrado es el del profesor o el de un profesional de la materia, pero siempre confeccionado al nivel del aprendizaje solicitado al alumno. Lo que se hace evidente es que, si un mapa debe ser una representación gráfica de la propia estructura cognitiva de su autor, cuantas más restricciones pongamos en la tarea menos válida será dicha imagen. Aún más, si la esencia del conocimiento es la estructura (Anderson, 1984) y la propiedad esencial del mismo son las interrelaciones entre los conceptos que lo forman (Shavelson, 1972; Glaser & Bassok, 1992), las restricciones que afecten a la estructura del mapa, sus enlaces y etiquetas alterarán la validez de dicho mapa como imagen de la organización cognitiva del sujeto.

Un último aspecto es la autoría del mapa. Habitualmente el autor es la persona de la que se quiere conocer su estructura cognitiva. Sin embargo, en ocasiones es el investigador el que realiza el mapa a partir de un redactado o una entrevista al sujeto. Este efecto intermediario puede alterar la imagen cognitiva del mapa.

#### **4.5 Funcionalidad de los mapas conceptuales**

De su formato original, como instrumento de análisis de datos en una investigación educativa, los mapas conceptuales han ampliado extensamente su utilidad como herramienta, así como sus ámbitos de aplicación.

Como muestra de su versatilidad, pueden citarse, entre los más dispares, los siguientes temas: nutrición (França et al, 2004), percepción de la imagen de Dios (Kunkel et al, 1999), la percepción de las causas del dolor lumbar (Knish, 1995; Knish y Calder, 1999), la construcción y mantenimiento de un entorno de aprendizaje basado en hipertexto (Graff, 2006), la percepción masculina de la mujer ideal (Gannon, 2003), la valoración de comportamientos funcionales (Fesmire et al, 2003), el análisis curricular de Física a la luz de la contra reforma educativa en España (de Pro Bueno, 2001).

Los ámbitos de aplicación abarcan la investigación, la educación, la actividad profesional, la actividad empresarial y la personal entre otros muchos. Su utilidad se ha desplegado enormemente al emplearse como herramienta en diferentes tipos de tarea. Como elemento organizador, los mapas conceptuales pueden utilizarse en la preparación de una sesión de clase, el planteamiento de un texto a redactar, la organización de una tarea, sesiones de lluvia de ideas, entre otros.

En el ámbito de la investigación científica, los mapas conceptuales son útiles por su capacidad de sintetizar el pensamiento recogido en una entrevista o para comparar cambios o evoluciones de pensamiento. En el ámbito educativo, permiten su utilización como herramienta en dos procesos. Por un lado, el que realiza cualquier estudiante de forma autónoma en un procedimiento cualquiera de aprendizaje y, por otro lado, el que implica un intercambio de ideas o conocimientos con otras personas, sin descartar combinaciones de ambos.

En los auto procesos, a modo de ejemplo, la obligatoriedad de relacionar conceptos y etiquetarlos muestra al propio estudiante su nivel de comprensión sobre la materia que está aprendiendo. En efecto, en la fase inicial de su aprendizaje, el sujeto podrá introducir nuevos conceptos en su estructura; pero su incapacidad de relacionarlos le obligará a retomar los textos o material didáctico empleado buscando estas relaciones. De esta forma se verá obligado a

reflexionar y, en consecuencia, el propio mapa lo guiará en su tarea de estudio, obligando al aprendiz a sucesivas reediciones del mismo hasta el objetivo final de la comprensión.

Respecto a su utilización en el intercambio de ideas o conocimientos con otras personas, Shavelson (Shavelson et al, 2005) define los mapas conceptuales de forma excepcionalmente acertada cuando los cataloga como “ventanas al pensamiento”. En efecto, con un mapa conceptual un sujeto muestra de forma concisa lo que piensa respecto a un tema o materia, de forma que cualquier otro podrá visualizar su pensamiento y captar rápidamente sus ideas y conocimientos.

En esta línea, como herramienta didáctica entre alumno y profesor, los mapas conceptuales han demostrado su efectividad en diversas acciones como negociar significados (Novak & Gowin, 1984), detectar errores de comprensión o conceptos erróneos (Novak & Gowin, 1984; Kounba, 1994; Bartels, 1995), y resolver dudas, entre otras. Igualmente, su uso estimula la creatividad de los estudiantes en la confección de trabajos y permite al profesorado valorar la originalidad de los mismos (Angelo & Cross, 1993).

Finalmente, su utilidad en el intercambio de ideas conduce a la aplicación de los mapas conceptuales como instrumento de evaluación (Ruiz-Primo & Shavelson, 1997; Novak, 1998). El profesor puede ver, a través de esta ventana, el pensamiento de su alumno (Shavelson et al, 2005), observar su evolución y en consecuencia valorar su aprendizaje.

#### **4.6 Sistemas de puntuación de los mapas conceptuales**

La tarea evaluadora puede aplicarse para medir conocimientos concretos o un proceso de aprendizaje. En el primer caso basta con una sola medida. En el segundo se hacen necesarias dos evaluaciones, una previa y otra posterior a la formación (ver Evaluación del aprendizaje en capítulo 1).

La utilización de los mapas conceptuales como herramienta evaluadora conlleva la concreción de un sistema de puntuación. Existen dos tipos de valoración: la cualitativa y la cuantitativa. La valoración cualitativa es común en la evaluación del aprendizaje de un alumno

que ha recibido una formación y permite tener una impresión clínica de la comprensión conceptual del estudiante (Shavelson et al, 1994).

Generalmente, se compara un mapa previo con uno posterior a la instrucción y se buscan diferencias en distintos elementos. Así, por ejemplo, França (França et al, 2004), realizó un estudio para evaluar el aprendizaje de pacientes obesos que recibieron una formación nutricional. Comparó los mapas pre y post valorando, por un lado, la naturaleza de los conceptos (los que generan diferentes enlaces, los supraordenados, los subordinados) y, por otro, el tipo de relación que establecen las etiquetas de enlace. Hay (2007), en un estudio sobre el aprendizaje superficial, profundo o nulo realizado con 12 estudiantes de postgrado, evaluó tres ítems: la aparición de conceptos nuevos en el segundo mapa, las evidencias de comprensión en los enlaces y la estructura global. En cambio, Herl (Herl et al, 1996), en la parte cualitativa de su valoración, consideró el contenido semántico y la estructura organizativa.

La valoración cuantitativa es más detallada y por tanto más común a la hora de evaluar alumnos de un grupo-clase al final de una asignatura. Esta valoración admite dos metodologías: una valoración holística y una puntuación basada en el recuento de diferentes elementos del mapa. La primera (holística) evalúa la información que presenta el mapa en su conjunto (Trigwell y Sleet, 1990; Rafferty y Fleschner, 1993; Bolte, 1997; Kinchin y Hay, 2000). La segunda suele obtenerse como una combinación lineal ponderada de los elementos del mapa (Novak y Gowin, 1984; Liu, 1994; Allen, 2006). En algún caso, dicha puntuación resulta de la contabilización de un único elemento, que suele ser el número de proposiciones válidas (Ruiz-Primo y Shavelson, 1997; Shavelson et al, 2005). Estas proposiciones pueden ponderarse en función de la validez o calidad de la proposición (Yin et al, 2005).

Como ejemplo concreto de criterio de puntuación, podemos mencionar el que Novak (Novak y Gowin, 1984) sugería cuando presentó los mapas conceptuales. Él propuso una tabla de pesos o puntos para los diferentes elementos de un mapa. El recuento de los eventos que aparecían de cada elemento permitió la suma ponderada que proporcionó la calificación del mapa. Así a cada proposición o enlace válido y significativo le atribuyó un punto, a cada nivel jerárquico cinco puntos, a cada conexión o enlace cruzado válido y significativo diez puntos, si el

enlace cruzado era válido, pero no relevante dos puntos y a los ejemplos válidos un punto. La puntuación global del mapa resultaba de la suma de todos los puntos.

Finalmente, para normalizar dicha puntuación sugería utilizar un mapa de referencia con el que establecer una proporción. De este criterio se pueden destacar varias ideas importantes,

*Rango de puntuación.* A cada mapa y en función del tema le corresponde un rango de puntuación (de 0 a 10 en la notación habitual). Si bien la puntuación mínima es evidente (cero), la máxima puede obtenerse de dos maneras: como la nota obtenida por el mejor de los alumnos o como la puntuación asignada a un mapa externo de referencia conocido como mapa experto (Liu, 1994; Ruiz-Primo y Shavelson, 1997; Shavelson et al, 2005; Yin et al, 2005; Allen, 2006).

Dado que “a priori” no puede saberse si uno de los alumnos obtendrá la puntuación máxima, es necesario este valor de referencia del mapa experto para establecer el rango de puntuación. Este mapa lo realiza el profesor, o alguien entendido en la materia (en el caso de investigación educativa), adaptándolo al nivel exigido a los alumnos. De todas maneras, esta puntuación máxima tampoco resuelve definitivamente el problema, pues si un mapa es la representación de la estructura cognitiva del alumno, podría darse la circunstancia, contemplada por Novak en su criterio, que algún estudiante tuviera una puntuación superior a la del mapa experto.

*Relevancia de la reconciliación integradora.* El criterio de Novak asigna mayor relevancia a la reconciliación integradora, al considerar los enlaces cruzados válidos y significativos como el elemento de mayor puntuación. Atribuye a dichos enlaces la representación de una labor creativa y reclama una especial atención a los mismos a la hora de valorar el mapa.

*Irrelevancia de los conceptos.* El criterio de Novak no asigna puntuación a los propios conceptos. Si bien estos son uno de los pilares del conocimiento, también es cierto que su mera presencia, sin interrelaciones, implica aprendizaje memorístico y no significativo.

Criterios de corrección hay tantos como metodologías de construcción de mapas. Allen (2006) y Austin (Austin y Shore, 1995), en el caso de mapas de baja dirección (libres o casi libres), obtienen la puntuación como una combinación lineal ponderada del recuento de

elementos del mapa, normalizando a un mapa experto. Sobre esta estructura de base, en la bibliografía encontramos algunas variantes:

- Considerar los enlaces no válidos, es decir los que generan proposiciones no válidas, como puntuaciones negativas.
- Ponderar de forma diferente las proposiciones en función de su relevancia y significado (Ruiz-Primo y Shavelson, 1997).
- No puntuar enlaces que no estén etiquetados (Hay, 2007) En este tipo de mapas, el mapa experto se utiliza como criterio para determinar si los enlaces son válidos o no.

En los casos de máxima direccionalidad, donde al alumno sólo se le permite elegir y rellenar, la puntuación se restringe a contar aciertos o fallos del elemento a completar (Ruiz-Primo et al, 2001). En algún caso esta tarea se asimila casi a una prueba test.

Así lo hizo Schau (Schau et al, 1999) utilizando la técnica de seleccionar y rellenar nodos vacíos a partir de una lista de conceptos posibles. Schau numeró los huecos y los conceptos de la lista y solicitó a los alumnos que rellenaran los nodos, contestando en una hoja de respuestas de prueba objetiva de respuesta múltiple. Consideró cada hueco numerado como una pregunta del test y la lista de conceptos como las respuestas posibles. Evidentemente, la corrección de dicha prueba se realizó por medios informáticos de forma sencilla y sin problemas de normalización, pues la puntuación era un porcentaje de respuestas correctas. En estos casos el mapa experto se utiliza como patrón del que se borran los enlaces o nodos que el estudiante deberá rellenar.

Es menester precisar, que a pesar de reconocer su compatibilidad y beneficios con el enfoque constructivista (Harkirat et al., 2011), la técnica se gesta en el enfoque cognitivo, bajo las aportaciones de David Ausubel (Ausubel, 1968; Ausubel, Novak y Hanesian, 1978) al desarrollo del aprendizaje. La concepción básica era que los seres humanos representan el mundo a través de estructuras cognitivas, una serie de significados articulados funcionalmente con base en las experiencias de los sujetos. De modo tal que las modificaciones en las estructuras cognitivas estuvieran directamente relacionadas con nuevas experiencias o aprendizajes.

Por su parte, estas ideas son similares a las propuestas años atrás por Collins & Quillians (1969), en la que se propone un modelo sobre la organización de la memoria a largo plazo basado en el tiempo de acceso a nodos específicos de una red de información. Como se mencionó en el capítulo de Representación mental, dichos modelo continuaron evolucionando hasta el actual modelo de Procesamiento Paralelo Distribuido (Rumelhart, McClelland & el grupo PDP, 1992).

Entonces si la mente humana funciona a través de redes de significado, entonces si se contaba con los elementos básicos que componen una red (nodos, vínculos, jerarquía, conectores, entre otros), se podría emular dicho mecanismo natural de forma explícita o externa; en donde los nodos representarían los conceptos clave, los vínculos la organización de la red por medio de las conexiones de la información y los conectores como la descripción del vínculo. Las funcionalidades fueron detectadas y divulgadas rápidamente hasta convertirse en lo que hoy se conoce como mapa mental.

En el siglo XXI siguen siendo utilizados como una herramienta para la síntesis y organización de la información, y aunque sus bases continúan intactas, las modalidades han evolucionado hasta las ahora aplicaciones móviles, que permiten elaborar una infinidad de tipos de mapas en dispositivos tecnológicos.

Es reconocido el poder de los mapas conceptuales, sin embargo, estudios analizados por Liu et al. (2014), plantean que hay resultados dispares que dejan la incógnita sobre la efectividad en el aprendizaje. Así, proponen que los niveles de efectividad son más altos en campos de ciencias sociales que en ciencias naturales; se demuestran que los mapas elaborados digitalmente son mejor aprovechados que los realizados manualmente; finalmente concluyen que hay países que obtienen mejores resultados, como es el caso de China. Una hipótesis podría derivarse de la naturaleza de su lenguaje.

#### **4.7 Los mapas conceptuales y su relación con el C3-LEM.**

La utilidad de los mapas conceptuales como instrumento de evaluación ha sido ampliamente demostrada (Liu, 1994; Enger, 1996; Ruiz-Primo & Shavelson, 1997; Ruiz-Primo et al, 2001; Lavigne, 2005), aunque no ha sido hasta el 2005 que Shavelson (Shavelson et al, 2005) ha demostrado su validez y fiabilidad para medir el aprendizaje significativo (para una revisión Shavelson et al, 1994; Shavelson et al, 2005). En el presente trabajo, se postuló la idea

de que los resultados sobre la evaluación del aprendizaje obtenidos a través de la evaluación cognitiva constructiva cronométrica o C3-LEM pueden ser empleados también para elaborar materiales de enseñanza que promuevan el aprendizaje significativo, tal como es el caso de los mapas conceptuales.

La idea general de esta propuesta radica en que las técnicas de medición utilizadas en el C3-LEM proveen información sobre el significado que los estudiantes dan a los conocimientos aprendidos y permite detectar los conceptos más relevantes que conforman las estructuras de conocimiento que los estudiantes forman en clases (Morales-Martinez et al., 2021). Entonces estos conceptos extraídos de la evaluación cognitiva constructiva del aprendizaje pueden ser utilizados para generar materiales de enseñanza. Una primera forma de aproximar esta propuesta es construir mapas conceptuales sobre las materias de Biología II y IV basados en el significado del conocimiento aprendido en estas materias proveniente de los mismos estudiantes.

Así la evaluación cognitiva y el diseño de materiales puede encontrar un vínculo dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje y promover nuevas formas de elaborar materiales que permitan a maestros y estudiantes comparar sus propias formas de organizar el conocimiento que revisan durante un curso académico. Y podrían también utilizar estos materiales para evaluar sus estructuras cognitivas preexistentes. No hay dos mapas conceptuales que sean iguales y tampoco existirá un mapa conceptual “correcto” de un tema, sino que cada individuo tendrá el suyo propio (Moreira 1988), por lo que el material presentado en este trabajo es sólo una alternativa más entre las muchas formas de utilizar los resultados de la evaluación cognitiva en la creación de mapas conceptuales.

El siguiente capítulo ilustra como se enlazó los resultados del C3-LEM aplicado a la medición del aprendizaje en Biología II y IV y después como se propone utilizar estos en la elaboración de materiales.



## **Capítulo 5**

### **Propuesta metodológica**

En el capítulo se presentan los aspectos metodológicos del presente trabajo. Esto incluye la pregunta, objetivos, hipótesis, diseño y elaboración de los instrumentos de evaluación del aprendizaje, así como el procedimiento de aplicación de estos. Por otra parte, también se describe la propuesta de diseño de materiales didácticos derivada de los resultados de este estudio y que está orientada al eje de aprendizaje declarativo de los cursos de Biología II y IV.

#### **5.1 Pregunta de investigación**

Como se describe en el planteamiento del problema. El interés principal de este trabajo fue explorar los cambios en la estructura y organización de los esquemas de conocimiento sobre la materia de Biología (II y IV) debidos al aprendizaje que los estudiantes obtuvieron durante el ciclo escolar. Este interés queda expresado de forma más específica a través de la siguiente pregunta de investigación.

¿Podría el aprendizaje obtenido en la materia de Biología (II y IV), reflejarse en cambios estructurales y organizacionales de los esquemas cognitivos desarrollados por los estudiantes?

#### **5.2 Objetivo General**

Evaluar por medio del Sistema de Evaluación Cognitiva (EVCOG, 2018) los cambios en la organización y estructura cognitiva del esquema de conocimiento, que surgen del aprendizaje en los cursos académicos en Biología II y IV.

#### **5.3 Objetivos Específicos**

1. Identificar propiedades de organización y estructura del esquema de conocimiento del curso en Biología II y IV, mediante una técnica de medición de representación cognitiva del significado (Redes Semánticas Naturales).

2. Explorar la permanencia del esquema de conocimiento en la Memoria a Largo Plazo de los estudiantes, a través de estudios experimentales de facilitación semántica con tareas de decisión lexical.

3. Argumentar las implicaciones del uso de técnicas y paradigmas experimentales de las Ciencias Cognitivas en la evaluación del aprendizaje académico en el Nivel Medio Superior.

#### **5.4 Diseño del estudio**

En la presente investigación se llevará a cabo un estudio cuasi-experimental, con un diseño factorial 2(Estado de aprendizaje: Antes vs. Después del curso académico) x3(Relación de palabras: Esquema vs. Asociación vs. Neutra).

Con respecto a los paradigmas que se contemplaron en el diseño:

1. Redes Semánticas Naturales (RSN): Es una técnica perteneciente al área de representación mental, sus antecedentes se remontan a paradigmas de investigación sobre la memoria y recuerdo libre (véase Elrich; Ornstein & Corsale 1979). Fue formalizada y propuesta por Figueroa, González & Solís (1976) quienes buscaban explorar las propiedades organizativas (riqueza semántica, densidad semántica, distancia semántica, etc.) de algún concepto, a través del análisis entre las definiciones dadas por diferentes sujetos. Así, los datos mostraron que entre los sujetos existen significados comunes, sin embargo, existen diferencias entre los sujetos que develan información cualitativa sobre su representación del concepto medido. Precisamente, la potencialidad de esta técnica radica en el estudio del significado, derivado de procesos de transformación esquemática para el aprendizaje. Empero, las estructuras no implican jerarquía, sino que se grafican los nodos y enlaces en un espacio bidimensional, generando una red entre los conceptos (Figueroa, González & Solís, 1981, Morales & López, 2016, Morales & Santos, 2015, García, 2018).
2. Facilitación semántica: Es un paradigma experimental que tiene sus orígenes en la psicología cognitiva cuando empezó a explorarse la representación del conocimiento en la memoria como un proceso abstracto. En general, se asume que la información

conceptual debe estar organizada de modo tal que el acceso a ella no implique un gasto energético brutal. Así nacen hipótesis sobre una red dinámica de conceptos unida por las relaciones que guardan entre ellos. Dicha idea es popularizada gracias a los estudios de memoria y esquemas de Collins & Quillians (1975) propagación de la fuerza de activación en una red conceptual de Collins & Loftus (1981). El efecto de facilitación puede explicarse grosso modo de la siguiente forma, si se presenta una palabra y enseguida se presenta otra palabra estímulo, ésta se verá afectada por la anterior, si está relacionada, los estudios demuestran que su tiempo de reconocimiento será menor, por el contrario, si no está relacionada, entonces los tiempos de reconocimiento serán mayores (López & Morales, 2015; García, 2018).

## 5.5 Definiciones conceptuales, operacionales

A continuación, se presentan las definiciones conceptuales y operacionales de los factores que se utilizan en esta investigación:

1. **Estado de aprendizaje.** Entendido como el conjunto de indicadores (estructura y organización del esquema de conocimiento, y la consolidación de la información en la memoria a largo plazo) obtenidos por los estudios de Redes Semánticas Naturales y Facilitación Semántica. Los datos obtenidos por los estudios de RSN (Figuroa, González & Solís, 1981) contienen información de naturaleza cuantitativa y cualitativa, con respecto al significado que los estudiantes dan al contenido académico de tipo declarativo. Por otro lado, se complementa con la validez experimental que aportan los estudios de facilitación semántica acerca de la permanencia del esquema de conocimiento generado por cada estudiante.
2. **Relación semántica:** Es la correlación que existe entre los pares de palabras (facilitador-objetivo) presentados en un ensayo experimental (McNamara, 2005), la correlación utilizada fue de tres tipos:
  - a) **Asociativa:** Relación entre palabras debida a una mera actividad asociativa, por ejemplo: ano-guante.
  - b) **Esquemática:** Relación dada entre las palabras debido a la existencia de un esquema. Por ejemplo, Darwin-Evolución.

c) **Neutra:** No existe relación entre las palabras. Por ejemplo: Jamón-Piso.

3. **Mapa Conceptual:** Es la representación gráfica bidimensional que organiza la información para facilitar la síntesis, distribución espacial y reconocimiento de los conceptos y relaciones (Novak y Gonzalez, 1998)

Por otra parte, la variable dependiente del diseño corresponde a los,

**Tiempos de reacción:** Entendido como el lapso que tarda un participante en responder ante una tarea experimental, en este caso con los estudios de facilitación semántica, en la tarea de decisión lexical, es el tiempo que tarda en decidir si la última palabra de un par de palabras presentado está bien o mal escrita.

### **5.6 Hipótesis (de trabajo y estadísticas).**

Para el desarrollo de este proyecto se plantearon dos hipótesis de investigación, cerca del estudio de esquemas de conocimiento adquirido, entendidos desde las perspectivas constructiva y cronométrica. La parte de la evaluación formativa corresponde al estudio del desarrollo del esquema, evaluado en términos de organización y estructura, para así denotar el significado atribuido por los estudiantes a los contenidos. Una vez evaluados los esquemas, es menester conocer qué de la información representada sobre Biología permanecerá en la memoria (MLP) de los alumnos.

Dichas ideas quedan expresadas directamente en las hipótesis que se presentan a continuación,

H1. Respecto a la evaluación formativa constructiva, si un estudiante integra nuevos aprendizajes conceptuales sobre el curso de Biología, deberá reflejarse en la comparación de los indicadores de organización y/o estructura del esquema de conocimiento (ej. Grupos SAM, riqueza semántica, densidad semántica) obtenidos con los estudios de Redes Semánticas Naturales al inicio y término de los cursos.

H2. Para la evaluación cronométrica, se asume que, si los estudiantes integraron, generaron o modificaron nuevos aprendizajes a su esquema de conocimiento en Biología II y IV, entonces aquellas asociaciones de palabras diseñada a partir del contenido, serán reconocidas más rápidamente, puesto que pertenecen al esquema de conocimiento. Lo que aportará nueva evidencia al fenómeno cognitivo de facilitación esquemática (López & Theios, 1992) para este dominio de conocimiento y a su vez para este nivel educativo.

## 5.7 Participantes

Los participantes de esta investigación fueron elegidos bajo el criterio intencional de selección muestral, debido a los siguientes motivos,

- a) Se autorizó el acceso por parte del Director, Secretario Académico y Profesora Titular, a cuatro grupos de Biología II y IV correspondientes al cuarto y sexto semestre del Colegio de Ciencia y Humanidades Plantel Vallejo (UNAM).
- b) El programa de posgrado está destinado a las aplicaciones de estrategias de grupos de Educación Media Superior, por lo que se justifica el grado de escolaridad seleccionado.
- c) Asimismo, se seleccionó la materia de Biología porque es una asignatura que consta de cuatro cursos, que van desde la general a mayor especificidad, lo que permitiría hacer un seguimiento más completo del esquema de conocimiento de una generación, sin embargo, las condiciones sanitarias y ajustes de tiempo a la propuesta no permitieron hacer la evaluación correspondiente a Biología I y III.

En general, se contempló la participación 91 jóvenes (47 estudiantes del 2do semestre y 44 estudiantes del 4to semestre) que cursaban las materias de Biología II y IV en el CCH Vallejo (UNAM).

Para seleccionar los participantes del grupo experimental los criterios de inclusión fueron:

- Estudiantes inscritos en el Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Vallejo

- Que cursen o hayan cursado la materia de Biología II y/o IV.
- La edad del participante se encuentre en el rango de los 14 y 18 años.
- Que tengan disposición para participar en el estudio.

## 5.8 Escenario

El Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Vallejo se ubica en Av. 100 Metros Esq. Fortuna, Magdalena de las Salinas, Gustavo A. Madero, C.P. 07760, México, CDMX. Cuenta con, Clave del Sistema Nacional de Información de Escuelas: 09UBH0003S, Clave DGAE: 33 y Clave Entidad: 47204.

El plantel cuenta con servicios de electricidad, agua, cañerías, alumbrado. Además de los servicios institucionales tales como la consulta y los préstamos bibliotecario, auditorios, zona deportiva de canchas y áreas verdes, préstamos de equipo de cómputo, audio, videograbación, mediateca, estacionamiento y vigilancia dentro de las instalaciones, servicios de salud, correo electrónico institucional y salas de cómputo.



La aplicación de los estudios cognitivos (Redes Semánticas Naturales Facilitación Semántica) se realizó en dos etapas, la primera durante el inicio de curso en el mes de febrero y la segunda al término del semestre en mayo del 2019. En ambas fases los alumnos asistieron a la Sala TELMEX, ubicada dentro del Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Vallejo. La cual es un espacio de cuatro salas de cómputo, cada una cuenta con 50 computadoras de escritorio, con Windows 7, acceso a internet, asientos individuales, con control de ruido e iluminación adecuada.

### **5.9 Instrumentos y materiales**

Se utilizó el sistema de Evaluación Cognitiva (EVCOG) que es un software desarrollado por Morales & López (2018). Con este software se diseñó, aplicó y analizaron los datos de representación y cronométrica mental utilizados en el C3-LEM.

También los investigadores utilizaron el PRECODECD (Protocolo para la recolección de conceptos objetivo y definidores centrales y diferidos) que es un procedimiento establecido por Morales-Martinez (2015) para identificar los conceptos objetivos y las palabras definidoras. Este procedimiento es una guía para que el investigador ayude al docente a identificar los conceptos más relevantes de su curso. Para el estudio de RSN se requirió la selección de 10 conceptos centrales al curso. Estos conceptos fueron los objetivos a definir en el estudio. De forma tradicional en un estudio RSN desde el C3-LEM se requiere que sea la o el maestro que imparte la materia seleccione estos diez conceptos centrales, pues el maestro quien organiza e imparte la materia. De esta manera la selección de los objetivos tiene una mayor validez ecológica. En este caso, la docente que imparte ambas materias, con experiencia de más de cinco años en la enseñanza de las mismas, seleccionó los siguientes 10 conceptos centrales a la materia de Biología II: teorías del origen de la vida, Organización ecológica, biodiversidad, dominios, evidencias de evolución, selección natural, evolución biología, evolución celular, modelos pre-celulares, quimiosintética. Mientras que para la materia de Biología IV, la maestra seleccionó los siguientes conceptos: selección-natural, tipos de especiación, regionalización, mega-diversidad, niveles de biodiversidad, radiación adaptativa, patrones evolutivos, conceptos evolutivos, conceptos especie, deriva-génica, adaptación.

Para el estudio de facilitación semántica en ambas materias se utilizaron 45 pares de palabras, 15 con relación asociativa, 15 con relación esquemática, 15 con relación neutra. Con base en el contenido de la materia de Biología II y IV la docente seleccionó estos 15 de los 45 pares de palabras. Para ello, la docente identificó de acuerdo a su criterio los conceptos más relevantes para los aprendizajes de la materia, a estas palabras se le denominan palabras esquemáticas. Los otros 30 pares de palabras están predeterminados en el sistema EVCOG y han sido probados en diversos estudios experimentales.

### **5.10 Procedimiento**

Para llevar a cabo este estudio, se contemplan dos fases principales. Para ambas fases el primer paso fue la obtención del consentimiento escrito de los participantes. En donde se les explicó en qué consistirían los estudios, los criterios de anonimato y los beneficios de la aplicación de los estudios (ej., que obtendrán una retroalimentación personalizada sobre su nivel de aprendizaje en ese curso).

Durante la primera fase, el objetivo fue la obtención del esquema de conocimiento de Biología II y Biología IV, en alumnos de cuarto y sexto semestre respectivamente a través de la técnica de RSN aplicada mediante el sistema EVCOG (Morales & López, 2018). Durante la segunda fase se aplicó el estudio de facilitación semántica, los procedimientos de ambos estudios se describen a continuación.

#### **5.10.1 Estudio de Redes Semánticas Naturales**

Los participantes fueron citados para realizar la aplicación grupal de los estudios cognitivos, en una de las aulas de la Sala TELMEX ubicada dentro de las instalaciones del CCH Vallejo, durante su horario escolar.

Cada computadora tenía una carpeta rotulada específicamente para cada alumno, donde se encontraban ordenados los estudios. Con el módulo de aplicación de RSN del sistema EVCOG, se ejecutó el estudio. Primero se recolectaron sus datos generales, después se dio lectura a las instrucciones, donde los estudiantes comprendieron la tarea. La tarea consistió en presentar, uno a uno, los diez conceptos relacionados a la materia, su labor era escribir tantos definidores como ellos creían necesarios para definir el objetivo,

utilizando únicamente verbos, sustantivo y adjetivos en un tiempo de 60 segundos. Posteriormente, deberán ponderar los conceptos escritos en una escala del 1 al 10, donde diez es el que mejor lo define y uno el que menos lo define, la ponderación no necesariamente debe estar ordenada y es posible repetir números.

Este estudio se aplicó en dos ocasiones, al inicio (febrero) y al final del semestre (mayo), con el objetivo de comparar las redes semánticas previas al curso, y las redes que resultan de haber cursado la asignatura.

### **5.10.2 Estudio de Facilitación Semántica**

El presente estudio también fue aplicado con el módulo de aplicación FACSEM del sistema EVCOG (Morales & López, 2018). Primero se les solicitó a los participantes sus datos generales, posteriormente se les explicó la tarea de decisión lexical. Esta tarea consistía en clasificar, como bien o mal escrita, la última palabra de un par presentado. Para ello, en la pantalla de la computadora aparecía un punto que el estudiante debía mirar con atención, posteriormente aparecía una palabra (250 ms de duración), que el estudiante debía leer en su mente, esta palabra se quitaba e inmediatamente aparecía otra palabra, que el estudiante debía leer en su mente, y sobre esta segunda palabra, el participante debía presionar la tecla Z si consideraba que la palabra estaba bien escrita, y M si la palabra estaba incorrectamente escrita.

Una vez que los alumnos aplicaron todos los estudios, se resguardaron los datos para para la depuración y análisis que en el siguiente capítulo se exponen. Al igual que el estudio RSN, el estudio de facilitación semántica fue aplicado al inicio y al final del curso. El análisis del esquema de conocimiento permitió obtener indicadores cognitivos, tales como organización, estructura y consolidación del esquema de conocimiento en cada uno de los cursos evaluados (Biología II y IV), a su vez, los datos aportaron los conceptos más relevantes del curso, que permitieron desarrollar un mapa conceptual por cada concepto objetivo, en total 10 mapas para cada materia fueron construidos para que puedan ser utilizados como una herramienta cognitiva conectivista para el aprendizaje por

docentes y estudiantes (Anexo II). Los resultados de los estudios son presentados en el siguiente capítulo.

## Capítulo 6

### Resultados

#### 6.1 Resultados de los Estudios Cognitivos Biología II Grupo 447

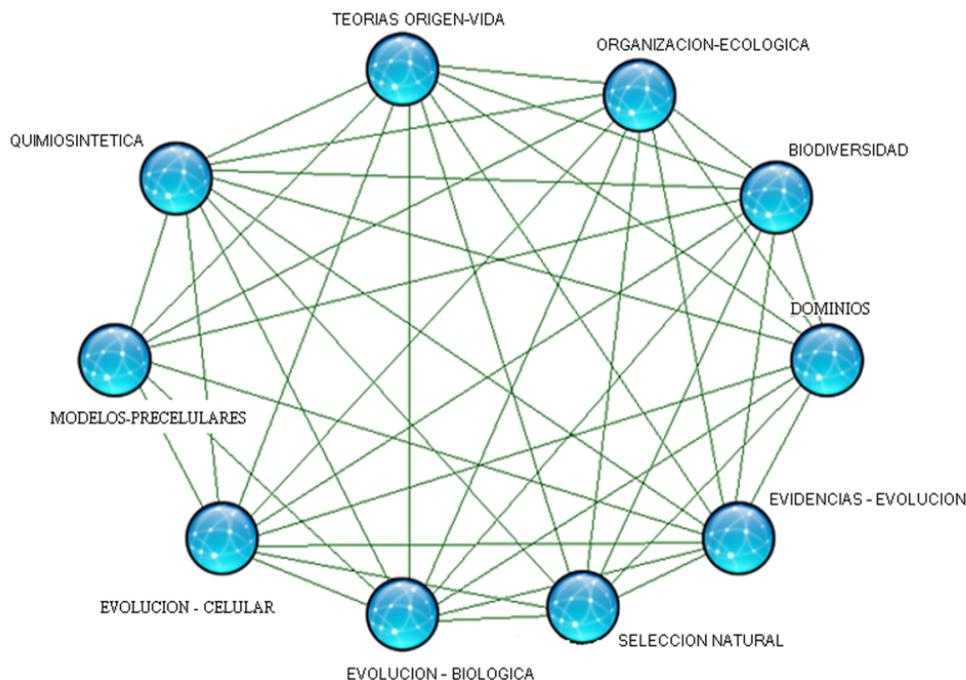
##### 6.1.1 Hallazgos en el estudio de Redes Semánticas Naturales

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el primer estudio correspondiente a Redes Semánticas Naturales (RSN), el cual se aplicó a dos grupos de la materia de Biología II (cuarto semestre) y dos más para Biología IV (sexto semestre), en el CCH Vallejo.

Al graficar la relación entre los conceptos objetivo, aquellos seleccionados por el profesor experto, se genera una red mediante la conexión de sus nodos (Véase Figura 8), en la que se representa el esquema general del grupo. Cada nodo o concepto objetivo tiene un máximo de nueve enlaces, debido a que no puede enlazarse con él mismo.

#### Figura 8

*Esquema General obtenido en la primera fase del grupo 447 de Biología II.*

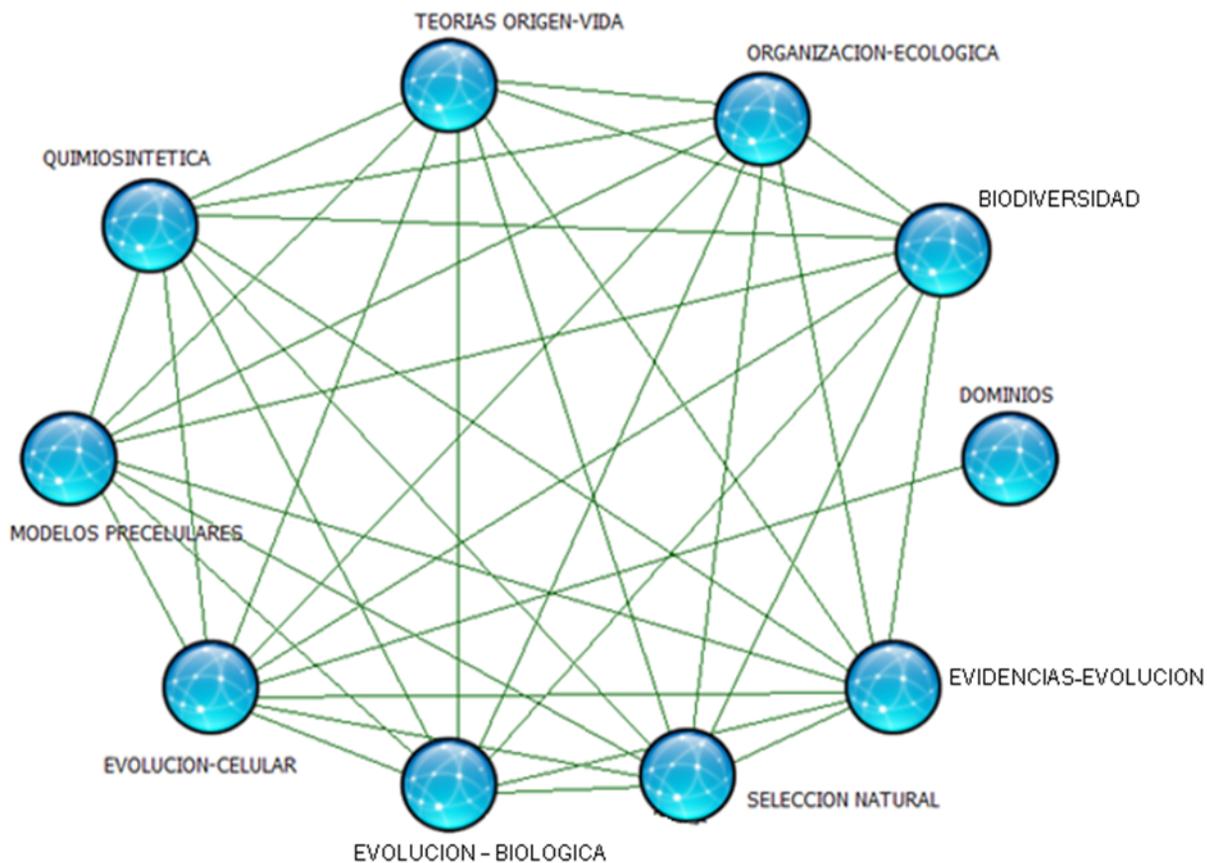


Respecto al enlace de los conceptos durante la primera evaluación (véase Figura 8), se observa que cinco de los diez conceptos tienen el número máximo de enlace, nueve conexiones, lo que indica niveles de interrelación en su significado de acuerdo con los estudiantes. En la siguiente figura, (véase Figura 9) se grafican los resultados obtenidos en la segunda evaluación, hecha una vez revisados todos los temas al concluir el curso de Biología II. Se observa que existen cambios entre los enlaces de los conceptos objetivo, el más evidente es el caso de “Dominios” al quedar únicamente vinculado con “Evolución Celular”, por lo que ahora el número que predomina son ocho vínculos.

Asimismo, se observa que el concepto de “Modelo Precelulares” genera un nuevo enlace con el concepto de “Selección Natural”.

**Figura 9.**

*Esquema General obtenido en la segunda fase del grupo 447 de Biología II.*



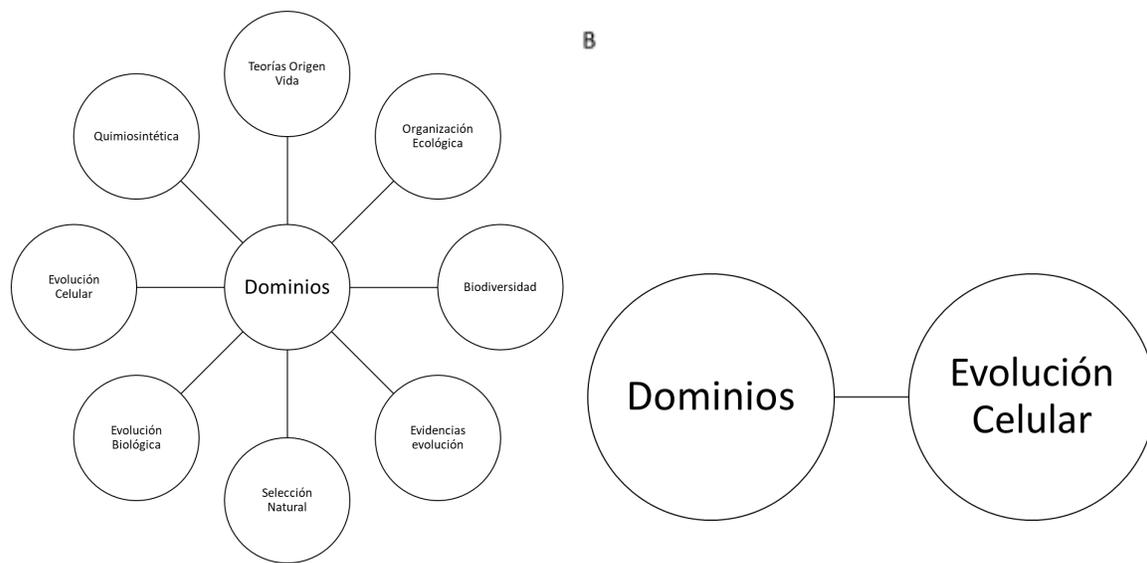
Además del esquema general entre los diez conceptos, la técnica de Redes Semánticas Naturales ofrece versatilidad en el tipo de análisis y gráficas. A continuación, se presentan los cambios estructurales que existieron en los conceptos objetivos, tal es el caso de “Dominios” (véase Figura 10) que fue el que tuvo diferencias más notables.

Se muestra en la Figura 11 otro de los conceptos evaluados, los Modelos Precelulares, en el que a través de los conceptos definidores brindado por los estudiantes se amplió la red, al generarse un nuevo enlace.g

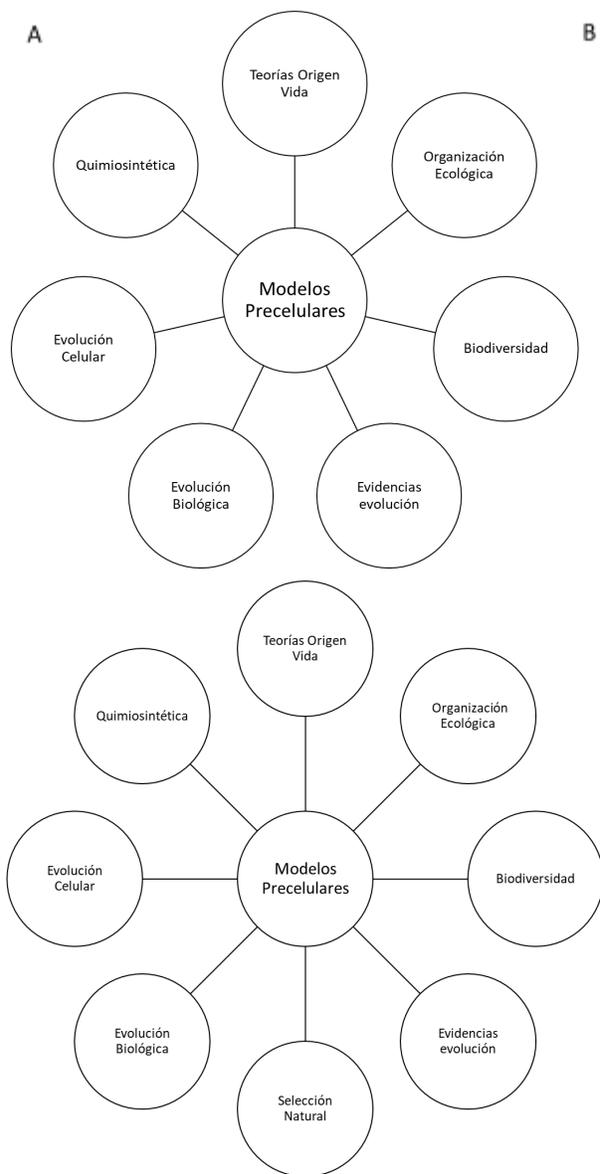
### Figura 10

*Comparación de mapa de conectividad del concepto “Dominios” del grupo 447 de Biología II. Panel A indica la Fase 1 y el panel B indica la Fase 2 de evaluación.*

A



**Figura 11** Comparación de mapa de conectividad del concepto “Modelos Precelulares” del grupo 447 de Biología II. Panel A indica la Fase 1 y el panel B indica la Fase 2 de evaluación.



Los estudios de Redes Semánticas Naturales además de ofrecer análisis de tipo estructural en el conocimiento, permite explorar la organización del propio esquema, en los siguientes gráficos se puede analizar los conceptos que los definen internamente, y cómo dicho concepto de definición los vincula con el resto de los conceptos objetivos, dando lugar al esquema general.

Para la temática sobre las Teorías del Origen de la Vida, en la primera fase de evaluación se aprecian los conceptos, “Vida, Evolución” y “Experimento” (véase Figura 12). Sin embargo,

para la segunda fase (véase Figura 13) se observa que el concepto “Vida” permanece, pero también lo vincula con los conceptos de Selección Natural, Evolución Celular, y Modelos Precelulares. Hubo un incremento en palabras más específicas al tema tal como “Darwin”, quien fue uno de los autores revisados en el curso. Además, se añadieron términos como “Científico”, “Teorías”, “Células” y “Tierra” en alusión al planeta.

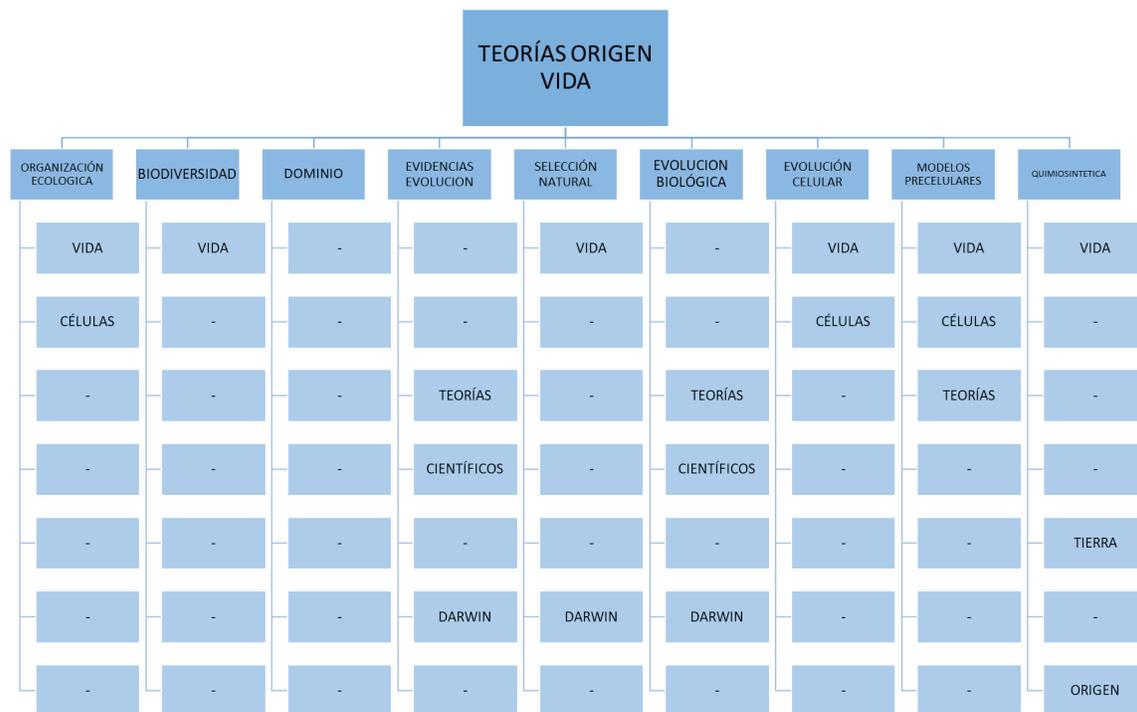
**Figura 12**

*Comparación de esquema de organización del concepto “Teorías Origen de la Vida” de la Fase 1 en el grupo 447 de Biología II.*



**Figura 13**

*Comparación de esquema de organización del concepto “Teorías Origen de la Vida” de la Fase 2 en el grupo 447 de Biología II.*



En relación con la organización del esquema, se presenta el caso de la comparación de Organización Ecológica, que, aunque mantiene los siete conceptos en ambas fases, se aprecia que los términos cambian. La Figura 14 representa la primera Fase, en donde existe alta conectividad de las palabras definidoras con los demás conceptos objetivos, por ejemplo, “Evolución” es uno de los conceptos eje al tener relación con todos los conceptos definidores, “Biología” y “Adaptación” son los siguientes respectivamente.

Sin embargo, para la siguiente fase (Véase Figura 15) se aprecia que existen palabras con un vínculo único, es decir, que su grado de especificidad es mayor, tal es el caso de “Comunidades” “Población” y “Ecosistemas”, los cuales trazan la unión directa con el tema de Biodiversidad, vínculo que puede confirmarse con los contenidos del curso. El término de “Vida” expande sus relaciones de tres a seis conexiones en la red. Desaparecen las palabras “Evolución”, “Biología” y “Adaptación” que anteriormente habían mostrado mayores conexiones.

**Figura 14**

*Comparación del esquema de organización del concepto “Organización Ecológica” de la Fase 1 en el grupo 447 de Biología II.*

## ORGANIZACIÓN ECOLÓGICA

TEORÍA ORIGEN VIDA	BIODIVERSIDAD	DOMINIO	EVIDENCIAS EVOLUCIÓN	SELECCIÓN NATURAL	EVOLUCIÓN BIOLÓGICA	EVOLUCIÓN CELULAR	MODELOS PRECELULARES	QUIMIOSINTÉTICA
-	-	-	-	ADAPTACIÓN	ADAPTACIÓN	ADAPTACIÓN	-	-
-	BIOLOGÍA	-	-	-	BIOLOGÍA	BIOLOGÍA	BIOLOGÍA	BIOLOGÍA
VIDA	VIDA	-	-	-	-	-	-	VIDA
-	PLANTAS	-	-	PLANTAS	PLANTAS	-	-	-
EVOLUCIÓN	EVOLUCIÓN	EVOLUCIÓN	EVOLUCIÓN	EVOLUCIÓN	EVOLUCIÓN	EVOLUCIÓN	EVOLUCIÓN	-
-	FAUNA	-	-	-	-	-	-	-
-	ESPECIES	-	-	ESPECIES	ESPECIES	-	-	-

**Figura 15**

*Comparación del esquema de organización del concepto “Organización Ecológica” de la Fase 2 en el grupo 447 de Biología II.*



El siguiente rubro de análisis son los Grupos SAM, los cuales son indicadores por excelencia de la técnica de Redes Semánticas Naturales (Figueroa, 1975). Se observan los diez Conceptos Objetivos seleccionados por el docente experto, y a su vez un listado con los diez conceptos más relevantes para su definición, asimismo la frecuencia indica las veces que dicho concepto se repite a lo largo de los demás conceptos, lo que establece comunalidades entre los significados.

Durante el estudio los alumnos asignan un valor a sus conceptos de definición, en el Grupo SAM se presentan los valores grupales, en donde está ordenado según su valor, lo que indica que en los tres primeros lugares de cada tabla se pueden encontrar los conceptos con mayor Valor M (véase Tabla 7). La importancia del indicador radica en que es que representa la relevancia que tiene dicho término o concepto para los estudiantes, al ser un indicador obtenido

grupalmente da cuenta del esquema general de aprendizaje, y como lo afirma el autor Figueroa (2016) existen comunalidad entre los sujetos respecto al significado de un término.

Los conceptos más relevantes para definir los diez generales presentaron cambios interesantes, tal es el caso de Dominios, al tener, “Crecimiento”, “Reinos” y “Grupos” para la primera fase (véase Tabla 7) pero luego los estudiantes determinaron que aquellos que servirían mejor de definidores eran “Archaea”, “Eucharya” y “Bacteria” (véase Tabla 8), los cuales implican mayor especificidad, lo que se vincula también con la desconexión del Concepto objetivo de “Dominios” de la red general, ya la particularidad de los términos impide que su frecuencia sea alta y por tanto que conforme un enlace con los demás.

Por otro lado, los conceptos revisados a inicio del curso como Teorías del Origen de la Vida y Quimiosintética, tienen en la primera fase términos propios tales como “Panspermia” “Miller” y “Organismos”, y en la segunda fase, muestran términos mucho más generales tales como “Vida” “Célula”, lo que podría ser un indicador sobre el decaimiento de la información conforme avanzan en el curso. **Tabla 7**

*Grupos SAM Fase 1 Grupo 447. Se presentan los diez conceptos que mejor representan el significado del Concepto Objetivo, Se indica la frecuencia de aparición de los conceptos, el Valor M que indica el nivel de relevancia en el significado, el TIR que muestra el Tiempo de Intervalo entre Respuesta, que el tiempo en que el estudiante responde. En la barra inferior están El Valor J que representa la riqueza semántica y el Valor G, que indica la densidad semántica.*

TEORIAS ORIGEN VIDA			
FC	DEFINIDORES	M	TIR
1	PANSPERMIA	57	17
4	VIDA	45	34
1	ORGANISMOS	34	43
1	PLATON	28	56
1	OPARIN	27	54
1	QUIMISINTETICA	26	66
9	EVOLUCION	26	21
1	ARISTOTELES	25	41
1	HETEROTROFAS	23	40
3	EXPERIMENTOS	23	46
VAL. J: 109		VAL. G: 3.0	

QUIMIOSINTETICA			
FC	DEFS	M	TIR
1	TEORIA	78	2
4	VIDA	52	27
1	MILLER	39	26
1	UREY	39	28
9	EVOLUCION	36	36
6	BIOLOGIA	5	27
3	EXPERIMENTO	34	45
1	ORIGEN	34	28
4	CELULAS	32	42
1	QUIMICA	31	26
VAL. J: 103		VAL. G: 4.70	

MODELOS PRECELULARES			
FC	DEFS	M	TIR
1	COACERVADOS	77	19
4	CELULAS	40	35
6	BIOLOGIA	26	32
2	CIENTIFICOS	22	15
1	W FOX	20	73
1	MICROESFERULAS	20	61
1	SULFOBIO	20	47
3	EXPERIMENTO	18	91
1	PROTEINAS	18	107
1	TEORIAS	18	57
VAL. J: 75		VAL. G: 2.20	

EVOLUCION CELULAR			
FC	DEFS	M	TIR
1	ARN	41	22
4	CELULAS	34	20
1	ADN	33	16
4	ADAPTACION	29	73
1	PROCARIOTAS	27	35
6	BIOLOGIA	26	36
1	ORGANELOS	19	50
1	EUCARIOTAS	18	58
2	CIENTIFICOS	17	82
9	EVOLUCION	17	28
VAL. J: 93		VAL. G: 2.40	

SELECCION NATURAL			
FC	DEFS	M	TIR
4	ADAPTACION	75	16
3	DARWIN	58	15
9	EVOLUCION	47	14
3	MUTACIONES	36	25
1	MIGRACION	23	50
4	ESPECIES	18	67
2	FOSILES	17	72
4	ANIMALES	17	44
2	POBLACION	15	60
2	HUMANOS	15	82
VAL. J: 75		VAL. G: 6.00	

EVIDENCIAS-EVOLUCION			
FC	DEFS	M	TIR
2	FOSILES	65	12
9	EVOLUCION	23	36
1	EVIDENCIAS	19	50
4	ANIMALES	19	45
4	CELULAS	19	43
2	HUANOS	19	68
2	TIEMPO	18	49
3	DARWIN	17	51
3	MUTACIONES	17	47
1	ESTUDIOS	16	69
VAL. J: 68		VAL. G: 4.90	

DOMINIOS			
FC	DEFS	M	TIR
1	CRECIMIENTO	17	51
1	REINOS	17	32
1	GRUPOS	16	55
1	FUERTE	15	46
1	REY	15	78
1	TERRENO	14	53
1	TERRITORIO	14	61
9	EVOLUCION	13	72
1	CONJUNTO	11	63
1	COLONIZADO	10	13
VAL. J: 57		VAL. G: 0.70	

BIODIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
3	PLANTAS	62	20
4	ANIMALES	62	15
4	ESPECIES	52	28
2	POBLACION	40	24
9	EVOLUCION	32	47
6	BIOLOGIA	28	56
1	COMUNIDADES	22	33
4	VIDA	19	36
1	BIOSFERA	19	29
2	FAUNA	19	31
VAL. J: 105		VAL. G: 4.40	

**Tabla 8**

Grupos SAM Fase 2 Grupo 447. Se presentan los diez conceptos que mejor representan el significado del Concepto Objetivo, Se indica la frecuencia de aparición de los conceptos, el Valor M que indica el nivel de relevancia en el significado, el TIR que muestra el Tiempo de Intervalo entre Respuesta, que el tiempo en que el estudiante responde. En la barra inferior están El Valor J que representa la riqueza semántica y el Valor G, que indica la densidad semántica.

TEORIAS ORIGEN VIDA			
FC	DEFINIDORES	M	TIR
7	VIDA	52	35
4	CELULAS	36	44
4	TEORIAS	35	34
1	QUIMIOSINTETICA	30	29
3	CIENTIFICOS	29	34
1	PANSPERMIA	29	52
2	TIERRA	26	39
1	OPARIN	26	20
4	DARWIN	22	28
2	ORIGEN	20	84
VAL. J: 94		VAL. G: 3.20	

QUIMIOSINTETICA			
FC	DEFS	M	TIR
2	TEORIA	66	8
7	VIDA	55	42
1	QUIMICA	43	27
2	ORIGEN	30	44
1	ORGANISMOS	26	60
1	EXPERIMENTACIÓN	19	41
1	ELEMENTOS	19	54
2	TIERRA	19	77
5	EVOLUCION	19	23
2	SINTETICA	18	27
VAL. J: 80		VAL. G: 4.80	

MODELOS PRECELULARES			
FC	DEFS	M	TIR
1	COACERVADOS	38	31
4	CELULAS	32	36
1	MICROESFERULAS	29	30
7	VIDA	25	49
5	EVOLUCION	25	49
1	CULPOIDES	20	66
3	EVIDENCIA	18	36
3	BIOLOGIA	16	56
4	TEORIAS	16	73
1	MODELOS	16	36
VAL. J: 75		VAL. G: 2.20	

EVOLUCION CELULAR			
FC	DEFS	M	TIR
4	CELULAS	56	24
5	EVOLUCION	28	38
2	CAMBIOS	26	22
6	ESPECIES	23	25
3	BIOLOGIA	23	24
7	VIDA	22	24
1	AUTOTROFAS	19	55
1	PROCARIOTA	19	73
1	MUTACIONES	18	77
3	BACTERIA	17	74
VAL. J: 93		VAL. G: 6.10	

SELECCION NATURAL			
FC	DEFS	M	TIR
4	DARWIN	100	8
6	ESPECIES	47	42
5	EVOLUCION	47	35
4	ANIMALES	41	43
1	ADAPTACION	38	23
7	VIDA	27	62
2	TEORIA	27	55
1	FUERTE	26	47
1	REPRODUCCION	20	78
3	EVIDENCIA	20	113
VAL. J: 90		VAL. G: 8.00	

EVIDENCIAS-EVOLUCION			
FC	DEFS	M	TIR
1	FOSILES	68	18
5	EVOLUCION	40	38
6	ESPECIES	35	31
3	EVIDENCIA	25	39
1	PETRIFICACION	20	63
4	TEORIAS	19	31
4	DARWIN	18	18
3	CIENTIFICOS	18	72
1	AMBAR	17	38
3	BIOLOGIA	16	14
VAL. J: 79		VAL. G: 5.20	

DOMINIOS			
FC	DEFS	M	TIR
1	ARCHAEA	57	22
1	EUKARYA	37	37
3	BACTERIA	34	41
1	PLANTAE	21	41
1	FUNGI	20	43
1	ANIMAL	18	40
1	REINOS	13	55
1	APRENDIZAJE	10	9
3	BACTERIA	10	11
1	3 DOMINIOS	10	27
VAL. J: 56		VAL. G: 4.70	

BIODIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
4	ANIMALES	56	19
6	ESPECIES	56	17
2	PLANTAS	55	23
2	POBLACION	45	26
1	DIVERSIDAD	31	54
1	FLORA	28	16
2	ECOSISTEMAS	28	35
1	FAUNA	27	20
7	VIDA	26	57
2	COMUNIDADES	25	35
VAL. J: 96		VAL. G: 3.10	

**Tabla 9**

*Grupos SAM Fase 1 Grupo 447. Se presentan en color naranja los tres conceptos con mayor Valor M de acuerdo con las palabras dadas por los alumnos para definirlos.*

TEORIAS ORIGEN VIDA			
FC	DEFINIDORES	M	TIR
1	PANSPERMIA	57	17
4	VIDA	45	34
1	ORGANISMOS	34	43
1	PLATON	28	56
1	OPARIN	27	54
1	QUIMISINTETICA	26	66
9	EVOLUCION	26	21
1	ARISTOTELES	25	41
1	HETEROTROFAS	23	40
3	EXPERIMENTOS	23	46
VAL. J: 109		VAL. G: 3.0	

QUIMIOSINTETICA			
FC	DEFS	M	TIR
1	TEORIA	78	2
4	VIDA	52	27
1	MILLER	39	26
1	UREY	39	28
9	EVOLUCION	36	36
6	BIOLOGIA	5	27
3	EXPERIMENTO	34	45
1	ORIGEN	34	28
4	CELULAS	32	42
1	QUIMICA	31	26
VAL. J: 103		VAL. G: 4.70	

MODELOS PRECELULARES			
FC	DEFS	M	TIR
1	COACERVADOS	77	19
4	CELULAS	40	35
6	BIOLOGIA	26	32
2	CIENTIFICOS	22	15
1	W FOX	20	73
1	MICROESFERULAS	20	61
1	SULFOBIO	20	47
3	EXPERIMENTO	18	91
1	PROTEINAS	18	107
1	TEORIAS	18	57
VAL. J: 75		VAL. G: 2.20	

EVOLUCION CELULAR			
FC	DEFS	M	TIR
1	ARN	41	22
4	CELULAS	34	20
1	ADN	33	16
4	ADAPTACION	29	73
1	PROCARIOTAS	27	35
6	BIOLOGIA	26	36
1	ORGANELOS	19	50
1	EUCARIOTAS	18	58
2	CIENTIFICOS	17	82
9	EVOLUCION	17	28
VAL. J: 93		VAL. G: 2.40	

SELECCION NATURAL			
FC	DEFS	M	TIR
4	ADAPTACION	75	16
3	DARWIN	58	15
9	EVOLUCION	47	14
3	MUTACIONES	36	25
1	MIGRACION	23	50
4	ESPECIES	18	67
2	FOSILES	17	72
4	ANIMALES	17	44
2	POBLACION	15	60
2	HUMANOS	15	82
VAL. J: 75		VAL. G: 6.00	

EVIDENCIAS-EVOLUCION			
FC	DEFS	M	TIR
2	FOSILES	65	12
9	EVOLUCION	23	36
1	EVIDENCIAS	19	50
4	ANIMALES	19	45
4	CELULAS	19	43
2	HUANOS	19	68
2	TIEMPO	18	49
3	DARWIN	17	51
3	MUTACIONES	17	47
1	ESTUDIOS	16	69
VAL. J: 68		VAL. G: 4.90	

DOMINIOS			
FC	DEFS	M	TIR
1	CRECIMIENTO	17	51
1	REINOS	17	32
1	GRUPOS	16	55
1	FUERTE	15	46
1	REY	15	78
1	TERRENO	14	53
1	TERRITORIO	14	61
9	EVOLUCION	13	72
1	CONJUNTO	11	63
1	COLONIZADO	10	13
VAL. J: 57		VAL. G: 0.70	

BIODIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
3	PLANTAS	62	20
4	ANIMALES	62	15
4	ESPECIES	52	28
2	POBLACION	40	24
9	EVOLUCION	32	47
6	BIOLOGIA	28	56
1	COMUNIDADES	22	33
4	VIDA	19	36
1	BIOSFERA	19	29
2	FAUNA	19	31
VAL. J: 105		VAL. G: 4.40	

**Tabla 10**

*Grupos SAM Fase 2 Grupo 447. Se presentan en color naranja los tres conceptos con mayor Valor M de acuerdo con las palabras dadas por los alumnos para definirlos.*

TEORIAS ORIGEN VIDA			
FC	DEFINIDORES	M	TIR
7	VIDA	52	35
4	CELULAS	36	44
4	TEORIAS	35	34
1	QUIMIOSINTETICA	30	29
3	CIENTIFICOS	29	34
1	PANSPERMIA	29	52
2	TIERRA	26	39
1	OPARIN	26	20
4	DARWIN	22	28
2	ORIGEN	20	84
VAL. J: 94		VAL. G: 3.20	

QUIMIOSINTETICA			
FC	DEFS	M	TIR
2	TEORIA	66	8
7	VIDA	55	42
1	QUIMICA	43	27
2	ORIGEN	30	44
1	ORGANISMOS	26	60
1	EXPERIMENTACIÓN	19	41
1	ELEMENTOS	19	54
2	TIERRA	19	77
5	EVOLUCION	19	23
2	SINTETICA	18	27
VAL. J: 80		VAL. G: 4.80	

MODELOS PRECELULARES			
FC	DEFS	M	TIR
1	COACERVADOS	38	31
4	CELULAS	32	36
1	MICROESFERULAS	29	30
7	VIDA	25	49
5	EVOLUCION	25	49
1	CULPOIDES	20	66
3	EVIDENCIA	18	36
3	BIOLOGIA	16	56
4	TEORIAS	16	73
1	MODELOS	16	36
VAL. J: 75		VAL. G: 2.20	

EVOLUCION CELULAR			
FC	DEFS	M	TIR
4	CELULAS	56	24
5	EVOLUCION	28	38
2	CAMBIOS	26	22
6	ESPECIES	23	25
3	BIOLOGIA	23	24
7	VIDA	22	24
1	AUTOTROFAS	19	55
1	PROCARIOTA	19	73
1	MUTACIONES	18	77
3	BACTERIA	17	74
VAL. J: 93		VAL. G: 6.10	

SELECCION NATURAL			
FC	DEFS	M	TIR
4	DARWIN	100	8
6	ESPECIES	47	42
5	EVOLUCION	47	35
4	ANIMALES	41	43
1	ADAPTACION	38	23
7	VIDA	27	62
2	TEORIA	27	55
1	FUERTE	26	47
1	REPRODUCCION	20	78
3	EVIDENCIA	20	113
VAL. J: 90		VAL. G: 8.00	

EVIDENCIAS-EVOLUCION			
FC	DEFS	M	TIR
1	FOSILES	68	18
5	EVOLUCION	40	38
6	ESPECIES	35	31
3	EVIDENCIA	25	39
1	PETRIFICACION	20	63
4	TEORIAS	19	31
4	DARWIN	18	18
3	CIENTIFICOS	18	72
1	AMBAR	17	38
3	BIOLOGIA	16	14
VAL. J: 79		VAL. G: 5.20	

DOMINIOS			
FC	DEFS	M	TIR
1	ARCHAEA	57	22
1	EUKARYA	37	37
3	BACTERIA	34	41
1	PLANTAE	21	41
1	FUNGI	20	43
1	ANIMAL	18	40
1	REINOS	13	55
1	APRENDIZAJE	10	9
3	BACTERIA	10	11
1	3 DOMINIOS	10	27
VAL. J: 56		VAL. G: 4.70	

BIODIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
4	ANIMALES	56	19
6	ESPECIES	56	17
2	PLANTAS	55	23
2	POBLACION	45	26
1	DIVERSIDAD	31	54
1	FLORA	28	16
2	ECOSISTEMAS	28	35
1	FAUNA	27	20
7	VIDA	26	57
2	COMUNIDADES	25	35
VAL. J: 96		VAL. G: 3.10	

16, se encuentra cada concepto para mayor detalle, de su evolución. Uno del resultado mas interesantes es en el campo de dominio en donde mucho de los términos ocupados aludían a otras asignaturas como Historia y Geografía, al mencionar términos de poder, territorio, rey, en contraste el nombre del reino y la clasificación natural de las especies como son los hongos, las bacterias.

**Tabla 11** Comparación de los conceptos con mayor Riqueza Semántica (Valor J) entre ambas fases del grupo 447 Biología II.

FASE 1

TEORIAS ORIGEN VIDA			
FC	DEFINIDORES	M	TIR
1	PANSPERMIA	57	17
4	VIDA	45	34
1	ORGANISMOS	34	43
1	PLATON	28	56
1	OPARIN	27	54
1	QUIMISINTETICA	26	66
9	EVOLUCION	26	21
1	ARISTOTELES	25	41
1	HETEROTROFAS	23	40
3	EXPERIMENTOS	23	46
<b>VAL. J: 109</b>		VAL. G: 3.0	

BIODIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
3	PLANTAS	62	20
4	ANIMALES	62	15
4	ESPECIES	52	28
2	POBLACION	40	24
9	EVOLUCION	32	47
6	BIOLOGIA	28	56
1	COMUNIDADES	22	33
4	VIDA	19	36
1	BIOSFERA	19	29
2	FAUNA	19	31
<b>VAL. J: 105</b>		VAL. G: 4.40	

EVOLUCION-BIOLOGICA			
FC	DEFS	M	TIR
4	ADAPTACION	44	45
3	UTACIONES	42	48
2	TIEMPO	37	37
9	EVOLUCION	36	23
3	DARWIN	29	8
4	ANIMALES	27	26
3	PLANTAS	26	41
6	BIOLOGIA	26	29
4	ESPECIES	25	37
1	TRASFORMACION	24	36
<b>VAL. J: 105</b>		VAL. G: 2.00	

QUIMIOSINTETICA			
FC	DEFS	M	TIR
1	TEORIA	78	2
4	VIDA	52	27
1	MILLER	39	26
1	UREY	39	28
9	EVOLUCION	36	36
6	BIOLOGIA	5	27
3	EXPERIMENTO	34	45
1	ORIGEN	34	28
4	CELULAS	32	42
1	QUIMICA	31	26
<b>VAL. J: 103</b>		VAL. G: 4.70	

EVOLUCION CELULAR			
FC	DEFS	M	TIR
1	ARN	41	22
4	CELULAS	34	20
1	ADN	33	16
4	ADAPTACION	29	73
1	PROCARIOTAS	27	35
6	BIOLOGIA	26	36
1	ORGANELOS	19	50
1	EUCARIOTAS	18	58
2	CIENTIFICOS	17	82
9	EVOLUCION	17	28
<b>VAL. J: 93</b>		VAL. G: 2.40	

FASE 2

BIODIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
4	ANIMALES	56	19
6	ESPECIES	56	17
2	PLANTAS	55	23
2	POBLACION	45	26
1	DIVERSIDAD	31	54
1	FLORA	28	16
2	ECOSISTEMAS	28	35
1	FAUNA	27	20
7	VIDA	26	57
2	COMUNIDADES	25	35
<b>VAL. J: 96</b>		VAL. G: 3.10	

TEORIAS ORIGEN VIDA			
FC	DEFINIDORES	M	TIR
7	VIDA	52	35
4	CELULAS	36	44
4	TEORIAS	35	34
1	QUIMIOSINTETICA	30	29
3	CIENTIFICOS	29	34
1	PANSPERMIA	29	52
2	TIERRA	26	39
1	OPARIN	26	20
4	DARWIN	22	28
2	ORIGEN	20	84
<b>VAL. J: 94</b>		VAL. G: 3.20	

EVOLUCION CELULAR			
FC	DEFS	M	TIR
4	CELULAS	56	24
5	EVOLUCION	28	38
2	CAMBIOS	26	22
6	ESPECIES	23	25
3	BIOLOGIA	23	24
7	VIDA	22	24
1	AUTOTROFAS	19	55
1	PROCARIOTA	19	73
1	MUTACIONES	18	77
3	BACTERIA	17	74
<b>VAL. J: 93</b>		VAL. G: 6.10	

SELECCION NATURAL			
FC	DEFS	M	TIR
4	DARWIN	100	8
6	ESPECIES	47	42
5	EVOLUCION	47	35
4	ANIMALES	41	43
1	ADAPTACION	38	23
7	VIDA	27	62
2	TEORIA	27	55
1	FUERTE	26	47
1	REPRODUCCION	20	78
3	EVIDENCIA	20	113
<b>VAL. J: 90</b>		VAL. G: 8.00	

QUIMIOSINTETICA			
FC	DEFS	M	TIR
2	TEORIA	66	8
7	VIDA	55	42
1	QUIMICA	43	27
2	ORIGEN	30	44
1	ORGANISMOS	26	60
1	EXPERIMENTACIÓN	19	41
1	ELEMENTOS	19	54
2	TIERRA	19	77
5	EVOLUCION	19	23
2	SINTETICA	18	27
<b>VAL. J: 80</b>		VAL. G: 4.80	

**Tabla 12**

*Comparación de los conceptos Teoría Origen vida y Selección Natural, entre ambas fases del grupo 447 Biología II.*

FASE 1				FASE 2				FASE 1				FASE 2			
TEORIAS ORIGEN VIDA				TEORIAS ORIGEN VIDA				SELECCION NATURAL				SELECCION NATURAL			
FC	DEFINIDORES	M	TIR	FC	DEFINIDORES	M	TIR	FC	DEFS	M	TIR	FC	DEFS	M	TIR
1	PANSERMIA	57	17	7	VIDA	52	35	4	ADAPTACION	75	16	4	DARWIN	100	8
4	VIDA	45	34	4	CELULAS	36	44	3	DARWIN	58	15	6	ESPECIES	47	42
1	ORGANISMOS	34	43	4	TEORIAS	35	34	9	EVOLUCION	47	14	5	EVOLUCION	47	35
1	PLATON	28	56	1	QUIMIOSINTETICA	30	29	3	MUTACIONES	36	25	4	ANIMALES	41	43
1	OPARIN	27	54	3	CIENTIFICOS	29	34	1	MIGRACION	23	50	1	ADAPTACION	38	23
1	QUIMIOSINTETICA	26	66	1	PANSERMIA	29	52	4	ESPECIES	18	67	7	VIDA	27	62
9	EVOLUCION	26	21	2	TIERRA	26	39	2	FOSILES	17	72	2	TEORIA	27	55
1	ARISTOTELES	25	41	1	OPARIN	26	20	4	ANIMALES	17	44	1	FUERTE	26	47
1	HETEROTROFAS	23	40	4	DARWIN	22	28	2	POBLACION	15	60	1	REPRODUCCION	20	78
3	EXPERIMENTOS	23	46	2	ORIGEN	20	84	2	HUMANOS	15	82	3	EVIDENCIA	20	113
VAL. J: 109 VAL. G: 3.0				VAL. J: 94 VAL. G: 3.20				VAL. J: 75 VAL. G: 6.00				VAL. J: 90 VAL. G: 8.00			

**Tabla 13**

*Comparación de los conceptos Quimiosintética y Evidencias Evolución, entre ambas fases del grupo 447 Biología II.*

FASE 1				FASE 2				FASE 1				FASE 2			
QUIMIOSINTETICA				QUIMIOSINTETICA				EVIDENCIAS-EVOLUCION				EVIDENCIAS-EVOLUCION			
FC	DEFS	M	TIR	FC	DEFS	M	TIR	FC	DEFS	M	TIR	FC	DEFS	M	TIR
1	TEORIA	78	2	2	TEORIA	66	8	2	FOSILES	65	12	1	FOSILES	68	18
4	VIDA	52	27	7	VIDA	55	42	9	EVOLUCION	23	36	5	EVOLUCION	40	38
1	MILLER	39	26	1	QUIMICA	43	27	1	EVIDENCIAS	19	50	6	ESPECIES	35	31
1	UREY	39	28	2	ORIGEN	30	44	4	ANIMALES	19	45	3	EVIDENCIA	25	39
9	EVOLUCION	36	36	1	ORGANISMOS	26	60	4	CELULAS	19	43	1	PETRIFICACION	20	63
6	BIOLOGIA	5	27	1	EXPERIMENTACIÓN	19	41	2	HUANOS	19	68	4	TEORIAS	19	31
3	EXPERIMENTO	34	45	1	ELEMENTOS	19	54	2	TIEMPO	18	49	4	DARWIN	18	18
1	ORIGEN	34	28	2	TIERRA	19	77	3	DARWIN	17	51	3	CIENTIFICOS	18	72
4	CELULAS	32	42	5	EVOLUCION	19	23	3	MUTACIONES	17	47	1	AMBAR	17	38
1	QUIMICA	31	26	2	SINTETICA	18	27	1	ESTUDIOS	16	69	3	BIOLOGIA	16	14
VAL. J: 103 VAL. G: 4.70				VAL. J: 80 VAL. G: 4.80				VAL. J: 68 VAL. G: 4.90				VAL. J: 79 VAL. G: 5.20			

**Tabla 14**

*Comparación de los conceptos Modelos Precelulares y Dominios, entre ambas fases del grupo 447 Biología II.*

FASE 1				FASE 2				FASE 1				FASE 2			
MODELOS PRECELULARES				MODELOS PRECELULARES				DOMINIOS				DOMINIOS			
FC	DEFS	M	TIR	FC	DEFS	M	TIR	FC	DEFS	M	TIR	FC	DEFS	M	TIR
1	COACERVADOS	77	19	1	COACERVADOS	38	31	1	CRECIMIENTO	17	51	1	ARCHAEA	57	22
4	CELULAS	40	35	4	CELULAS	32	36	1	REINOS	17	32	1	EUKARYA	37	37
6	BIOLOGIA	26	32	1	MICROESFERULAS	29	30	1	GRUPOS	16	55	3	BACTERIA	34	41
2	CIENTIFICOS	22	15	7	VIDA	25	49	1	FUERTE	15	46	1	PLANTAE	21	41
1	W FOX	20	73	5	EVOLUCION	25	49	1	REY	15	78	1	FUNGI	20	43
1	MICROESFERULAS	20	61	1	CULPOIDES	20	66	1	TERRENO	14	53	1	ANIMAL	18	40
1	SULFOBIO	20	47	3	EVIDENCIA	18	36	1	TERRITORIO	14	61	1	REINOS	13	55
3	EXPERIMENTO	18	91	3	BIOLOGIA	16	56	9	EVOLUCION	13	72	1	APRENDIZAJE	10	9
1	PROTEINAS	18	107	4	TEORIAS	16	73	1	CONJUNTO	11	63	3	BACTERIA	10	11
1	TEORIAS	18	57	1	MODELOS	16	36	1	COLONIZADO	10	13	1	3 DOMINIOS	10	27
VAL. J: 75 VAL. G: 2.20				VAL. J: 75 VAL. G: 2.20				VAL. J: 57 VAL. G: 0.70				VAL. J: 56 VAL. G: 4.70			

**Tabla 15**

*Comparación de los conceptos Evolución Celular y Biodiversidad, entre ambas fases del grupo 447 Biología II.*

FASE 1				FASE 2				FASE 1				FASE 2			
EVOLUCION CELULAR				EVOLUCION CELULAR				BIODIVERSIDAD				BIODIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR	FC	DEFS	M	TIR	FC	DEFS	M	TIR	FC	DEFS	M	TIR
1	ARN	41	22	4	CELULAS	56	24	3	PLANTAS	62	20	4	ANIMALES	56	19
4	CELULAS	34	20	5	EVOLUCION	28	38	4	ANIMALES	62	15	6	ESPECIES	56	17
1	ADN	33	16	2	CAMBIOS	26	22	4	ESPECIES	52	28	2	PLANTAS	55	23
4	ADAPTACION	29	73	6	ESPECIES	23	25	2	POBLACION	40	24	2	POBLACION	45	26
1	PROCARIOTAS	27	35	3	BIOLOGIA	23	24	9	EVOLUCION	32	47	1	DIVERSIDAD	31	54
6	BIOLOGIA	26	36	7	VIDA	22	24	6	BIOLOGIA	28	56	1	FLORA	28	16
1	ORGANELOS	19	50	1	AUTOTROFAS	19	55	1	COMUNIDADES	22	33	2	ECOSISTEMAS	28	35
1	EUCARIOTAS	18	58	1	PROCARIOTA	19	73	4	VIDA	19	36	1	FAUNA	27	20
2	CIENTIFICOS	17	82	1	MUTACIONES	18	77	1	BIOSFERA	19	29	7	VIDA	26	57
9	EVOLUCION	17	28	3	BACTERIA	17	74	2	FAUNA	19	31	2	COMUNIDADES	25	35
VAL. J: 93 VAL. G: 2.40				VAL. J: 93 VAL. G: 6.10				VAL. J: 105 VAL. G: 4.40				VAL. J: 96 VAL. G: 3.10			

**Tabla 16**

*Comparación de los conceptos Evolución Biológica y Organización Ecológica, entre ambas fases del grupo 447 Biología II.*

FASE 1			
EVOLUCION-BIOLOGICA			
FC	DEFS	M	TIR
4	ADAPTACION	44	45
3	MUTACIONES	42	48
2	TIEMPO	37	37
9	EVOLUCION	36	23
3	DARWIN	29	8
4	ANIMALES	27	26
3	PLANTAS	26	41
6	BIOLOGIA	26	29
4	ESPECIES	25	37
1	TRANSFORMACION	24	36
VAL. J: 105		VAL. G: 2.00	

FASE 2			
EVOLUCION-BIOLOGICA			
FC	DEFS	M	TIR
6	ESPECIES	48	15
4	DARWIN	38	31
3	CIENTIFICOS	34	52
2	CAMBIOS	29	12
4	ANIMALES	27	31
2	PLANTAS	27	29
4	TEORIAS	26	41
1	TIEMPO	26	28
1	LAMARCK	20	68
2	SINTETICA	20	80
VAL. J: 76		VAL. G: 2.80	

FASE 1			
ORGANIZACION-ECOLOGICA			
FC	DEFS	M	TIR
4	ADAPTACION	50	26
6	BIOLOGIA	41	34
4	VIDA	39	30
1	AMBIENTE	28	44
1	ECOSISTEMA	28	47
3	PLANTAS	26	40
1	BIODIVERSIDAD	18	96
9	EVOLUCION	18	37
2	FAUNA	17	45
4	ESPECIES	17	36
VAL. J: 89		VAL. G: 2.40	

FASE 2			
ORGANIZACION-ECOLOGICA			
FC	DEFS	M	TIR
2	COMUNIDADES	57	26
2	POBLACIÓN	57	21
2	ECOSISTEMAS	46	29
7	VIDA	35	41
6	ESPECIES	29	21
1	BIOMA	27	53
1	BIODIVERSIDAD	26	36
4	CELULAS	25	62
4	ANIMALES	17	73
1	ECOLOGIA	16	53
VAL. J: 77		VAL. G: 4.10	

### 6.1.2 Hallazgos en el estudio de Facilitación Semántica

Por otra parte, los estudios sobre la permanencia del esquema adquirido en la Memoria a Largo Plazo de los estudiantes se analizaron estadísticamente considerando el diseño y combinación de factores y los hallazgos de este grupo se muestran a continuación.

Se hizo un ANOVA de 3 x 2 considerando la relación de tiempo por la relación semántica entre los pares de palabras la probabilidad se estableció al  $\leq 0.005$ . No se encontró efecto principal significativo para los factores (véase Tabla 17, Figura 16).

**Tabla 17**

*ANOVA. Grupo 447*

<b>Fuente</b>	<b>gl</b>	<b>MC</b>	<b>gl</b>	<b>MC</b>	<b>F</b>	<b>p</b>	<b><math>\eta_p^2</math></b>
Relación temporal (RT)	1	56940.678	12	58589.427	0.971	0.343	0.074
Relación semántica (RS)	2	128811.377	24	8.631	8.631	0.001	0.418
RT*RS	2	1868.322	24	0.125	0.125	0.882	0.010

**Figura 16**

*Gráfica ANOVA*

Nota: Se muestra la gráfica de interacción entre los factores de Tipo de relación (Asociativas vs. Esquema vs. Neutras) y relación temporal de los pares facilitador-objetivo durante el curso (Antes vs. Después del curso).

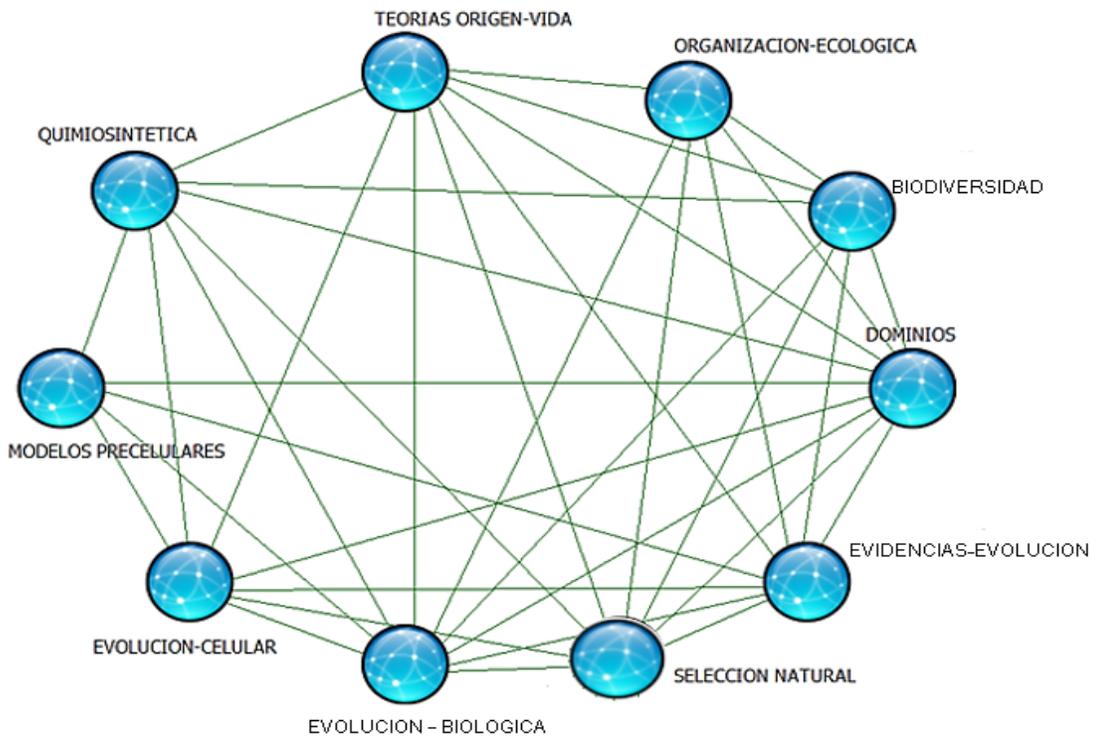
## **6.2 Resultados de los Estudios Cognitivos Biología II Grupo 472**

### **6.2.1 Hallazgos en el estudio de Redes Semánticas Naturales (RSN)**

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en el grupo 472 que también corresponde a la materia de Biología II del cuarto semestre. En contraste con el grupo anterior se muestra que las conexiones en el primer esquema de conocimiento son menores, (véase Figura 17). En la primera fase, el concepto de Modelos Precelulares es el de menor conexión, al tener cinco enlaces con el resto, empero el concepto Dominios es el de mayor conectividad, al tener el máximo de nueve vínculos. Haciendo alusión al grupo 447, en donde Dominios fue uno de los conceptos con menor conexiones, que es una muestra de que incluso e mismo docente con la misma materia puede tener efectos diferentes.

#### **Figura 17**

*Esquema General obtenido en la primera fase del grupo 472 de Biología II.*

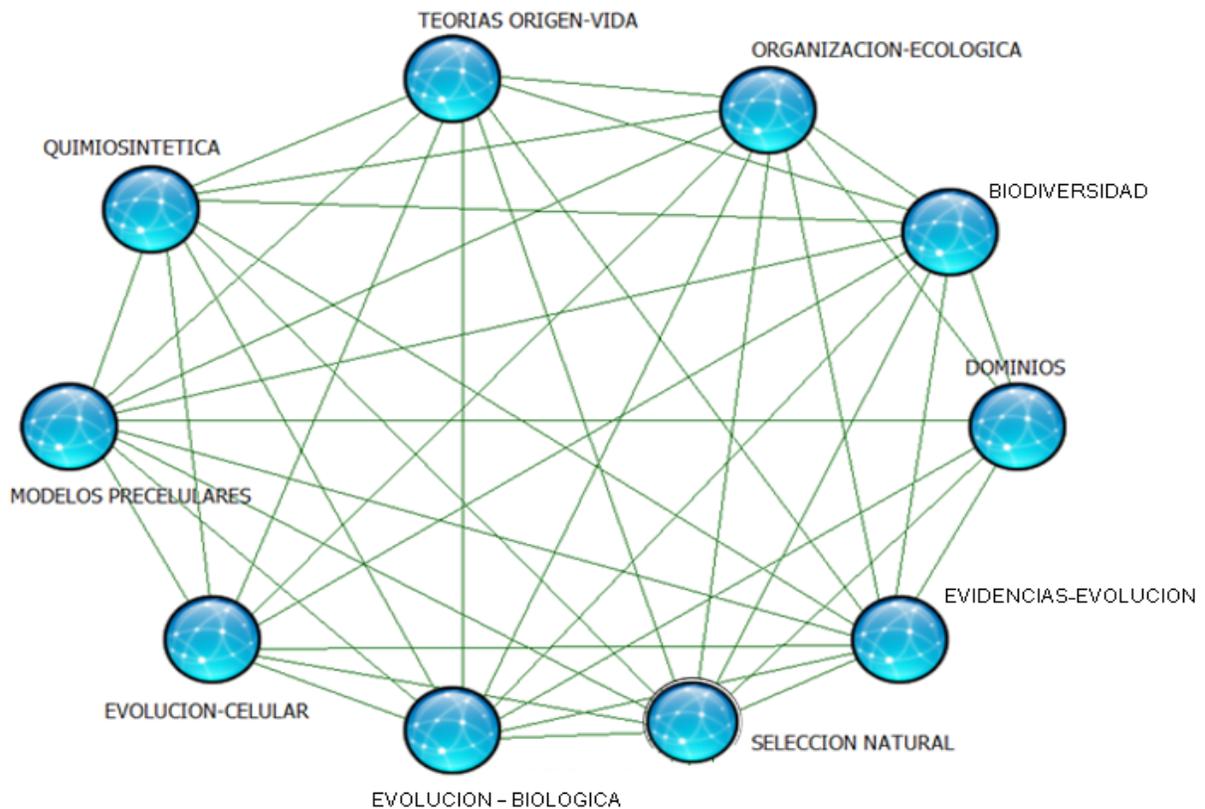


Para la segunda fase (Véase Figura 18), realizada una vez concluido el curso, se puede notar que los conceptos de “Modelos Precelulares”, “Organización Ecológica” y “Evidencias Evolución” aumentaron sus conexiones hasta el máximo posible, sin embargo, el concepto de “Dominios” terminó por reducirse a seis conexiones.

Asimismo, el concepto de “Quimiosintética” que describe una de las teorías sobre el origen de la vida, aumentó sus enlaces con los objetivos “Evidencias Evolución” y “Organización Ecológica”, en la siguiente sección se analizarán algunos de los conceptos que representan su comunalidad.

**Figura 18**

*Esquema General obtenido en la segunda fase del grupo 472 de Biología II*

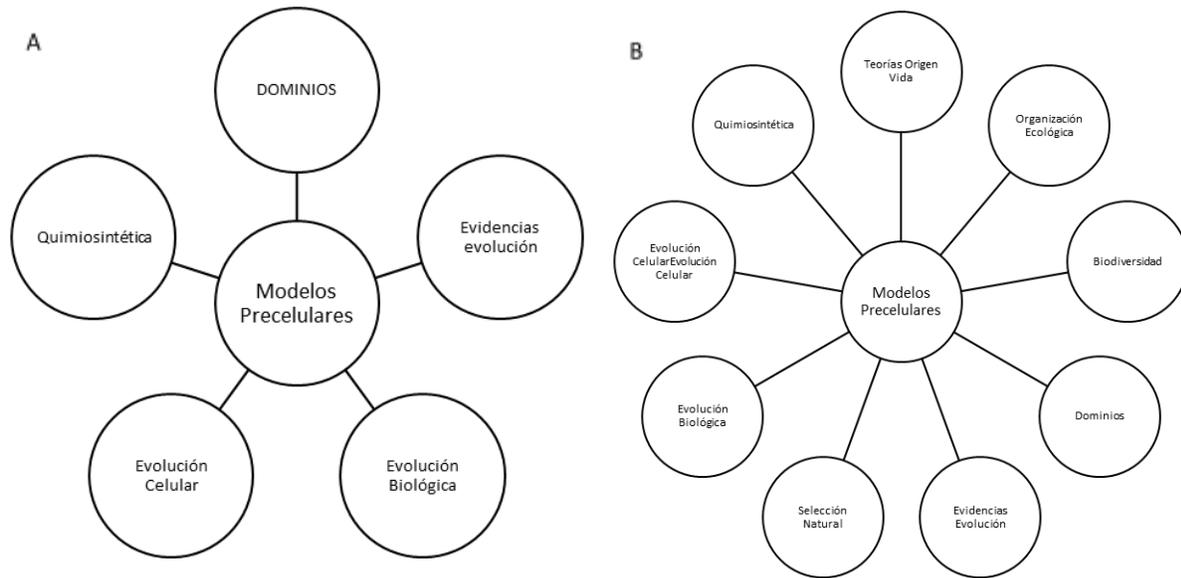


Con el objetivo de evidenciar los cambios anteriores, se muestra una representación individual de los conceptos (véase Figura 19 y 20) para apoyar visualmente en el proceso de contrastación aquellas relaciones esquemáticas que cambian con el significado del contenido visto en clase.

Se muestra el concepto de “Modelos Precelulares”, que inicia relacionándose con cinco conceptos y aumenta sus conexiones con el resto de las temáticas vistas en el curso, lo que implica que existen representaciones cognitivas acerca de estos conceptos que mantienen los mantienen articulados. Además, se muestra el concepto de “Dominios” que sufrió el efecto opuesto, al pasar de más conexiones a perderlas en la segunda fase de evaluación, efecto también consistente en el grupo anterior, al presentar desconexiones que no implican falta de aprendizaje, sino una transformación cognitiva de su significado, tal que los procesos de discriminación entre dichos conceptos son también reflejo de aprendizaje.

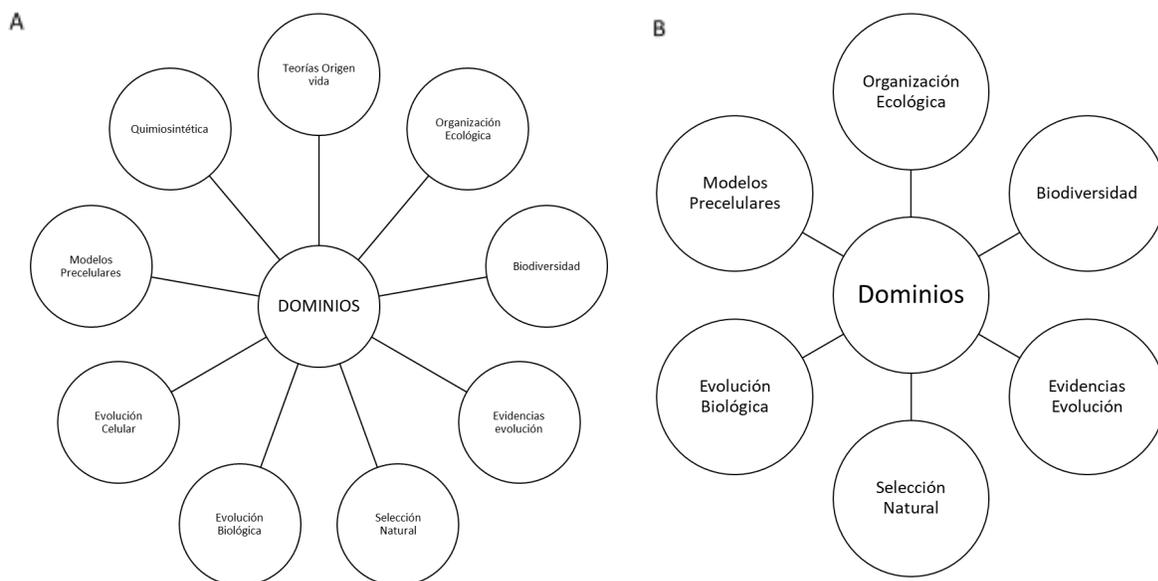
### Figura 19

Comparación de mapa de conectividad del concepto “Modelos Precelulares” del grupo 472 de Biología II. Panel A indica la Fase 1 y el panel B indica la Fase 2 de evaluación



### Figura 20

Comparación de mapa de conectividad del concepto “Dominios” del grupo 472 de Biología II. Panel A indica la Fase 1 y el panel B indica la Fase 2 de evaluación.

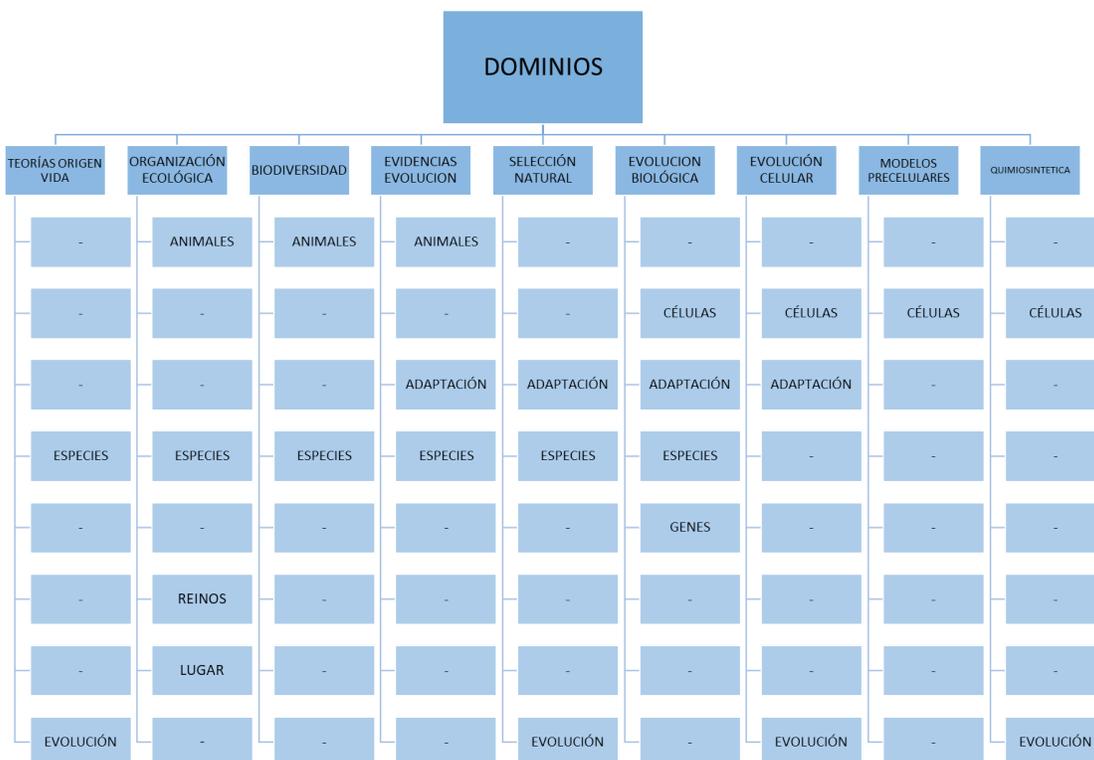


Para el análisis sobre los cambios organizativos de los conceptos, se muestran las figuras 21 y 22, en donde se esquematizan los conceptos más utilizados por alumnos para describir el tema de Dominios, se puede observar que en la primera fase hay un mayor número de conceptos. A su vez dentro de esta clasificación se observan términos generales que son puente con otro tema, tales como “Evolución” con Selección Natural, o “Adaptación” con Evolución Biológica, empero “Reinos” aunque no tiene muchas relaciones alude al carácter específico de este Concepto Objetivo.

Se observa en la siguiente fase que los conceptos se reducen, mantienen un carácter general en la asignatura de la Biología II, tales como “Animales” que si bien es un concepto relacionado con la mayoría de los temas vistos (Selección Natural, Biodiversidad, Quimiosintética, Evolución Biológica, etc.) no define el concepto de Dominios propiamente, sin embargo, el concepto de “Bacteria” está teóricamente relacionado con este Concepto Objetivo.

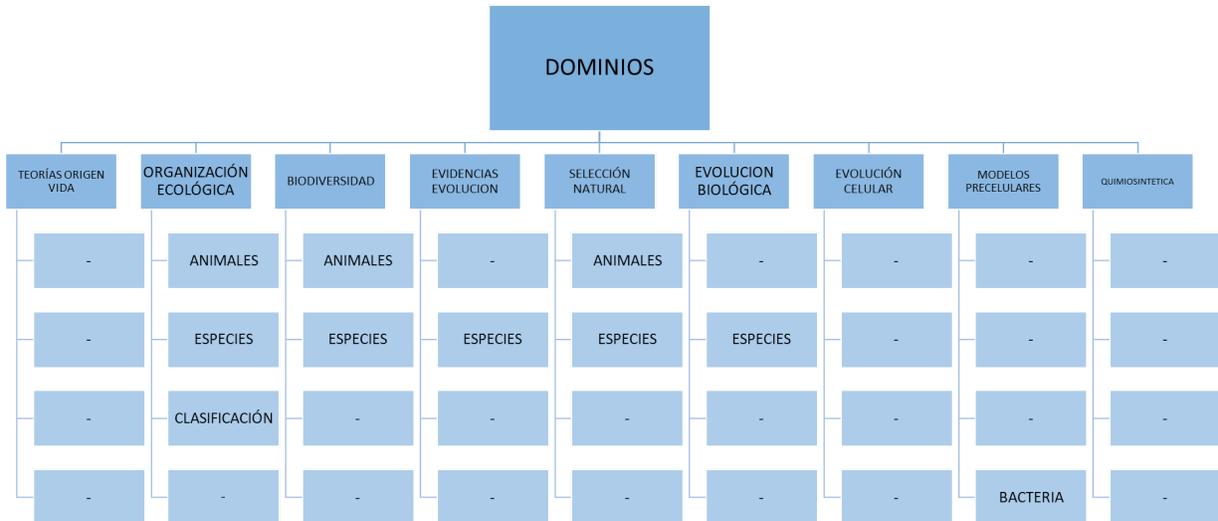
**Figura 21**

*Comparación de esquema de organización del concepto “Dominios” de la Fase 1 en el grupo 472 de Biología II*



**Figura 22**

*Comparación de esquema de organización del concepto “Dominios” de la Fase 2 en el grupo 472 de Biología II.*



A continuación, presentamos las tablas con los diez conceptos más representativos de cada Concepto evaluado, también denominado Grupos SAM (véase Tabla 18 y 19) la dinámica es la misma que el grupo anterior por lo que se omitirá la explicación con tal de no ser redundante.

**Tabla 18**

*Grupos SAM Fase 1 Grupo 472. Se presentan los diez conceptos que mejor representan el significado del Concepto Objetivo, Se indica la frecuencia de aparición de los conceptos, el Valor M que indica el nivel de relevancia en el significado, el TIR que muestra el Tiempo de Intervalo entre Respuesta, que el tiempo en que el estudiante responde. En la barra inferior están El Valor J que represente la riqueza semántica y el Valor G, que indica la densidad semántica*

TEORIAS ORIGEN VIDA			
FC	DEFINIDORES	M	TIR
1	CREACIONISMO	56	23
5	EVOLUCION	46	36
1	PANSPERMIA	29	30
1	SINTETICA	27	47
1	ESPACIO	20	62
4	CAMBIOS	19	20
1	CREACION	18	83
2	LAMARCK	18	79
1	BIG BANG	17	91
7	ESPECIES	14	65
VAL. J: 93		VAL. G: 4.2	

QUIMIOSINTETICA			
FC	DEFS	M	TIR
5	EVOLUCION	35	54
2	TEORIA	26	30
4	VIDA	26	33
5	CELULAS	25	46
1	ELEMENTOS	24	37
1	MOLECULAS	23	40
1	ORIGEN	12	54
2	INICIO	11	78
1	ORIGEN VIDA	10	26
1	SINTESIS	10	20
VAL. J: 80		VAL. G: 2.50	

MODELOS PRECELULARES			
FC	DEFS	M	TIR
5	CELULAS	52	39
4	TEORIAS	51	41
1	COACERVADOS	41	21
1	OPARIN	27	17
1	EXPERIMENTOS	18	54
2	INICIO	18	36
2	BACTERIAS	17	39
1	ESFERULAS-PROTECIA	15	99
1	EUCARIOTA	15	48
1	PROCARIOTA	15	55
VAL. J: 89		VAL. G: 3.70	

EVOLUCION CELULAR			
FC	DEFS	M	TIR
4	TEORIAS	42	29
5	ELULAS	36	49
4	CAMBIOS	36	31
1	NUCLEO	34	49
5	EVOLUCION	32	40
5	ADAPTACION	30	27
2	BACTERIAS	24	45
2	PROCESO	18	91
1	EUCARIONTE	17	54
1	PROCARIONTE	17	62
VAL. J: 90		VAL. G: 2.50	

EVOLUCION-BIOLÓGICA			
FC	DEFS	M	TIR
5	ADAPTACION	58	30
4	TEORIAS	43	40
4	VIDA	39	36
4	CAMBIOS	34	23
1	MUTACION	32	17
5	CELULAS	26	55
2	SUPERVIVENCIA	25	38
2	GENES	25	25
7	ESPECIES	21	36
1	ORGANISMOS	18	40
VAL. J: 87		VAL. G: 4.00	

SELECCION NATURAL			
FC	DEFS	M	TIR
5	ADAPTACION	81	27
1	DARWIN	76	18
5	EVOLUCION	51	13
1	SOBREVIVIR	37	28
2	SUPERVIVENCIA	33	31
7	ESPECIES	29	37
2	TEORIA	25	19
1	FUERTES	25	4
4	VIDA	19	57
2	LAMARCK	16	86
VAL. J: 107		VAL. G: 6.50	

EVIDENCIAS-EVOLUCION			
FC	DEFS	M	TIR
4	TEORIAS	67	38
1	ESTUDIO	41	21
4	CAMBIOS	40	39
1	FOSILES	39	16
5	ADAPTACION	34	49
7	ESPECIES	24	53
4	ANIMALES	23	50
2	PROCESO	18	36
1	COMPARACION	18	60
1	INVESTIGACION	18	24
VAL. J: 101		VAL. G: 4.90	

DOMINIOS			
FC	DEFS	M	TIR
1	PERTENENCIA	22	29
5	CELULAS	19	71
7	ESPECIES	17	31
5	ADAPTACION	17	72
2	GENES	16	51
2	REINOS	15	52
5	EVOLUCION	15	89
4	ANIMALES	13	20
2	LUGAR	10	15
1	AUTORIDAD	10	14
VAL. J: 82		VAL. G: 1.20	

BIODIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
1	FAUNA	53	30
2	PLANTAS	52	18
4	ANIMALES	52	16
1	ECOSISTEMA	50	18
1	FLORA	44	29
2	AMBIENTE	38	29
7	ESPECIES	35	23
4	VIDA	34	37
1	VARIEDAD	27	32
1	CULTURA	22	47
VAL. J: 114		VAL. G: 3.10	

ORGANIZACION-ECOLÓGICA			
FC	DEFS	M	TIR
7	ESPECIES	31	50
1	ORDEN	22	49
1	ECOLOGIA	20	33
4	ANIMALES	16	84
2	PLANTAS	16	96
2	AMBIENTE	15	70
1	JERARQUIA	15	66
2	LUGAR	13	44
1	NIVELES	10	65
2	REINOS	10	27
VAL. J: 58		VAL. G: 1.20	

**Tabla 19**

*Grupos SAM Fase 2 Grupo 472. Se presentan los diez conceptos que mejor representan el significado del Concepto Objetivo, Se indica la frecuencia de aparición de los conceptos, el Valor M que indica el nivel de relevancia en el significado, el TIR que muestra el Tiempo de Intervalo entre Respuesta, que el tiempo en que el estudiante responde. En la barra inferior están El Valor J que represente la riqueza semántica y el Valor G, que indica la densidad semántica*

TEORIAS ORIGEN VIDA			
FC	DEFS	M	TIR
1	CREACIONISMO	65	18
1	BIG BANG	49	48
4	DARWIN	45	14
1	ESPONTANEA	36	43
1	QUIMIOSINTETICA	29	42
2	LAMARCK	29	24
2	ORIGEN	23	50
1	ENDOSIMBIOSIS	19	62
1	SELECCION NATURAL	18	78
7	VIDA	17	48
VAL. J: 87		VAL. G: 4.80	

QUIMIOSINTETICA			
FC	DEFS	M	TIR
2	TOERIA	94	21
2	ORIGEN	41	41
6	EVOLUCION	40	25
7	VIDA	30	39
1	QUIMICA	24	42
2	BIOLOGIA	17	55
1	BATERIAS	17	15
1	SINTESIS	17	67
1	CINCIA	16	56
1	MOLECULAS	15	72
VAL. J: 78		VAL. G: 7.90	

MODELOS PRECELULARES			
FC	DEFS	M	TIR
6	EVOLUCION	27	48
1	MODELOS	24	39
3	ELULAS	22	26
1	COACERVADOS	21	22
7	VIDA	20	58
2	NUCLEO	19	76
2	BIOLOGIA	15	65
1	EXPRIMENTAL	15	77
4	TEORIAS	15	44
2	BACTERIA	15	84
VAL. J: 69		VAL. G: 1.20	

EVOLUCION CELULAR			
FC	DEFS	M	TIR
3	CELULAS	72	22
2	NUCLEO	38	39
3	ADAPTACION	33	44
4	TEORIAS	25	34
1	EUCARIOTA	25	83
6	EVOLUCION	24	23
3	CAMBIOS	23	33
7	VIDA	23	29
1	PROCARIOTA	20	80
1	ORGANELOS	18	95
VAL. J: 95		VAL. G: 5.40	

EVOLUCION-BIOLOGICA			
FC	DEFS	M	TIR
3	ADAPTACION	64	28
2	ORGANISMOS	44	28
6	ESPECIES	43	41
3	CAMBIOS	38	22
4	TEORIAS	32	18
9	VIDA	31	47
4	DARWIN	28	19
6	EVOLUCION	27	21
3	CELULAS	25	22
1	DIVERSIDAD	20	38
VAL. J: 92		VAL. G: 4.40	

SELECCION NATURAL			
FC	DEFS	M	TIR
3	ADAPTACION	91	24
4	DARWIN	81	24
6	EVOLUCION	68	38
6	ESPECIES	45	36
3	CAMBIOS	32	37
4	ANIMALES	31	24
1	FUERTE	28	41
1	SUPERVIVENCIA	26	51
2	TEORIA	23	76
1	CAPACIDAD	17	77
VAL. J: 109		VAL. G: 7.40	

EVIDENCIAS-EVOLUCION			
FC	DEFS	M	TIR
1	FOSILES	109	18
1	MARCA	50	37
6	EVOLUCION	35	26
4	DARWIN	34	21
1	FORAMINIFEROS	34	31
4	TEORIAS	31	27
1	HUESOS	28	53
2	LAMARCK	19	49
1	PETRIFICACION	18	44
6	ESPECIES	18	54
VAL. J: 93		VAL. G: 9.10	

DOMINIOS			
FC	DEFS	M	TIR
1	REINOS	47	21
6	ESPECIES	44	51
2	CLASIFICACION	35	40
2	BACTERIA	30	36
1	FUNGI	28	28
1	ARCHAEA	28	33
1	ANIMAL	21	42
1	MONERA	18	27
1	ANIMALIA	18	47
4	ANIMALES	17	80
VAL. J: 91		VAL. G: 3.00	

BIODIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
4	ANIMALES	94	19
6	ESPECIES	74	24
1	PLANTAS	68	19
1	ECOSISTEMA	64	24
2	FAUNA	48	14
1	FLORA	48	11
7	VIDA	46	20
1	AMBIENTE	34	25
1	VARIEDAD	29	27
1	COMUNIDAD	27	49
VAL. J: 120		VAL. G: 6.70	

ORGANIZACION-ECOLOGICA			
FC	DEFS	M	TIR
6	ESPECIES	37	46
1	ECOLOGIA	25	23
1	PLASTICO	20	80
1	ORGANICA	18	45
2	ORGANISMOS	18	81
7	VIDA	18	74
2	CLASIFICACION	16	15
1	BIODIVERSIDAD	16	78
4	ANIMALES	16	76
2	FAUNA	16	31
VAL. J: 84		VAL. G: 0.90	

En la siguiente sección (véase Tabla 20 y 21) se pueden observar resaltados (color naranja) los conceptos con mayor Valor M, implica que fueron calificados por los estudiantes con los valores más altos de relevancia, en la tarea de definir los diez temas centrales del curso.

En el concepto objetivo de “Selección Natural” notamos que los tres conceptos son los mismos (Adaptación, Darwin y Evolución) en ambas fases, sin embargo, los valores M tienden a incrementar, esto significa que, aunque la estructura se mantiene, los alumnos aprendieron que son conceptos centrales al significado de este tema, es decir que adquirieron mayor fuerza e importancia en su esquema.

La tabla 22 muestra los cinco conceptos con mayor valor J (Riqueza semántica) es decir, aquellos que tienen mayor número de conceptos diferentes y no repetidos. Se observa que para la primera fase se encuentran “Biodiversidad”, “Selección Natural”, “Evidencias Evolución”, “Teorías del origen de la Vida”, “Evolución Celular” y “Evolución Biológica”, para la siguiente fase se conservan todos a excepción de “Teorías Origen de la Vida” que fue cambiada por “Evolución Biológica”, esto podría explicarse por la cronología de los contenidos, el tema de Teorías de Origen de la Vida, fue el tema inicial del curso, sin embargo la fase dos se realizó al finalizar, este factor de temporalidad y acceso a la información podría ser una posibilidad del decaimiento de la información en la memoria de los estudiantes. Empero, el concepto de “Biodiversidad” fue de los últimos revisados en el curso, sin embargo, desde la primera fase del estudio mostró altos índices de riqueza semántica. Discutiendo al respecto, se hipotetiza que los estudiantes tienen mayor bagaje al respecto debido a la educación ambiental de sus otros contextos y a ser un tema curricular recurrente en niveles educativos previos (p. ej., Biología en secundaria, Ciencias Naturales en primaria).

Por último, aun cuando los cuatro conceptos restantes se mantienen, se observa que sus valores J aumentan en la segunda fase, ello implica que a través del curso continuaron nutriendo el esquema con nuevos conceptos relevantes y relaciones entre ellos.

**Tabla 20**

*Grupos SAM Fase 1 Grupo 472. Se presentan en color naranja los tres conceptos con mayor Valor M de acuerdo con las palabras dadas por los alumnos para definirlos*

TEORIAS ORIGEN VIDA			
FC	DEFS	M	TIR
1	CREACIONISMO	56	23
5	EVOLUCION	46	36
1	PANSPERMIA	29	30
1	SINETICA	27	47
1	ESPACIO	20	62
4	CAMBIOS	19	20
1	CREACION	18	83
2	LAMARCK	18	79
1	BIG BANG	17	91
7	ESPECIES	14	65
VAL. J: 93		VAL. G: 4.2	

QUIMIOSINTETICA			
FC	DEFS	M	TIR
5	EVOLUCION	35	54
2	TEORIA	26	30
4	VIDA	26	33
5	CELULAS	25	46
1	ELEMENTOS	24	37
1	MOLECULAS	23	40
1	ORIGEN	12	54
2	INICIO	11	78
1	ORIGEN VIDA	10	26
1	SINTESIS	10	20
VAL. J: 80		VAL. G: 2.50	

MODELOS PRECELULARES			
FC	DEFS	M	TIR
5	CELULAS	52	39
4	TEORIAS	51	41
1	COACERVADOS	41	21
1	OPARIN	27	17
1	EXPERIMENTOS	18	54
2	INICIO	18	36
2	BACTERIAS	17	39
1	ESFERULAS-PROTECIA	15	99
1	EUCARIOTA	15	48
1	PROCARIOTA	15	55
VAL. J: 89		VAL. G: 3.70	

EVOLUCION CELULAR			
FC	DEFS	M	TIR
4	TEORIAS	42	29
5	ELULAS	36	49
4	CAMBIOS	36	31
1	NUCLEO	34	49
5	EVOLUCION	32	40
5	ADAPTACION	30	27
2	BACTERIAS	24	45
2	PROCESO	18	91
1	EUCARIONTE	17	54
1	PROCARIOTE	17	62
VAL. J: 90		VAL. G: 2.50	

EVOLUCION-BIOLÓGICA			
FC	DEFS	M	TIR
5	ADAPTACION	58	30
4	TEORIAS	43	40
4	VIDA	39	36
4	CAMBIOS	34	23
1	MUTACION	32	17
5	CELULAS	26	55
2	SUPERVIVENCIA	25	38
2	GENES	25	25
7	ESPECIES	21	36
1	ORGANISMOS	18	40
VAL. J: 87		VAL. G: 4.00	

SELECCION NATURAL			
FC	DEFS	M	TIR
5	ADAPTACION	81	27
1	DARWIN	76	18
5	EVOLUCION	51	13
1	SOBREVIVIR	37	28
2	SUPERVIVENCIA	33	31
7	ESPECIES	29	37
2	TEORIA	25	19
1	FUERTES	25	4
4	VIDA	19	57
2	LAMARCK	16	86
VAL. J: 107		VAL. G: 6.50	

EVIDENCIAS-EVOLUCION			
FC	DEFS	M	TIR
4	TEORIAS	67	38
1	ESTUDIO	41	21
4	CAMBIOS	40	39
1	FOSILES	39	16
5	ADAPTACION	34	49
7	ESPECIES	24	53
4	ANIMALES	23	50
2	PROCESO	18	36
1	COMPARACION	18	60
1	INVESTIGACION	18	24
VAL. J: 101		VAL. G: 4.90	

DOMINIOS			
FC	DEFS	M	TIR
1	PERTENENCIA	22	29
5	CELULAS	19	71
7	ESPECIES	17	31
5	ADAPTACION	17	72
2	GENES	16	51
2	REINOS	15	52
5	EVOLUCION	15	89
4	ANIMALES	13	20
2	LUGAR	10	15
1	AUTORIDAD	10	14
VAL. J: 82		VAL. G: 1.20	

BIODIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
1	FAUNA	53	30
2	PLANTAS	52	18
4	ANIMALES	52	16
1	ECOSISTEMA	50	18
1	FLORA	44	29
2	AMBIENTE	38	29
7	ESPECIES	35	23
4	VIDA	34	37
1	VARIEDAD	27	32
1	CULTURA	22	47
VAL. J: 114		VAL. G: 3.10	

ORGANIZACION-ECOLÓGICA			
FC	DEFS	M	TIR
7	ESPECIES	31	50
1	ORDEN	22	49
1	ECOLOGIA	20	33
4	ANIMALES	16	84
2	PLANTAS	16	96
2	AMBIENTE	15	70
1	JERARQUIA	15	66
2	LUGAR	13	44
1	NIVELES	10	65
2	REINOS	10	27
VAL. J: 58		VAL. G: 1.20	

**Tabla 21**

*Grupos SAM Fase 2 Grupo 472. Se presentan en color naranja los tres conceptos con mayor Valor M de acuerdo con las palabras dadas por los alumnos para definirlos*

TEORIAS ORIGEN VIDA			
FC	DEFINIDORES	M	TIR
1	CREACIONISMO	65	18
1	BIG BANG	49	48
4	DARWIN	45	14
1	ESPONTANEA	36	43
1	QUIMIOSINTETICA	29	42
2	LAMARCK	29	24
2	ORIGEN	23	50
1	ENDOSIMBIOSIS	19	62
1	SELECCION NATURAL	18	78
7	VIDA	17	48

VAL. J: 87 VAL. G: 4.80

QUIMIOSINTETICA			
FC	DEFS	M	TIR
2	TEORIA	94	21
2	ORIGEN	41	41
6	EVOLUCION	40	25
7	VIDA	30	39
1	QUIMICA	24	42
2	BIOLOGIA	17	55
1	BATERIAS	17	15
1	SINTESIS	17	67
1	CINCIA	16	56
1	MOLECULAS	15	72

VAL. J: 78 VAL. G: 7.90

MODELOS PRECELULARES			
FC	DEFS	M	TIR
6	EVOLUCION	27	48
1	MODELOS	24	39
3	ELULAS	22	26
1	COACERVADOS	21	22
7	VIDA	20	58
2	NUCLEO	19	76
2	BIOLOGIA	15	65
1	EXPRIMENTAL	15	77
4	TEORIAS	15	44
2	BACTERIA	15	84

VAL. J: 69 VAL. G: 1.20

EVOLUCION CELULAR			
FC	DEFS	M	TIR
3	CELULAS	72	22
2	NUCLEO	38	39
3	ADAPTACION	33	44
4	TEORIAS	25	34
1	EUCARIOTA	25	83
6	EVOLUCION	24	23
3	CAMBIOS	23	33
7	VIDA	23	29
1	PROCARIOTA	20	80
1	ORGANELOS	18	95

VAL. J: 95 VAL. G: 5.40

EVOLUCION-BIOLÓGICA			
FC	DEFS	M	TIR
3	ADAPTACION	64	28
2	ORGANISMOS	44	28
6	ESPECIES	43	41
3	CAMBIOS	38	22
4	TEORIAS	32	18
9	VIDA	31	47
4	DARWIN	28	19
6	EVOLUCION	27	21
3	CELULAS	25	22
1	DIVERSIDAD	20	38

VAL. J: 92 VAL. G: 4.40

SELECCION NATURAL			
FC	DEFS	M	TIR
3	ADAPTACION	91	24
4	DARWIN	81	24
6	EVOLUCION	68	38
6	ESPECIES	45	36
3	CAMBIOS	32	37
4	ANIMALES	31	24
1	FUERTE	28	41
1	SUPERVIVENCIA	26	51
2	TEORIA	23	76
1	CAPACIDAD	17	77

VAL. J: 109 VAL. G: 7.40

EVIDENCIAS-EVOLUCION			
FC	DEFS	M	TIR
1	FOSILES	109	18
1	MARCA	50	37
6	EVOLUCION	35	26
4	DARWIN	34	21
1	FORAMINIFEROS	34	31
4	TEORIAS	31	27
1	HUESOS	28	53
2	LAMARCK	19	49
1	PETRIFICACION	18	44
6	ESPECIES	18	54

VAL. J: 93 VAL. G: 9.10

DOMINIOS			
FC	DEFS	M	TIR
1	REINOS	47	21
6	ESPECIES	44	51
2	CLASIFICACION	35	40
2	BACTERIA	30	36
1	FUNGI	28	28
1	ARCHAEA	28	33
1	ANIMAL	21	42
1	MONERA	18	27
1	ANIMALIA	18	47
4	ANIMALES	17	80

VAL. J: 91 VAL. G: 3.00

BIODIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
4	ANIMALES	94	19
6	ESPECIES	74	24
1	PLANTAS	68	19
1	ECOSISTEMA	64	24
2	FAUNA	48	14
1	FLORA	48	11
7	VIDA	46	20
1	AMBIENTE	34	25
1	VARIEDAD	29	27
1	COMUNIDAD	27	49

VAL. J: 120 VAL. G: 6.70

ORGANIZACION-ECOLÓGICA			
FC	DEFS	M	TIR
6	ESPECIES	37	46
1	ECOLOGIA	25	23
1	PLASTICO	20	80
1	ORGANICA	18	45
2	ORGANISMOS	18	81
7	VIDA	18	74
2	CLASIFICACION	16	15
1	BIODIVERSIDAD	16	78
4	ANIMALES	16	76
2	FAUNA	16	31

VAL. J: 84 VAL. G: 0.90

**Tabla 22**

*Comparación de los conceptos con mayor Riqueza Semántica (Valor J) entre ambas fases del grupo 472 Biología II*

FASE 1

BIODIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
1	FAUNA	53	30
2	PLANTAS	52	18
4	ANIMALES	52	16
1	ECOSISTEMA	50	18
1	FLORA	44	29
2	AMBIENTE	38	29
7	ESPECIES	35	23
4	VIDA	34	37
1	VARIEDAD	27	32
1	CULTURA	22	47
<b>VAL. J: 114</b>		<b>VAL. G: 3.10</b>	

SELECCION NATURAL			
FC	DEFS	M	TIR
5	ADAPTACION	81	27
1	DARWIN	76	18
5	EVOLUCION	51	13
1	SOBREVIVIR	37	28
2	SUPERVIVENCIA	33	31
7	ESPECIES	29	37
2	TEORIA	25	19
1	FUERTES	25	4
4	VIDA	19	57
2	LAMARCK	16	86
<b>VAL. J: 107</b>		<b>VAL. G: 6.50</b>	

EVIDENCIAS-EVOLUCION			
FC	DEFS	M	TIR
4	TEORIAS	67	38
1	ESTUDIO	41	21
4	CAMBIOS	40	39
1	FOSILES	39	16
5	ADAPTACION	34	49
7	ESPECIES	24	53
4	ANIMALES	23	50
2	PROCESO	18	36
1	COMPARACION	18	60
1	INVESTIGACION	18	24
<b>VAL. J: 101</b>		<b>VAL. G: 4.90</b>	

TEORIAS ORIGEN VIDA			
FC	DEFINIDORES	M	TIR
1	CREACIONISMO	56	23
5	EVOLUCION	46	36
1	PANSPERMIA	29	30
1	SINTETICA	27	47
1	ESPACIO	20	62
4	CAMBIOS	19	20
1	CREACION	18	83
2	LAMARCK	18	79
1	BIG BANG	17	91
7	ESPECIES	14	65
<b>VAL. J: 93</b>		<b>VAL. G: 4.2</b>	

EVOLUCION CELULAR			
FC	DEFS	M	TIR
4	TEORIAS	42	29
5	ELULAS	36	49
4	CAMBIOS	36	31
1	NUCLEO	34	49
5	EVOLUCION	32	40
5	ADAPTACION	30	27
2	BACTERIAS	24	45
2	PROCESO	18	91
1	EUCARIONTE	17	54
1	PROCARIONTE	17	62
<b>VAL. J: 90</b>		<b>VAL. G: 2.50</b>	

FASE 2

BIODIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
4	ANIMALES	94	19
6	ESPECIES	74	24
1	PLANTAS	68	19
1	ECOSISTEMA	64	24
2	FAUNA	48	14
1	FLORA	48	11
7	VIDA	46	20
1	AMBIENTE	34	25
1	VARIEDAD	29	27
1	COMUNIDAD	27	49
<b>VAL. J: 120</b>		<b>VAL. G: 6.70</b>	

SELECCION NATURAL			
FC	DEFS	M	TIR
3	ADAPTACION	91	24
4	DARWIN	81	24
6	EVOLUCION	68	38
6	ESPECIES	45	36
3	CAMBIOS	32	37
4	ANIMALES	31	24
1	FUERTE	28	41
1	SUPERVIVENCIA	26	51
2	TEORIA	23	76
1	CAPACIDAD	17	77
<b>VAL. J: 109</b>		<b>VAL. G: 7.40</b>	

EVOLUCION CELULAR			
FC	DEFS	M	TIR
3	CELULAS	72	22
2	NUCLEO	38	39
3	ADAPTACION	33	44
4	TEORIAS	25	34
1	EUCARIOTA	25	83
6	EVOLUCION	24	23
3	CAMBIOS	23	33
7	VIDA	23	29
1	PROCARIOTA	20	80
1	ORGANELOS	18	95
<b>VAL. J: 95</b>		<b>VAL. G: 5.40</b>	

EVIDENCIAS-EVOLUCION			
FC	DEFS	M	TIR
1	FOSILES	109	18
1	MARCA	50	37
6	EVOLUCION	35	26
4	DARWIN	34	21
1	FORAMINIFEROS	34	31
4	TEORIAS	31	27
1	HUESOS	28	53
2	LAMARCK	19	49
1	PETRIFICACION	18	44
6	ESPECIES	18	54
<b>VAL. J: 93</b>		<b>VAL. G: 9.10</b>	

EVOLUCION-BIOLÓGICA			
FC	DEFS	M	TIR
3	ADAPTACION	64	28
2	ORGANISMOS	44	28
6	ESPECIES	43	41
3	CAMBIOS	38	22
4	TEORIAS	32	18
9	VIDA	31	47
4	DARWIN	28	19
6	EVOLUCION	27	21
3	CELULAS	25	22
1	DIVERSIDAD	20	38
<b>VAL. J: 92</b>		<b>VAL. G: 4.40</b>	

**Tabla 23**

*Comparación de los conceptos Teoría Origen vida y Selección Natural, entre ambas fases del grupo 472 Biología II*

FASE 1			
TEORIAS ORIGEN VIDA			
FC	DEFINIDORES	M	TIR
1	CREACIONISMO	56	23
5	EVOLUCION	46	36
1	PANSPERMIA	29	30
1	SINTETICA	27	47
1	ESPACIO	20	62
4	CAMBIOS	19	20
1	CREACION	18	83
2	LAMARCK	18	79
1	BIG BANG	17	91
7	ESPECIES	14	65
VAL. J: 93		VAL. G: 4.2	

FASE 2			
TEORIAS ORIGEN VIDA			
FC	DEFINIDORES	M	TIR
1	CREACIONISMO	65	18
1	BIG BANG	49	48
4	DARWIN	45	14
1	ESPONTANEA	36	43
1	QUIMIOSINTETICA	29	42
2	LAMARCK	29	24
2	ORIGEN	23	50
1	ENDOSIMBIOSIS	19	62
1	SELECCION NATURAL	18	78
7	VIDA	17	48
VAL. J: 87		VAL. G: 4.80	

FASE 1			
SELECCION NATURAL			
FC	DEFS	M	TIR
5	ADAPTACION	81	27
1	DARWIN	76	18
5	EVOLUCION	51	13
1	SOBREVIVIR	37	28
2	SUPERVIVENCIA	33	31
7	ESPECIES	29	37
2	TEORIA	25	19
1	FUERTES	25	4
4	VIDA	19	57
2	LAMARCK	16	86
VAL. J: 107		VAL. G: 6.50	

FASE 2			
SELECCION NATURAL			
FC	DEFS	M	TIR
3	ADAPTACION	91	24
4	DARWIN	81	24
6	EVOLUCION	68	38
6	ESPECIES	45	36
3	CAMBIOS	32	37
4	ANIMALES	31	24
1	FUERTE	28	41
1	SUPERVIVENCIA	26	51
2	TEORIA	23	76
1	CAPACIDAD	17	77
VAL. J: 109		VAL. G: 7.40	

**Tabla 24**

*Comparación de los conceptos Quimiosintética y Evidencias Evolución, entre ambas fases del grupo 472 Biología II*

FASE 1			
QUIMIOSINTETICA			
FC	DEFS	M	TIR
5	EVOLUCION	35	54
2	TEORIA	26	30
4	VIDA	26	33
5	CELULAS	25	46
1	ELEMENTOS	24	37
1	MOLECULAS	23	40
1	ORIGEN	12	54
2	INICIO	11	78
1	ORIGEN VIDA	10	26
1	SINTESIS	10	20
VAL. J: 80		VAL. G: 2.50	

FASE 2			
QUIMIOSINTETICA			
FC	DEFS	M	TIR
2	TOERIA	94	21
2	ORIGEN	41	41
6	EVOLUCION	40	25
7	VIDA	30	39
1	QUIMICA	24	42
2	BIOLOGIA	17	55
1	BATERIAS	17	15
1	SINTESIS	17	67
1	CINCIA	16	56
1	MOLECULAS	15	72
VAL. J: 78		VAL. G: 7.90	

FASE 1			
EVIDENCIAS-EVOLUCION			
FC	DEFS	M	TIR
4	TEORIAS	67	38
1	ESTUDIO	41	21
4	CAMBIOS	40	39
1	FOSILES	39	16
5	ADAPTACION	34	49
7	ESPECIES	24	53
4	ANIMALES	23	50
2	PROCESO	18	36
1	COMPARACION	18	60
1	INVESTIGACION	18	24
VAL. J: 101		VAL. G: 4.90	

FASE 2			
EVIDENCIAS-EVOLUCION			
FC	DEFS	M	TIR
1	FOSILES	109	18
1	MARCA	50	37
6	EVOLUCION	35	26
4	DARWIN	34	21
1	FORAMINIFEROS	34	31
4	TEORIAS	31	27
1	HUESOS	28	53
2	LAMARCK	19	49
1	PETRIFICACION	18	44
6	ESPECIES	18	54
VAL. J: 93		VAL. G: 9.10	

**Tabla 25**

*Comparación de los conceptos Modelos Precelulares y Dominios, entre ambas fases del grupo 472 Biología II*

FASE 1			
MODELOS PRECELULARES			
FC	DEFS	M	TIR
5	CELULAS	52	39
4	TEORIAS	51	41
1	COACERVADOS	41	21
1	OPARIN	27	17
1	EXPERIMENTOS	18	54
2	INICIO	18	36
2	BACTERIAS	17	39
1	SFERULAS-PROTECIA	15	99
1	EUCARIOTA	15	48
1	PROCARIOTA	15	55
VAL. J: 89		VAL. G: 3.70	

FASE 2			
MODELOS PRECELULARES			
FC	DEFS	M	TIR
6	EVOLUCION	27	48
1	MODELOS	24	39
3	ELULAS	22	26
1	COACERVADOS	21	22
7	VIDA	20	58
2	NUCLEO	19	76
2	BIOLOGIA	15	65
1	EXPRIMENTAL	15	77
4	TEORIAS	15	44
2	BACTERIA	15	84
VAL. J: 69		VAL. G: 1.20	

FASE 1			
DOMINIOS			
FC	DEFS	M	TIR
1	PERTENENCIA	22	29
5	CELULAS	19	71
7	ESPECIES	17	31
5	ADAPTACION	17	72
2	GENES	16	51
2	REINOS	15	52
5	EVOLUCION	15	89
4	ANIMALES	13	20
2	LUGAR	10	15
1	AUTORIDAD	10	14
VAL. J: 82		VAL. G: 1.20	

FASE 2			
DOMINIOS			
FC	DEFS	M	TIR
1	REINOS	47	21
6	ESPECIES	44	51
2	CLASIFICACION	35	40
2	BACTERIA	30	36
1	FUNGI	28	28
1	ARCHAEA	28	33
1	ANIMAL	21	42
1	MONERA	18	27
1	ANIMALIA	18	47
4	ANIMALES	17	80
VAL. J: 91		VAL. G: 3.00	

**Tabla 26**

*Comparación de los conceptos Evolución Celular y Biodiversidad, entre ambas fases del grupo 472 Biología II*

FASE 1			
EVOLUCION CELULAR			
FC	DEFS	M	TIR
4	TEORIAS	42	29
5	ELULAS	36	49
4	CAMBIOS	36	31
1	NUCLEO	34	49
5	EVOLUCION	32	40
5	ADAPTACION	30	27
2	BACTERIAS	24	45
2	PROCESO	18	91
1	EUCARIONTE	17	54
1	PROCARIOTE	17	62
VAL. J: 90		VAL. G: 2.50	

FASE 2			
EVOLUCION CELULAR			
FC	DEFS	M	TIR
3	CELULAS	72	22
2	NUCLEO	38	39
3	ADAPTACION	33	44
4	TEORIAS	25	34
1	EUCARIOTA	25	83
6	EVOLUCION	24	23
3	CAMBIOS	23	33
7	VIDA	23	29
1	PROCARIOTA	20	80
1	ORGANELOS	18	95
VAL. J: 95		VAL. G: 5.40	

FASE 1			
BIODIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
1	FAUNA	53	30
2	PLANTAS	52	18
4	ANIMALES	52	16
1	ECOSISTEMA	50	18
1	FLORA	44	29
2	AMBIENTE	38	29
7	ESPECIES	35	23
4	VIDA	34	37
1	VARIEDAD	27	32
1	CULTURA	22	47
VAL. J: 114		VAL. G: 3.10	

FASE 2			
BIODIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
4	ANIMALES	94	19
6	ESPECIES	74	24
1	PLANTAS	68	19
1	ECOSISTEMA	64	24
2	FAUNA	48	14
1	FLORA	48	11
7	VIDA	46	20
1	AMBIENTE	34	25
1	VARIEDAD	29	27
1	COMUNIDAD	27	49
VAL. J: 120		VAL. G: 6.70	

**Tabla 27**

*Comparación de los conceptos Evolución Biológica y Organización Ecológica, entre ambas fases del grupo 472 Biología II*

FASE 1				FASE 2				FASE 1				FASE 2			
EVOLUCION-BIOLÓGICA				EVOLUCION-BIOLÓGICA				ORGANIZACION-ECOLÓGICA				ORGANIZACION-ECOLÓGICA			
FC	DEFS	M	TIR	FC	DEFS	M	TIR	FC	DEFS	M	TIR	FC	DEFS	M	TIR
5	ADAPTACION	58	30	3	ADAPTACION	64	28	7	ESPECIES	31	50	6	ESPECIES	37	46
4	TEORIAS	43	40	2	ORGANISMOS	44	28	1	ORDEN	22	49	1	ECOLOGIA	25	23
4	VIDA	39	36	6	ESPECIES	43	41	1	ECOLOGIA	20	33	1	PLASTICO	20	80
4	CAMBIOS	34	23	3	CAMBIOS	38	22	4	ANIMALES	16	84	1	ORGANICA	18	45
1	MUTACION	32	17	4	TEORIAS	32	18	2	PLANTAS	16	96	2	ORGANISMOS	18	81
5	CELULAS	26	55	9	VIDA	31	47	2	AMBIENTE	15	70	7	VIDA	18	74
2	SUPERVIVENCIA	25	38	4	DARWIN	28	19	1	JERARQUIA	15	66	2	CLASIFICACION	16	15
2	GENES	25	25	6	EVOLUCION	27	21	2	LUGAR	13	44	1	BIODIVERSIDAD	16	78
7	ESPECIES	21	36	3	CELULAS	25	22	1	NIVELES	10	65	4	ANIMALES	16	76
1	ORGANISMOS	18	40	1	DIVERSIDAD	20	38	2	REINOS	10	27	2	FAUNA	16	31
VAL. J: 87 VAL. G: 4.00				VAL. J: 92 VAL. G: 4.40				VAL. J: 58 VAL. G: 1.20				VAL. J: 84 VAL. G: 0.90			

### 6.2.2 Hallazgos en el estudio de Facilitación Semántica

Se hizo un ANOVA de 3 x 2 considerando la relación de tiempo por la relación semántica entre los pares de palabras la probabilidad se estableció al  $\leq 0.005$ . No se encontró efecto principal significativo para los factores (véase Tabla 28, Figura 23).

**Tabla 28**

*ANOVA. Grupo 472*

Fuente	gl	MC	gl	MC	F	p	$\eta_p^2$
Relación temporal (RT)	1	928077.316	26	385068.371	2.410	0.13	0.08
Relación semántica (RS)	2	8838.581	52	273537.180	0.028	0.971	0.001
RT*RS	2	273537.180	52	309317.102	0.884	0.41	0.032

## **Figura 23**

*Gráfica ANOVA grupo 472 Biología II*

Nota: Se muestra la gráfica de interacción entre los factores de Tipo de relación (Asociativas vs. Esquema vs. Neutras) y relación temporal de los pares facilitador-objetivo durante el curso (Antes vs. Después del curso).

### **6. 3 Resultados de los Estudios Cognitivos Biología IV Grupo 693**

#### **6.3.1 Hallazgos en el estudio de Redes Semánticas Naturales (RSN)**

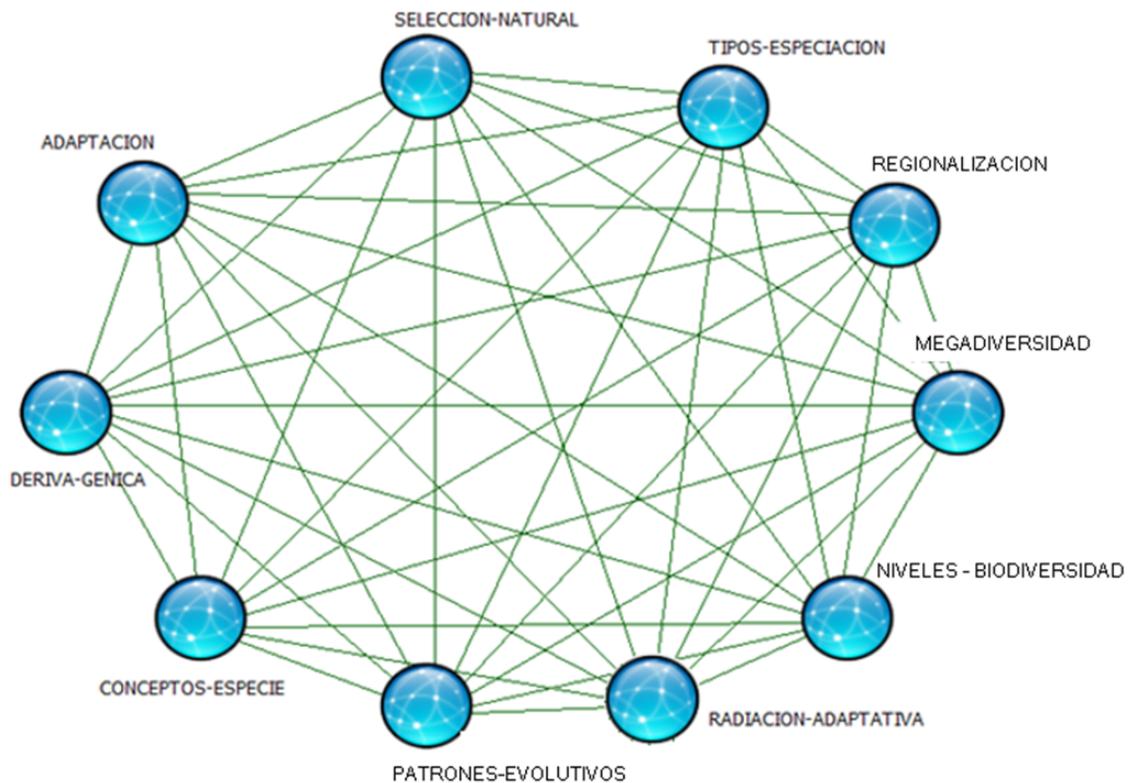
Como fue expuesto en la parte metodológica se hicieron estudios a los alumnos de sexto semestre que cursaban Biología IV. Al diseñar los estudios se puso de manifiesto la similitud entre los temas, sin embargo, bajo asesoría de la docente experta se aclaró que si bien compartían temas, la profundidad y complejidad de estos era mayor en Biología IV. Asimismo, otro factor a

considerar es su carácter optativo, es decir que los alumnos que toman el curso pueden tener diferentes motivos, desde los académicos como el número de créditos, horarios y facilidad de la asignatura, también personales como interés en temas más avanzados, con proyección a su carrera universitaria entre otros.

A continuación, se muestran los hallazgos del estudio de Redes Semánticas Naturales (RSN), primero la parte estructural del esquema de conocimiento (véase figura 24 y 25), cada nodo representa los conceptos objetivos seleccionados con base en el programa institucional, es menester recordar que cada nodo tiene un máximo de nueve enlaces ya que el nodo no se puede conectar con sí mismo. Aclarado esto, se puede notar que todos los nodos están interrelacionados, es decir que la red está conectada en su máxima capacidad.

### Figura 24

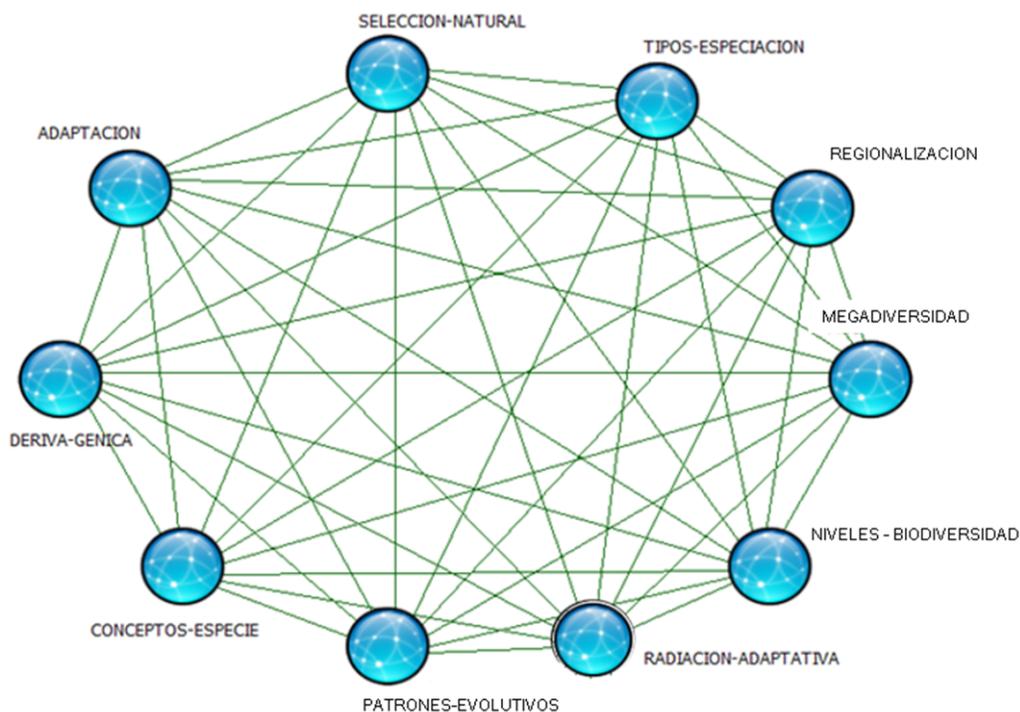
*Esquema General obtenido en la primera fase del grupo 693 de Biología IV.*



De igual modo, la segunda fase se encuentra conectada completamente (véase figura 25), por ello se afirma que no hubo cambios en la estructura del esquema de conocimiento posterior al curso. Sin embargo, como se muestra en los siguientes apartados, la similitud de estructura no implica igualdad organizacional.

### Figura 25

*Esquema General obtenido en la segunda fase del grupo 693 de Biología IV*

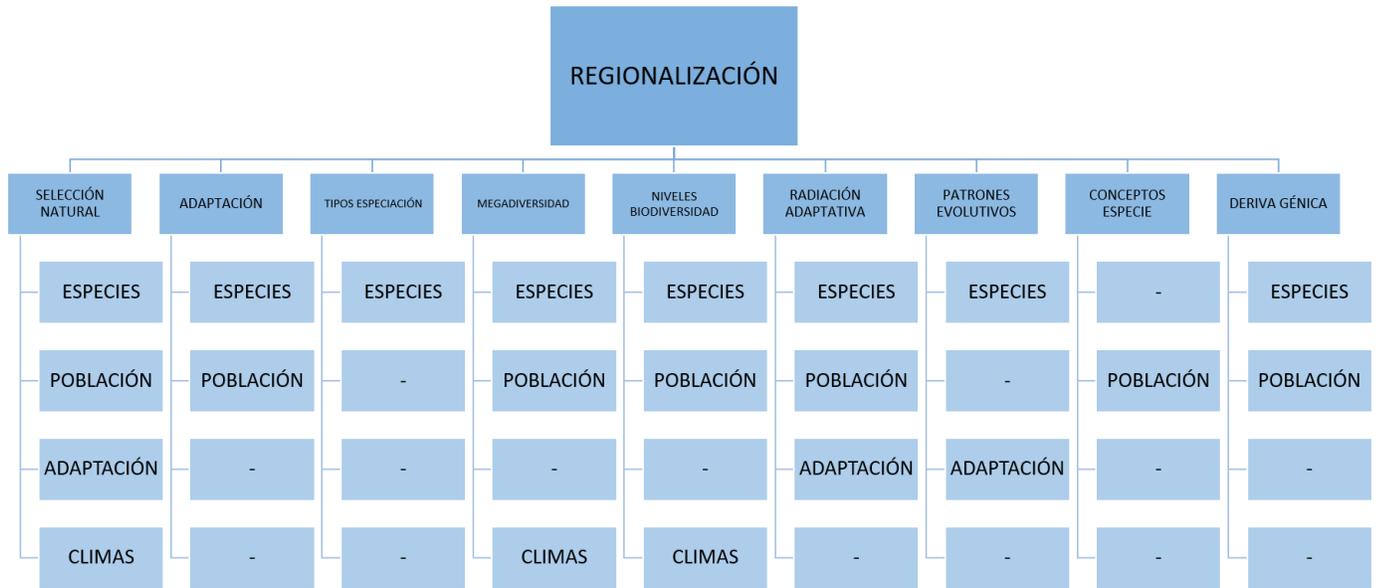


El siguiente análisis corresponde a la parte organizativa del esquema de conocimiento, si bien dos conceptos pueden estar conectados, no implica que sea bajo las mismas condiciones conceptuales. En las Figuras 24 y 25 se puede observar el Concepto de “Regionalización” y su cambio a lo largo del curso, en la primera etapa se distinguen cuatro conceptos, sin embargo en la segunda fase notamos que se incrementa a siete conceptos. A su vez, en la primera fase los conceptos mantienen mayor relación entre los demás Conceptos Objetivo, en contraste con la segunda fase (Véase Figura 26) con los conceptos como “Regiones” “Biodiversidad” entre otros

que sólo comparten vínculo con uno de los conceptos objetivos, siendo estos más específicos que los anteriores.

**Figura 26**

*Comparación de esquema de organización del concepto “Regionalización” de la Fase 1 en el grupo 693 de Biología IV*



**Figura 27**

*Comparación de esquema de organización del concepto “Regionalización” de la Fase 2 en el grupo 693 de Biología IV*



Respecto a los Grupos SAM de Grupo 693 (véase Tablas 29 y 30) se puede observar un incremento en la Riqueza Semántica de todos los conceptos, es decir los estudiantes ampliaron la cantidad de conceptos aprendidos. Al igual que los grupos de Biología II se observa que, existen conceptos comunes, tales como “Adaptación” “Especies” “Evolución” entre otros.

Resulta interesante que el Concepto Objetivo de “Deriva Génica” pierde en la segunda fase (véase Tabla 30) los conceptos de mayor relevancia semántica, como son heterocigoto y homocigoto, que tienen un carácter específico en este tema. Del mismo modo “Adaptación” pierde los conceptos que aluden a los tipos de adaptación revisados en clase. Se hipotetiza al igual que grupos anteriores, que la cronología de los contenidos empató con la medición cognitiva, lo que facilitó el recuerdo y activación de estos esquemas de conocimiento.

Para facilitar la comparativa visual puede revisarse las Tablas 29 y 30 en donde se enmarcan aquellos conceptos que tienen mayor importancia a la hora de definir los conceptos evaluados. Si se observa el caso de Selección Natural y Radiación Adaptativa de la primera fase (Figura 43) se observa que comparten los conceptos con mayor Valor M, sin embargo, estos valores varían y en combinación con el resto se puede obtener un significado completamente diferente.

En las Tablas 31 y 32 se puede apreciar los cinco Conceptos Objetivos con mayor Valor J en ambas fases, tal como el caso anterior hay cuatro conceptos que se mantienen “Megadiversidad” “Conceptos especie” “Adaptación” y “Selección Natural”. Aquí se pueden observar dos tipos de cambios el de “Conceptos especie” y “Adaptación” que sufrió una ligera disminución en la riqueza de la red, y el caso opuesto con “Megadiversidad” y “Selección Natural” lo cuales tuvieron un aumento en el número de palabras nuevas.

Finalmente, se puede apreciar una comparación directa de cada término, en donde se aprecia un aumento generalizado en el Valor G o densidad semántica (véase figuras 46, 47, 48, 49 y 50), que indica cierta cohesión entre los conceptos de ese subgrupo.

**Tabla 29**

*Grupos SAM Fase 1 Grupo 693. Se presentan los diez conceptos que mejor representan el significado del Concepto Objetivo, Se indica la frecuencia de aparición de los conceptos, el Valor M que indica el nivel de relevancia en el significado, el TIR que muestra el Tiempo de Intervalo entre Respuesta, que el tiempo en que el estudiante responde. En la barra inferior están El Valor J que represente la riqueza semántica y el Valor G, que indica la densidad semántica.*

SELECCIÓN NATURAL			
FC	DEFINIDORES	M	TIR
4	ADAPTACION	104	22
9	ESPECIES	84	28
5	EVOLUCION	65	26
2	SOBREVIVENCIA	43	42
4	GENES	29	56
8	POBLACION	28	25
5	AMBIENTE	28	32
4	CLIMAS	25	61
1	MUERTE	25	57
3	TIEMPO	24	60
VAL. J: 117		VAL. G: 8.00	

ADAPTACIÓN			
FC	DEFS	M	TIR
9	ESPECIES	95	19
1	MORFOLOGICA	64	26
1	FISIOLOGICA	64	35
5	EVOLUCION	49	27
1	CONDUCTUAL	45	37
5	AMBIENTE	44	34
3	CAMBIOS	38	41
2	SOBREVIVENCIA	30	21
8	POBLACION	28	30
3	TIEMPO	28	47
VAL. J: 113		VAL. G: 6.70	

DERIVA GÉNICA			
FC	DEFS	M	TIR
1	HOMOCIGOTO	70	33
1	HETEROCIGOTO	62	40
1	AZAR	59	18
8	POBLACION	44	40
1	CUELLO BOTELLA	42	40
9	ESPECIES	38	18
1	DOMINANTE	36	62
4	GENES	29	18
1	RECESIVO	28	64
1	ALELOS	28	25
VAL. J: 102		VAL. G: 4.20	

CONCEPTOS ESPECIE			
FC	DEFS	M	TIR
2	BIOLOGICA	62	31
2	TAXONOMICA	44	27
2	REPRODUCCION	41	55
8	POBLACION	35	24
3	CONJUNTO	32	33
1	SERES	32	29
1	ORGANISMOS	30	13
2	FILOGENETICA	29	55
5	EVOLUCION	28	62
4	GENES	25	40
VAL. J: 119		VAL. G: 3.70	

PATRONES EVOLUTIVOS			
FC	DEFS	M	TIR
9	ESPECIES	63	31
3	TIEMPO	52	25
4	ADAPTACION	43	29
2	CARACTERISTICAS	36	24
5	EVOLUCION	33	31
3	CAMBIOS	31	12
1	ANCENTRO	31	44
1	GENETICA	30	38
5	AMBIENTE	25	50
4	GENES	19	49
VAL. J: 101		VAL. G: 4.40	

RADIACION ADAPTATIVA			
FC	DEFS	M	TIR
4	ADAPTACION	82	32
9	ESPECIES	37	29
5	EVOLUCION	34	34
8	POBLACION	29	56
5	AMBIENTE	19	30
3	CAMBIOS	14	51
1	SOBREVIVIR	10	16
1	RAYOS X	10	17
1	RAYOS GAMMA	10	21
1	RAYOS	10	58
VAL. J: 78		VAL. G: 7.20	

NIVELES BIODIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
8	POBLACION	81	30
9	ESPECIES	69	32
3	ANIMALES	69	41
2	PLANTAS	59	48
2	ECOSISTEMAS	55	35
4	CLIMAS	34	44
1	REGIONES	28	70
3	COJUNTO	24	68
1	FLORA	20	12
1	FAUNA	20	19
VAL. J: 119		VAL. G: 6.10	

MEGADIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
9	ESPECIES	81	19
3	ANIMALES	69	22
2	PLANTAS	69	23
4	CLIMAS	59	30
8	POBLACION	55	39
2	ECOSISTEMAS	34	53
5	AMBIENTE	28	35
1	DIVERSIDAD	24	53
1	GRANDE	20	55
1	DIVERSOS	20	26
VAL. J: 118		VAL. G: 6.50	

REGIONALIZACION			
FC	DEFS	M	TIR
1	LUGAR	58	13
1	REGION	55	12
8	POBLACION	53	31
1	CULTURA	32	47
4	ADAPTACION	24	48
1	UBICACIÓN	21	32
1	PAISES	19	25
9	ESPECIES	19	57
4	CLIMAS	18	71
1	SOCIEDAD	17	83
VAL. J: 102		VAL. G: 4.10	

TIPOS ESPECIACION			
FC	DEFS	M	TIR
9	ESPECIES	85	27
2	TAXONOMICA	49	15
1	CLASIFICACION	39	34
2	CARACTERISTICAS	34	44
2	REPRODUCCION	25	47
3	CONJUNTO	24	57
3	ANIMALES	24	45
1	FISIOLOGIA	20	30
2	FILOGENETICA	20	37
2	BIOLOGICA	19	28
VAL. J: 79		VAL. G: 3.0	

**Tabla 30**

*Grupos SAM Fase 2 Grupo 693.*

SELECCIÓN NATURAL			
FC	DEFINIDORES	M	TIR
7	ADAPTACION	116	19
9	ESPECIES	103	22
2	DARWIN	67	20
7	EVOLUCION	57	23
4	CAMBIOS	42	51
5	CLIMAS	37	34
6	GENES	34	66
1	VARIABILIDAD	28	35
1	WALLACE	28	46
1	SUPERVIVENCIA	27	47
VAL. J: 125		VAL. G: 8.90	

ADAPTACION			
FC	DEFS	M	TIR
9	ESPECIES	77	12
7	EVOLUCION	72	34
5	CLIMAS	38	16
5	ANIMALES	35	39
2	SOBREVIVIR	29	23
2	DARWIN	29	29
1	ADAPTARSE	26	40
2	TIEMPO	26	40
1	MEDIO	20	16
7	EVOLUCION	20	13
VAL. J: 111		VAL. G: 5.70	

DERIVA GÉNICA			
FC	DEFS	M	TIR
9	ESPECIES	112	20
6	GENES	67	11
4	CAMBIOS	45	29
7	ADAPTACION	44	45
7	EVOLUCION	44	26
4	POBLACION	36	54
2	GENERACIONES	35	29
1	GENETICA	29	25
2	EXTINCION	2	21
3	ANCESTRO	19	53
VAL. J: 115		VAL. G: 9.30	

CONCEPTOS ESPECIE			
FC	DEFS	M	TIR
2	BIOLOGICAS	48	24
4	POBLACION	45	26
6	GENES	42	36
2	TAXONOMICA	37	29
2	CARACTERISTICAS	36	34
5	ANIMALES	35	17
1	REPRODUCCION	28	58
7	ADAPTACION	27	57
2	COMUNIDAD	26	37
2	ECOSISTEMA	19	46
VAL. J: 118		VAL. G: 2.90	

PATRONES EVOLUTIVOS			
FC	DEFS	M	TIR
9	ESPECIES	99	37
7	EVOLUCION	92	38
6	GENES	59	10
7	ADAPTACION	54	35
2	TIEMPO	41	47
3	ANCESTRO	36	37
4	CAMBIOS	27	62
5	ANIMALES	19	41
1	DESARROLLO	14	51
1	GENOTIPO	13	45
VAL. J: 97		VAL. G: 8.6	

RADIACION ADAPTATIVA			
FC	DEFS	M	TIR
7	ADAPTACION	110	21
9	ESPECIES	74	19
7	EVOLUCION	35	31
5	ANIMALES	35	33
2	EXTINCION	30	49
4	CAMBIOS	25	31
4	POBLACION	20	57
2	GENERACIONES	19	71
2	SOBREVIVIR	19	58
1	AMBIENTE	18	95
VAL. J: 78		VAL. G: 9.20	

NIVELES BIODIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
9	ESPECIES	93	21
2	ECOSISTEMA	52	39
4	POBLACION	47	44
1	BIOSFERA	37	52
5	CLIMAS	36	37
2	COMUNIDAD	34	38
2	DIVERSIDAD	28	68
3	ECOSISTEMAS	26	50
2	HABITAT	23	41
6	GENES	20	71
VAL. J: 106		VAL. G: 7.30	

MEGADIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
9	ESPECIES	117	17
5	CLIMAS	98	28
3	ECOSISTEMAS	75	26
2	BIODIVERSIDAD	68	28
5	ANIMALES	56	18
1	FLORA	47	19
1	FAUNA	47	24
2	DIVERSIDAD	47	55
1	SUELOS	36	49
2	REGIONES	35	56
VAL. J: 135		VAL. G: 8.20	

REGIONALIZACION			
FC	DEFS	M	TIR
2	REGIONES	88	23
9	ESPECIES	85	30
1	LUGAR	44	19
2	BIODIVERSIDAD	41	38
1	DIVISION	38	27
3	ECOSISTEMA	36	44
5	CLIMAS	35	26
2	HABITAT	27	37
1	ESPACIO	24	29
7	ADAPTACION	24	57
VAL. J: 100		VAL. G: 6.40	

TIPOS ESPECIACION			
FC	DEFS	M	TIR
9	ESPECIES	88	27
2	TAXONOMICAS	29	45
7	ADAPTACION	28	47
2	BIOLOGICAS	25	55
1	FILOGENETICAS	22	53
7	EVOLUCION	20	87
2	CARACTERISTICAS	17	45
6	GENES	17	88
3	ANCESTRO	16	65
1	DERIVA	10	19
VAL. J: 73		VAL. G: 1.90	

Nota. Se presentan los diez conceptos que mejor representan el significado del Concepto Objetivo, Se indica la frecuencia de aparición de los conceptos, el Valor M que indica el nivel de relevancia en el significado, el TIR que muestra el Tiempo de Intervalo entre Respuesta, que el tiempo en que el estudiante responde. En la barra inferior están El Valor J que represente la riqueza semántica y el Valor G, que indica la densidad semántica.

**Tabla 31**

*Grupos SAM Fase 1 Grupo 693. Se presentan en color naranja los tres conceptos con mayor Valor M de acuerdo con las palabras dadas por los alumnos para definirlos*

SELECCIÓN NATURAL			
FC	DEFINIDORES	M	TIR
4	ADAPTACION	104	22
9	ESPECIES	84	28
5	EVOLUCION	65	26
2	SOBREVIVENCIA	43	42
4	GENES	29	56
8	POBLACION	28	25
5	AMBIENTE	28	32
4	CLIMAS	25	61
1	MUERTE	25	57
3	TIEMPO	24	60
VAL. J: 117		VAL. G: 8.00	

ADAPTACIÓN			
FC	DEFS	M	TIR
9	ESPECIES	95	19
1	MORFOLOGICA	64	26
1	FISIOLOGICA	64	35
5	EVOLUCION	49	27
1	CONDUCTUAL	45	37
5	AMBIENTE	44	34
3	CAMBIOS	38	41
2	SOBREVIVENCIA	30	21
8	POBLACION	28	30
3	TIEMPO	28	47
VAL. J: 113		VAL. G: 6.70	

DERIVA GÉNICA			
FC	DEFS	M	TIR
1	HOMOCIGOTO	70	33
1	HETEROIGOTO	62	40
1	AZAR	59	18
8	POBLACION	44	40
1	CUELLO BOTELLA	42	40
9	ESPECIES	38	18
1	DOMINANTE	36	62
4	GENES	29	18
1	RECESIVO	28	64
1	ALELOS	28	25
VAL. J: 102		VAL. G: 4.20	

CONCEPTOS ESPECIE			
FC	DEFS	M	TIR
2	BIOLOGICA	62	31
2	TAXONOMICA	44	27
2	REPRODUCCION	41	55
8	POBLACION	35	24
3	CONJUNTO	32	33
1	SERES	32	29
1	ORGANISMOS	30	13
2	FILOGENETICA	29	55
5	EVOLUCION	28	62
4	GENES	25	40
VAL. J: 119		VAL. G: 3.70	

PATRONES EVOLUTIVOS			
FC	DEFS	M	TIR
9	ESPECIES	63	31
3	TIEMPO	52	25
4	ADAPTACION	43	29
2	CARACTERISTICAS	36	24
5	EVOLUCION	33	31
3	CAMBIOS	31	12
1	ANCENTRO	31	44
1	GENETICA	30	38
5	AMBIENTE	25	50
4	GENES	19	49
VAL. J: 101		VAL. G: 4.40	

RADIACION ADAPTATIVA			
FC	DEFS	M	TIR
4	ADAPTACION	82	32
9	ESPECIES	37	29
5	EVOLUCION	34	34
8	POBLACION	29	56
5	AMBIENTE	19	30
3	CAMBIOS	14	51
1	SOBREVIVIR	10	16
1	RAYOS X	10	17
1	RAYOS GAMMA	10	21
1	RAYOS	10	58
VAL. J: 78		VAL. G: 7.20	

NIVELES BIODIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
8	POBLACION	81	30
9	ESPECIES	69	32
3	ANIMALES	69	41
2	PLANTAS	59	48
2	ECOSISTEMAS	55	35
4	CLIMAS	34	44
1	REGIONES	28	70
3	COJUNTO	24	68
1	FLORA	20	12
1	FAUNA	20	19
VAL. J: 119		VAL. G: 6.10	

MEGADIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
9	ESPECIES	81	19
3	ANIMALES	69	22
2	PLANTAS	69	23
4	CLIMAS	59	30
8	POBLACION	55	39
2	ECOSISTEMAS	34	53
5	AMBIENTE	28	35
1	DIVERSIDAD	24	53
1	GRANDE	20	55
1	DIVERSOS	20	26
VAL. J: 118		VAL. G: 6.50	

REGIONALIZACION			
FC	DEFS	M	TIR
1	LUGAR	58	13
1	REGION	55	12
8	POBLACION	53	31
1	CULTURA	32	47
4	ADAPTACION	24	48
1	UBICACIÓN	21	32
1	PAISES	19	25
9	ESPECIES	19	57
4	CLIMAS	18	71
1	SOCIEDAD	17	83
VAL. J: 102		VAL. G: 4.10	

TIPOS ESPECIACION			
FC	DEFS	M	TIR
9	ESPECIES	85	27
2	TAXONOMICA	49	15
1	CLASIFICACION	39	34
2	CARACTERITICAS	34	44
2	REPRODUCCION	25	47
3	CONJUNTO	24	57
3	ANIMALES	24	45
1	FISIOLOGIA	20	30
2	FILOGENETICA	20	37
2	BIOLOGICA	19	28
VAL. J: 79		VAL. G: 3.0	

**Tabla 32**

*Grupos SAM Fase 2 Grupo 693. Se presentan en color naranja los tres conceptos con mayor Valor M de acuerdo con las palabras dadas por los alumnos para definirlos*

SELECCIÓN NATURAL			
FC	DEFINIDORES	M	TIR
7	ADAPTACION	116	19
9	ESPECIES	103	22
2	DARWIN	67	20
7	EVOLUCION	57	23
4	CAMBIOS	42	51
5	CLIMAS	37	34
6	GENES	34	66
1	VARIABILIDAD	28	35
1	WALLACE	28	46
1	SUPERVIVENCIA	27	47
VAL. J: 125		VAL. G: 8.90	

ADAPTACION			
FC	DEFS	M	TIR
9	ESPECIES	77	12
7	EVOLUCION	72	34
5	CLIMAS	38	16
5	ANIMALES	35	39
2	SOBREVIVIR	29	23
2	DARWIN	29	29
1	ADAPTARSE	26	40
2	TIEMPO	26	40
1	MEDIO	20	16
7	EVOLUCION	20	13
VAL. J: 111		VAL. G: 5.70	

DERIVA GÉNICA			
FC	DEFS	M	TIR
9	ESPECIES	112	20
6	GENES	67	11
4	CAMBIOS	45	29
7	ADAPTACION	44	45
7	EVOLUCION	44	26
4	POBLACION	36	54
2	GENERACIONES	35	29
1	GENETICA	29	25
2	EXTINCION	2	21
3	ANCESTRO	19	53
VAL. J: 115		VAL. G: 9.30	

CONCEPTOS ESPECIE			
FC	DEFS	M	TIR
2	BIOLOGICAS	48	24
4	POBLACION	45	26
6	GENES	42	36
2	TAXONOMICA	37	29
2	CARACTERISTICAS	36	34
5	ANIMALES	35	17
1	REPRODUCCION	28	58
7	ADAPTACION	27	57
2	COMUNIDAD	26	37
2	ECOSISTEMA	19	46
VAL. J: 118		VAL. G: 2.90	

PATRONES EVOLUTIVOS			
FC	DEFS	M	TIR
9	ESPECIES	99	37
7	EVOLUCION	92	38
6	GENES	59	10
7	ADAPTACION	54	35
2	TIEMPO	41	47
3	ANCESTRO	36	37
4	CAMBIOS	27	62
5	ANIMALES	19	41
1	DESARROLLO	14	51
1	GENOTIPO	13	45
VAL. J: 97		VAL. G: 8.6	

RADIACION ADAPTATIVA			
FC	DEFS	M	TIR
7	ADAPTACION	110	21
9	ESPECIES	74	19
7	EVOLUCION	35	31
5	ANIMALES	35	33
2	EXTINCION	30	49
4	CAMBIOS	25	31
4	POBLACION	20	57
2	GENERACIONES	19	71
2	SOBREVIVIR	19	58
1	AMBIENTE	18	95
VAL. J: 78		VAL. G: 9.20	

NIVELES BIODIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
9	ESPECIES	93	21
2	ECOSISTEMA	52	39
4	POBLACION	47	44
1	BIOSFERA	37	52
5	CLIMAS	36	37
2	COMUNIDAD	34	38
2	DIVERSIDAD	28	68
3	ECOSISTEMAS	26	50
2	HABITAT	23	41
6	GENES	20	71
VAL. J: 106		VAL. G: 7.30	

MEGADIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
9	ESPECIES	117	17
5	CLIMAS	98	28
3	ECOSISTEMAS	75	26
2	BIODIVERSIDAD	68	28
5	ANIMALES	56	18
1	FLORA	47	19
1	FAUNA	47	24
2	DIVERSIDAD	47	55
1	SUELOS	36	49
2	REGIONES	35	56
VAL. J: 135		VAL. G: 8.20	

REGIONALIZACION			
FC	DEFS	M	TIR
2	REGIONES	88	23
9	ESPECIES	85	30
1	LUGAR	44	19
2	BIODIVERSIDAD	41	38
1	DIVISION	38	27
3	ECOSISTEMA	36	44
5	CLIMAS	35	26
2	HABITAT	27	37
1	ESPACIO	24	29
7	ADAPTACION	24	57
VAL. J: 100		VAL. G: 6.40	

TIPOS ESPECIACION			
FC	DEFS	M	TIR
9	ESPECIES	88	27
2	TAXONOMICAS	29	45
7	ADAPTACION	28	47
2	BIOLOGICAS	25	55
1	FILOGENETICAS	22	53
7	EVOLUCION	20	87
2	CARACTERISTICAS	17	45
6	GENES	17	88
3	ANCESTRO	16	65
1	DERIVA	10	19
VAL. J: 73		VAL. G: 1.90	

**Tabla 33**

*Comparación de los conceptos con mayor Riqueza Semántica (Valor J) entre ambas fases del grupo 693 Biología IV*

FASE 1

NIVELES BIODIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
8	POBLACION	81	30
9	ESPECIES	69	32
3	ANIMALES	69	41
2	PLANTAS	59	48
2	ECOSISTEMAS	55	35
4	CLIMAS	34	44
1	REGIONES	28	70
3	COJUNTO	24	68
1	FLORA	20	12
1	FAUNA	20	19
VAL. J: 119		VAL. G: 6.10	

CONCEPTOS ESPECIE			
FC	DEFS	M	TIR
2	BIOLOGICA	62	31
2	TAXONOMICA	44	27
2	REPRODUCCION	41	55
8	POBLACION	35	24
3	CONJUNTO	32	33
1	SERES	32	29
1	ORGANISMOS	30	13
2	FILOGENETICA	29	55
5	EVOLUCION	28	62
4	GENES	25	40
VAL. J: 119		VAL. G: 3.70	

MEGADIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
9	ESPECIES	81	19
3	ANIMALES	69	22
2	PLANTAS	69	23
4	CLIMAS	59	30
8	POBLACION	55	39
2	ECOSISTEMAS	34	53
5	AMBIENTE	28	35
1	DIVERSIDAD	24	53
1	GRANDE	20	55
1	DIVERSOS	20	26
VAL. J: 118		VAL. G: 6.50	

SELECCIÓN NATURAL			
FC	DEFINIDORES	M	TIR
4	ADAPTACION	104	22
9	ESPECIES	84	28
5	EVOLUCION	65	26
2	SOBREVIVENCIA	43	42
4	GENES	29	56
8	POBLACION	28	25
5	AMBIENTE	28	32
4	CLIMAS	25	61
1	MUERTE	25	57
3	TIEMPO	24	60
VAL. J: 117		VAL. G: 8.00	

ADAPTACIÓN			
FC	DEFS	M	TIR
9	ESPECIES	95	19
1	MORFOLOGICA	64	26
1	FISIOLOGICA	64	35
5	EVOLUCION	49	27
1	CONDUCTUAL	45	37
5	AMBIENTE	44	34
3	CAMBIOS	38	41
2	SOBREVIVENCIA	30	21
8	POBLACION	28	30
3	TIEMPO	28	47
VAL. J: 113		VAL. G: 6.70	

FASE 2

MEGADIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
9	ESPECIES	117	17
5	CLIMAS	98	28
3	ECOSISTEMAS	75	26
2	BIODIVERSIDAD	68	28
5	ANIMALES	56	18
1	FLORA	47	19
1	FAUNA	47	24
2	DIVERSIDAD	47	55
1	SUELOS	36	49
2	REGIONES	35	56
VAL. J: 135		VAL. G: 8.20	

SELECCIÓN NATURAL			
FC	DEFINIDORES	M	TIR
7	ADAPTACION	116	19
9	ESPECIES	103	22
2	DARWIN	67	20
7	EVOLUCION	57	23
4	CAMBIOS	42	51
5	CLIMAS	37	34
6	GENES	34	66
1	VARIABILIDAD	28	35
1	WALLACE	28	46
1	SUPERVIVENCIA	27	47
VAL. J: 125		VAL. G: 8.90	

CONCEPTOS ESPECIE			
FC	DEFS	M	TIR
2	BIOLOGICAS	48	24
4	POBLACION	45	26
6	GENES	42	36
2	TAXONOMICA	37	29
2	CARACTERISTICAS	36	34
5	ANIMALES	35	17
1	REPRODUCCION	28	58
7	ADAPTACION	27	57
2	COMUNIDAD	26	37
2	ECOSISTEMA	19	46
VAL. J: 118		VAL. G: 2.90	

DERIVA GÉNICA			
FC	DEFS	M	TIR
9	ESPECIES	112	20
6	GENES	67	11
4	CAMBIOS	45	29
7	ADAPTACION	44	45
7	EVOLUCION	44	26
4	POBLACION	36	54
2	GENERACIONES	35	29
1	GENETICA	29	25
2	EXTINCION	2	21
3	ANCESTRO	19	53
VAL. J: 115		VAL. G: 9.30	

ADAPTACION			
FC	DEFS	M	TIR
9	ESPECIES	77	12
7	EVOLUCION	72	34
5	CLIMAS	38	16
5	ANIMALES	35	39
2	SOBREVIVIR	29	23
2	DARWIN	29	29
1	ADAPTARSE	26	40
2	TIEMPO	26	40
1	MEDIO	20	16
7	EVOLUCION	20	13
VAL. J: 111		VAL. G: 5.70	

**Tabla 34**

*Comparación de los conceptos Selección Natural y Radiación Adaptativa, entre ambas fases del grupo 693 Biología IV*

FASE 1			
SELECCIÓN NATURAL			
FC	DEFINIDORES	M	TIR
4	ADAPTACION	104	22
9	ESPECIES	84	28
5	EVOLUCION	65	26
2	SOBREVIVENCIA	43	42
4	GENES	29	56
8	POBLACION	28	25
5	AMBIENTE	28	32
4	CLIMAS	25	61
1	MUERTE	25	57
3	TIEMPO	24	60
VAL. J: 117		VAL. G: 8.00	

FASE 2			
SELECCIÓN NATURAL			
FC	DEFINIDORES	M	TIR
7	ADAPTACION	116	19
9	ESPECIES	103	22
2	DARWIN	67	20
7	EVOLUCION	57	23
4	CAMBIOS	42	51
5	CLIMAS	37	34
6	GENES	34	66
1	VARIABILIDAD	28	35
1	WALLACE	28	46
1	SUPERVIVENCIA	27	47
VAL. J: 125		VAL. G: 8.90	

FASE 1			
RADIACION ADAPTATIVA			
FC	DEFS	M	TIR
4	ADAPTACION	82	32
9	ESPECIES	37	29
5	EVOLUCION	34	34
8	POBLACION	29	56
5	AMBIENTE	19	30
3	CAMBIOS	14	51
1	SOBREVIVIR	10	16
1	RAYOS X	10	17
1	RAYOS GAMMA	10	21
1	RAYOS	10	58
VAL. J: 78		VAL. G: 7.20	

FASE 2			
RADIACION ADAPTATIVA			
FC	DEFS	M	TIR
7	ADAPTACION	110	21
9	ESPECIES	74	19
7	EVOLUCION	35	31
5	ANIMALES	35	33
2	EXTINCION	30	49
4	CAMBIOS	25	31
4	POBLACION	20	57
2	GENERACIONES	19	71
2	SOBREVIVIR	19	58
1	AMBIENTE	18	95
VAL. J: 78		VAL. G: 9.20	

**Tabla 35**

*Comparación de los conceptos Adaptación y Niveles de Biodiversidad, entre ambas fases del grupo 693 Biología IV*

FASE 1			
ADAPTACIÓN			
FC	DEFS	M	TIR
9	ESPECIES	95	19
1	MORFOLOGICA	64	26
1	FISIOLOGICA	64	35
5	EVOLUCION	49	27
1	CONDUCTUAL	45	37
5	AMBIENTE	44	34
3	CAMBIOS	38	41
2	SOBREVIVENCIA	30	21
8	POBLACION	28	30
3	TIEMPO	28	47
VAL. J: 113		VAL. G: 6.70	

FASE 2			
ADAPTACION			
FC	DEFS	M	TIR
9	ESPECIES	77	12
7	EVOLUCION	72	34
5	CLIMAS	38	16
5	ANIMALES	35	39
2	SOBREVIVIR	29	23
2	DARWIN	29	29
1	ADAPTARSE	26	40
2	TIEMPO	26	40
1	MEDIO	20	16
7	EVOLUCION	20	13
VAL. J: 111		VAL. G: 5.70	

FASE 1			
NIVELES BIODIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
8	POBLACION	81	30
9	ESPECIES	69	32
3	ANIMALES	69	41
2	PLANTAS	59	48
2	ECOSISTEMAS	55	35
4	CLIMAS	34	44
1	REGIONES	28	70
3	COJUNTO	24	68
1	FLORA	20	12
1	FAUNA	20	19
VAL. J: 119		VAL. G: 6.10	

FASE 2			
NIVELES BIODIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
9	ESPECIES	93	21
2	ECOSISTEMA	52	39
4	POBLACION	47	44
1	BIOSFERA	37	52
5	CLIMAS	36	37
2	COMUNIDAD	34	38
2	DIVERSIDAD	28	68
3	ECOSISTEMAS	26	50
2	HABITAT	23	41
6	GENES	20	71
VAL. J: 106		VAL. G: 7.30	

**Tabla 36**

*Comparación de los conceptos Deriva Génica y Megadiversidad, entre ambas fases del grupo 693 Biología IV*

FASE 1			
DERIVA GÉNICA			
FC	DEFS	M	TIR
1	HOMOCIGOTO	70	33
1	HETEROCIGOTO	62	40
1	AZAR	59	18
8	POBLACION	44	40
1	CUELLO BOTELLA	42	40
9	ESPECIES	38	18
1	DOMINANTE	36	62
4	GENES	29	18
1	RECESIVO	28	64
1	ALELOS	28	25
VAL. J: 102		VAL. G: 4.20	

FASE 2			
DERIVA GÉNICA			
FC	DEFS	M	TIR
9	ESPECIES	112	20
6	GENES	67	11
4	CAMBIOS	45	29
7	ADAPTACION	44	45
7	EVOLUCION	44	26
4	POBLACION	36	54
2	GENERACIONES	35	29
1	GENETICA	29	25
2	EXTINCION	2	21
3	ANCESTRO	19	53
VAL. J: 115		VAL. G: 9.30	

FASE 1			
MEGADIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
9	ESPECIES	81	19
3	ANIMALES	69	22
2	PLANTAS	69	23
4	CLIMAS	59	30
8	POBLACION	55	39
2	ECOSISTEMAS	34	53
5	AMBIENTE	28	35
1	DIVERSIDAD	24	53
1	GRANDE	20	55
1	DIVERSOS	20	26
VAL. J: 118		VAL. G: 6.50	

FASE 2			
MEGADIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
9	ESPECIES	117	17
5	CLIMAS	98	28
3	ECOSISTEMAS	75	26
2	BIODIVERSIDAD	68	28
5	ANIMALES	56	18
1	FLORA	47	19
1	FAUNA	47	24
2	DIVERSIDAD	47	55
1	SUELOS	36	49
2	REGIONES	35	56
VAL. J: 135		VAL. G: 8.20	

**Tabla 37**

*Comparación de los conceptos Especie y Regionalización, entre ambas fases del grupo 693 Biología IV*

FASE 1			
CONCEPTOS ESPECIE			
FC	DEFS	M	TIR
2	BIOLOGICA	62	31
2	TAXONOMICA	44	27
2	REPRODUCCION	41	55
8	POBLACION	35	24
3	CONJUNTO	32	33
1	SERES	32	29
1	ORGANISMOS	30	13
2	FILOGENETICA	29	55
5	EVOLUCION	28	62
4	GENES	25	40
VAL. J: 119		VAL. G: 3.70	

FASE 2			
CONCEPTOS ESPECIE			
FC	DEFS	M	TIR
2	BIOLOGICAS	48	24
4	POBLACION	45	26
6	GENES	42	36
2	TAXONOMICA	37	29
2	CARACTERISTICAS	36	34
5	ANIMALES	35	17
1	REPRODUCCION	28	58
7	ADAPTACION	27	57
2	COMUNIDAD	26	37
2	ECOSISTEMA	19	46
VAL. J: 118		VAL. G: 2.90	

FASE 1			
REGIONALIZACION			
FC	DEFS	M	TIR
1	LUGAR	58	13
1	REGION	55	12
8	POBLACION	53	31
1	CULTURA	32	47
4	ADAPTACION	24	48
1	UBICACIÓN	21	32
1	PAISES	19	25
9	ESPECIES	19	57
4	CLIMAS	18	71
1	SOCIEDAD	17	83
VAL. J: 102		VAL. G: 4.10	

FASE 2			
REGIONALIZACION			
FC	DEFS	M	TIR
2	REGIONES	88	23
9	ESPECIES	85	30
1	LUGAR	44	19
2	BIODIVERSIDAD	41	38
1	DIVISION	38	27
3	ECOSISTEMA	36	44
5	CLIMAS	35	26
2	HABITAT	27	37
1	ESPACIO	24	29
7	ADAPTACION	24	57
VAL. J: 100		VAL. G: 6.40	

**Tabla 38**

*Comparación de los conceptos Patrones Evolutivos y Tipos Especiación, entre ambas fases del grupo 693 Biología IV*

FASE 1				FASE 2				FASE 1				FASE 2			
PATRONES EVOLUTIVOS				PATRONES EVOLUTIVOS				TIPOS ESPECIACION				TIPOS ESPECIACION			
FC	DEFS	M	TIR	FC	DEFS	M	TIR	FC	DEFS	M	TIR	FC	DEFS	M	TIR
9	ESPECIES	63	31	9	ESPECIES	99	37	9	ESPECIES	85	27	9	ESPECIES	88	27
3	TIEMPO	52	25	7	EVOLUCION	92	38	2	TAXONOMICA	49	15	2	TAXONOMICAS	29	45
4	ADAPTACION	43	29	6	GENES	59	10	1	CLASIFICACION	39	34	7	ADAPTACION	28	47
2	CARACTERISTICAS	36	24	7	ADAPTACION	54	35	2	CARACTERITICAS	34	44	2	BIOLOGICAS	25	55
5	EVOLUCION	33	31	2	TIEMPO	41	47	2	REPRODUCCION	25	47	1	FILOGENETICAS	22	53
3	CAMBIOS	31	12	3	ANCESTRO	36	37	3	CONJUNTO	24	57	7	EVOLUCION	20	87
1	ANCENTRO	31	44	4	CAMBIOS	27	62	3	ANIMALES	24	45	2	CARACTERISTICAS	17	45
1	GENETICA	30	38	5	ANIMALES	19	41	1	FISIOLOGIA	20	30	6	GENES	17	88
5	AMBIENTE	25	50	1	DESARROLLO	14	51	2	FILOGENETICA	20	37	3	ANCESTRO	16	65
4	GENES	19	49	1	GENOTIPO	13	45	2	BIOLOGICA	19	28	1	DERIVA	10	19
VAL. J: 101 VAL. G: 4.40				VAL. J: 97 VAL. G: 8.6				VAL. J: 79 VAL. G: 3.0				VAL. J: 73 VAL. G: 1.90			

### 6.3.2 Hallazgos en el estudio de Facilitación Semántica

Se hizo un ANOVA de 3 x 2 considerando la relación de tiempo por la relación semántica entre los pares de palabras la probabilidad se estableció al  $\leq 0.005$ . No se encontró efecto principal significativo para los factores (véase Tabla 39, Figura 29).

**Tabla 39**  
*ANOVA Grupo 693*

Fuente	gl	MC	gl	MC	F	p	$\eta_p^2$
Relación temporal (RT)	1	57845.118	30	370961.400	0.155	0.695	0.005
Relación semántica (RS)	2	1737718.481	60	100711.093	17.254	0.000	0.365
RT*RS	2	215542.441	60	100711.093	2.140	0.126	0.066

## **Figura 29**

*Gráfica ANOVA grupo 693 Biología IV*

Nota: Se muestra la gráfica de interacción entre los factores de Tipo de relación (Asociativas vs. Esquema vs. Neutras) y relación temporal de los pares facilitador-objetivo durante el curso (Antes vs. Después del curso).

### **6.4 Resultados de los Estudios Cognitivos Biología IV Grupo 860**

#### **6.4.1 Hallazgos en el estudio de Redes Semánticas Naturales (RSN)**

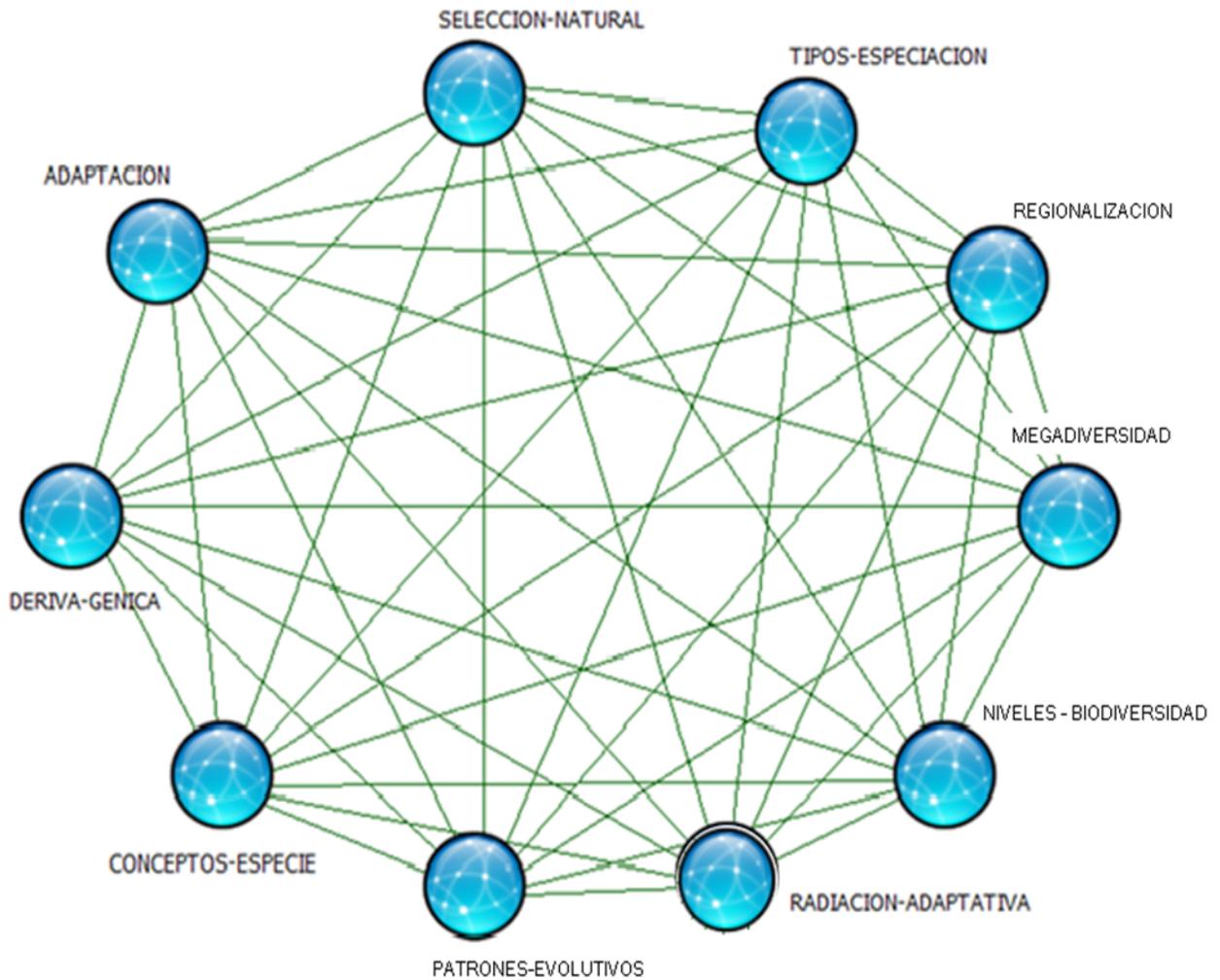
Por último, se presenta el segundo grupo de Biología IV evaluado, iniciando con la exploración del esquema de conocimiento, estructura y organización, y cerrando con la parte experimental relativa a la consolidación de este en la Memoria a largo Plazo.

De igual modo que el grupo 693 de sexto semestre, la estructura de las redes en ambas fases se encuentra conectada en su totalidad (véase figuras 30 y 31), es decir que los estudiantes encuentran afinidades entre estos conceptos a lo largo del curso. En investigaciones previas (Morales y Santos, 2017) se muestra que en cursos avanzados las redes tienden a no modificarse en su estructura sino más bien en los indicadores de organización, esto porque el esqueleto de contenido permanece y son especificidades las que se añaden a la estructura. Por lo visto en los

análisis de los últimos grupos y el análisis de la docente experta, se confirma dicha afirmación, al no modificarse su estructura sino reflejar cambios en la profundidad del esquema.

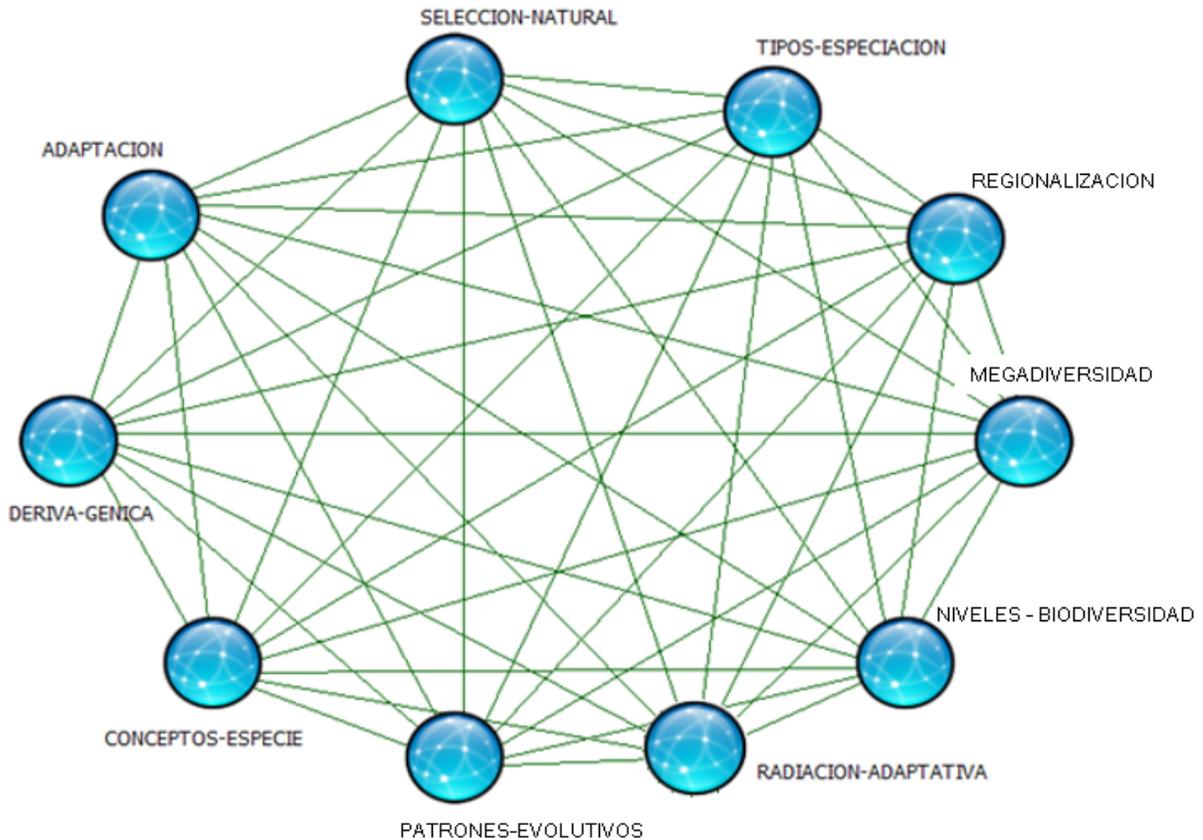
**Figura 30**

*Esquema General obtenido en la primera fase del grupo 860 de Biología IV*



**Figura 31**

*Esquema General obtenido en la segunda fase del grupo 860 de Biología IV*

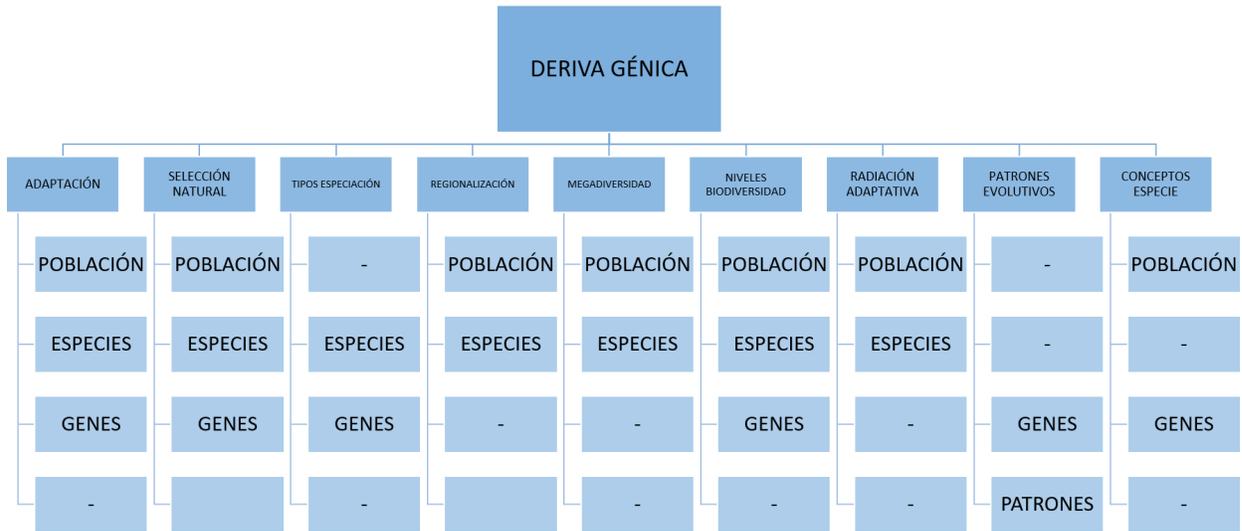


Analizando algunos de los cambios organizacionales más importantes se encuentra en los conceptos de Deriva Génica (véase Tablas 32 y 33), la cual muestra un aumento en los conceptos de la segunda fase (véase Figura 33) en el que se agrega “Evolución”, “Extinción” y “Genética” y el concepto de “Genes” pasa de vincular seis temas en la primera fase, a sólo uno “Conceptos Especie” en la segunda fase. Estas modificaciones pueden indicar la cercanía que comparten algunos contenidos, así como mayor selectividad y especificidad de los conceptos brindados por los estudiantes.

Existen procesos de discriminación y generalización que también implican aprendizaje, poder establecer límites en las definiciones de cierto tema y/o concepto, denota una mayor experticia en el tema.

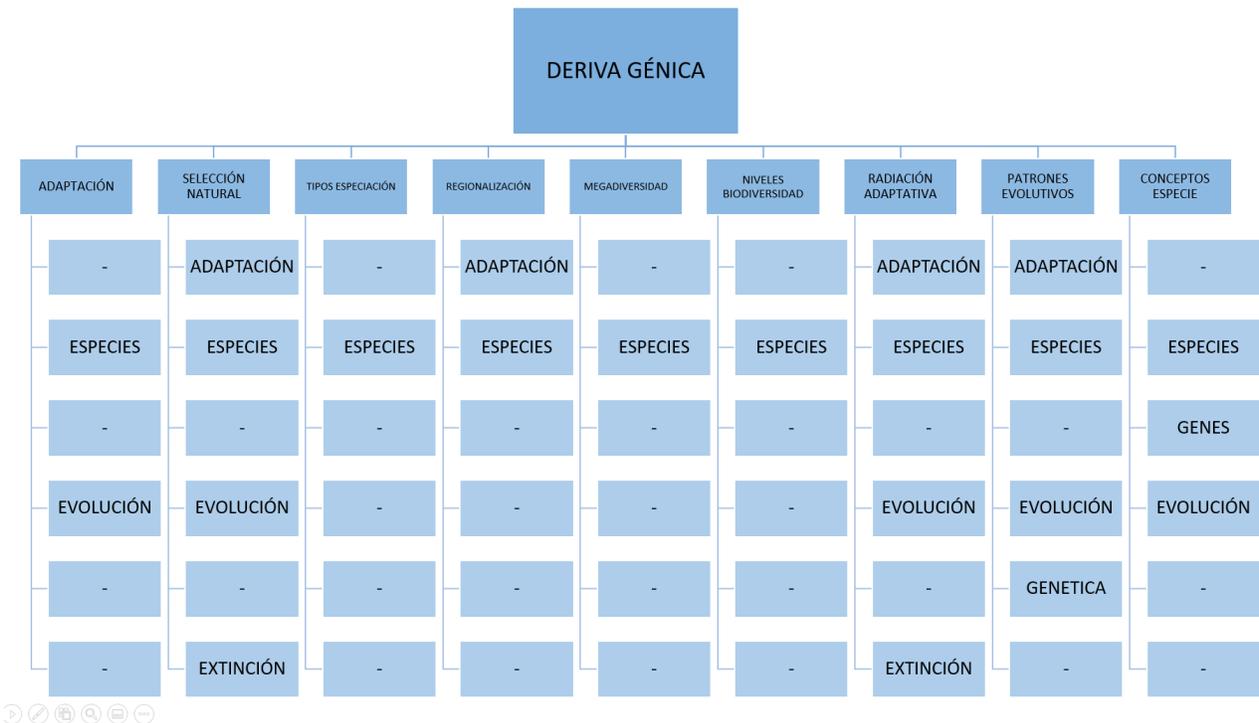
**Figura 32**

*Comparación de esquema de organización del concepto “Deriva Génica” de la Fase 1 en el grupo 860 de Biología IVI*



**Figura 33**

*Comparación de esquema de organización del concepto “Deriva Génica” de la Fase 2 en el grupo 860 de Biología IV*



Los datos obtenidos con los Grupos SAM revelan un aumento del valor J de casi todos los Conceptos Objetivos, es decir, que hubo más palabras diferentes en la segunda fase que en la primera, cabe señalar que la noción de palabra alude al carácter semántico o de significado, no en sí a la unidad léxica propia, se busca enfatizar que cada palabra conlleva un sentido y un propósito en la definición, para rescatar el proceso activo manifestado por los estudiantes.

Considerando el indicador de frecuencia (FC) en ambas figuras se aprecian que en la primera fase son menores los conceptos de valor uno (1) que en la fase post-tests, esto explica dos fenómenos, el primero es porque la red inicial aparece totalmente conectada, puesto que la mayoría de los conceptos de los Grupos SAM comparten con al menos otro Concepto Objetivo, un vínculo semántico. Por el contrario en la segunda fase se puede ver que aparecen conceptos más específicos con frecuencia 1 que denotan una propiedad distintiva en el significado de ese tema, tal es el caso de “Tipos de especiación” y sus definidores “alopática” “simpátrica” y “parapátrica”.

Dichos conceptos también aportan información cualitativa valiosa, puesto su grado de especificidad indica que los alumnos han aprendido características principales de ese tema, pudiendo aportar el vínculo con la Red General sino también, aquellos conceptos que definen las peculiaridades del tema evaluado.

Con base en las Tablas 40 y 41, se puede observar un aumento generalizado del valor G o también conocida como Densidad Semántica, esto implica que la Red de significado no sólo se expandió, sino que aumentó su grado de cohesión entre sus términos. Es más evidente en los últimos conceptos relativos a “Megadiversidad” “Regionalización” y “Tipos de Especiación”, los cuales también reportan un aumento drástico en la Riqueza Semántica (Valor J). Dicho aumento en la variedad de términos utilizados puede explicarse por el cronograma de actividades, ya que estos tres fueron los últimos temas revisados en el curso.

Finalmente, en la Tabla 42 se observa la comparativa de los cinco Conceptos Objetivo de mayor Riqueza Semántica los cuales son “Megadiversidad”, “Adaptación” y “Selección Natural”, los tres reportaron un aumento de palabras nuevas entre las fases de medición. Así como también hay cambios en los conceptos definidores propuestos por los alumnos y el incremento del valor M, asignado según la relevancia de dicho concepto para definir el tema.

El otro par de Conceptos Objetivo de la primera fase es “Deriva Génica” y “Patrones Evolutivos” que son reemplazado por los conceptos de “Regionalización” y “Conceptos Especie”.

Con fines prácticos visuales se presentan las comparativas directas de cada concepto en ambas fases, que pueden revisarse de las Tablas 44 a la 48. Se puede apreciar que “Selección Natural” (Tabla 44) mantiene sus conceptos definidores, sin embargo, éstos incrementan su relevancia en la definición al ser calificados en la segunda fase con valores más altos, esto podría indicar en lo estudiantes cierta reafirmación de su importancia, así como su carácter central al describir dicho tema.

**Tabla 40**

*Grupos SAM Fase 1 Grupo 860. Se presentan los diez conceptos que mejor representan el significado del Concepto Objetivo, Se indica la frecuencia de aparición de los conceptos, el Valor M que indica el nivel de relevancia en el significado, el TIR que muestra el Tiempo de Intervalo entre Respuesta, que el tiempo en que el estudiante responde. En la barra inferior están El Valor J que represente la riqueza semántica y el Valor G, que indica la densidad semántica*

SELECCIÓN NATURAL			
FC	DEFS	M	TIR
6	ADAPTACION	106	22
3	ESPECIES	56	33
5	EVOLUCION	48	29
5	CARACTERISTICAS	38	60
1	DARWIN	32	14
7	GENES	29	43
1	APTO	29	49
2	AMBIENTE	28	64
5	ANIMALES	20	42
1	DISRUPTIVA	19	49
VAL. J: 88		VAL. G: 8.70	

ADAPTACIÓN			
FC	DEFS	M	TIR
5	EVOLUCION	67	27
3	MORFOLOGICA	57	38
1	CAMBIOS	48	37
9	ESPECIES	46	52
2	CAPACIDAD	38	20
1	SOBREVIVIR	30	21
1	CONDUCTUAL	28	45
7	GENES	28	14
1	FISIOLOGICAS	28	32
2	BIOLOGICAS	20	36
VAL. J: 96		VAL. G: 4.70	

DERIVA GÉNICA			
FC	DEFS	M	TIR
1	HOMOCIGOTO	58	35
1	HETEROCIGOTO	58	40
1	AZAR	58	22
7	GENES	53	20
9	ESPECIES	44	20
2	ALELOS	37	9
5	EVOLUCION	37	17
1	EXTINCION	28	38
6	ADAPTACION	24	56
3	POBLACION	20	24
VAL. J: 89		VAL. G: 3.80	

CONCEPTOS ESPECIE			
FC	DEFS	M	TIR
5	CARACTERISTICAS	44	43
5	ANIMALES	37	37
7	GENES	33	40
3	PLANTAS	27	39
3	POBLACION	27	20
5	ECOSISTEMA	25	49
1	ORGANISMOS	19	37
1	CONJUNTO	19	26
6	ADAPTACION	19	37
1	GRUPO	19	35
VAL. J: 79		VAL. G: 2.50	

PATRONES EVOLUTIVOS			
FC	DEFS	M	TIR
5	EVOLUCION	69	21
2	GENETICA	41	15
2	AMBIENTE	30	39
7	GENES	27	18
5	CARACTERISTICAS	26	65
2	ALELOS	24	31
6	ADAPTACION	20	64
1	GEN DOMINANTE	19	84
1	GEN RECESIVO	19	83
1	SELECCION NATURAL	19	23
VAL. J: 85		VAL. G: 5.00	

RADIACION ADAPTATIVA			
FC	DEFS	M	TIR
6	ADAPTACION	64	22
9	ESPECIES	42	53
5	EVOLUCION	25	59
5	ECOSISTEMA	19	59
2	CAPACIDAD	18	49
2	LUGAR	16	53
2	GENTICA	15	118
1	RADIACION	10	14
1	TOXINAS	10	20
3	MORFOLOGICA	10	51
VAL. J: 52		VAL. G: 5.40	

NIVELES BIODIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
9	ESPECIES	61	23
5	ANIMALES	36	32
3	PLANTAS	36	38
2	DIVERSIDAD	29	35
5	ECOSISTEMA	28	56
2	FAUNA	28	44
2	FLORA	28	43
7	GENES	28	37
1	VIDA	20	32
1	SERES VIVOS	19	87
VAL. J: 71		VAL. G: 4.20	

MEGADIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
2	BIODIVERSIDAD	47	16
5	ANIMALES	44	24
2	DIVERSIDAD	38	23
2	FLORA	37	32
2	FAUNA	37	36
3	PLANTAS	35	15
5	CARACTERISTICAS	29	22
9	ESPECIES	29	18
5	ECOSISTEMA	28	58
1	CLIMAS	28	53
VAL. J: 97		VAL. G: 1.90	

REGIONALIZACION			
FC	DEFS	M	TIR
1	REGIONES	68	19
2	LUGAR	63	15
9	ESPECIES	53	21
6	ADAPTACION	29	39
1	PERTENCER	20	26
1	HABITAT	20	80
5	ECOSISTEMA	18	88
3	POBLACION	18	49
1	ADAPTARSE	17	60
1	ENTORNO	17	60
VAL. J: 65		VAL. G: 5.10	

TIPOS ESPECIACION			
FC	DEFS	M	TIR
9	ESPECIES	53	23
2	BIOLOGICA	25	61
7	GENES	22	63
3	MORFOLOGICA	20	84
1	TAXONOMICA	20	87
9	ESPECIES	19	19
5	ANIMALES	19	57
2	BIODIVERSIDAD	19	63
5	CARACTERISTICAS	18	39
1	DIFERENCIAS	17	67
VAL. J: 56		VAL. G: 0.8	

**Tabla 41** Grupos SAM Fase 2 Grupo 860. Se presentan los diez conceptos que mejor representan el significado del Concepto Objetivo, Se indica la frecuencia de aparición de los conceptos, el Valor M que indica el nivel de relevancia en el significado, el TIR que muestra el Tiempo de Intervalo entre Respuesta, que el tiempo en que el estudiante responde. En la barra inferior están El Valor J que represente la riqueza semántica y el Valor G, que indica la densidad semántica

SELECCIÓN NATURAL			
FC	DEFINIDORES	M	TIR
5	ADAPTACION	105	20
10	ESPECIES	74	21
7	EVOLUCION	58	33
9	ANIMALES	53	36
5	CAMBIOS	50	38
1	DARWIN	38	29
2	SUPERVIVENCIA	28	52
4	AMBIENTE	27	46
3	EXTINCION	27	57
1	NATURALEZA	26	35
VAL. J: 104		VAL. G: 7.90	

ADAPTACION			
FC	DEFS	M	TIR
5	CAMBIOS	72	25
7	EVOLUCION	57	27
4	AMBIENTE	50	44
10	ESPECIES	43	27
9	ANIMALES	38	16
2	SUPERVIVENCIA	31	26
3	CLIMAS	31	57
5	PLANTAS	30	17
1	FISIOLOGICA	20	73
2	SERES VIVOS	19	72
VAL. J: 102		VAL. G: 5.30	

DERIVA GÉNICA			
FC	DEFS	M	TIR
2	GENETICA	58	16
2	GENES	54	23
5	ADAPTACION	45	31
10	ESPECIES	41	23
7	EVOLUCION	26	41
1	AZAR	20	32
1	GENOTIPO	19	43
3	EXTINCION	19	30
1	ENCESTRO	18	52
1	GRUPO	15	38
VAL. J: 72		VAL. G: 4.30	

CONCEPTOS ESPECIE			
FC	DEFS	M	TIR
9	ANIMALES	47	3
2	CARACTERISTICAS	30	45
4	DIVERSIDAD	28	22
5	PLANTAS	28	24
10	ESPECIES	27	21
2	ORGANISMOS	27	14
1	REPRODUCCION	26	46
1	CONJUNTO	25	54
7	EVOLUCION	25	55
2	SERES VIVOS	19	67
VAL. J: 85		VAL. G: 2.80	

PATRONES EVOLUTIVOS			
FC	DEFS	M	TIR
7	EVOLUCION	70	19
2	GENETICA	42	24
5	CAMBIOS	32	15
5	ADAPTACION	24	17
1	PATRONES	20	33
10	ESPECIES	20	59
7	EVOLUCION	19	11
1	ANCESTRO COMUN	19	91
9	ANIMALES	17	35
1	ADN	16	61
VAL. J: 67		VAL. G: 5.4	

RADIACION ADAPTATIVA			
FC	DEFS	M	TIR
5	ADAPTACION	70	24
7	EVOLUCION	64	31
5	CAMBIOS	46	22
10	ESPECIES	40	25
3	EXTINCION	39	30
9	ANIMALES	24	48
5	PLANTAS	24	55
2	ORGANISMOS	19	54
1	RADIACION	18	37
1	HIBRIDACION	17	40
VAL. J: 76		VAL. G: 5.30	

NIVELES BIODIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
10	ESPECIES	67	28
4	DIVERSIDAD	54	19
9	ANIMALES	28	25
5	PLANTAS	28	23
2	ECOSISTEMA	22	64
1	PAISES	20	35
2	GENES	19	54
2	BIODIVERSIDAD	18	30
2	CARACTERISTICAS	17	95
1	BIOLOGICA	16	81
VAL. J: 74		VAL. G: 5.10	

MEGADIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
10	ESPECIES	96	16
5	PLANTAS	79	32
3	CLIMAS	71	31
1	ECOSISTEMAS	70	26
4	DIVERSIDAD	67	12
9	ANIMALES	61	32
2	BIODIVERSIDAD	30	12
1	FAUNA	29	38
1	FLORA	29	37
4	AMBIENTE	26	57
VAL. J: 114		VAL. G: 7.00	

REGIONALIZACION			
FC	DEFS	M	TIR
1	REGIONES	93	18
10	ESPECIES	52	15
4	AMBIENTE	33	48
4	DIVERSIDAD	28	36
3	CLIMAS	27	35
2	ECOSISTEMA	26	33
9	ANIMALES	26	23
5	ADAPTACION	23	39
1	LUGAR	22	15
1	TEMPERATURA	18	64
VAL. J: 79		VAL. G: 7.50	

TIPOS ESPECIACION			
FC	DEFS	M	TIR
10	ESPECIES	62	26
1	SIMPATRICA	37	23
1	PARAPATRICA	29	36
1	ALOPATRICA	20	27
5	CAMBIOS	17	43
9	ANIMALES	17	49
1	DIFERENCIAS	16	27
1	TIPOS	10	5
1	ESPECIACION	10	52
1	DIFERENTES	10	9
VAL. J: 57		VAL. G: 2.70	

**Tabla 42**

Grupos SAM Fase 1 Grupo 860. Se presentan en color naranja los tres conceptos con mayor Valor M de acuerdo con las palabras dadas por los alumnos para definirlos

SELECCIÓN NATURAL			
FC	DEFS	M	TIR
6	ADAPTACION	106	22
3	ESPECIES	56	33
5	EVOLUCION	48	29
5	CARACTERISTICAS	38	60
1	DARWIN	32	14
7	GENES	29	43
1	APTO	29	49
2	AMBIENTE	28	64
5	ANIMALES	20	42
1	DISRUPTIVA	19	49
VAL. J: 88		VAL. G: 8.70	

ADAPTACIÓN			
FC	DEFS	M	TIR
5	EVOLUCION	67	27
3	MORFOLOGICA	57	38
1	CAMBIOS	48	37
9	ESPECIES	46	52
2	CAPACIDAD	38	20
1	SOBREVIVIR	30	21
1	CONDUCTUAL	28	45
7	GENES	28	14
1	FISIOLOGICAS	28	32
2	BIOLOGICAS	20	36
VAL. J: 96		VAL. G: 4.70	

DERIVA GÉNICA			
FC	DEFS	M	TIR
1	HOMOCIGOTO	58	35
1	HETEROCIGOTO	58	40
1	AZAR	58	22
7	GENES	53	20
9	ESPECIES	44	20
2	ALELOS	37	9
5	EVOLUCION	37	17
1	EXTINCION	28	38
6	ADAPTACION	24	56
3	POBLACION	20	24
VAL. J: 89		VAL. G: 3.80	

CONCEPTOS ESPECIE			
FC	DEFS	M	TIR
5	CARACTERISTICAS	44	43
5	ANIMALES	37	37
7	GENES	33	40
3	PLANTAS	27	39
3	POBLACION	27	20
5	ECOSISTEMA	25	49
1	ORGANISMOS	19	37
1	CONJUNTO	19	26
6	ADAPTACION	19	37
1	GRUPO	19	35
VAL. J: 79		VAL. G: 2.50	

PATRONES EVOLUTIVOS			
FC	DEFS	M	TIR
5	EVOLUCION	69	21
2	GENETICA	41	15
2	AMBIENTE	30	39
7	GENES	27	18
5	CARACTERISTICAS	26	65
2	ALELOS	24	31
6	ADAPTACION	20	64
1	GEN DOMINANTE	19	84
1	GEN RECESIVO	19	83
1	SELECCION NATURAL	19	23
VAL. J: 85		VAL. G: 5.00	

RADIACION ADAPTATIVA			
FC	DEFS	M	TIR
6	ADAPTACION	64	22
9	ESPECIES	42	53
5	EVOLUCION	25	59
5	ECOSISTEMA	19	59
2	CAPACIDAD	18	49
2	LUGAR	16	53
2	GENTICA	15	118
1	RADIACION	10	14
1	TOXINAS	10	20
3	MORFOLOGICA	10	51
VAL. J: 52		VAL. G: 5.40	

NIVELES BIODIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
9	ESPECIES	61	23
5	ANIMALES	36	32
3	PLANTAS	36	38
2	DIVERSIDAD	29	35
5	ECOSISTEMA	28	56
2	FAUNA	28	44
2	FLORA	28	43
7	GENES	28	37
1	VIDA	20	32
1	SERES VIVOS	19	87
VAL. J: 71		VAL. G: 4.20	

MEGADIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
2	BIODIVERSIDAD	47	16
5	ANIMALES	44	24
2	DIVERSIDAD	38	23
2	FLORA	37	32
2	FAUNA	37	36
3	PLANTAS	35	15
5	CARACTERISTICAS	29	22
9	ESPECIES	29	18
5	ECOSISTEMA	28	58
1	CLIMAS	28	53
VAL. J: 97		VAL. G: 1.90	

REGIONALIZACION			
FC	DEFS	M	TIR
1	REGIONES	68	19
2	LUGAR	63	15
9	ESPECIES	53	21
6	ADAPTACION	29	39
1	PERTENCER	20	26
1	HABITAT	20	80
5	ECOSISTEMA	18	88
3	POBLACION	18	49
1	ADAPTARSE	17	60
1	ENTORNO	17	60
VAL. J: 65		VAL. G: 5.10	

TIPOS ESPECIACION			
FC	DEFS	M	TIR
9	ESPECIES	53	23
2	BIOLOGICA	25	61
7	GENES	22	63
3	MORFOLOGICA	20	84
1	TAXONOMICA	20	87
9	ESPECIES	19	19
5	ANIMALES	19	57
2	BIODIVERSIDAD	19	63
5	CARACTERISTICAS	18	39
1	DIFERENCIAS	17	67
VAL. J: 56		VAL. G: 0.8	

**Tabla 43**

*Grupos SAM Fase 2 Grupo 860. Se presentan en color naranja los tres conceptos con mayor Valor M de acuerdo con las palabras dadas por los alumnos para definirlos*

SELECCIÓN NATURAL			
FC	DEFINIDORES	M	TIR
5	ADAPTACION	105	20
10	ESPECIES	74	21
7	EVOLUCION	58	33
9	ANIMALES	53	36
5	CAMBIOS	50	38
1	DARWIN	38	29
2	SUPERVIVENCIA	28	52
4	AMBIENTE	27	46
3	EXTINCION	27	57
1	NATURALEZA	26	35
VAL. J: 104		VAL. G: 7.90	

ADAPTACION			
FC	DEFS	M	TIR
5	CAMBIOS	72	25
7	EVOLUCION	57	27
4	AMBIENTE	50	44
10	ESPECIES	43	27
9	ANIMALES	38	16
2	SUPERVIVENCIA	31	26
3	CLIMAS	31	57
5	PLANTAS	30	17
1	FISIOLOGICA	20	73
2	SERES VIVOS	19	72
VAL. J: 102		VAL. G: 5.30	

DERIVA GÉNICA			
FC	DEFS	M	TIR
2	GENETICA	58	16
2	GENES	54	23
5	ADAPTACION	45	31
10	ESPECIES	41	23
7	EVOLUCION	26	41
1	AZAR	20	32
1	GENOTIPO	19	43
3	EXTINCION	19	30
1	ENCESTRO	18	52
1	GRUPO	15	38
VAL. J: 72		VAL. G: 4.30	

CONCEPTOS ESPECIE			
FC	DEFS	M	TIR
9	ANIMALES	47	3
2	CARACTERISTICAS	30	45
4	DIVERSIDAD	28	22
5	PLANTAS	28	24
10	ESPECIES	27	21
2	ORGANISMOS	27	14
1	REPRODUCCION	26	46
1	CONJUNTO	25	54
7	EVOLUCION	25	55
2	SERES VIVOS	19	67
VAL. J: 85		VAL. G: 2.80	

PATRONES EVOLUTIVOS			
FC	DEFS	M	TIR
7	EVOLUCION	70	19
2	GENETICA	42	24
5	CAMBIOS	32	15
5	ADAPTACION	24	17
1	PATRONES	20	33
10	ESPECIES	20	59
7	EVOLUCION	19	11
1	ANCESTRO COMUN	19	91
9	ANIMALES	17	35
1	ADN	16	61
VAL. J: 67		VAL. G: 5.4	

RADIACION ADAPTATIVA			
FC	DEFS	M	TIR
5	ADPATACION	70	24
7	EVOLUCION	64	31
5	CAMBIOS	46	22
10	ESPECIES	40	25
3	EXTINCION	39	30
9	ANIMALES	24	48
5	PLANTAS	24	55
2	ORGANISMOS	19	54
1	RADIACION	18	37
1	HIBRIDACION	17	40
VAL. J: 76		VAL. G: 5.30	

NIVELES BIODIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
10	ESPECIES	67	28
4	DIVERSIDAD	54	19
9	ANIMALES	28	25
5	PLANTAS	28	23
2	ECOSISTEMA	22	64
1	PAISES	20	35
2	GENES	19	54
2	BIODIVERSIDAD	18	30
2	CARACTERISTICAS	17	95
1	BIOLOGICA	16	81
VAL. J: 74		VAL. G: 5.10	

MEGADIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
10	ESPECIES	96	16
5	PLANTAS	79	32
3	CLIMAS	71	31
1	ECOSISTEMAS	70	26
4	DIVERSIDAD	67	12
9	ANIMALES	61	32
2	BIODIVERSIDAD	30	12
1	FAUNA	29	38
1	FLORA	29	37
4	AMBIENTE	26	57
VAL. J: 114		VAL. G: 7.00	

REGIONALIZACION			
FC	DEFS	M	TIR
1	REGIONES	93	18
10	ESPECIES	52	15
4	AMBIENTE	33	48
4	DIVERSIDAD	28	36
3	CLIMAS	27	35
2	ECOSISTEMA	26	33
9	ANIMALES	26	23
5	ADAPTACION	23	39
1	LUGAR	22	15
1	TEMPERATURA	18	64
VAL. J: 79		VAL. G: 7.50	

TIPOS ESPECIACION			
FC	DEFS	M	TIR
10	ESPECIES	62	26
1	SIMPATRICAS	37	23
1	PARAPATRICAS	29	36
1	ALOPATRICAS	20	27
5	CAMBIOS	17	43
9	ANIMALES	17	49
1	DIFERENCIAS	16	27
1	TIPOS	10	5
1	ESPECIACION	10	52
1	DIFERENTES	10	9
VAL. J: 57		VAL. G: 2.70	

**Tabla 44**

*Comparación de los conceptos con mayor Riqueza Semántica (Valor J) entre ambas fases del grupo 860 Biología IV*

FASE 1

MEGADIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
2	BIODIVERSIDAD	47	16
5	ANIMALES	44	24
2	DIVERSIDAD	38	23
2	FLORA	37	32
2	FAUNA	37	36
3	PLANTAS	35	15
5	CARACTERISTICAS	29	22
9	ESPECIES	29	18
5	ECOSISTEMA	28	58
1	CLIMAS	28	53
VAL. J: 97		VAL. G: 1.90	

ADAPTACIÓN			
FC	DEFS	M	TIR
5	EVOLUCION	67	27
3	MORFOLOGICA	57	38
1	CAMBIOS	48	37
9	ESPECIES	46	52
2	CAPACIDAD	38	20
1	SOBREVIVIR	30	21
1	CONDUCTUAL	28	45
7	GENES	28	14
1	FISIOLOGICAS	28	32
2	BIOLOGICAS	20	36
VAL. J: 96		VAL. G: 4.70	

DERIVA GÉNICA			
FC	DEFS	M	TIR
1	HOMOCIGOTO	58	35
1	HETEROCIGOTO	58	40
1	AZAR	58	22
7	GENES	53	20
9	ESPECIES	44	20
2	ALELOS	37	9
5	EVOLUCION	37	17
1	EXTINCION	28	38
6	ADAPTACION	24	56
3	POBLACION	20	24
VAL. J: 89		VAL. G: 3.80	

SELECCIÓN NATURAL			
FC	DEFINIDORES	M	TIR
6	ADAPTACION	106	22
3	ESPECIES	56	33
5	EVOLUCION	48	29
5	CARACTERISTICAS	38	60
1	DARWIN	32	14
7	GENES	29	43
1	APTO	29	49
2	AMBIENTE	28	64
5	ANIMALES	20	42
1	DISRUPTIVA	19	49
VAL. J: 88		VAL. G: 8.70	

PATRONES EVOLUTIVOS			
FC	DEFS	M	TIR
5	EVOLUCION	69	21
2	GENETICA	41	15
2	AMBIENTE	30	39
7	GENES	27	18
5	CARACTERISTICAS	26	65
2	ALELOS	24	31
6	ADAPTACION	20	64
1	GEN DOMINANTE	19	84
1	GEN RECESIVO	19	83
1	SELECCION NATURAL	19	23
VAL. J: 85		VAL. G: 5.00	

FASE 2

MEGADIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
10	ESPECIES	96	16
5	PLANTAS	79	32
3	CLIMAS	71	31
1	ECOSISTEMAS	70	26
4	DIVERSIDAD	67	12
9	ANIMALES	61	32
2	BIODIVERSIDAD	30	12
1	FAUNA	29	38
1	FLORA	29	37
4	AMBIENTE	26	57
VAL. J: 114		VAL. G: 7.00	

SELECCIÓN NATURAL			
FC	DEFINIDORES	M	TIR
5	ADAPTACION	105	20
10	ESPECIES	74	21
7	EVOLUCION	58	33
9	ANIMALES	53	36
5	CAMBIOS	50	38
1	DARWIN	38	29
2	SUPERVIVENCIA	28	52
4	AMBIENTE	27	46
3	EXTINCION	27	57
1	NATURALEZA	26	35
VAL. J: 104		VAL. G: 7.90	

ADAPTACION			
FC	DEFS	M	TIR
5	CAMBIOS	72	25
7	EVOLUCION	57	27
4	AMBIENTE	50	44
10	ESPECIES	43	27
9	ANIMALES	38	16
2	SUPERVIVENCIA	31	26
3	CLIMAS	31	57
5	PLANTAS	30	17
1	FISIOLOGICA	20	73
2	SERES VIVOS	19	72
VAL. J: 102		VAL. G: 5.30	

CONCEPTOS ESPECIE			
FC	DEFS	M	TIR
9	ANIMALES	47	3
2	CARACTERISTICAS	30	45
4	DIVERSIDAD	28	22
5	PLANTAS	28	24
10	ESPECIES	27	21
2	ORGANISMOS	27	14
1	REPRODUCCION	26	46
1	CONJUNTO	25	54
7	EVOLUCION	25	55
2	SERES VIVOS	19	67
VAL. J: 85		VAL. G: 2.80	

REGIONALIZACION			
FC	DEFS	M	TIR
1	REGIONES	93	18
10	ESPECIES	52	15
4	AMBIENTE	33	48
4	DIVERSIDAD	28	36
3	CLIMAS	27	35
2	ECOSISTEMA	26	33
9	ANIMALES	26	23
5	ADAPTACION	23	39
1	LUGAR	22	15
1	TEMPERATURA	18	64
VAL. J: 79		VAL. G: 7.50	

**Tabla 45**

*Comparación de los conceptos Selección Natural y Radiación Adaptativa, entre ambas fases del grupo 860 Biología IV*

FASE 1			
SELECCIÓN NATURAL			
FC	DEFINIDORES	M	TIR
6	ADAPTACION	106	22
3	ESPECIES	56	33
5	EVOLUCION	48	29
5	CARACTERISTICAS	38	60
1	DARWIN	32	14
7	GENES	29	43
1	APTO	29	49
2	AMBIENTE	28	64
5	ANIMALES	20	42
1	DISRUPTIVA	19	49
VAL. J: 88		VAL. G: 8.70	

FASE 2			
SELECCIÓN NATURAL			
FC	DEFINIDORES	M	TIR
5	ADAPTACION	105	20
10	ESPECIES	74	21
7	EVOLUCION	58	33
9	ANIMALES	53	36
5	CAMBIOS	50	38
1	DARWIN	38	29
2	SUPERVIVENCIA	28	52
4	AMBIENTE	27	46
3	EXTINCIÓN	27	57
1	NATURALEZA	26	35
VAL. J: 104		VAL. G: 7.90	

FASE 1			
RADIACION ADAPTATIVA			
FC	DEFS	M	TIR
6	ADAPTACION	64	22
9	ESPECIES	42	53
5	EVOLUCION	25	59
5	ECOSISTEMA	19	59
2	CAPACIDAD	18	49
2	LUGAR	16	53
2	GENTICA	15	118
1	RADIACION	10	14
1	TOXINAS	10	20
3	MORFOLOGICA	10	51
VAL. J: 52		VAL. G: 5.40	

FASE 2			
RADIACION ADAPTATIVA			
FC	DEFS	M	TIR
5	ADAPTACION	70	24
7	EVOLUCION	64	31
5	CAMBIOS	46	22
10	ESPECIES	40	25
3	EXTINCIÓN	39	30
9	ANIMALES	24	48
5	PLANTAS	24	55
2	ORGANISMOS	19	54
1	RADIACION	18	37
1	HIBRIDACION	17	40
VAL. J: 76		VAL. G: 5.30	

**Tabla 46**

*Comparación de los conceptos Adaptación y Niveles de Biodiversidad, entre ambas fases del grupo 860 Biología IV*

FASE 1			
ADAPTACIÓN			
FC	DEFS	M	TIR
5	EVOLUCION	67	27
3	MORFOLOGICA	57	38
1	CAMBIOS	48	37
9	ESPECIES	46	52
2	CAPACIDAD	38	20
1	SOBREVIVIR	30	21
1	CONDUCTUAL	28	45
7	GENES	28	14
1	FISIOLOGICAS	28	32
2	BIOLOGICAS	20	36
VAL. J: 96		VAL. G: 4.70	

FASE 2			
ADAPTACION			
FC	DEFS	M	TIR
5	CAMBIOS	72	25
7	EVOLUCION	57	27
4	AMBIENTE	50	44
10	ESPECIES	43	27
9	ANIMALES	38	16
2	SUPERVIVENCIA	31	26
3	CLIMAS	31	57
5	PLANTAS	30	17
1	FISIOLOGICA	20	73
2	SERES VIVOS	19	72
VAL. J: 102		VAL. G: 5.30	

FASE 1			
NIVELES BIODIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
9	ESPECIES	61	23
5	ANIMALES	36	32
3	PLANTAS	36	38
2	DIVERSIDAD	29	35
5	ECOSISTEMA	28	56
2	FAUNA	28	44
2	FLORA	28	43
7	GENES	28	37
1	VIDA	20	32
1	SERES VIVOS	19	87
VAL. J: 71		VAL. G: 4.20	

FASE 2			
NIVELES BIODIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
10	ESPECIES	67	28
4	DIVERSIDAD	54	19
9	ANIMALES	28	25
5	PLANTAS	28	23
2	ECOSISTEMA	22	64
1	PAISES	20	35
2	GENES	19	54
2	BIODIVERSIDAD	18	30
2	CARACTERISTICAS	17	95
1	BIOLOGICA	16	81
VAL. J: 74		VAL. G: 5.10	

**Tabla 47**

*Comparación de los conceptos Deriva Génica y Megadiversidad, entre ambas fases del grupo 860 Biología IV*

FASE 1			
DERIVA GÉNICA			
FC	DEFS	M	TIR
1	HOMOCIGOTO	58	35
1	HETEROCIGOTO	58	40
1	AZAR	58	22
7	GENES	53	20
9	ESPECIES	44	20
2	ALELOS	37	9
5	EVOLUCION	37	17
1	EXTINCION	28	38
6	ADAPTACION	24	56
3	POBLACION	20	24
VAL. J: 89		VAL. G: 3.80	

FASE 2			
DERIVA GÉNICA			
FC	DEFS	M	TIR
2	GENETICA	58	16
2	GENES	54	23
5	ADAPTACION	45	31
10	ESPECIES	41	23
7	EVOLUCION	26	41
1	AZAR	20	32
1	GENOTIPO	19	43
3	EXTINCION	19	30
1	ENCESTRO	18	52
1	GRUPO	15	38
VAL. J: 72		VAL. G: 4.30	

FASE 1			
MEGADIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
2	BIODIVERSIDAD	47	16
5	ANIMALES	44	24
2	DIVERSIDAD	38	23
2	FLORA	37	32
2	FAUNA	37	36
3	PLANTAS	35	15
5	CARACTERISTICAS	29	22
9	ESPECIES	29	18
5	ECOSISTEMA	28	58
1	CLIMAS	28	53
VAL. J: 97		VAL. G: 1.90	

FASE 2			
MEGADIVERSIDAD			
FC	DEFS	M	TIR
10	ESPECIES	96	16
5	PLANTAS	79	32
3	CLIMAS	71	31
1	ECOSISTEMAS	70	26
4	DIVERSIDAD	67	12
9	ANIMALES	61	32
2	BIODIVERSIDAD	30	12
1	FAUNA	29	38
1	FLORA	29	37
4	AMBIENTE	26	57
VAL. J: 114		VAL. G: 7.00	

**Tabla 48**

*Comparación de los conceptos Regionalización y Conceptos Especie, entre ambas fases del grupo 860 Biología IV*

FASE 1			
CONCEPTOS ESPECIE			
FC	DEFS	M	TIR
5	CARACTERISTICAS	44	43
5	ANIMALES	37	37
7	GENES	33	40
3	PLANTAS	27	39
3	POBLACION	27	20
5	ECOSISTEMA	25	49
1	ORGANISMOS	19	37
1	CONJUNTO	19	26
6	ADAPTACION	19	37
1	GRUPO	19	35
VAL. J: 79		VAL. G: 2.50	

FASE 2			
CONCEPTOS ESPECIE			
FC	DEFS	M	TIR
9	ANIMALES	47	3
2	CARACTERISTICAS	30	45
4	DIVERSIDAD	28	22
5	PLANTAS	28	24
10	ESPECIES	27	21
2	ORGANISMOS	27	14
1	REPRODUCCION	26	46
1	CONJUNTO	25	54
7	EVOLUCION	25	55
2	SERES VIVOS	19	67
VAL. J: 85		VAL. G: 2.80	

FASE 1			
REGIONALIZACION			
FC	DEFS	M	TIR
1	REGIONES	68	19
2	LUGAR	63	15
9	ESPECIES	53	21
6	ADAPTACION	29	39
1	PERTENCER	20	26
1	HABITAT	20	80
5	ECOSISTEMA	18	88
3	POBLACION	18	49
1	ADAPTARSE	17	60
1	ENTORNO	17	60
VAL. J: 65		VAL. G: 5.10	

FASE 2			
REGIONALIZACION			
FC	DEFS	M	TIR
1	REGIONES	93	18
10	ESPECIES	52	15
4	AMBIENTE	33	48
4	DIVERSIDAD	28	36
3	CLIMAS	27	35
2	ECOSISTEMA	26	33
9	ANIMALES	26	23
5	ADAPTACION	23	39
1	LUGAR	22	15
1	TEMPERATURA	18	64
VAL. J: 79		VAL. G: 7.50	

**Tabla 49**

*Comparación de los conceptos Patrones Evolutivos y Tipos Especiación, entre ambas fases del grupo 860 Biología IV*

FASE 1				FASE 2				FASE 1				FASE 2			
PATRONES EVOLUTIVOS				PATRONES EVOLUTIVOS				TIPOS ESPECIACION				TIPOS ESPECIACION			
FC	DEFS	M	TIR	FC	DEFS	M	TIR	FC	DEFS	M	TIR	FC	DEFS	M	TIR
5	EVOLUCION	69	21	7	EVOLUCION	70	19	9	ESPECIES	53	23	10	ESPECIES	62	26
2	GENETICA	41	15	2	GENETICA	42	24	2	BIOLOGICA	25	61	1	SIMPATRICA	37	23
2	AMBIENTE	30	39	5	CAMBIOS	32	15	7	GENES	22	63	1	PARAPATRICA	29	36
7	GENES	27	18	5	ADAPTACION	24	17	3	MORFOLOGICA	20	84	1	ALOPATRICA	20	27
5	CARACTERISTICAS	26	65	1	PATRONES	20	33	1	TAXONOMICA	20	87	5	CAMBIOS	17	43
2	ALELOS	24	31	10	ESPECIES	20	59	9	ESPECIES	19	19	9	ANIMALES	17	49
6	ADAPTACION	20	64	7	EVOLUCION	19	11	5	ANIMALES	19	57	1	DIFERENCIAS	16	27
1	GEN DOMINANTE	19	84	1	ANCESTRO COMUN	19	91	2	BIODIVERSIDAD	19	63	1	TIPOS	10	5
1	GEN RECESIVO	19	83	9	ANIMALES	17	35	5	CARACTERISTICAS	18	39	1	ESPECIACION	10	52
1	SELECCION NATURAL	19	23	1	ADN	16	61	1	DIFERENCIAS	17	67	1	DIFERENTES	10	9
VAL. J: 85 VAL. G: 5.00				VAL. J: 67 VAL. G: 5.4				VAL. J: 56 VAL. G: 0.8				VAL. J: 57 VAL. G: 2.70			

### 6.4.2 Hallazgos en el estudio de Facilitación Semántica (FACSEM)

Se hizo un ANOVA de 3 x 2 considerando la relación de tiempo por la relación semántica entre los pares de palabras la probabilidad se estableció al  $\leq 0.05$ . Se encontró un efecto principal para la relación temporal. Pero las diferencias significativas se encuentran en la disminución del tiempo en palabras de tipo asociativo (véase Tabla 50, Figura 34).

**Tabla 50**

*ANOVA Grupo 860*

Fuente	g	MC	g	MC	F	p	$\eta_p^2$
	l		l				
Relación temporal (RT)	1	980025.5	2	216996.	4.5	0.	0.138
		97	8	384	16	04	
Relación semántica (RS)	2	2020922.	5	39063.4	51.	0.	0.648
		268	6	65	734	00	
RT*RS	2	13113.71	5	39063.4	0.3	0.	0.011
		37	6	65	35	71	

### **Figura 34**

*Gráfica ANOVA grupo 860 Biología IV*

Nota: Se muestra la gráfica de interacción entre los factores de Tipo de relación (Asociativas vs. Esquema vs. Neutras) y relación temporal de los pares facilitador-objetivo durante el curso (Antes vs. Después del curso)

## Capítulo 7

### Discusión y conclusiones

#### 7.1 Discusión

Como se he señalado, la evaluación es un campo que ha ido evolucionando a la par de los paradigmas educativos dominantes, es por ello que su punto focal es variable (Dugua et al., 2016). Desde finales del siglo XX los avances sobre el aprendizaje sugieren que los estudiantes comprenden aquella información que logran transformar y ajustar a ellos mismos, por ello se ha hecho énfasis en la necesidad de contar con instrumentos que brinden este tipo de información al estudiante. Además, existe también la necesidad de instrumentos y medios de enseñanza que contribuyan al reconocimiento de habilidades, intereses y conocimientos particulares de los estudiantes. Esto ha llevado a cuestionar la generalidad de los contenidos, actividades y evaluaciones (Meier, 1994). En el caso de la evaluación del aprendizaje, aun no existe un método que cubra todas estas necesidades. Este trabajo precisamente ilustra el uso de un modelo de evaluación construido con técnica importadas de la psicología cognitiva para medir diferentes indicadores del aprendizaje que pueden contribuir en la solución a las nuevas demandas de la evaluación del aprendizaje en el aula del siglo XXI.

El Modelo de Evaluación Cognitiva Constructiva Cronométrica o C3-LEM (Morales-Martínez et al, 2018, Morales-Martinez et al., 2021) es el medio a través del cual en este trabajo se obtuvieron diferentes indicadores del aprendizaje que brindan información sobre las habilidades que los estudiantes tienen para gestionar el conocimiento. Específicamente, el interés principal del trabajo fue contestar a la interrogante de si el aprendizaje que los estudiantes obtienen en una materia, en este caso Biología II y IV, podía reflejarse en los cambios de organización y estructura del esquema de conocimiento de los estudiantes. Para ello se planteó como primer objetivo evaluar estos cambios a través del modelo C3-LEM usando el sistema EVCOG.

Los resultados de los estudios cognitivos aplicados señalan cambios en la estructura y la organización de los esquemas de conocimiento. Así, por ejemplo, el grupo 447 mostró una estructura del esquema parcialmente desconectada al inicio del curso de Biología (Figuras 8 y 9),

mientras que durante la segunda fase de evaluación se presentó un aumento de relaciones entre conceptos. De acuerdo con Moreira (1988) la incorporación de nuevos conceptos y proposiciones a una estructura cognitiva señala que ha habido una reestructuración en dicha estructura. Por el contrario, en el otro grupo de Biología II se presentó el efecto contrario ya que hubo una reducción en los enlaces de la red (véase Figuras 17 y 18). Esto indicaría que los estudiantes no discriminaban antes del curso, las conexiones de los conceptos centrales, es por ello que la RSN general aparece conectada en su totalidad, sin embargo, en la evaluación final se observa que hay una reducción en los enlaces, esto implica una reestructuración, mayor especificidad en los conceptos centrales así como una discriminación entre aquellos contenidos que guardan relación o cercanía. De acuerdo con Figueroa et al. (1981) la reconstrucción de la información almacenada en la memoria genera nuevas redes de significado en los contenidos, en este caso los estudiantes formaron un nuevo significado de los contenidos de la materia de la materia.

Si bien la Evaluación Cognitiva Constructiva-Cronométrica, comprende los aspectos de estructura, es menester evidenciar la sensibilidad de este modelo de evaluación para reconocer que a pesar de que en la estructura general del esquema de conocimiento de Biología II no se presenten cambios, las transformaciones del esquema pueden hallarse en niveles organizacionales (véase Figuras 12 y 13). El aprendizaje evidenciado en la reorganización de los conceptos también ha sido señalado por Morales-Martínez et al. (2021) y Morales-Martínez et al. (2018). En estos estudios C3-LEM se observó que la reorganización de conceptos y relaciones también es una señal de cambio cognitivo debido al aprendizaje.

La comparación entre los resultados de los grupos de Biología II, dejó entrever comunales de significado entre los alumnos. A este respecto Figueroa (2009) menciona que existe compatibilidad en los referentes semánticos sociales a la hora de describir los elementos básicos de un concepto, es decir que, cuando la población comparte características sociales, históricas y culturales es probable que se halle gran porcentaje de conceptos comunes para dar el significado de una palabra. En este caso los estudiantes comparten algunos factores como son el entorno académico, el docente de Biología, su edad, factores culturales, históricos y sociales. Es por ello que se puede apreciar la similitud entre las definiciones brindadas por ambos grupos, empero sin dejar de lado sus variantes y riqueza semántica particular.

Para el caso de los grupos de Biología IV es menester recordar el carácter optativo de los cursos, es decir que es a consideración y elección de los estudiantes que se perfilen para alguna carrera científica o biológica en su Educación Superior. En los grupos 693 y 860, se encontró que a nivel estructural no existieron cambios del esquema general inicial al esquema general final (véase Figuras 24, 25; 30 y 31), Sin embargo, en el análisis organizacional se encontró un aumento en conceptos y se observó el cambio de conceptos para describir la temática central, lo que evidencia la parte dinámica del aprendizaje. Por ejemplo, en algunos conceptos se partió de una red más específica en la que los significados estaban orientados en su mayoría a terminología propia de la temática, sin embargo, para la evaluación final se encontró una predominancia de conceptos generales lo que ocasionó mayor conectividad en el esquema general de conocimiento (véase Tablas 29 y 30). Este cambio es interesante ya que en estudios como el de Morales-Martínez et al (2021) los cambios se presentaron de lo general a lo particular, es decir al inicio los estudiantes utilizaron conceptos más generales al inicio del curso y conforme este fue avanzando los estudiantes comenzaron a utilizar conceptos más específicos o exclusivos de un tema en particular. Estos autores argumentaron que la experticia en el tema puede ser un factor que influya en la especificidad de los definidores. Por ello, aquí se hipotetiza que el cambio de lo particular a lo general es producto de la curva del olvido y la falta de estrategias de aprendizaje, lo que ocasiona menor fuerza de activación en los conceptos que se evalúan. Partiendo de la estrategia propuesta por Novak (1988), la identificación de conceptos clave, así como su relación con otros facilita la comprensión y significación de estos en el esquema propio del estudiante.

Por otra parte, al igual que en los grupos de Biología II se encontró que, aunque los conceptos para identificar el concepto central no variaran de una fase a otra, el aumento en el Valor M (véase Tabla 34) indica que los estudiantes reafirman la importancia de estos conceptos a la hora de definir la temática solicitada. Los cambios en los valores M han sido reportados en diversos estudios (Morales-Martínez 2020; Morales-Martínez, 2015; Morales-Martínez et al., 2021; Morales-Martínez et al., 2020), pero poco se ha discutido acerca del significado de estos cambios. De forma general, el Valor M se asocia a la relevancia que las personas dan a un definidor dentro de su red (López & Theios, 1992). Entonces el incremento en el Valor M o peso semántico de los definidores puede indicar el grado de importancia que los estudiantes están

otorgando a ciertos términos debido a la integración de la nueva información aprendida de los materiales y estrategias utilizados. El Valor M puede ser muy valioso cuando no existe un cambio muy visible en términos de contenido. Por ejemplo, al revisar los Grupos SAM de uno de los grupos que cursó Biología II se encontró que, aunque entre las dos fases de evaluación se presentó una consistencia entre conceptos, es decir fueron casi los mismos (véase Tabla 20 y 21), el Valor M mostró un cambio este aumentó al final del curso. Esto puede indicar que hubo un aprendizaje en términos de revaloración de la importancia de los conceptos aprendidos en clase.

Otro tipo de beneficio de los estudios cognitivos como los aquí utilizados, es que proveen información muy específica sobre el tipo de contenido o conocimiento particular con el que cuentan los estudiantes antes de entrar al curso. Esto es así, porque los 10 conceptos centrales, generan una subred de significado cada uno que después se entretajan. Por ejemplo, el concepto de Dominios en el grupo 447 que cursaba Biología II presentó un mayor número de definidores propios del concepto en comparación con otros al inicio del curso (véase Tabla 7). Ausubel (1968) menciona que “la base del aprendizaje es averiguar lo que el alumno ya sabe y enseñar en consecuencia”. Entonces este tipo de información puede ayudar a construir mejores bases para la enseñanza de ciertos tópicos al identificar los niveles de dominio declarativo en cada tema en particular.

Por otra parte, la aplicación del C3-LEM a través de la evaluación cronométrica proveyó información sobre la consolidación de lo aprendido en la memoria de los estudiantes. A este respecto, los resultados señalaron que en los cuatro grupos no existió un efecto estadístico significativo en los estudios de facilitación semántica (Véase Tabla 16, 28, 39 y 50). Lopez et al. (2014) menciona que cuando un estudiante no consolida información en su memoria, los tiempos de reconocimiento de las palabras esquemáticas, en este caso las relacionadas a la materia estudiada, no serán afectados a través del tiempo. Las implicaciones de este resultado serán más evidentes en aquellos estudiantes que quisieran continuar con una formación en el campo de la Biología, pues cuando un esquema no se consolida en la memoria este tenderá a decaer con el tiempo, es decir que la fuerza del recuerdo disminuirá y el decaimiento de la información será mayor, por lo que es probable que en los años posteriores a su educación la activación del

esquema de conocimiento tomará más esfuerzo y habrá una necesidad de aprender nuevamente sobre los contenidos revisados.

## **7.2 Conclusiones**

Dentro de la Educación existen procesos complejos, multidimensionales y dinámicos, tales como la enseñanza, el aprendizaje, diseño de material y la evaluación, siendo esta última el proceso eje del presente trabajo. Si bien se reconoce en el presente que a lo largo de su historia la evaluación ha sufrido transformaciones ontológicas, epistemológicas y metodológicas, esto ha permitido su constante desarrollo y mejora para los fines de la educación misma (Dugua et al., 2016). Actualmente existe una gran variedad de métodos, instrumentos, técnicas aplicadas a diversos contextos a partir de objetivos propios y con una conceptualización que emerge desde la concepción de la evaluación.

Para motivos del presente trabajo, la evaluación acontece en un entorno Educativo, en específico el Nivel Medio Superior, que a su vez muestra una vasta oferta de sistemas educativos. La propuesta que se discute se gesta en un modelo singular que parte de tres pilares fundamentales en la Educación, el Colegio de Ciencias y Humanidades, apuesta por tres pilares rectores, el aprender a ser, aprender a hacer y el aprender a aprender (Delors et al., 1997). La importancia de reconocer los elementos que acotan el modelo implica reconocer el enfoque de la evaluación educativa. Así, se parte de la intención de formar un alumno autónomo de su aprendizaje, autorregulado y con intereses propios en su formación, por lo tanto, tendría sentido diseñar el rol docente compatible con la visión y un proceso de evaluación capaz de ser sensible a estos valores, conocimientos y habilidades en los estudiantes, priorizados por la institución.

Es por ello que los programas CCH de cada asignatura sugieren al docente las etapas de evaluación, así como aquellos instrumentos que podrían facilitarles la tarea de evaluar conforme a sus objetivos (UNAM, 2016). Predominan las técnicas tradicionales, pero no por ello menos efectivas, sin embargo, se ha detectado a partir de los hallazgos en Ciencias Cognitivas que los seres humanos poseen formas de aprender y de representar el mundo en sus mentes, así como de recordar y significar eventos acontecidos en su vida que generen un marco referencial propio para comprender y explicar el mundo (Morales-Martínez et al., 2021). Así, a partir de principios de

memoria, recuerdo libre y relación de conocimiento es cómo surge la propuesta el Modelo de Evaluación Cognitiva Constructiva Cronométrica (C3-LEM) y su software EVCOG que recupera y aplica los hallazgos en materia de los mecanismos de la representación del conocimiento y la recuperación de la información, en un contexto educativo (Morales-Martínez, et al., 2017; Morales-Martínez & López-Ramírez, 2016; Morales-Martínez & Santos-Alcantara, 2015; Morales-Martínez, et al., 2015; López et al., 2014; González et al., 2013).

Los datos obtenidos señalaron que el C3-LEM y su software EVCOG puede aportar diversos indicadores del aprendizaje, tales como la estructura del esquema como un acercamiento general a la concepción global del estudiante y el grupo sobre los contenidos básicos, así como también a la parte organizacional de esquema que aporta una visión interna de la estructura. La organización del esquema vista como un nivel de análisis interno a la estructura con la que docente y estudiantes pueden conocer la especificidad de los aprendizajes y representaciones, así como los cambios entre los conceptos que tejen la red cognitiva de significado.

La flexibilidad de la Evaluación Cognitiva Constructiva-Cronométrica, permite al docente evaluar desde el esquema general hasta las propias temáticas particulares de cada Unidad, tanto como considere necesario explorar las representaciones de los alumnos. Las mediciones eran sensibles a los cambios en los esquemas de conocimiento, dicha información puede apoyar a los estudiantes en sus procesos de aprendizaje autónomo y autorregulado. Estos resultados apoyaron las hipótesis planteadas sobre la evaluación formativa constructiva. En particular, aquí se observó que efectivamente un estudiante que integra nuevos aprendizajes conceptuales sobre el curso de Biología refleja su aprendizaje en los indicadores de organización y/o estructura del esquema de conocimiento. Y, por otra parte, los resultados del estudio de facilitación semántica indicaron que los estudiantes no consolidaron la información en la memoria, puesto que las palabras esquemáticas no fueron reconocidas más rápidamente.

También, los resultados señalan que se lograron los objetivos de la tesis pues se identificó las propiedades de organización y estructura del esquema de conocimiento del curso en Biología II y IV, mediante una técnica de medición de representación cognitiva del significado. Además, se logró explorar la permanencia del esquema de conocimiento en la Memoria a Largo Plazo de

los estudiantes, a través de estudios experimentales de facilitación semántica con tareas de decisión lexical.

Finalmente, para discutir las implicaciones del uso de técnicas y paradigmas experimentales de las Ciencias Cognitivas en la evaluación del aprendizaje académico en el nivel educativo medio superior, es importante señalar que en la literatura de la evaluación formativa tiene por objetivo evaluar el proceso de aprendizaje, lo que implica saber cuál ha sido la evolución del alumno respecto a la apropiación, uso, y transformación de la información (Hernández, 1998; Diaz-Barriga, 2004). Dicho proceso es enriquecedor ya que permite al docente y al alumno ser consciente del estado previo y alcances de sus saberes, así como favorecer el diseño de estrategias y adecuaciones curriculares para lograr los objetivos del docente y de curso. Los resultados de este estudio sugieren que el C3-LEM puede tener valor aplicado en la evaluación formativa de los estudiantes. Puede contribuir a demás en el diseño de materiales más adaptados a las características cognitivas de los estudiantes, tal como es el caso de los mapas conceptuales (Anexo II) elaborados a partir de los resultados de las RSN. Cada mapa está basado en el significado que los estudiantes construyeron, sin embargo, queda abierta la posibilidad de probar su efectividad en la práctica docente.

En general se mostró que es posible evaluar los esquemas de conocimiento de los estudiantes, así como detectar los cambios que sufren las representaciones al ser enriquecidas y confrontadas con la enseñanza de los contenidos. La unión del método de evaluación utilizado con técnicas de mapas conceptuales pueden ser una alternativa de alta efectividad a la hora de aprender conocimiento declarativo en el contexto escolar. Por ello, el presente trabajo de investigación aportó al campo de la Evaluación Educativa evidencia sobre el C3-LEM de Morales y Lopez como una forma eficaz de medir y explorar el aprendizaje de los estudiantes.

Por otro lado, se reconocen que las limitaciones de la presente investigación fueron las siguientes; la selección de las palabras estímulos de los estudios de Facilitación Semántica, en donde debería calibrarse con diccionarios sobre el uso de la Lengua Española en México, asimismo con ser comparados y evaluados con otros términos y ser juzgados por otros expertos en la materia de Biología. Se reconoce que los hallazgos del presente trabajo representan una

base para trabajos futuros sobre el diseño de material basado en la Evaluación Cognitiva Constructiva Cronométrica de los conocimientos de los estudiantes.

### **7.3 Reflexión como maestrante**

Respecto a la formación docente se afirma que es vital ser consciente de la importancia de la preparación y capacitación continua que requiere un profesor, además de su campo disciplinar, también en cuestiones didácticas y pedagógicas e inclusive de otras áreas. Así por ejemplo conocer cuestiones básicas de otras ciencias como es el caso de la Biología, y disciplinas incrementa la flexibilidad del pensamiento, la capacidad de crear vínculos entre contenidos, conceptos e ideas que sean atractivos para los alumnos. Las implicaciones de que el docente desarrolle una mentalidad de crecimiento pueden derivar en trabajos multidisciplinarios o resolución de problemas reales mediante los conocimientos integrales de los estudiantes de Educación Media Superior. Respecto al trabajo de investigación que se promueve en la MADEMS-Psicología permite vislumbrar que la Psicología como ciencia del aprendizaje y mente humana puede ser de utilidad en otros campos a la hora de diseñar propuestas que contemplen factores cognitivos desde una nueva visión de evaluación y exploración de significado.

Respecto al desarrollo personal a lo largo de la maestría, este fue guiado por un compromiso y responsabilidad de cambio respecto a la educación, y a lo largo de dos años fue enriquecedor el desarrollo del trabajo de investigación, la experiencia de involucrarse a nivel profesional con una institución, el trabajar en colaboración con docentes expertos, y conocer directamente un grupo, son ejercicios que replantean aquellos ideales educativos.

Sin duda alguna a pesar de diseñar un plan de trabajo para la investigación, el experimentar cambios, y factores no contemplados, hacen que las estrategias de maestrante se enriquezcan, que se generen planes emergentes y que se aprenda a reaccionar con los recursos disponibles para continuar con el objetivo trazado.

En lo personal se reitera el compromiso con la población de Educación Media Superior, con las instituciones y las diversas propuestas de modelos educativos. Asimismo, el entusiasmo

por la investigación, diseño y prueba de estrategias en el aula se han incrementado. El análisis y la reflexión de la importancia de la asignatura, su función con el perfil del egresado y más allá con el alumno de media superior, generan nuevos enfoques y perspectivas bajo las cuales diseñar y estructurar las sesiones de trabajo.

Finalmente, uno de los objetivos de la Educación es (o debería ser) lograr que los alumnos cambien sus marcos conceptuales por aquellos que impliquen un conocimiento más racional, que se caractericen por una elaboración más compleja de sus representaciones del mundo, y que disminuya la valía que otorgan a las creencias, el sentido común y a las experiencias directas.

Analizar el tipo de Biología que se lleva al aula, resulta bastante complejo porque el proceso de enseñanza se ve influido por dimensiones políticas, económicas, institucionales, históricas, tecnologías, cognitivas y emocionales de los diferentes agentes.

Haciendo uso de la analogía en muchas áreas pero en especial en física hay científicos reconocidos (e.g. Carl Sagan, Michio Kaku, Neil DeGrasse, Javier Santaolalla) encargados de la difusión de las teorías, los experimentos y principales retos de su disciplina. Pero el acto de difundir conocimiento para comprenderlo y después aprender a aplicarlo en diversos recursos metafóricos, discursivos, representativos y didácticos es complejo y aún más es complejo enseñar la esencia o el propósito de un modelo, hipótesis, teoría o experimento a partir de referentes sencillos, de fácil acceso, que acerquen a los estudiantes al conocimiento del área y a la formulación de nuevas concepciones del mundo desde una explicación científica válida y funcional más que de las que involucran el sentido común.

Siendo así, entonces ¿será que la biología que se enseña en el bachillerato se asemeja más a un acto de difusión, más que a uno de construcción del conocimiento basado en contenidos formales? Respecto a la enseñanza de la Biología, se debe reconocer su valía científica y su transición histórica para lograrlo, a pesar de que los alumnos no tengan planeado estudiar biología, es importante que conozcan en modo general los marcos teóricos, los paradigmas y los enfoques que ha dado sentido a una nueva ciencia. El fin último debería ser tratar de hacer atractivos los contenidos a los estudiantes apelando a sus propios esquemas y contextos, bajo la hipótesis de que el aprendizaje resultará más eficaz cuando se ajuste directamente al esquema,

que cuando es incompatible por el nivel de comprensión del alumno y el nivel de explicación del docente.

El hecho de buscar estrategias para que los alumnos disfruten de la clase y a su vez que reconozcan el potencial de la disciplina a través de sus propios marcos conceptuales, podría propiciar que dichos marcos construidos a lo largo de su vida por medio de la experiencia directa y el sentido común se vean únicamente recubiertos por información genérica de la materia, más allá de confrontar los núcleos de las concepciones para lograr una transformación de fondo más que de forma. Y es justamente en este debate donde las herramientas y habilidades docentes, son relevantes para crear herramientas que ayuden al estudiante a formar un pensamiento crítico, aplicado a su vida, en sus decisiones, en sus planes y sus transformaciones.

De ahí la trascendencia en la sistematicidad en los procesos de profesionalización docente, ya que permiten dirigir los esfuerzos y recursos a metas factibles y bien diseñadas. Se ha reafirmado durante este curso la importancia de organizar las sesiones bajo términos de tiempo, recursos, selección de contenido y estrategias. Lo que ha traído como resultado crear el hábito de la planeación y la organización previa a la clase, porque permite un mejor manejo de situaciones extemporáneas y establece una línea de trabajo que pueden ayudar a los estudiantes y al docente a sentir certidumbre sobre el rumbo que tomará el curso.

Además, brindar a los alumnos de un pensamiento teórico independientemente de que la materia pertenezca a humanidades y ciencias sociales, debe ser el eje central, porque a partir del pensamiento crítico, la contrastación de creencias, el continuo ejercicio de la investigación personal y la lectura de documentos científicos, irán creando las condiciones paulatinas de acumulación de conocimientos, que tarde o temprano terminarán por consolidarse en la mente del estudiante, y una vez logrado lo anterior, la persona podrá ser crítica y consciente a la hora de manipularla, agregar conocimiento, y decodificar con experiencias futuras la razón de ser de esas concepciones.

Se considera que la elaboración del trabajo de investigación tuvo resultados satisfactorios, y la experiencia permitió reconocer directamente el sinfín de factores educativos complejos de

analizar y solucionar en el día a día. Los aprendizajes van desde cuestiones prácticas como el diseño de pruebas de evaluación, la creación de estrategias de enseñanza y la elaboración de material didáctico; hasta lo teórico con la revisión de contenido que se creía dominado, el descubrimiento de nuevos referentes para concebir a los estudiantes y sus procesos de aprendizaje; y finalmente, emocionales, al sentir identificación con los jóvenes y a veces con la asesora, por el grado de empatía con el grupo por la cercanía de edades y por su apertura y calidez, además del vínculo generado más allá del salón.

### Referencias

- Alcaraz, N. (2015). Aproximación histórica a la evaluación educativa: De la generación de la medición a la generación ecléctica. *Revista Iberoamericana de Evaluación Educativa*, 8 (1), 11-25. Recuperado de <https://repositorio.uam.es/handle/10486/668240>
- Allen, B.D. (2006,21 de abril). *Concept Map Scoring: Empirical Support for a Truncated Joint Poisson and Conway-Maxwell-Poisson Distribution Method Online Submission* [Documento presentado]. The Annual Meeting of the New England Mathematical Association of Two-Year Colleges 32nd, Manchester, New Hampshire, United States.
- Álvarez, B. Á., Mieres, C. G., & Rodríguez, N. G. (2007). La motivación y los métodos de evaluación como variables fundamentales para estimular el aprendizaje autónomo. *Revista de Docencia Universitaria*, 5(2), 1-13.
- Álvarez, B. Á., Mieres, C. G., & Rodríguez, N. G. (2008). La motivación y los métodos de evaluación como variables fundamentales para estimular el aprendizaje autónomo. *Revista de Docencia Universitaria*, 37(1). Recuperado de <http://revistas.um.es/redu/article/view/3371>
- Anastasi, A., & Urbina, S. (1998). *Tests psicológicos*. Pearson Educación.
- Anderson, J. A., & Hinton, G. E. (1981). Models of information processing in the brain. En G. E. Hinton & J. A. Anderson (Eds.), *Parallel models of associative memory*. Erlbaum.

- Anderson, R. C. (1984). Some reflections on the acquisition of knowledge. *Educational researcher*, 13(9), 5-10.
- Anderson, J. A., & Hinton, G. E. (1981). Models of information processing in the brain. En G. E. Hinton & J. A. Anderson (Eds.), *Parallel models of associative memory*. Erlbaum.
- Angelo, T. A., & Cross, K. P. (1993). Minute paper. *Classroom assessment techniques: A handbook for college teachers*, 148-153.
- Austin, L.B. y Shore, B.M. (1995). Using Concept Mapping for Assessment in Physics. *Physics Education*, 30(1), 41-45.
- Ausubel, D. P. (1968). *Educational Psychology: A Cognitive View*, Rinehart and Winston.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D. & Hanesian, H. (1978). *Educational Psychology: A Cognitive View*. Rinehart and Winston.
- Ávila, M. M., & de la Rubia, J. M. (2013). El significado psicológico de las cinco fases del duelo propuestas por Kübler-Ross mediante las redes semánticas naturales. *Psicooncología*, 10(1), 109-130.
- Bandura, A. (1986). The explanatory and predictive scope of self-efficacy theory. *Journal of Social and Clinical Psychology*, 4(3), 359-373. <https://doi.org/10.1521/jscp.1986.4.3.359>
- Barberá, E. (2006). Los fundamentos teóricos de la tutoría presencial y en línea: una perspectiva socio-constructivista. *Educación en Red y Tutoría en Línea*, 151-168. Recuperado de [https://nanopdf.com/download/los-fundamentos-teoricos-de-la-tutoria-presencial-y-en-linea\\_pdf](https://nanopdf.com/download/los-fundamentos-teoricos-de-la-tutoria-presencial-y-en-linea_pdf)
- Barbier, J. M. (1998). *La evaluación en los procesos de formación*. Paidós.

- Bartels, B.H. (1995). Promoting Mathematics Connections with Concept Mapping. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 1(7), 542-549.
- Bertrand, J. (1991). Student assessment and evaluation. En B. Harp (Ed.), *Assessment and evaluation in whole language programs* (pp. 17-33). Christopher-Gordon.
- Blanco Gutiérrez, O. (2003). La práctica de la evaluación en la carrera de educación básica integral de la ULA, Táchira. *Geoenseñanza*, 8(1), 17-31.
- Bloom, B., Hastings, J. & Madaus, G. (1975). *Evaluación del aprendizaje*. Troquel.
- Bolte, L. A. Assessing Mathematical Knowledge with Concept Maps and. *Educational Studies in Mathematics*, 20, 347-65.
- Boring, E. G. (1980). *Historia de la psicología*. Trillas.
- Bransford, J. (1979). *Human cognition: Learning, understanding, and remembering*. Wadsworth.
- Brown, G. T. (2004). Teachers' conceptions of assessment: Implications for policy and professional development. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 11(3), 301-318. <https://doi.org/10.1080/0969594042000304609>
- Brown, S., & Pickford, R. (2013). *Evaluación de habilidades y competencias en Educación Superior*. Narcea Ediciones.
- Campanario, J. M. (2004). El Enfoque Conexionista en Psicología Cognitiva y algunas aplicaciones sencillas en didáctica de las Ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 22(1), 93–104 93. Recuperado de <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21963>
- Carreño, H. F. (1977). *Enfoques y principios teóricos de la evaluación*. Trillas.
- Cizek, G. J. (1998). The assessment revolution's unfinished business. *Kappa Delta Pi Record*, 34(4), 144-149. <https://doi.org/10.1080/00228958.1998.10518753>
- Coll, C. (2001). Constructivismo y educación: la concepción constructivista de la enseñanza y el aprendizaje. En C. Coll, J. Palacios & A. Marchesi (Comps.), *Desarrollo psicológico y educación 2. Psicología de la educación escolar* (pp. 157–186). Alianza Editorial.

- Coll, C., Mauri, T., & Onrubia, J. (2008). La utilización de las tecnologías de la información y la comunicación en la educación: Del diseño tecno-pedagógico a las prácticas de uso. *Psicología de la educación virtual*, 74-103.
- Coll, C. & Monereo, C. (2008). Educación y aprendizaje en el siglo XXI: nuevas herramientas, nuevos escenarios, nuevas finalidades. En C. Coll & C. Monereo (Eds.), *Psicología de la educación virtual* (pp. 19-53). Morata.
- Collins, A. M., & Loftus, E. F. (1975). A spreading-activation theory of semantic processing. *Psychological Review*, 82(6), 407-428. <http://dx.doi.org/10.1037/0033-295X.82.6.407>
- Collins, A. M., & Quillian, M. R. (1970). Facilitating retrieval from semantic memory: The effect of repeating part of an inference. *Acta Psychologica*, 33, 304-314. [https://doi.org/10.1016/0001-6918\(70\)90142-3](https://doi.org/10.1016/0001-6918(70)90142-3)
- Collins, A. M., & Quillian, M. R. (1969). Retrieval Time from Semantic Memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 8(2), 240-247. [https://doi.org/10.1016/S0022-5371\(69\)80069-1](https://doi.org/10.1016/S0022-5371(69)80069-1)
- Collipal Larre, E., & Silva Mella, H. (2011). Estudio de la anatomía en cadáver y modelos anatómicos: impresión de los estudiantes. *International Journal of Morphology*, 29(4), 1181-1185. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022011000400018>
- Coll, C., Mauri, T., & Onrubia, J. (2008). La utilización de las tecnologías de la información y la comunicación en la educación: Del diseño tecno-pedagógico a las prácticas de uso. *Psicología de la educación virtual*, 74-103.
- Crafton, L., & Burke, C. (1994). Inquiry-based evaluation: Teachers and students reflecting together. *Primary Voices*, 2(2), 2-7.
- Cronbach, L. J. (2000). Course improvement through evaluation. En D. L. Stufflebeam., G.F. Madaus & T. Kellaghan (Eds.), *Evaluation Models: Viewpoints on Educational and Human Services Evaluation* (Vol. 49, pp. 235-247). Kluwer Academic Publishers.
- Dhindsa, H. S., Makarimi-Kasim., & Anderson, O. R. (2011). Constructivist-visual mind map teaching approach and the quality of students' cognitive structures. *Journal of Science*

- Education and Technology*, 20(2), 186-200. <https://doi.org/10.1007/s10956-010-9245-4>
- Dawson, M. R. (2013). *Mind, body, world: Foundations of cognitive science*. University Press.
- Dayton, C. M., & Dayton, C. M. (1970). The design of educational experiments. *Acta Psychologica*, 25 (1), 257-262.
- de Pro Bueno, A. (2001). ¿Qué estructuras conceptuales de física debe aprender el alumnado de secundaria con la contrarreforma? *Alambique: didáctica de las ciencias experimentales*, 28, 9-21.
- Delors, J., Amagi, I., Carneiro, R., Chung, F., Geremek, B., Gorham, W., ... & Nanzhao, Z. (1997). *La educación encierra un tesoro: informe para la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el Siglo Veintiuno*. UNESCO.
- De Vega, M. (1998). La psicología cognitiva: ensayo sobre un paradigma en transformación. *Anuario de Psicología*, 29 (2), 21-44. Recuperado de <http://www.raco.cat/index.php/AnuarioPsicologia/article/download/61482/88329>
- Díaz-Barriga, F. (2004). El portafolio docente como recurso innovador en la evaluación de los profesores. En M. Rueda & F. Díaz Barriga (Coords.), *Evaluación de la docencia en la universidad. Una perspectiva desde la investigación* (pp. 154-173). CESU-UNAM/Plaza y Valdés.
- Dobles, M. C. (1996). Acreditación en Educación Superior: Orígenes, prácticas actuales, perspectivas. *En Memoria Foro Taller Internacional sobre Tendencias Actuales en la Medición y Evaluación Educativa*. Universidad de Costa Rica: Compiladora Leda Badilla.
- Dugua, C. C., Cabañas, R. M., & Olivares, L. S. (2016). *La evaluación del aprendizaje en el nivel superior desde el enfoque por competencias*. Trillas.
- Ebel, R. L. (1977). *Fundamentos de la medición educacional*. Guadalupe Bs. Aires.
- Enger, S.K. (1996). *Concept Mapping: Visualizing Student Understanding*. Paper presentado en el Anual Meeting of Mid-South American Educational Research Association, Tuscalossa, November 6-8, 1996, Science Education Center, Iowa University.

- Escudero, E. T. (2003). Desde los tests hasta la investigación evaluativa actual. Un siglo, el XX, de intenso desarrollo de la evaluación en educación [From tests to current evaluative research. One century, the XXth, of in-tense development of evaluation in education]. *Revista ELectrónica de Investigación y Evaluación Educativa (RELIEVE)*, 9 (1). Recuperado de: [http://www.uv.es/RELIEVE/v9n1/RELIEVEv9n1\\_1.htm](http://www.uv.es/RELIEVE/v9n1/RELIEVEv9n1_1.htm).
- Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades, (2016a). *Programas de Estudio. Área de Ciencias Experimentales Biología I-II*. Primera edición.
- Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades, (2016b). *Programas de Estudio. Área de Ciencias Experimentales Biología III-IV*. Primera edición.
- Ertmer, P. A., & Newby, T. J. (2013). Behaviorism, cognitivism, constructivism: Comparing critical features from an instructional design perspective. *Performance improvement quarterly*, 26(2), 43-71.
- Eysenck, M. W. & Keane, M. (2000). *Cognitive Psychology A Student's Handbook*. Taylor & Francis Inc.
- Fensham, P. J. (2001). Science content as problematic-Issues for Research. In *Research in science education-Past, present, and future* (pp. 27-41). Springer, Dordrecht.
- Fernández Ballesteros, R. (1981). Perspectivas históricas de la evaluación conductual. En R. Fernández & J.A. Carroble (Eds.), *Evaluación conductual*. Pirámide.
- França, S.; d'Ivernois, J.F.; Marchand, C.; Haenni, C.; Ybarra, J. y Golay, A. (2004). Evaluation of nutritional education using concept mapping. *Patient Education and Counseling*, 52(2), 183-192
- Figueroa, J. G., González, G. E. & Solís, V. M. (1975). An approach to the problem of meaning: Semantic networks. *Journal of Psycholinguistic Research*, 5(2), 107-115. <http://dx.doi.org/10.1007/BF01067252>
- Figueroa, J. G., Gonzáles, G. E. & Solís, V. M. (1981). Una aproximación al problema del significado: Las redes semánticas [An approximation of the problem of meaning: The semantic systems]. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 13(3), 447-458.

- Figueroa, J., Carrasco, M. & Sarmiento, C. (1982, día mes). *Sobre la teoría de las redes semánticas* [Trabajo presentado]. VI Encuentro Nacional y I Latinoamericano de Psicología. Guadalajara, México.
- Figueroa, J. G., Solís, V. M., & González, E. G. (1974). The possible influence of imagery upon retrieval and representation in LTM. *Acta psychologica*, 38(6), 425-428. [http://dx.doi.org/10.1016/0001-6918\(74\)90002-X](http://dx.doi.org/10.1016/0001-6918(74)90002-X)
- Flores Kanter, P. E., Medrano, L. A., & Manoilloff, L. M. (2014). Estados de Ánimo y Juicios de Autoconcepto en Universitarios: Análisis desde un abordaje basado en Redes Semánticas Naturales. *Interamerican Journal of Psychology*, 48(3) 122-130. Recuperado de <http://www.redalyc.org/html/284/28437897006/>
- Fodor, J. A., & Pylyshyn, Z. W. (1988). Connectionism and cognitive architecture: A critical analysis. *Cognition*, 28(1), 3-71. [https://doi.org/10.1016/0010-0277\(88\)90031-5](https://doi.org/10.1016/0010-0277(88)90031-5)
- Gagné, R.M. (1971). *Las condiciones del aprendizaje*. Morata.
- Gannon, E.J. (2003). *Men's perceptions of the ideal woman: A concept map*. Dissertation Abstracts International: Section B: The Sciences and Engineering, 63(6-B), 2992.
- García, G. E., & Pearson, P. D. (1994). Assessment and diversity. *Review of Research in Education*, 20(1), 337–391. <https://doi.org/10.3102/0091732X020001337>
- Gebril, A., & Brown, G. T. (2014). The effect of high-stakes examination systems on teacher beliefs: Egyptian teachers' conceptions of assessment. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 21(1), 16-33.
- Gibbs, G. (2010). *Using assessment to support student learning*. Leeds Met Press.
- Gilbert, J., & Graham, S. (2010). Teaching writing to elementary students in grades 4–6: A national survey. *The Elementary School Journal*, 110(4), 494-518. <https://doi.org/10.1086/651193>
- Glaser, R. (1965). *Teaching machines and programmed learning*. National Education Association.

- Glaser, R., & Bassok, M. (1989). Learning theory and the study of instruction. *Annual review of psychology*, 40(1), 631-666.
- Goldsmith, T. E., Johnson, P. J., & Acton, W. H. (1991). Assessing structural knowledge. *Journal of educational psychology*, 83(1), 88.
- González, L. E., & Ayarza, H. (1997). Calidad, evaluación institucional y acreditación en la educación superior en la región Latinoamericana y del Caribe. *La educación superior en el siglo XXI. Visión de América Latina y el Caribe*, 1, 337-390.
- Gonzalez, C. J., Lopez, E. O., & Morales, G. E. (2013). Evaluating moral schemata learning. *International Journal of Advances in Psychology*, 2(2), 130-136. Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/Ernesto\\_Ramirez2/publication/262675871\\_Evaluating\\_Moral\\_Schemata\\_Learning/links/00b7d53865925b23e1000000.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ernesto_Ramirez2/publication/262675871_Evaluating_Moral_Schemata_Learning/links/00b7d53865925b23e1000000.pdf)
- González-Tejero, S. J., & Pons-Parra, R. M. (2011). El constructivismo hoy: enfoques constructivistas en educación. *Revista electrónica de investigación educativa*, 13(1), 1-27. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1607-40412011000100001&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1607-40412011000100001&script=sci_arttext)
- Graff, M. (2006). Constructing and Maintaining an Effective Hypertext- Based Learning Environment: Web-Based Learning and Cognitive Style. *Education & Training*, 48(2-3), 143-155
- Gregory, R. (2001). *Evaluación psicológica: Historia, principios y aplicaciones*. Manual Moderno.
- Guba, E. G. & Lincoln, Y. S. (1989). *Fourth Generation Evaluation*. Sage Publications.
- Guskey, T. R. (1994). *High Stakes Performance Assessment: Perspectives on Kentucky's Educational Reform*. Corwin Press.
- Guthrie, E. R. (1930). Conditioning as a principle of learning. *Psychological Review*, 37(5), 412-428. <http://dx.doi.org/10.1037/h0072172>
- Gutiérrez, O. (2003). Enfoques y modelos educativos centrados en el aprendizaje. En *El*

*proceso educativo desde los enfoques centrados en el aprendizaje*. Recuperado de <http://lie.upn.mx/docs/docinteres/EnfoquesyModelosEducativos2.pdf>

- Hagerman, H. (1966). *An analysis of learning and retention in college students and the common goldfish (Carassius auratus, Lin)*. Tesis doctoral inédita, Purdue University, Lafayette (referida por Novak, J.D. 1998).
- Hanson, S. J., & Burr, D. J. (1990). What connectionist models learn: Learning and representation in connectionist networks. *Behavioral and Brain Sciences*, 13(3), 471-489. <https://doi.org/10.1017/S0140525X00079760>
- Harris, L. R., & Brown, G. T. (2009). The complexity of teachers' conceptions of assessment: Tensions between the needs of schools and students. *Assessment in Education: Principles, Policy & Practice*, 16(3), 365-381. <https://doi.org/10.1080/09695940903319745>
- Hay, D. B. (2007). Using concept maps to measure deep, surface and non-learning outcomes. *Studies in Higher Education*, 32(1), 39-57.
- Herl, H.E., O'Neil, H.F. Jr., Chung, G.K.W.K. and Schacter, J. An integrated simulation approach to assessment. Symposium presented at the annual meeting of the American Educational Research Association. Chicago. Feasibility of an online concept mapping construction and scoring system, Edited by: O'Neil, H.F. Jr. (Chair). March.
- Hernández, R. G. (1998) *Paradigmas en psicología de la educación*. México: Paidós.
- Hernández, V. J., Nava, M. J. M., & González, G. D. P. D. (2015). Evolución de la Evaluación. Revisión bibliográfica. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 10(1).
- Holley, C.D., & Dansereau. (1984). Networking: The technique and the empirical evidence. En C. D. Holley & D. F. Dansereau (Eds.), *Spatial learning strategies: Techniques, applications and related issues* (pp. 81-108). Academic Press.
- House, E. R. (Ed.). (1983). How we think about evaluation. *Philosophy of evaluation* (pp.30-48). Jossey-Bass.

- Howard, R. (1988). Schemata: Implications for teaching science. *Australian Science Teachers Journal*, 34(1), 29-34.
- Hubbard, T. (2007). What is mental representation? and how does it relate to consciousness. *Journal of Gonsciousness Studies*, 14 (1-2), 37-61. Recuperado de <http://www.ingentaconnect.com/content/imp/jcs/2007/00000014/f0020001/art00004>
- Imbernón, F., Bartolome, L., Flecha, R., Sacristán, J. G., Giroux, H., Macedo, D., McLaren, P., Popkewitz, T. S., Rigal, L., Subirats, M., Tortajada, I. (1999). *La educación en el siglo XXI: Los retos del futuro inmediato*. GRAÓ, Biblioteca de Aula.
- Jones, A., & Moreland, J. (2005). The importance of pedagogical content knowledge in assessment for learning practices: A case-study of a whole-school approach. *The Curriculum Journal*, 16(2), 193-206. <https://doi.org/10.1080/09585170500136044>
- Kember, D. (2000). *Action learning and action research: Improving the quality of teaching and learning*. Psychology Press.
- Kemp, A.C. (2002). Implications of diverse meanings for "scientific literacy". Paper presented at the Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science. Charlotte, NC. En P.A. Rubba, J.A. Rye, W.J. Di Biase y B.A. Crawford (Eds.), *Proceedings of the 2002 Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science* (pp. 1202-1229). Pensacola, FL (ERIC Document Reproduction Service No. ED 438 191): AETS. En [http://www.ed.psu.edu/CI/Journals/2002aets/s3\\_kemp.rtf](http://www.ed.psu.edu/CI/Journals/2002aets/s3_kemp.rtf)
- Kidder, L. H. (1981). Qualitative research and quasi-experimental frameworks. En M. B. Brewer & B. E. Collins (Eds.), *Scientific inquiry and the social sciences* (pp. 226-256). Jossey-Bass.
- Kinchin, I.M.; Hay, D.B. y Adams, A. (2000). How a Qualitative Approach to Concept Map Analysis Can Be Used To Aid Learning by Illustrating Patterns of Conceptual Development. *Educational Research*, 42(1), 43-57
- Knish, S. (1995). Concept mapping the beliefs of chronic low back pain sufferers. *Dissertation Abstracts International: Section B: The Sciences and Engineering*, 56(3-B), 1703.

- Knish, S. y Calder, P. (1999). Beliefs of chronic low back pain sufferers: A concept map. *Canadian Journal of Rehabilitation*, 12(3), 165-177.
- Kounba, V. (1994). Self-evaluation as an Act of Teaching. *Mathematics Teacher*, 87, 354-358
- Krathwohl, D. R. (2002). A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. *Theory into Practice*, 41(4), 212-218. [https://doi.org/10.1207/s15430421tip4104\\_2](https://doi.org/10.1207/s15430421tip4104_2)
- Kunkel, M.A.; Cook, S.; Meshel, D.S.; Daughtry, D. y Hauenstein, A. (1999). God Images: a concept map. *Journal for the Scientific Study of Religion*, 38(2), 193-202.
- Lachman, R., Lachman, J. L., & Butterfield, E. C. (2015). *Cognitive psychology and information processing: An introduction*. Psychology Press.
- Lavigne, Nancy C. (2005). Mutually Informative Measures of Knowledge: Concept Maps Plus Problem Sorts in Statistics. *Educational Assessment*, 10(1), 39-7.
- Leidner, D., & Jarvenpaa, S. (1995). The use of information technology to enhance management school education: A theoretical view. *MIS Quarterly*, 19 (3), 265-272. <https://doi.org/10.2307/249596>
- Lerner, R. M., Dowling, E., & Chaudhuri, J. (2005). Methods of contextual assessment and assessing contextual methods: A developmental systems perspective. En D. M. Teti (Ed.), *Handbook of research methods in developmental science* (pp. 183-209). Blackwell Publishing Ltd.
- Lindblad, S., Pettersson, D., & Popkewitz, T. S. (Eds.). (2018). *Education by the numbers and the making of society: The expertise of international assessments*. Routledge.
- Lindsay, P. H., & Norman, D. A. (2013). *Human information processing: An introduction to psychology*. Academic press.
- Liu, X. (1994). The Validity and Reliability of Concept Mapping as an Alternative Science Assessment when Item Response Theory Is Used for Scoring. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association. (New Orleans, LA, April 4-8, 1994). Pp. 3-31.
- Liu, Y., Zhao, G., Ma, G., & Bo, Y. (2014). The Effect of Mind Mapping on Teaching and

- Learning: A Meta-Analysis. *Standard Journal of Education and Essay*, 2(1), 17–31.
- López, R. E. O. (2001). *Ciencia Cognitiva y Conexionismo: Una nueva forma cognitiva de ver la mente humana*. Trillas.
- López, R.E.O. (2002). *El enfoque cognitivo de la memoria humana: Técnicas de investigación*. Trillas.
- López, E. O & Morales, G. E., (2015). *Los procesos cognitivos en la enseñanza y aprendizaje: el caso de la psicología cognitiva y el aula escolar*. Trillas.
- López, R. E. O., Morales, M. G. E., Hedlefs, A.M.I., & González, T. C. J. (2014), New empirical directions to evaluate online learning. *International Journal of Advances in Psychology*, 3(2), 40-47. <http://dx.doi.org/10.14355/ijap.2014.0302.03>
- López, R. E. O., & Theios, J. (1992). Semantic Analyzer of Schemata Organization (SASO). *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, 24(2), 277-285. <http://dx.doi.org/10.3758/BF03203508>
- López, R.E. O. & Theios, J. (1996). *Single word schemata priming: A connectionist approach* [Ponencia presentada]. The 69th Annual Meeting of the Midwestern Psychological Association. Chicago, Illinois, United States.
- Lomask, M., Baron, J., Greig, J., & Harrison, C. (March, 1992). ConnMap: Connecticut's use of concept mapping to assess the structure of students' knowledge of science. A symposium presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Cambridge, MA.
- Lundh, L. G. (1995). Meaning structures and mental representations. *Scandinavian journal of psychology*, 36(4), 363-385.
- Mager, R. F. (1973). *Análisis de metas*. México: Trillas.
- Marqués, P. (1999). *Concepciones sobre el aprendizaje*. Recuperado de <http://www.peremarques.net/aprendiz.htm>
- Marqués, P. (2001). Didáctica. Los procesos de enseñanza y aprendizaje. La motivación. *Departamento de Pedagogía Aplicada, Facultad de Educación, UAB, Barcelona*.

- Mayer, R. E. (2002). *Psicología de la educación: el aprendizaje en las áreas de conocimiento*. Pearson.
- Meier, S. T. (2013). *The chronic crisis in psychological measurement and assessment: A historical survey*. Academic Press.
- McClelland, J., Rumelhart, D., & Hinton, G. (1986). The appeal of parallel distributed processing. En D. Rumelhart & J. McClelland (Eds.), *Parallel distributed processing: Explorations in the microstructure of cognition* (pp. 3-44). MIT Press.
- McNamara, T.P. (2005). *Semantic priming: Perspectives from memory and word recognition*. Psychology Press.
- Mercado, D. S. J., López, C. E., Velasco, R. A. E. (2015). *Manual de Redes Semánticas Estructurales*. Departamento de Publicaciones de la Facultad de Psicología de la UNAM.
- Merriam., & Caffarella. (1991). *Cuatro orientaciones del aprendizaje*. Recuperado de <http://www.infed.org/biblio/b-learn.htm>
- Merriam, S. B., Caffarella, R. S., & Baumgartner, L. M. (2020). *Learning in adulthood: A comprehensive guide*. John Wiley & Sons.
- Miller, G. A. (2003). The cognitive revolution: A historical perspective. *Trends in cognitive sciences*, 7(3), 141-144. [https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(03\)00029-9](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(03)00029-9)
- Morales-Martínez, G. E. (2015). *Protocolo para la recolección de conceptos objetivo y definidores centrales y diferidos (PRECODECD): Un sistema de codificación de conceptos extraídos de las redes semánticas naturales [Protocol for the collection of objective concepts and central and deferred definers (PRECODECD): [Manuscrito no publicado]*. Institute of Research on the University and Education, National Autonomous University of Mexico.
- Morales-Martínez G. E. (2020). *Sistema de evaluación cognitiva constructiva cronométrica del aprendizaje en línea y presencial [Manuscrito enviado a publicación]*. Institute of Research on the University and Education, National Autonomous University of Mexico.
- Morales, M. G. E., López, R. E. O., Hedlefs, A. M. I., & González, T. C. J. (2014).

Recuperando el paso en la evaluación del aprendizaje en la era digital: una aproximación conexionista. *Ingenierías*, 17(65), 27-37.

Morales-Martínez, G. E., & López-Ramírez, E. O. (2015). *New approaches to e-cognitive assessment of e-learning*. *International Journal for e-Learning Security (IJeLS)*, 5(2), 449-453. doi:10.20533/ijels.2046.4568.2015.0057

Morales-Martínez, G. E., & Santos-Alcantara, M. G. (2015). Alternative Empirical Directions to Evaluate Schemata Organization and Meaning. *Advances in Social Sciences Research Journal*, 2(9) 51-58. <http://dx.doi.org/10.14738/assrj.29.1412>

Morales-Martínez, G. E. & Lopez-Ramírez, E. O. (2016). Cognitive responsive e-assessment of constructive e-learning. *Journal of e-Learning and Knowledge Society*, 12(4), 39-49.

Morales-Martínez, G.E., López-Ramírez, E.O., Castro-Campos, C., Villarreal-Treviño, M.G., & Gonzáles-Trujillo, C.J. (2017). Cognitive Analysis of Meaning and Acquired Mental Representations as an Alternative Measurement Method Technique to Innovate E-Assessment. *European Journal of Educational Research*, 6(4), 455-465. <http://dx.doi.org/10.12973/eu-jer.6.4.455>

Morales-Martínez, G. E., Lopez-Ramírez, E. O., Garcia-Duran, J. P., & Urdiales-Ibarra, M. E. (2018). Cognitive constructive–chronometric techniques as a tool for the e-assessment of learning. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 17(2), 159-176.

Morales-Martínez, G. E., Ángeles-Castellanos, A. M., Ibarra-Ramírez, V. H., & Mancera-Rangel, M. I. (2020). Cognitive E-Tools for Diagnosing the State of Medical Knowledge in Students Enrolled for a Second Time in an Anatomy Course. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 19(9).

Morales-Martínez, G. E. (en prensa). *Ciencia y tecnología cognitiva como un medio para la innovación y el desarrollo de métodos de evaluación del aprendizaje en línea*.

Moreira, M.A. (1980). Mapas conceptuales como instrumentos para promover la diferenciación conceptual progresiva y la reconciliación integradora. *Ciència e Cultura*, 32 (4), 474-479

- Moreira, M.A. (1988). Mapas conceptuales y aprendizaje significativo en ciencias. *Cadernos do Aplicaçao, Porto Alegre*, 11(2), 143-156
- Murphy, S. (1997). Assessing writing portfolios and curriculum reform: Patterns in practice. *Assessing Writing*, 1(2), 175-206. [https://doi.org/10.1016/1075-2935\(95\)90022-5](https://doi.org/10.1016/1075-2935(95)90022-5)
- Nava, Q. C., & Vega, V. Z. (2004). Psicometría y sus orígenes darwinianos. *Revista Electrónica de Psicología Iztacala*, 7(4). 10- 22. Recuperado de <http://revistas.unam.mx/index.php/rep/article/view/21667>
- Novak, J.D. (1987). *Proceedings of the Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Ithaca, NY: Cornell Univeristy
- Novak, J.D. (1991). Clarify with Concept Maps. *Science Teacher*, 58(7), 44-49.
- Novak, J.D. (1998). *Learning, Creating, and Using Knowledge: Concept Maps as Facilitative Tools in Schools and Corporations*. Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum Assoc. Edición en castellano: Novak, J.D. (1998). *Conocimiento y aprendizaje. Los mapas conceptuales como herramientas facilitadoras para escuelas y empresas*. Madrid: Alianza Editorial.
- Novak, J.D. (2005). Results and Implications of a 12-Year Longitudinal Study of Science Concept Learning. *Research in Science Education*, 35(1), 23-40
- Novak. J.D. y Abrams, R. (1993). *Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Ithaca, NY: Cornell University.
- Novak, J. D., & Gonzalez, C. (1998). *Conocimiento y aprendizaje: los mapas conceptuales como herramientas facilitadoras para escuelas y empresas*.
- Novak, J.D., Gowin, D.B., y Johansen, G.T. (1983). The use of concept mapping and knowledge Vee mapping with junior high school science students. *Science Education*, 67(5), 625-645
- Novak, J. D., Gowin, D. B., & Otero, J. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Martínez Roca.
- Novak & Mussonda, 1991

- OCDE. (2017). *Diagnóstico de la OCDE sobre la Estrategia de Competencias Destrezas y Habilidades de México Resumen Ejecutivo*. Recuperado de <https://www.oecd.org/mexico/Diagnostico-de-la-OCDE-sobre-la-Estrategia-de-Competencias-Destrezas-y-Habilidades-de-Mexico-Resumen-Ejecutivo.pdf>
- Nunnally, J. C. (1978). *Introducción a la Medición en psicología*. Paidós.
- Padilla, M.V.M., López, R.E.O., & Rodríguez, N.M.C. (2006, July 16-21). *Evidence for schemata priming* [Ponencia presentada]. 4th International Conference on Memory. Sydney, Australia.
- Patton, M. Q. (1980). *Qualitative Evaluation methods*. Sage
- Perassi, Z. (2008). Sistemas de evaluación educativa en América Latina: Construyendo un Estado del Arte. En *La evaluación en educación: un campo de controversias* (pp. 3-20). Laboratorio de Alternativas Educativas.
- Popham, W. J. (1980). *Problemas y técnicas de la evaluación educativa*. Anaya.
- Popham, W. J. (1983). *Evaluación basada en criterios*. Magisterio Español.
- Posner, G. (1996). *Field experience: A guide to reflective teaching*. Longman.
- Pozo, J. I. (2006). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Morata.
- Rama, G. (1989). *Cambio social, educación y crisis en América Latina*. Universidad de Santo Tomás.
- Rafferty, C.D. y Fleschner, L.K. (1993). Concept Mapping: A Viable Alternative to Objective and Essay Exams. *Reading Research and Instruction*, 32(3), 25-34
- Rice, D.C., Ryan, J.M., y Samson, S.M. (1998). Using concept maps to assess student learning in the science classroom: Must different methods compete?. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 1103- 1127.
- Reyes L., I. (1993). Las redes semánticas naturales, su conceptualización y su utilización en la construcción de instrumentos. *Revista de Psicología Social y Personalidad*, 9 (1), 81-97.
- Rosário, P., Pérez, J. C. N., & González-Pienda, J. A. (2004). Historias que enseñan a estudiar y

aprender: Una experiencia en la enseñanza obligatoria portuguesa. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 2(1), 131-144.

Rosenblatt, L. (1979). *The reader, the text, the poem*. University Press.

Roth, K. J. (1990) Developing meaningful conceptual understandings in science. En B.F. Jones & L. Idol (Eds.), *Dimensions of thinking and cognitive instruction* (pp. 139-175). Erlbaum.

Rothman, R. (1996). Linking Standards and Instruction--HELPS Is on the Way. *Educational Leadership*, 53(8), 44-46. Recuperado de <https://eric.ed.gov/?id=EJ525921>

Ruiz-Primo, M.A. y Shavelson, R.J. (1997). Concept-Map Based Assessment: On Possible Sources of Sampling Variability. U.S. Department of Education, Office of Educational Research and Improvement, Educational Resources Information Center.

Ruiz-Primo, M.A.; Schultz, S.E.; Li, M. y Shavelson, R.J. (2001). Comparison of the Reliability and Validity of Scores from Two Concept- Mapping Techniques. *Journal of Research in Science Teaching*, 38, 260-278.

Rumelhart, D. E., & Ortony, A. (1977). The representation of knowledge in memory. En R. C. Anderson, R. J. Shapiro & W. E. Montague (Eds.), *Schooling and the acquisition of knowledge* (pp. 99-135). Lawrence Erlbaum Associates.

Rumelhart, D. E., Smolensky, P., McClelland, J. L., & Hinton, G. (1986). Schemata and sequential thought processes in PDP models. En J. L. McClelland, D.E. Rumelhart & the PDP Research Group (Eds.), *Parallel distributed processing: Explorations in the microstructure of cognition Vol. 2. Psychological and biological models* (pp. 7 -57). MIT Press.

Russell, N. & Willinsky, J. (1997). Fourth generation educational evaluation: The impact of a most-modern paradigm on school based evaluation. *Studies in Educational Evaluation*, 23 (3), 187-199. [https://doi.org/10.1016/S0191-491X\(97\)00012-6](https://doi.org/10.1016/S0191-491X(97)00012-6)

Sánchez, M. A., Pérez, D. G., & Martínez, T. J. (1996). Evaluar no es calificar. La evaluación y la calificación en una enseñanza constructiva de las ciencias. *Revista Investigación en la*

- Escuela*, 30(1), 15-26. Recuperado de <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/59727>
- Segura, C. M. (2005). El ambiente y la disciplina escolar desde el conductismo y el constructivismo. *Revista Electrónica Actualidades Investigativas en Educación*, 5(1), 1-18. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/447/44720504001.pdf>
- Serafini, F. (2001). Three paradigms of assessment: Measurement, procedure, and inquiry. *The Reading Teacher*, 54(4), 384-393. Recuperado de [www.jstor.org/stable/20204924](http://www.jstor.org/stable/20204924)
- Schank, R. C., & Abelson, R. P. (1995). *Scripts, plans, goals, and understanding: An inquiry into human knowledge structures*. Psychology Press.
- Schank, R. C. (1980). Language and memory. *Cognitive Science*, 4(3), 243-284. [https://doi.org/10.1016/S0364-0213\(80\)80004-8](https://doi.org/10.1016/S0364-0213(80)80004-8)
- Schau, C.; Mattern, N.; Zeilik, M. y Teague, K.W. (1999). *Select-and-Fillin Concept Map Scores as a Measure of Undergraduate Students' Connected Understanding of Introductory Astronomy*. Paper presentado en el Anual Meeting of American Educational Research Association.
- Schwab, J. J. (1973). The practical 3: Translation into curriculum. *The school review*, 81(4), 501-522.
- Scriven, M. (1967). The methodology of evaluation. En *Perspectives of Curriculum Evaluation*, AERA Monograph 1. Rand McNally and Company.
- Sharkey, A. J. (1996). On combining artificial neural nets. *Connection Science*, 8(3-4), 299-314. <https://doi.org/10.1080/095400996116785>
- Shavelson, R. J. (1972). Some aspects of the correspondence between content structure and cognitive structure in physics instruction. *Journal of educational psychology*, 63(3), 225.
- Shavelson, R.J.; Lang, H. y Lewin, B. (1994). *On Concept Maps as Potential "Authentic" Assessments in Science. Indirect Approaches to Knowledge Representation of High School Science*. (CSE Tech. Rep. No.388). Los Angeles, CA: University of California, National Center for Research on Evaluation, Standards, and Student testing (CRESST).

- Shavelson, R.J.; Ruiz-Primo, M.A. y Wiley, E.W. (2005). Windows into the Mind. *Higher Education: The International Journal of Higher Education and Educational Planning*, 49(4), 413-430.
- Shepard, L. A. (2000). The role of assessment in a learning culture. *Educational Researcher*, 29(7), 4-14. <https://doi.org/10.3102/0013189X029007004>
- Short, K., & Burke, C. (1994, día mes). *Curriculum as inquiry* [Documento presentado]. Fifth Whole Language Umbrella Conference. San Diego, CA, United States.
- Simon, H.A. (1978). On the forms of mental representation. En C.W. Savage (Ed.), *Minnesota studies in the philosophy of science. Perception and cognition: Issues in the foundations of psychology* . University of Minnesota Press.
- Skinner, B. F. (1953). *Science and human behavior*. Simon and Schuster.
- Skinner, B. F. (1968). *The technology of teaching*. Appleton-Century-Crofts.
- Smolensky, P. (1988). On the proper treatment of connectionism. *Behavioral and Brain Sciences*, 11(1), 1-23. <https://doi.org/10.1017/S0140525X00052432>
- Stake, R. E. (1975). *Evaluating the arts in education: A responsive approach*. Merrill.
- Stenhouse, L. (2003). *Investigación y desarrollo del currículum*. Morata.
- Stiggins, R. J. (1993). *Teacher Training In Assessment: Overcoming*. Institute of Mental Measurements. University of Nebraska: Lincoln.
- Stufflebeam, D. L., Madaus, G.F., & Kellaghan, T. (Eds.). (2012). *Evaluation Models: Viewpoints on Educational and Human Services Evaluation* (2nd ed.), Kluwer Academic Publishers.
- Szymański, J., & Duch, W. (2012, November). Self organizing maps for visualization of categories. In *International Conference on Neural Information Processing* (pp. 160-167). Springer, Berlin, Heidelberg.

- Trigwell, K., & Sleet, R. (1990). Improving the relationship between assessment results and student understanding. *Assessment and Evaluation in Higher Education*, 15(3), 190-197.
- Tobón, J. Y. (2015). La nueva era digital en la educación. *Ventana Informática*, 32(1), 29-45. Recuperado de <http://revistasum.umanizales.edu.co/ojs/index.php/ventanainformatica/article/view/1095>
- Torrado, M.C. (1996). *De la evaluación de aptitudes a la evaluación de competencias*. ICFES.
- Tyler, R. W. (1967). Changing concepts of educational evaluation. In R. E. Stack (Comp.), *Perspectives of curriculum evaluation. AERA Monograph Series Curriculum Evaluation*. Rand McNally.
- Tyler, R. W. (1942). General statement on evaluation. *The Journal of Educational Research*, 35(7), 492-501.
- UNESCO, (s/d). Learning Assesment. [Web Site]. Recuperado de <https://en.unesco.org/themes/learning-assessment>.
- Valdez, M. J. (1998). *Las redes semánticas naturales: usos y aplicaciones en Psicología social*. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Vermunt, J. D. (2005). Relations between student learning patterns and personal and contextual factors and academic performance. *Higher education*, 49(3), 205-234. <https://doi.org/10.1007/s10734-004-6664-2>
- Villa, L. L. (2010). La educación media superior: su construcción social desde el México independiente hasta nuestros días. En A. Arnaut, & S. Giorguli (Coords.). *Los grandes problemas de México* (Vol. 7, pp. 271-311). El Colegio de México.
- Villarini, A. (1996). 1er. Seminario taller sobre fundamentos y principios de evaluación auténtica. República Dominicana, Santo Domingo.
- Walberg, H. J. & Haertel, G. D. (1990). *The International Encyclopedia of Educational Evaluation*. Pergamon Press.
- Wiliam, D. (2000). Integrating Summative and Formative Functions of Assessment Keynote

address to the European Association for Educational Assessment. *Prague: Czech Republic.*

Recuperado

de

[http://eprints.ioe.ac.uk/1151/1/Wiliam2000IntergratingAEA-E\\_2000\\_keynoteaddress.pdf](http://eprints.ioe.ac.uk/1151/1/Wiliam2000IntergratingAEA-E_2000_keynoteaddress.pdf)

Wolfram, B. & Schmitt, M. (2006) *The Cognitive View in Cognitive Science: An Investigation in the Context of Wittgenstein's Later Philosophy*. Oxford

Woolfolk, A. E. (1996). *Psicología Educativa*. Prentice Hall Hispanoamericana.

Yin, Y.; Vanides, J.; Ruiz-Primo, M.A.; Ayala, C.C. y Shavelson, R.J. (2005). Comparison of Two Concept-Mapping Techniques: Implications for Scoring, Interpretation, and Use. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(2), 166-184.

Zeidner, M., Boekaerts, M., & Pintrich, P. R. (2000). Self-regulation: Directions and challenges for future research. In *Handbook of self-regulation* (pp. 749-768). Academic Press.

Zhao, X., Van den Heuvel-Panhuizen, M., & Veldhuis, M. (2017). Classroom assessment in the eyes of Chinese primary mathematics teachers: A review of teacher-written papers. *Studies in Educational Evaluation*, 52(1), 42-54.

## Anexo I

### Tabla

#### Programa de Estudio. Área de Ciencias Experimentales Biología II (UNAM, 2007)

#### Unidad 1. ¿Cómo se explica el origen, evolución y diversidad de los sistemas biológicos?

<b>Propósitos:</b> Al finalizar, el alumno: Identificará los procesos que han favorecido la diversificación de los sistemas biológicos a través del análisis de las teorías que explican su origen y evolución para que comprenda que la biodiversidad es el resultado del proceso evolutivo.		<b>Tiempo:</b> 40 horas
Aprendizajes	Temática	Estrategias sugeridas
<b>El alumno:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Reconoce distintas teorías sobre el origen de los sistemas biológicos, considerando el contexto social y etapa histórica en que se formularon.</li> <li>Identifica que la teoría quimiosintética permite explicar la formación de los precursores de los sistemas biológicos en las fases tempranas de la Tierra.</li> <li>Describe los planteamientos que fundamentan el origen evolutivo de los sistemas biológicos como resultado de la química prebiótica y el papel de los ácidos nucleicos.</li> <li>Reconoce la endosimbiosis como explicación del origen de las células eucariotas.</li> <li>Identifica el concepto de Evolución biológica.</li> <li>Reconoce las aportaciones de las teorías de Lamarck, Darwin-Wallace y Sintética, al desarrollo del pensamiento evolutivo.</li> <li>Relaciona los eventos más significativos en la historia de la vida de la Tierra con la escala del tiempo geológico.</li> </ul>	<b>1. Origen de los sistemas biológicos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Explicaciones acerca del origen de la vida.</li> <li>Teoría quimiosintética.</li> <li>Modelos precelulares.</li> <li>Teoría de endosimbiosis.</li> </ul> <b>2. Evolución biológica</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Evolución.</li> <li>Aportaciones de las teorías al pensamiento evolutivo.</li> <li>Escala de tiempo geológico.</li> </ul>	El profesor, centrado en la promoción de los aprendizajes de los alumnos, diseña las estrategias o secuencias didácticas, entre las cuales se sugieren algunas de las siguientes actividades: <ul style="list-style-type: none"> <li>Detecta las ideas previas de los alumnos acerca del origen, evolución y diversidad de los sistemas biológicos.</li> <li>Emplea en clase diversos materiales y recursos, tanto escritos, visuales como digitales para el logro del aprendizaje de los alumnos, con base en la temática planteada.</li> <li>Promueve la aplicación de los conocimientos, habilidades y actitudes adquiridas por los alumnos, durante el desarrollo de la unidad, a la solución de problemas o la realización de una investigación escolar, con relación a la temática abordada.</li> <li>Orienta la discusión y análisis de la información y la comparación entre las ideas previas de los alumnos y los contenidos abordados.</li> <li>Plantea escenarios, problemas o modelos que permitan aplicar los métodos propios de la biología en la construcción de conocimientos.</li> <li>Promueve actividades que permiten al alumno recapitular lo aprendido, a través de discusiones grupales, exposiciones e informes de manera oral y/o escrita, de las investigaciones escolares.</li> </ul> El logro de los aprendizajes por parte de los alumnos representa la finalidad de la acción didáctica, por lo que se propone que las actividades que éstos realicen estén abocadas a: <ul style="list-style-type: none"> <li>La búsqueda de información en libros, revistas o Internet, de acuerdo a las indicaciones del profesor/a, referente al origen, diversidad y evolución de los sistemas biológicos.</li> </ul>
Aprendizajes	Temática	Estrategias sugeridas
<ul style="list-style-type: none"> <li>Aprecia las evidencias paleontológicas, anatómicas, moleculares y biogeográficas que apoyan las ideas evolucionistas.</li> <li>Identifica el concepto de especie biológica y su importancia en la comprensión de la diversidad biológica.</li> <li>Conoce los criterios utilizados para clasificar a los sistemas biológicos en cinco reinos y tres dominios.</li> <li>Aplica habilidades para recopilar, organizar, analizar y sintetizar la información confiable proveniente de diferentes fuentes que contribuyan a la comprensión del origen, evolución y diversidad de sistemas biológicos.</li> <li>Realiza investigaciones en las que aplica conocimientos y habilidades, al fomentar actividades con las características del trabajo científico y comunicará de forma oral y escrita los resultados empleando un vocabulario científico.</li> <li>Reconoce la importancia del papel de la ciencia en la conservación de la biodiversidad.</li> <li>Muestra actitudes favorables hacia el trabajo colaborativo.</li> <li>Muestra una actitud crítica y reflexiva ante la relación ciencia-tecnología-sociedad-ambiente.</li> <li>Valora el conocimiento científico y tecnológico como parte del patrimonio de nuestro país y de la humanidad.</li> <li>Aplica habilidades, actitudes y valores en el diseño de investigaciones escolares, sobre alguno de los temas o situación cotidiana relacionada con los contenidos del curso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evidencias de la evolución.</li> <li>Especie biológica.</li> </ul> <b>3. Diversidad de los sistemas biológicos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Características generales de los dominios y los reinos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La participación en actividades prácticas de laboratorio donde el alumno desarrolle aprendizajes de contenidos procedimentales y destrezas en el manejo de equipo y material de laboratorio.</li> <li>La elaboración de esquemas u organizadores gráficos, que les faciliten la comprensión de la temática.</li> <li>La selección, organización y expresión de la información en forma oral y/o escrita.</li> <li>La elaboración de modelos y otras representaciones que les faciliten a comprensión de los temas abordados en la unidad.</li> </ul>

## Unidad 2. ¿Cómo interactúan los sistemas biológicos con su ambiente y su relación con la conservación de la biodiversidad?

<b>Propósitos:</b> Al finalizar, el alumno: Describirá la estructura y funcionamiento del ecosistema, a partir de las interacciones que se presentan entre sus componentes, para que reflexione sobre el efecto que el desarrollo humano ha causado en la biodiversidad y las alternativas del manejo sustentable en la conservación biológica.		<b>Tiempo:</b> 40 horas
Aprendizajes	Temática	Estrategias sugeridas
<b>El alumno:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Identifica los niveles de población, comunidad, ecosistema, bioma y biosfera en la organización ecológica.</li> <li>Reconoce los componentes bióticos y abióticos, así como su interrelación para la identificación de distintos ecosistemas.</li> <li>Identifica las relaciones intra e interespecíficas que se pueden dar en los ecosistemas.</li> <li>Describe el flujo de energía y ciclos de la materia (carbono, nitrógeno, fósforo, azufre y agua) como procesos básicos en el funcionamiento del ecosistema.</li> <li>Identifica el concepto de biodiversidad y su importancia para la conservación biológica.</li> <li>Identifica el impacto de la actividad humana en el ambiente, en aspectos como: contaminación, erosión, cambio climático y pérdida de especies.</li> <li>Reconoce las dimensiones del desarrollo sustentable y su importancia, para el uso, manejo y conservación de la biodiversidad.</li> </ul>	<b>1. Estructura y procesos en el ecosistema</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Niveles de organización ecológica.</li> <li>Componentes bióticos y abióticos.</li> <li>Relaciones intra – interespecíficas.</li> <li>Niveles tróficos y flujo de energía.</li> </ul> <b>2. Biodiversidad y conservación biológica</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Concepto de biodiversidad.</li> <li>Impacto de la actividad humana en el ambiente.</li> <li>Desarrollo sustentable.</li> </ul>	<p>El profesor, centrado en la promoción de los aprendizajes de los alumnos, diseña las estrategias o secuencias didácticas, entre las cuales se sugieren algunas de las siguientes actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Detecta las ideas previas de los alumnos acerca de los ecosistemas y el conocimiento y conservación de la biodiversidad.</li> <li>Emplea en clase diversos materiales y recursos, tanto escritos, visuales como digitales para el logro del aprendizaje de los alumnos, con base en la temática planteada.</li> <li>Promueve la aplicación de los conocimientos, habilidades y actitudes adquiridas por los alumnos, durante el desarrollo de la unidad, a la solución de problemas o la realización de una investigación escolar, con relación a la temática abordada.</li> <li>Orienta la discusión y análisis de la información y la comparación entre las ideas previas de los alumnos y los contenidos abordados.</li> <li>Plantea escenarios, problemas o modelos que permitan aplicar los métodos propios de la biología en la construcción de conocimientos.</li> <li>Promueve actividades que permiten al alumno recapitular lo aprendido, a través de discusiones grupales, exposiciones e informes de manera oral y/o escrita de las investigaciones escolares</li> </ul> <p>El logro de los aprendizajes por parte de los alumnos representa la finalidad de la acción didáctica, por lo que se propone que las actividades que éstos realicen estén abocadas a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>La búsqueda de información en libros, revistas o Internet, de acuerdo a las indicaciones del profesor/a, referente a la estructura y procesos en el ecosistema, así como a la biodiversidad y conservación biológica.</li> </ul>
Aprendizajes	Temática	Estrategias sugeridas
<ul style="list-style-type: none"> <li>Aplica habilidades para recopilar, organizar, analizar y sintetizar la información confiable proveniente de diferentes fuentes que contribuyan a la comprensión de la interacción de los sistemas biológicos con su ambiente.</li> <li>Realiza investigaciones en las que aplica conocimientos y habilidades, a través de la realización de actividades características del trabajo científico y comunica de forma oral y escrita los resultados empleando un vocabulario científico.</li> <li>Respeto el ambiente y todas las formas de vida.</li> <li>Reconoce el desempeño de los diversos grupos humanos en la gestión de la sustentabilidad y los programas de la conservación de la biosfera.</li> <li>Desarrolla hábitos y técnicas de estudio y administra su tiempo.</li> <li>Muestra una actitud crítica y reflexiva ante la relación ciencia–tecnología–sociedad–ambiente.</li> <li>Valora la importancia de la conservación biológica como parte de su formación ética.</li> <li>Aplica habilidades, actitudes y valores en la realización de investigaciones escolares, sobre alguno de los temas o situación cotidiana relacionada con los contenidos del curso.</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>La participación en actividades prácticas de laboratorio donde el alumno desarrolle aprendizajes de contenidos procedimentales y destrezas en el manejo de equipo y material de laboratorio.</li> <li>La elaboración de esquemas u organizadores gráficos que les faciliten la comprensión de la temática.</li> <li>La selección, organización y expresión de la información en forma oral y/o escrita.</li> <li>La elaboración de modelos y otras representaciones que les faciliten la comprensión de los temas abordados en la unidad.</li> </ul>

**Tabla**

*Programa de Estudio. Área de Ciencias Experimentales Biología IV (UNAM, 2007)*

**Unidad 1. ¿Cómo explica la evolución el desarrollo y mantenimiento de la biodiversidad?**

<p><b>Propósito:</b> Al finalizar la unidad el alumno:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Comprenderá que la biodiversidad es el resultado de la evolución biológica, a través del análisis de los procesos y patrones que contribuyen a explicar la historia de la vida.</li> </ul>	<p><b>Tiempo:</b> 32 horas</p>
--	------------------------------------

Aprendizajes	Temática	Estrategias sugeridas
<p><b>El alumno:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Explica los tipos de selección natural y la adaptación como procesos evolutivos que modifican las frecuencias alélicas en las poblaciones biológicas.</li> <li>Identifica la deriva génica como un proceso aleatorio que cambia la frecuencia de alelos en las poblaciones biológicas.</li> <li>Compara los conceptos de especie biológica, taxonómica y filogenética, como base del estudio de la biodiversidad.</li> <li>Distingue la anagénesis y cladogénesis como patrones de cambio evolutivo.</li> <li>Comprende los modelos de especiación alopátrica, simpátrica e hibridación, que originan la diversidad biológica.</li> </ul>	<p><b>Tema I. Principales procesos evolutivos que explican la biodiversidad:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Selección natural y adaptación.</li> <li>Deriva génica.</li> </ul> <p><b>Tema II. Especie y especiación:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Conceptos de especie.</li> <li>Patrones de cambio evolutivo.</li> <li>Especiación: concepto y modelos.</li> </ul>	<p>El profesor, centrado en la promoción de los aprendizajes de los alumnos, diseñará las estrategias o secuencias didácticas, entre las cuales se sugieren las siguientes actividades:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Presentación de la unidad, propósito, aprendizajes y acordar las formas de evaluación.</li> <li>Exploración de las ideas previas de los estudiantes sobre los temas de la unidad.</li> <li>Explicitación de la temática a través de: imágenes, lecturas, películas, etcétera.</li> <li>Desarrollo de actividades que permitan reestructurar las ideas previas de los alumnos, por ejemplo: proyectos de investigación documental, experimental o de campo, AEP, estudios de caso, actividades en línea, simulaciones, entre otras.</li> <li>Planteamiento de situaciones o problemas que permitan poner en juego el conocimiento que está construyendo.</li> <li>Promoción de actividades que permitan al alumno recapitular los aprendizajes.</li> <li>Diseño de situaciones que permitan la elaboración de conclusiones y la reflexión sobre los aprendizajes.</li> </ul> <p>Los alumnos llevarán a cabo investigaciones escolares relacionadas con los métodos que utiliza la biología.</p>

Aprendizajes	Temática	Estrategias sugeridas
<ul style="list-style-type: none"> <li>Relaciona a las extinciones en masa con la radiación adaptativa.</li> <li>Comprende que los árboles filogenéticos son modelos explicativos de las relaciones temporales entre especies.</li> <li>Desarrolla procedimientos en investigaciones escolares documentales, experimentales, virtuales o de campo sobre los temas del curso, que incluyan: <ul style="list-style-type: none"> <li>La búsqueda, selección e interpretación de información.</li> <li>La identificación de problemas, formulación de hipótesis y formas de comprobación.</li> <li>El manejo de los datos y análisis de los resultados para su comunicación individual o por equipo.</li> </ul> </li> <li>Muestra actitudes de colaboración, respeto, tolerancia y responsabilidad durante las actividades individuales y colectivas, en el estudio de la evolución de los sistemas biológicos.</li> <li>Expresa actitudes ante el conocimiento científico (creatividad, curiosidad, pensamiento crítico, apertura y toma de conciencia, entre otras) en la solución y análisis de problemáticas correspondientes a la evolución de los sistemas biológicos.</li> </ul>	<p><b>Tema III</b> <b>Filogenia e historia de la vida:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Extinciones y radiación adaptativa.</li> <li>Árboles filogenéticos.</li> </ul>	<p>El profesor promoverá la incorporación de las tecnologías de la información y la comunicación en el diseño y realización de las actividades.</p>

## Unidad 2. ¿Por qué es importante el conocimiento de la biodiversidad de México?

<b>Propósito:</b> Al finalizar la unidad el alumno: Comprenderá la importancia de la biodiversidad, a partir del análisis de su caracterización, para que valore la necesidad de su conservación en nuestro país.	<b>Tiempo:</b> 32 horas
---	----------------------------

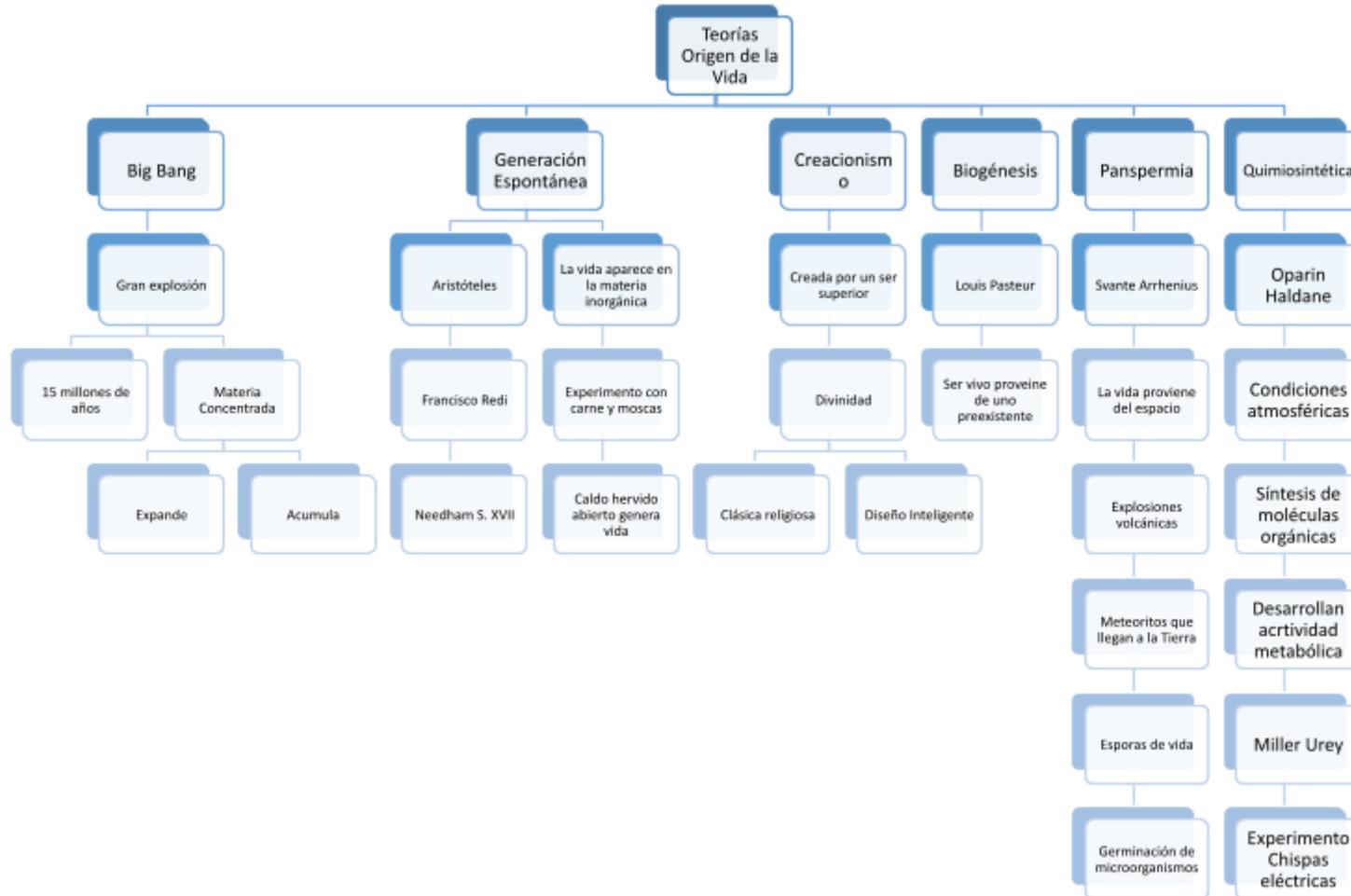
Aprendizajes	Temática	Estrategias sugeridas
<b>El alumno:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Analiza los niveles genético, ecológico y biogeográfico de la biodiversidad.</li> <li>Contrasta los patrones taxonómicos, ecológicos y biogeográficos de la biodiversidad.</li> <li>Relaciona los tipos y la medición de la biodiversidad con el concepto de megadiversidad.</li> <li>Comprende los factores que determinan la megadiversidad de México.</li> <li>Explica que en el país la riqueza de especies, la abundancia, la distribución y los endemismos determinan la regionalización de la biodiversidad.</li> <li>Relaciona los factores naturales y antropogénicos con la pérdida de la biodiversidad.</li> <li>Identifica acciones para el uso y la conservación <i>in situ</i> y <i>ex situ</i> de la biodiversidad en México.</li> <li>Comprende el valor de la biodiversidad y propone acciones para el mejoramiento de su entorno.</li> </ul>	<b>Tema I. Caracterización de la biodiversidad:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Niveles de la biodiversidad.</li> <li>Patrones de la biodiversidad.</li> <li>Tipos de diversidad.</li> </ul> <b>Tema II. Biodiversidad de México:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Factores que explican su megadiversidad.</li> <li>Regionalización de la Biodiversidad.<sup>3</sup></li> <li>Factores que afectan la biodiversidad.</li> <li>Uso y conservación de la biodiversidad.</li> <li>Importancia de la biodiversidad.</li> </ul>	El profesor, centrado en la promoción de los aprendizajes de los alumnos, diseñará las estrategias o secuencias didácticas, entre las cuales se sugieren las siguientes actividades: <ul style="list-style-type: none"> <li>Presentación de la unidad, propósito, aprendizajes y acordar las formas de evaluación.</li> <li>Exploración de las ideas previas de los estudiantes sobre los temas de la unidad.</li> <li>Explicitación de la temática a través de: imágenes, lecturas, películas, etcétera.</li> <li>Desarrollo de actividades que permitan reestructurar las ideas previas de los alumnos, por ejemplo: proyectos de investigación documental, experimental o de campo, ABP, estudios de caso, actividades en línea, simulaciones, entre otras.</li> <li>Planteamiento de situaciones o problemas que permitan poner en juego el conocimiento que está construyendo.</li> <li>Promoción de actividades que permitan al alumno recapitular los aprendizajes.</li> <li>Diseño de situaciones que permitan la elaboración de conclusiones y la reflexión sobre los aprendizajes.</li> </ul> Los alumnos llevarán a cabo investigaciones escolares relacionadas con los métodos que utiliza la biología. <ul style="list-style-type: none"> <li>El profesor promoverá la incorporación de las tecnologías de la información y la comunicación en el diseño y realización de las actividades.</li> </ul>

Aprendizajes	Temática	Estrategias sugeridas
<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrolla procedimientos en investigaciones escolares documentales, experimentales, virtuales o de campo sobre los temas del curso, que incluyan:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>La búsqueda, selección e interpretación de información.</li> <li>La identificación de problemas, formulación de hipótesis y formas de comprobación.</li> <li>El manejo de los datos y análisis de los resultados para su comunicación individual o por equipo.</li> </ul> </li> <li>Muestra actitudes de colaboración, respeto, tolerancia y responsabilidad durante las actividades individuales y colectivas, en el estudio de la caracterización de la biodiversidad.</li> <li>Expresa actitudes ante el conocimiento científico (creatividad, curiosidad, pensamiento crítico, apertura y la toma de conciencia, entre otras) en la solución y análisis de problemáticas correspondientes a la caracterización de la biodiversidad.</li> </ul>		

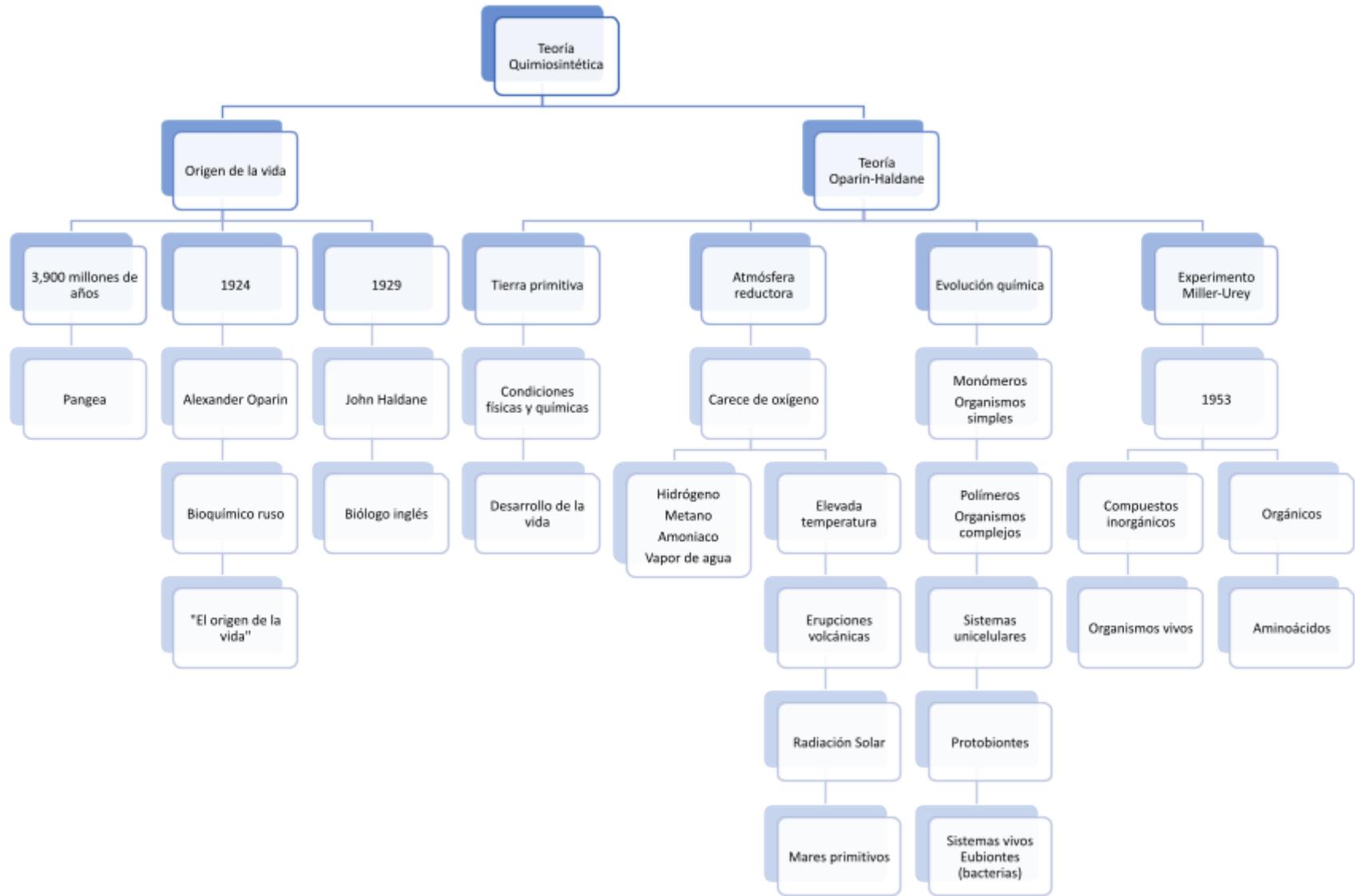
## Anexo II

### Propuesta de mapas conceptuales para los contenidos de biología

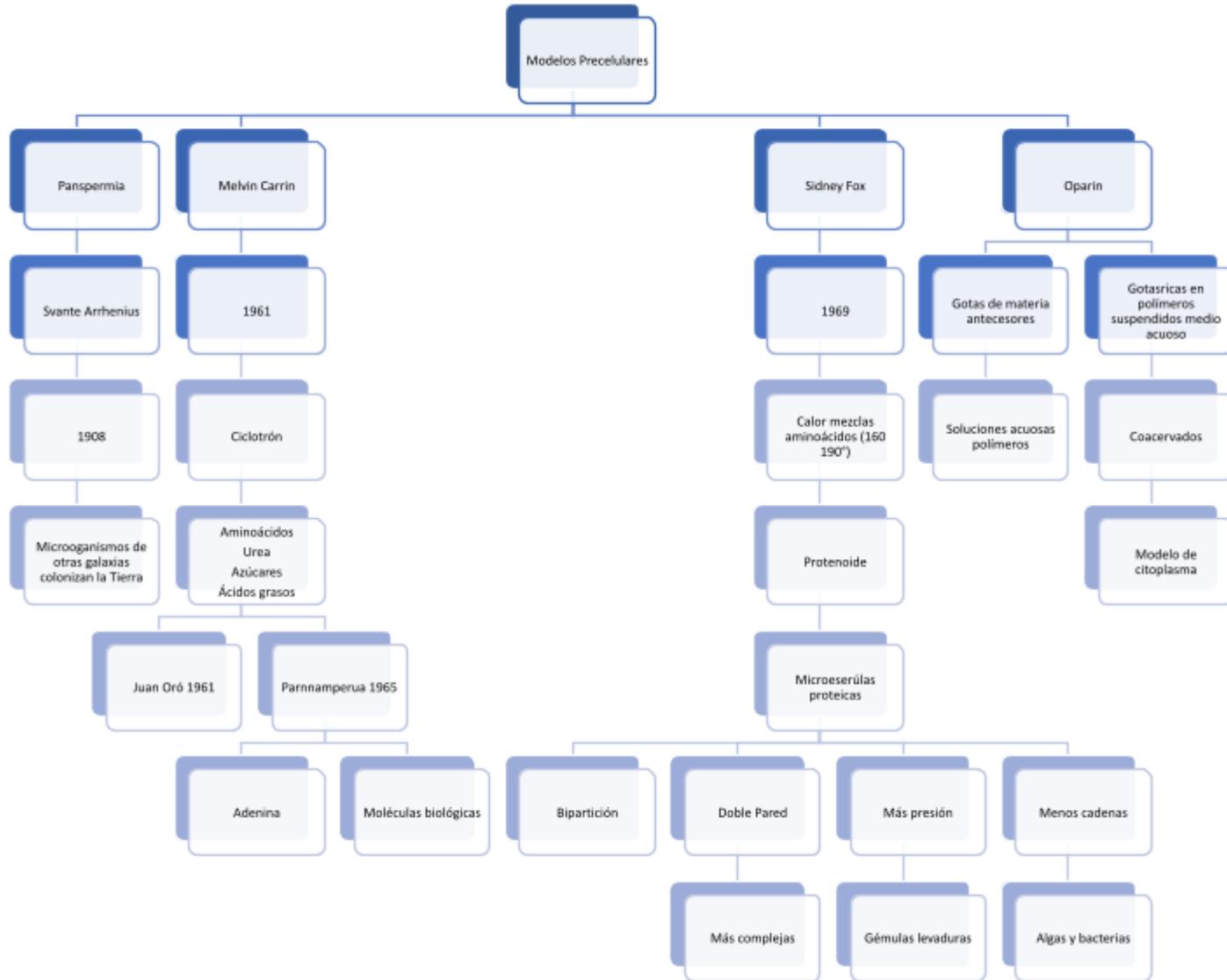
Tema: Teoría del Origen de la Vida



Tema: Teoría Quimiosintética



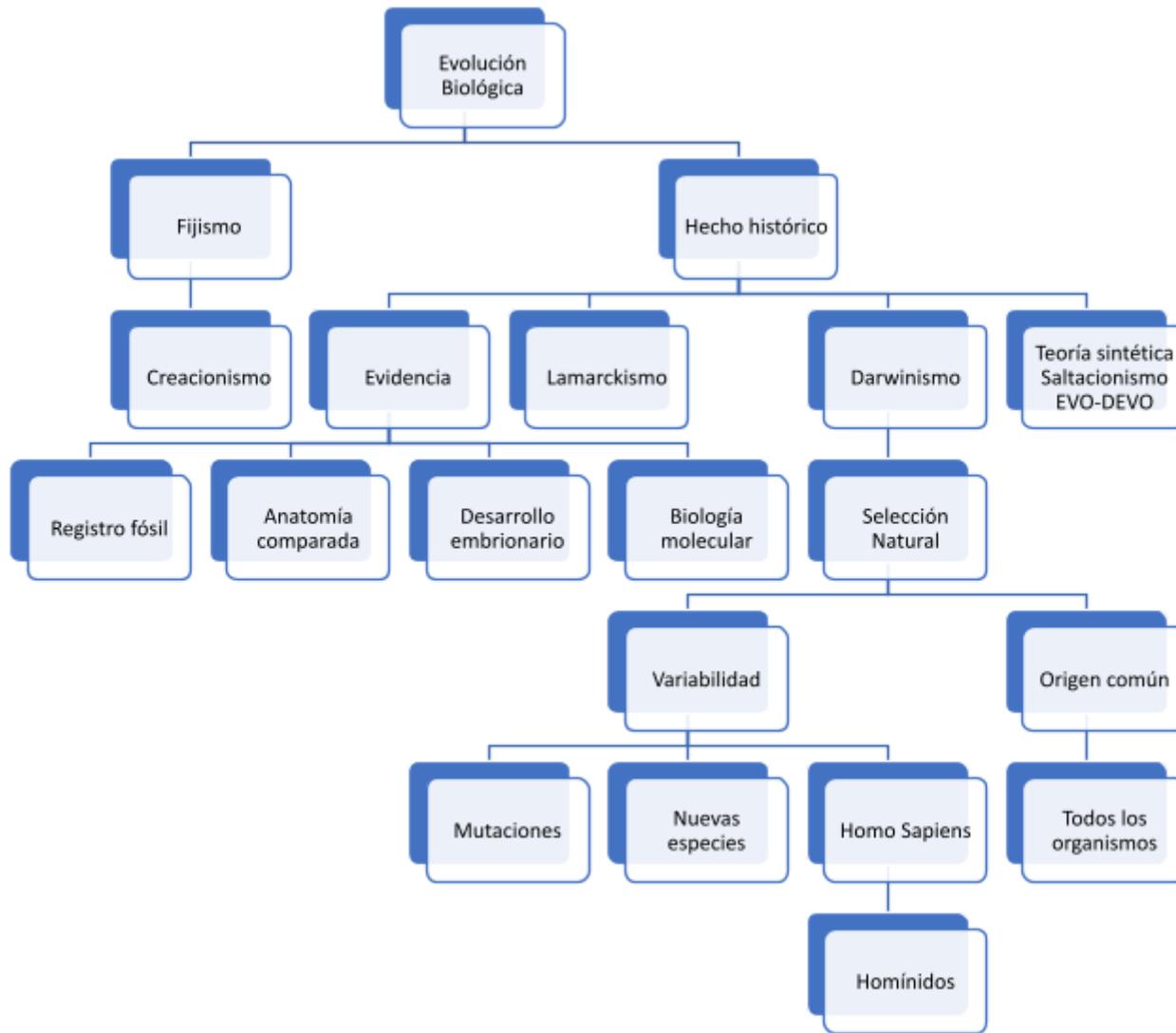
Tema: Modelos Precelulares



Tema: Teoría del Origen de la Vida



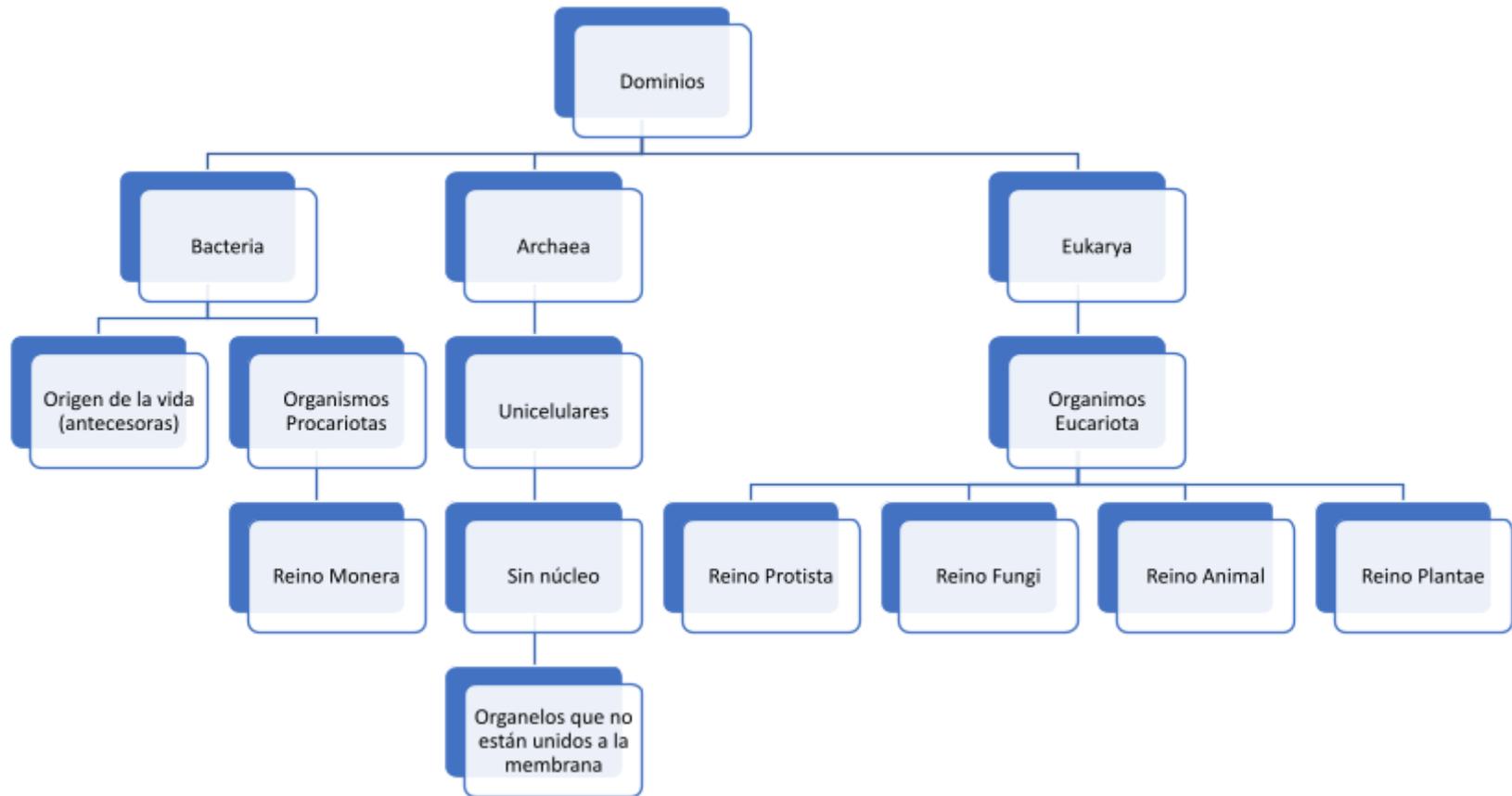
Tema: Evolución Biológica



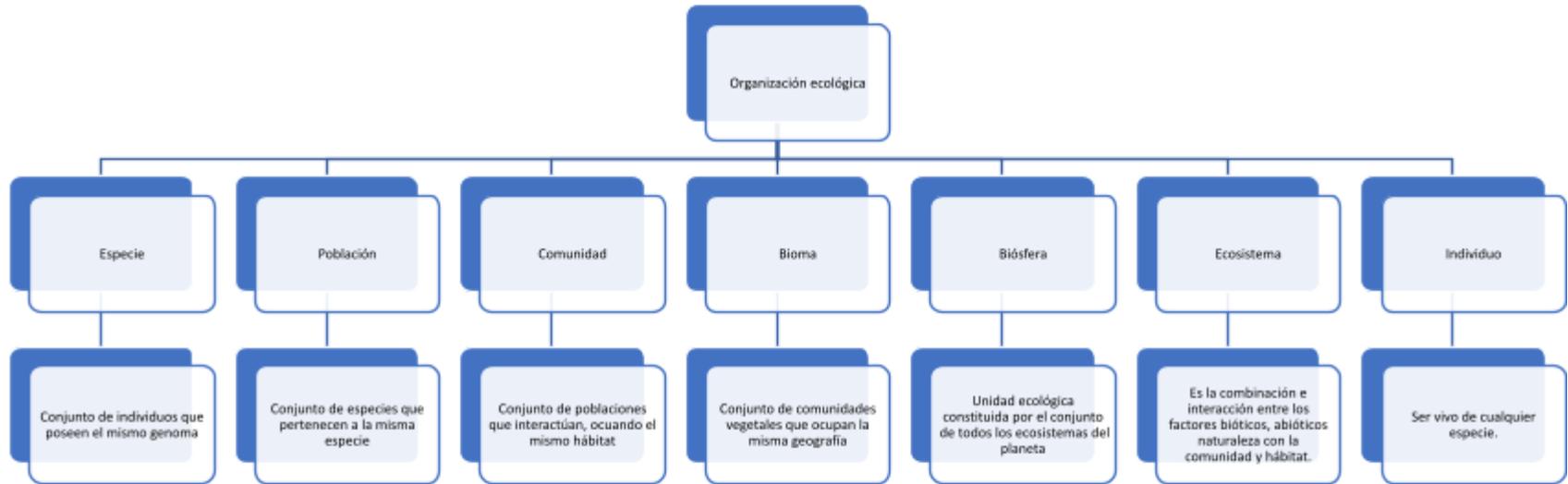
Tema: Biodiversidad



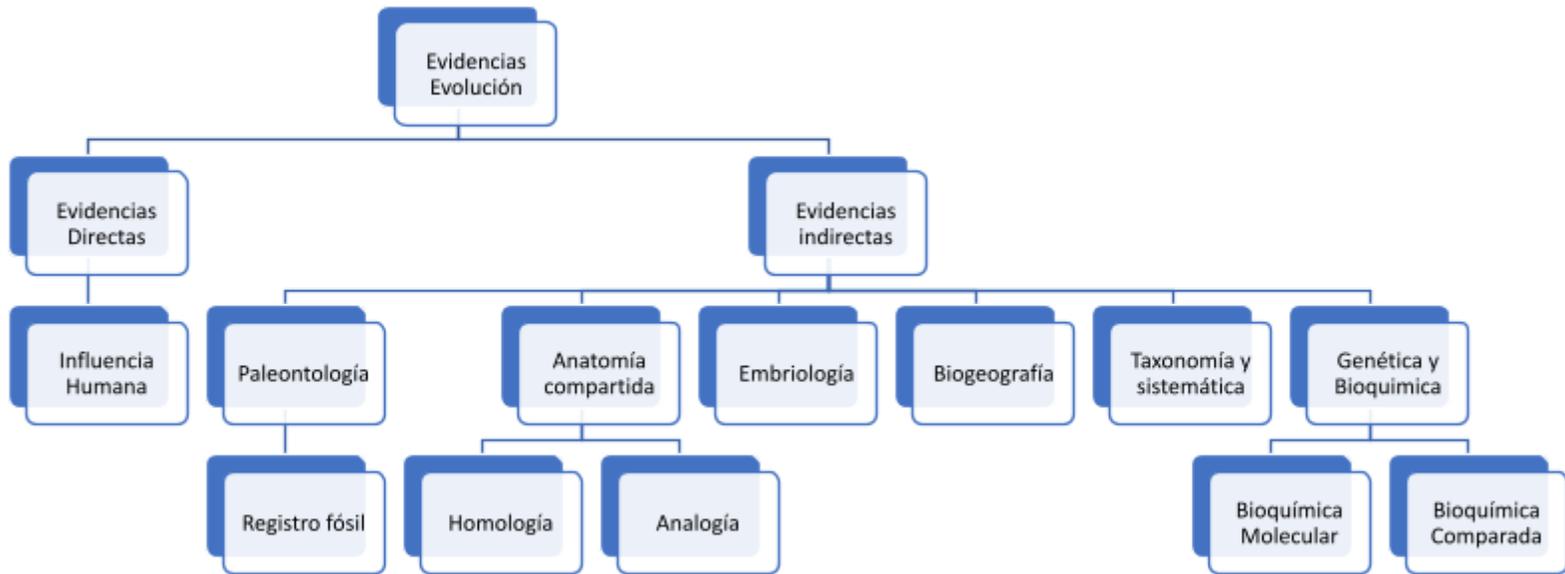
Tema: Dominios



Tema: Organización Ecológica



Tema: Evidencias Evolución



Tema: Selección Natural

