

UNIVERSIDAD DE BURGOS

PROGRAMA INTERNACIONAL DE DOCTORADO
ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Departamento de Didácticas Específicas



**Aprendizaje significativo crítico del concepto de gen en
estudiantes de la carrera docente de Biología de la
UPEL-IPC de Venezuela**

TESIS DOCTORAL

Dalia Diez Escribano

Burgos, Febrero 2010

UNIVERSIDAD DE BURGOS

PROGRAMA INTERNACIONAL DE DOCTORADO
ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS

Departamento de Didácticas Específicas



Universidad de Burgos



Universidade Federal
do Rio Grande do Sul

TESIS DOCTORAL

**Aprendizaje significativo crítico del concepto de gen en
estudiantes de la carrera docente de Biología de la
UPEL- IPC de Venezuela**

Tesis Doctoral realizada por **Dalia Díez
Escribano**, para optar al Grado de Doctora por
la Universidad de Burgos, bajo la dirección de
la **Dra. Concesa Caballero Sahelices** y la
codirección del **Dr. Marco Antonio Moreira**.

Febrero de 2010

AGRADECIMIENTOS

A la profesora Concesa Caballero Sahelices, por su apoyo y orientación durante el desarrollo del trabajo.

Al profesor Marco Antonio Moreira por la confianza depositada y aliento para culminar esta etapa de mi formación académica.

A los profesores y egresados del doctorado por su disposición, posición crítica y orientadora mientras se consolidó el trabajo, especialmente durante las sesiones de discusión en los encuentros de Porto Alegre, Brasil.

A las profesoras Marlene Toledo y Zobelkys Carrera docentes de los cursos de Biología Celular y Genética General del IPC-UPEL por su desinteresado apoyo y muy especialmente por su participación y entusiasmo durante el proceso de investigación acción participativa en cada uno de los cursos.

A la licenciada Rosa Hernández, amiga y especialista en estadísticas, quien me ayudó a ver más allá de lo que se ve a simple vista.

A los profesores de Biología de las universidades y liceos quienes participaron como sujetos de los estudios respectivos.

A los estudiantes de los cursos de Biología Celular y Genética General, ya que sin ellos no hubiera sido posible desarrollar el trabajo y continuar en esta línea de investigación en nuestras aulas.

A ustedes compañeros y amigos de la Universidad, a quienes me une el interés por mejorar la enseñanza en los diferentes campos del conocimiento, a los cuales nos dedicamos, y con quienes comparto la idea de que se debe proceder a partir de la investigación y reflexión de lo que acontece en el aula.

Dedicatoria

A ti Antonio, compañero, que siempre has estado presente, no sólo durante el desarrollo del trabajo, sino durante todos y cada uno de los momentos de mi vida y de mi carrera profesional, por estar allí, siempre dispuesto a atender nuestro hogar mientras me dedicaba a su realización.

A mis padres de quienes recibí la vida y obtuve una formación sustentada en principios y valores, los cuales sin duda alguna han permitido que llegara a culminar esta etapa de mi vida profesional. A ustedes Soledad y Argimiro, pilares de nuestra familia les dedico el resultado de tales esfuerzos.

A mis hijos Dayana y Eduardo, por cederme parte de su tiempo y de quienes recibí palabras de ánimo para continuar el trabajo.

A mi nieta Sofía, luz que ilumina mi vida, por ser quien eres y por lo que he aprendido de ti, a pesar de tus cortos años. Te dedico este trabajo con la certeza de que superarás mis logros.

A Yolanda Carrero Benedetti, por sus orientaciones durante mi formación profesional en el Centro Nacional para el Mejoramiento de la Enseñanza de la Ciencia, CENAMEC.

A mis compañeros del Instituto Pedagógico de Caracas, docentes, personal administrativo y obrero por su entusiasmo y apoyo en la elaboración del informe de esta Tesis Doctoral.

Sirvan las palabras del Dr. Mario Capecchi, Premio Nobel de Medicina, año 2007, para referir el proceso y producto del trabajo realizado.

Cuanto más estudio menos sé y más me divierto...

RESUMEN

Esta investigación está centrada en el aprendizaje significativo crítico del concepto de gen, en estudiantes de la carrera de formación de profesores de Biología en la Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico de Caracas en Venezuela. El concepto de gen es complejo, fundamental y está involucrado en el conocimiento de gran parte de la Biología; su aprendizaje requiere conocer su estructura, tipos, mecanismos de expresión, funciones y procesos biológicos en los cuales está implicado, además de su epistemología e historia. Por lo tanto, se reconoce que su aprendizaje es difícil para la mayoría de los estudiantes de educación Básica, Media y Superior. El conocimiento sobre los genes, como “información biológica”, con diversas maneras de expresión, está relacionada con distintas funciones de los sistemas vivos, su conocimiento supone entender que su significado no es único en todos los campos de la Biología, ni ha sido el mismo a lo largo de la historia de esta ciencia.

Se realizaron una serie de estudios agrupados en dos Fases. La primera aporta información sobre los significados del concepto de gen en materiales educativos y entre profesores pre-universitarios, que realizan en la misma institución, cursos de postgrado en enseñanza de la Biología. La segunda Fase, se centró en comprender los hechos desde la perspectiva de los actores, a partir de una Investigación Acción Participativa (IAP). Se diseñó una propuesta de enseñanza potencialmente significativa orientada a facilitar el aprendizaje significativo crítico, se indagó en la evolución de significados del concepto de gen, y se actuó para transformar su enseñanza, considerando los principios facilitadores del aprendizaje significativo crítico (Moreira, 2005).

Como parte de la IAP se analizó la evolución de significados del concepto de gen, entre 50 estudiantes de cursos consecutivos de Biología Celular (BC) y Genética General (GG). Se consideraron los programas de ambas asignaturas y el análisis de la información registrada por la investigadora durante el desarrollo de las clases y en sesiones particulares conducidas con las docentes y estudiantes fuera del aula. Para caracterizar el “modelo didáctico”, de las profesoras de ambos cursos, se consideraron aspectos de las dimensiones epistemológicas y psico-didácticas; la información sobre la praxis docente, se registró antes de la intervención y como proceso continuo durante la totalidad de las clases. Para organizar, jerarquizar y secuenciar el contenido, se incorporaron mapas de conceptos, favoreciendo la diferenciación progresiva y reconciliación integradora de la información así como los principios para organizar una enseñanza potencialmente significativa del concepto de gen y los elementos del acto educativo y sus interacciones.

Considerando los significados iniciales, la investigadora planificó las acciones didácticas. La información, a partir de cuestionarios, entrevistas individuales, explicaciones sobre los mapas de conceptos y las representaciones gráficas elaboradas por los estudiantes, a lo largo de ambos cursos, permiten señalar que: En BC, se aprecia un incremento notable entre los estudiantes que consideran al concepto de gen como información biológica contenida en la secuencia de nucleótidos para llevar a cabo diferentes funciones en los sistemas vivos, lo que evidencia una evolución de significados a partir de la IAP y de la asimilación de los contenidos del curso de BC. En GG más de la mitad de los estudiantes muestra una total correspondencia del significado del concepto de gen, como información biológica o unidad de transcripción que puede expresarse en

diversas funciones para los sistemas vivos, ya sean eucariontes o procariontes. Esto significa que, en un incremento considerable de estudiantes el significado del concepto de gen se aproxima al de la comunidad de biólogos, a partir de las acciones llevadas a cabo durante la intervención didáctica. Con la finalidad de determinar diferencias significativas, se utilizó la prueba de rangos de signo de Wilcoxon, obteniéndose diferencias significativas entre los significados iniciales con lo registrado en BC y altamente significativas en GG. El análisis de mapas de conceptos y representaciones gráficas elaboradas por los estudiantes, corroboran una evolución de significados del concepto de gen, aunque la progresividad de la misma no es lineal, ni la misma entre todos los estudiantes.

Aceptar que el aprendizaje ocurre en el marco de un continuo entre un aprendizaje mecánico y un aprendizaje significativo (Moreira, 2000), permite explicar las progresiones de los estudiantes relativas a la comprensión del concepto de gen. La intervención didáctica, dentro y fuera del aula, permitió compartir significados en grupo, reflexionar ante situaciones concretas donde se ponen de manifiesto dichos significados. También fue posible realizar actividades para exponer sus interpretaciones, consideradas como elementos de una enseñanza potencialmente significativa y crítica, que favorecen el proceso de evolución de significados del concepto de gen entre los estudiantes de educación Superior. De igual forma, entre las docentes de ambos cursos, se evidenciaron cambios en la manera de organizar, secuenciar y conducir las clases.

A partir del trabajo desarrollado se planifican estudios que permitan conocer incidencias de la presente investigación en el desempeño de la labor docente de algunos participantes; asesorar investigaciones de maestría en enseñanza de la Biología, con los profesores que formaron parte del grupo de estudio, y en el trabajo de grado de profesores en la Maestría de Tecnología Educativa con la finalidad de facilitar un aprendizaje significativo crítico en otras áreas del conocimiento.

Palabras clave: Aprendizaje significativo crítico; investigación acción participativa; concepto de gen; epistemología; historia de la Biología; enseñanza de la Biología.

ABSTRACT

This research is about critical meaningful learning of the concept of gene among undergraduate students at the Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico de Caracas, Venezuela. The gene concept is complex, essential, and is involved in most of biological knowledge; its learning requires to know its structure, types, ways of expression, functions and biological process in which it is implicated, in addition to its history and epistemology. Therefore, gene learning is very difficult to the majority of the students of basic education and undergraduate level. The knowledge about gene as biological information, with different ways of expression, is related to several functions of the living systems. Its knowledge implies understanding that its meaning is not the same in all the biological fields and also that it has changed along history of the science

A series of studies were conducted and grouped into two phases. The first one to provide information on meanings of the gene concept presented in educational materials and meanings held by pre-college teachers who were taking graduate courses in biology teaching at that same university. The second phase centered on understanding the facts from the perspective of the actors using the methodology of participative action research (PAR). Through a potentially meaningful educational proposal, designed to facilitate critical meaningful learning, the evolution of meanings of the concept of gene was explored and actions were taken to change their teaching, according to the critical meaningful learning principles (Moreira, 2005).

As part of the PAR, the evolution of meanings of the concept of gene was investigated among 50 students from consecutive courses of Cell Biology (CB) and General Genetics (GG). The curricula of both courses were considered as well as the analysis of information recorded by the researcher during the development of classes and special sessions conducted by the researcher with the teachers and students outside the classroom. To characterize the “didactic model” of the teachers in both courses aspects of the epistemological and psychological dimensions of teaching were considered (Andrew, 2002), informations on their teaching practices was recorded before intervention and as an ongoing process during all classes. To organize, to rank, and to sequence the content, concept maps were incorporated, favoring the progressive differentiation and integrative reconciliation of the information as well as the principles for organizing a potentially meaningful teaching of the concept of gene and elements of the educational act and their interactions

Taking into consideration the initial meanings, the researcher planned educational activities with students and two teachers. The information from questionnaires, individual interviews, explanations of the concept maps and graphic representations drawn by students, along both courses, seem to show: In CB, a remarkable increase among students who considered the concept of gene as biological information contained in the nucleotide sequence to perform different functions in living systems, which shows an evolution of meanings resulting from the (PAR) and the assimilation of course contents in CB. In GG more than half of students showed a total correspondence of the meaning of the concept of gene as biological information or transcription unit that can be expressed in various functions for the living systems, either eukaryotes or prokaryotes. This means a substantial increase in the number students whose meanings of the concept of gene are near to the ones accepted by the community of biologists as a result of the activities carried out during the didactic intervention. In order to determine statistically significant differences the

Wilcoxon sign rank was used test, obtaining significant differences between the original meanings and the ones that have been recorded in CB, and highly significant in GG. The analysis of concept maps and graphic representations of concepts developed by students, support an evolution of meanings of the concept of gene, although the progressiveness of it is not linear, nor the same among all students.

To accept that learning occurs within a continuum between rote learning and meaningful learning (Moreira 2000) can explain the progressions of students on understanding the concept of gene. The didactic intervention, within and outside the classroom, allowed to share meanings in groups and to reflect concrete situations where these meanings are present. It was also possible to carry out activities to make explicit their interpretations, which can be considered as elements of a potentially meaningful and critical education that encourages the process of evolution of meanings of the gene concept among students of higher education. Similarly, among the teachers of both courses, changes were observed in the way of organizing, sequencing and conducting classes.

From these findings, new studies are being planned attempting to show the impact of this research in the performance of the educational practices of some participants and to advise master's research in biology education with teachers who comprised the study group, and on the work in a Masters of Teacher Degree in Educational Technology in order to facilitate critical meaningful learning in other areas of knowledge.

Keywords: Critical meaningful learning; participatory action research; concept of gene; epistemology; history of Biology; Biology teaching.

ÍNDICE GENERAL

Capítulo	Título	Página
	INTRODUCCIÓN	1
1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
1.1	Justificación	9
1.2	Problema de Investigación	11
1.3	Objetivos	14
2	MARCO TEÓRICO REFERENCIAL DESDE LA BIOLOGÍA	17
2.1	El concepto de gen. Contenido Biológico	17
	2.1.1. Desarrollo del concepto de gen, una visión desde la historia de la Biología	18
	2.1.2. El concepto de gen, conocimiento clave de la Biología	27
	2.1.3. El concepto de gen, en diferentes campos de la Biología	33
	2.1.4. Significado actual del concepto de gen a partir del estudio del Genoma	35
2.2	El concepto de gen como contenido curricular	40
	2.2.1. Descripción del currículo de las asignaturas seleccionadas en la UPEL-IPC	42
	2.2.2. El concepto de gen y sus implicaciones en la enseñanza de la Biología.	44
3	MARCO TEÓRICO REFERENCIAL DESDE LA PSICOLOGÍA	51
3.1	Aprendizaje significativo: una teoría Psicológica de aprendizaje en el aula	51
	3.1.1. El aprendizaje significativo, fundamentos, factores, condiciones y tipos	55
	3.1.2. El aprendizaje significativo un constructo de actualidad ampliado y enriquecido con la aportación de otros investigadores	58
3.2	El aprendizaje significativo crítico, sus principios como sustento para una intervención efectiva en el aula	59
3.3	Aspectos de la teoría de la Educación de Novak	61
	3.3.1. Los mapas de conceptos como recursos educativos y estrategias facilitadoras del aprendizaje significativo crítico	64
3.4	Los obstáculos epistemológicos de Bachelard. Implicaciones en la enseñanza y en el aprendizaje de la Biología	65
	3.4.1. Los obstáculos epistemológicos en el ámbito educativo	68
3.5	Consideraciones de partida para la intervención en el aula	70
4	REVISIÓN DE INVESTIGACIONES	75
4.1	Investigaciones identificadas	75
4.2	Síntesis sobre la revisión bibliográfica	78

Capítulo	Título	Página
5	MARCO METODOLÓGICO	83
5.1	Introducción	83
5.2.	Metodología	85
	5.2.1. Hipótesis de Trabajo	85
5.3	Descripción de los estudios	86
5.4	Investigación Acción Participativa	89
6	ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE LIBROS DE BIOLOGÍA PARA EDUCACIÓN BÁSICA, MEDIA Y SUPERIOR EN VENEZUELA	95
6.1	Introducción	95
6.2	Cuestión foco	97
6.3	Metodología	98
6.4	Análisis e interpretación de resultados	101
	6.4.1. Análisis de contenido de libros de educación Básica	102
	6.4.2. Conclusiones del análisis del contenido de libros de Biología de educación Básica	105
	6.4.3. Análisis de contenidos de libros de Biología de educación Media	106
	6.4.4. Conclusiones del análisis del contenido de libros de Biología de educación Media	108
	6.4.5. Análisis del contenido de libros de Biología de educación Superior	111
6.5	Conclusiones	118
7	SIGNIFICADOS DEL CONCEPTO DE GEN ENTRE PROFESORES DE EDUCACIÓN BÁSICA Y MEDIA DE VENEZUELA	123
7.1	Introducción	123
7.2	Cuestiones foco	124
7.3	Metodología	125
	7.3.1. Técnicas e instrumentos	126
	7.3.2. Procedimiento	126
7.4	Resultados	129
	7.4.1. Identificación preliminar de los significados del concepto de gen entre los participantes	129
	7.4.2. Información acerca de procesos y contenidos asociados al concepto de gen	133
	7.4.3. Valoración del conocimiento acerca del concepto de gen	136
	7.4.4. Importancia del concepto de gen en Biología	136
	7.4.5. Análisis de la información sobre aspectos didácticos	137
	7.4.6. Información procedente de aspectos específicos durante la entrevista	138
7.5	Conclusiones y recomendaciones	145
8	CONSTRUCCIÓN DE LA INTERVENCIÓN DIDÁCTICA, A PARTIR DE LA IAP, EN LOS CURSOS DE BIOLOGÍA CELULAR Y GENÉTICA GENERAL	151

Capítulo	Título	Página
8.1	Introducción	151
8.2	Cuestión foco	152
8.3	Contexto Institucional de la investigación: Universidad Pedagógica Experimental Libertador	153
8.4	Metodología	156
	8.4.1. Procedimiento de construcción de la Intervención didáctica con estudiantes y profesores	157
	8.4.2. Elementos orientadores para la construcción de la Intervención Didáctica	159
	8.4.3. Características específicas de la Intervención Didáctica construida a partir de la IAP	161
9	CARACTERIZACIÓN DE LA PRAXIS DOCENTE EN LOS CURSOS DE BIOLOGÍA CELULAR Y GENÉTICA GENERAL	171
9.1	Introducción	171
9.2	Cuestiones foco	173
9.3	Metodología	173
	9.3.1. Procedimiento/Técnicas/Instrumentos	173
9.4	Praxis docente al inicio de los cursos de Biología Celular y Genética General	176
	9.4.1. Resultados de la praxis docente en Biología Celular (BCC1 y BCC2)	176
	9.4.2. Resultados de la praxis docente en Genética General (GGC1 y GGC2)	182
	9.4.3. Análisis e interpretación de los resultados de la caracterización de la praxis docente al inicio de los cursos de Biología Celular (BCC1/BCC2) y Genética General (GGC1/ GGC2)	183
9.5	Praxis docente durante el desarrollo de los cursos de Biología Celular y Genética General	188
	9.5.1. Resultados de la praxis docente durante el desarrollo de los cursos de Biología Celular (BCC1/BCC2) y Genética General (GGC1/ GGC2)	188
9.6	Interpretaciones finales	199
10	EVOLUCIÓN DE SIGNIFICADOS DEL CONCEPTO DE GEN ENTRE ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN SUPERIOR DE LA CARRERA DOCENTE DE BIOLOGÍA EN LA UPEL-IPC DE VENEZUELA	205
10.1	Introducción	205
10.2	Cuestiones foco	206
10.3	Metodología	208
	10.3.1. Grupo de estudio	209
	10.3.2. Técnicas / Instrumentos	210
	10.3.3. Procedimiento	211
10.4	Análisis e interpretación de la información registrada a partir de la entrevista	215
	10.4.1. Significado inicial del concepto de gen, valoración de	215

Capítulo	Título	Página
	este conocimiento para la vida e importancia de dicho conocimiento biológico	
10.5	Planificación de acciones didácticas con estudiantes y participación de docentes	228
	10.5.1. Planificación de las acciones didácticas llevadas a cabo por la investigadora durante la intervención fuera del aula con estudiantes	230
	10.5.2. Acciones llevadas a cabo durante la intervención con docentes	233
10.6	Evolución de significados del concepto de gen, valoración de este conocimiento e importancia para la Biología	233
	10.6.1. Resultados de los significados del concepto de gen, en cursos de Biología Celular	236
	10.6.2. Resultados de significados del concepto de gen en Genética General	239
	10.6.3. Valoración que tienen los estudiantes del concepto de gen, en los cursos de BC y GG	247
	10.6.4. Importancia del concepto de gen como conocimiento de la Biología en los cursos de Biología Celular y Genética General	248
10.7	Síntesis de la evolución de significados del concepto de gen	250
10.8	Análisis e interpretación de significados del concepto de gen a partir de mapas de conceptos elaborados por los estudiantes en los cursos de Biología Celular y Genética General	255
	10.8.1. Procedimiento para el análisis de los Mapas de Conceptos	257
	10.8.2. Valoración de los Mapas de Conceptos	262
	10.8.3. Síntesis de la valoración de los significados del concepto de gen en los mapas de conceptos elaborados por la totalidad de los estudiantes en los cursos de Biología Celular y Genética General	275
10.9	Análisis e interpretación de significados del concepto de gen a partir de las representaciones gráficas elaboradas por los estudiantes en Biología Celular y Genética General	276
	10.9.1. Procedimiento	277
	10.9.2. Resultados de la interpretación del significado del concepto de gen de las representaciones elaboradas por los estudiantes en los cursos de Biología Celular y Genética General	278
	10.9.3. Integración de la interpretación de significados del concepto de gen a partir de la información registrada en diferentes momentos del estudio	293
10.10	Consideraciones finales	295
11	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	299

Capítulo	Título	Página
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	319
	ANEXOS	333

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro Número	Título	Página
1.	Contenidos programáticos de los cursos de Biología Celular y Genética General en el currículo de formación de profesores de Biología de la UPEL-IPC. (Tomado de los programas establecidos para ambos cursos, 1996)	43
2.	Distribución de los estudios iniciales de la IAP	92
3.	Escala de valoración para los aspectos Epistemológicos, Didácticos, Históricos y enfoque de la Biología en los libros analizados.	100
4.	Características formales de los libros de Biología seleccionados.	101
5.	Frecuencia absoluta (fa) y frecuencia relativa (fr) de los Aspectos Epistemológicos, Didácticos, Históricos y enfoque de la Biología en los libros de educación Básica.	102
6.	Frecuencia absoluta (fa) y frecuencia relativa (fr.) de los aspectos analizados, en los libros de Biología de educación Media.	109
7.	Frecuencia absoluta (fa) y frecuencia relativa (fr) de los aspectos Epistemológicos, Didácticos, Históricos y enfoque de la Biología en los libros de educación Superior.	113
8.	Significados de gen en los libros de educación Superior.	114
9.	Correspondencia de significados de gen con CBA en los libros de Biología analizados para los tres niveles del sistema educativo venezolano.	118
10.	Caracterización del grupo de docentes de Biología del grupo de estudio.	125
11.	Aspectos a evaluar e ítems del cuestionario.	128
12.	Significados del concepto de gen y formación inicial y profesional de los participantes.	129
13.	Frecuencia absoluta (fa) y frecuencia relativa del significado del concepto de gen entre los participantes.	133
14.	Procesos biológicos con los cuales los participantes, asocian el concepto de gen (n=20).	134
15.	Frecuencia absoluta (fa) y frecuencia relativa (fr) de los contenidos biológicos asociados al concepto de gen, según los participantes del estudio (ítems 4, 5 y 6) (n=20).	135
16.	Síntesis de significados del concepto de gen a partir de las respuestas de los participantes durante la entrevista (n=20).	141
17.	Frecuencia relativa (fr.) sobre la presencia de los	

Cuadro Número	Título	Página
	principios orientadores en la facilitación del aprendizaje significativo crítico del concepto de gen (n=20).	142
18.	Distribución de horas con docentes y estudiantes en la intervención didáctica en cada curso (BCC1/ BCC2 y GGC1/ GGC2).	163
19.	Descripción de la Intervención Didáctica desarrollada durante la IAP, en los cursos de Biología Celular (BCC1/BCC2) y Genética General (GGC1 /GGC2).	165
20.	Organización del grupo de estudio en Biología Celular y en Genética General.	167
21.	Aspectos orientadores para caracterizar la praxis docente según diversos modelos didácticos.	175
22.	Organización administrativa de los cursos de Biología Celular.	177
23.	Resultados de la caracterización de la praxis docente al inicio de Biología Celular, (BCC1) (n=25).	177
24.	Resultados de la caracterización de la praxis de la docente al inicio de Biología Celular (BCC2).	180
25.	Aspectos organizativos de Genética General.	183
26.	Resultados de la caracterización de praxis docente al inicio de Genética General. (GGC1) (n=25).	184
27.	Resultados de la caracterización de la praxis de la docente al inicio de Genética General (GGC2) (n=25)	186
28.	Caracterización de la praxis docente durante los cursos de Biología Celular (BCC1 y BCC2).	189
29.	Caracterización de la praxis docente durante los cursos de Genética General (GGC1 y GGC2).	193
30.	Síntesis de la caracterización de la praxis docente durante los cursos de Biología Celular y Genética General.	200
31.	Aspectos organizativos, profesores y estudiantes que integran los subgrupos de cada curso.	209
32.	Aspectos a evaluar e ítems del cuestionario.	210
33.	Significado inicial del concepto de gen, a partir de los ítems (1 a 5 y 14) incorporados en el cuestionario y el guión de entrevista (n=50).	215
34.	Escala valorativa de la correspondencia del significado del concepto de gen con el conocimiento científico actualmente aceptado CBA.	217
35.	Significados iniciales del concepto de gen (n =50).	218
36.	Importancia del conocimiento del concepto de gen para la vida, al inicio de la investigación.	226
37.	Importancia del concepto de gen para la Biología como ciencia (n=50).	227
38.	Acciones didácticas de la intervención con estudiantes, fuera del aula, en Biología Celular BCC1 /BCC2.	231
39.	Acciones didácticas de la intervención con estudiantes, fuera del aula, en Genética General	232

Cuadro Número	Título	Página
	(GGC1/ GGC2).	
40.	Significados del concepto de gen entre los estudiantes a partir del cuestionario y la entrevista en los cursos de Biología Celular.	236
41.	Síntesis de los significados del concepto de gen en Biología Celular (n=50).	238
42.	Significados del concepto de gen a partir del cuestionario y la entrevista aplicada en el curso de Genética General.	240
43.	Síntesis de significados del concepto de gen en Genética General (n=50).	242
44.	Síntesis de la evolución de significados del concepto de gen y su correspondencia con el CBA (inicial, BC y GG (n=50).	245
45.	Evolución de significados del concepto de gen.	253
46.	Significados del concepto de gen al inicio y durante los cursos de Biología Celular.	254
47.	Valores de Rangos con signo de Wilcoxon de los significados del concepto de gen en Biología Celular y Genética General.	255
48.	Escala para ponderar la presencia de los criterios.	258
49.	Escala para evaluar la calidad de los mapas de conceptos en ambos cursos.	259
50.	Calidad de los mapas de conceptos elaborados por los estudiantes en Biología Celular.	259
51.	Calidad de los mapas de conceptos elaborados por los estudiantes en Genética General.	260
52.	Síntesis de calidad de los mapas de conceptos elaborados en los cursos de BC y GG.	262
53.	Síntesis de los significados del concepto de gen identificados en los mapas de conceptos elaborados por los estudiantes en BC y GG (n=50)	275
54.	Síntesis de la valoración de la correspondencia del significado del concepto de gen con el CBA en las representaciones gráficas elaboradas por los estudiantes en los cursos de BC y GG	278
55.	Síntesis de la integración de la información, acerca de la evolución de significados del concepto de gen a lo largo de la IAP (n = 50).	293

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	Genes, desde su constitución hasta la expresión de la información.	28
2	El concepto de gen y sus significados en el campo de la Genética General. Elaborado por la autora (2009)	37
3	El significado del concepto de gen en Biología Molecular. Elaborado por la autora (2009).	38
4	Mapa de Conceptos de la Teoría de la Educación de Novak (1981). Tomado y adaptado de Moreira (1999, p. 76).	63
5	Representación gráfica del significado del concepto de gen como estructura cuyo sustrato es el ADN y cuya función es la síntesis de proteínas determinadas.	139
6	Representación Gráfica del significado del concepto de gen como información Biológica con diferentes expresiones.	140
7	Compartir dignificados y el papel de las emociones como aspecto central del evento educativo y sus interacciones, según Novak. Tomado de Novak (1992, p.2).	152
8	Proceso de construcción de la intervención didáctica con estudiantes y profesores.	158
9	Mapa de Conceptos sobre contenidos de Biología Celular y Genética General elaborado por la autora (2009).	235
10	Mapa de Conceptos 1 del estudiante E1. (Baja Calidad y Correspondencia).	263
11	Mapa de Conceptos 2 del estudiante E1 (Alta Correspondencia y Calidad).	264
12	Mapa de Conceptos 1 del estudiante E22 (Baja Calidad y Correspondencia).	266
13	Mapa de Conceptos 2 del estudiante E22 (Calidad y Correspondencia Media).	267
14	Mapa de Conceptos 1 del estudiante E12 (Alta Calidad y Correspondencia).	269
15	Mapa de Conceptos 2 del estudiante E12 (Alta Calidad y Correspondencia).	270
16	Mapa de Conceptos 1 del estudiante E5 (Alta Calidad y Correspondencia).	271
17	Mapa de Conceptos 2 del estudiante E5 (Alta Calidad y Correspondencia).	272
18	Mapa de Conceptos 1 del estudiante E31 (Baja Calidad y Correspondencia Media)	273
19	Mapa de Conceptos 2 del estudiante E31 (Calidad y Correspondencia Media).	274
20	Dibujo 1/ Dibujo 2. Estudiante E3.	280

Figura	Título	Página
21	Dibujo 1/ Dibujo 2. Estudiante E5	282
22	Dibujo 1/ Dibujo 2. Estudiante E7	284
23	Dibujo 1/ Dibujo 2. Estudiante E16	286
24	Dibujo 1/ Dibujo 2. Estudiante E17	288
25	Dibujo 1 / Dibujo 2. Estudiante E21	290
26	Dibujo 1/ Dibujo 2. Estudiante E 43	292
27	Diagrama V de Gowin. Evolución del concepto de gen entre estudiantes de la carrera docente de Biología del IPC, (Diez, 2009).	317

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

El propósito del trabajo desarrollado en la presente Tesis Doctoral, que se expone en este informe, se refiere al aprendizaje significativo crítico del concepto de gen, conocimiento fundamental de Biología, por parte de estudiantes de la carrera de formación de profesores de Biología en la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL) en el Instituto Pedagógico de Caracas (IPC).

La selección del concepto de gen, como conocimiento de Biología, obedece a que el mismo tiene un alto grado de abstracción y es fundamental para comprender gran parte de los contenidos de esta ciencia. Es necesario comprender acerca de su epistemología e historia; llegar a conocer sobre su estructura, tipos, mecanismos de expresión, funciones y procesos biológicos en los cuales está involucrado. Además es necesario considerar los significados que éste concepto tiene en las áreas de la Biología a la cual uno se refiera. Por otra parte, los resultados de investigaciones llevadas a cabo desde hace más de dos décadas, indican que su aprendizaje es una tarea de cierta dificultad para la mayoría de los estudiantes, tanto del Bachillerato (educación Básica y Media) como de educación Superior, según trabajos previos llevados a cabo por diferentes investigadores en diversos lugares.

En los materiales educativos de diversos tipos y programaciones de enseñanza, es frecuente, encontrar representaciones externas (esquemas, dibujos, ilustraciones, entre otros) del concepto de gen referido, simplemente a sus características estructurales (Diez y Caballero, 2004). De igual manera, el significado que se presenta, como parte del contenido, está generalmente asociado de manera puntual, a conocimientos de la herencia biológica y al proceso que transcribe la información contenida en el ADN en la formación del ARN y a la síntesis de proteínas específicas (Pitombo, et. al., 2008).

Por otra parte, en el discurso del profesor con frecuencia está presente un significado estructuralista y funcionalista de gen, lo cual, pudiera ser causa de obstáculos epistemológicos de aprendizaje que influyen en la comprensión del mismo (Bachelard, 1938; 1971; Lewis y Kattmann, 2004; Keller, 2002; 2005a, Diez, et. al., 2007). De ahí, la importancia de considerar los conocimientos previos que tienen los estudiantes para conducir, a partir de ellos, una enseñanza potencialmente significativa y crítica del concepto de gen, que promueva la construcción de significados en correspondencia con el conocimiento actualmente aceptado en la Biología (CBA). La información actualmente aceptada por la comunidad de biólogos considera conocimientos sobre la estructura de los ácidos nucleicos (ADN y ARN), su función como moléculas bioquímicas en las que se llevan a cabo los procesos de duplicación de la información y los procesos de transcripción considerando la existencia de diferentes tipos de genes (intrones y exones) y sus características, mecanismos implicados en la formación del ARN precursor y su edición final. Además, es necesario entender el papel de los genes, tanto en la síntesis proteica como en otros procesos biológicos, propios de los sistemas celulares.

El conocimiento actual sobre el concepto de gen, como “información biológica” que tiene diversas maneras de expresión, y que está relacionado con distintas funciones de los sistemas vivientes, supone entender que su significado no es único en todos los campos de la Biología, ni ha sido el mismo durante las épocas de la historia de esta ciencia, lo cual, pone en evidencia el dinámico proceso de su desarrollo y evolución. En este sentido El-Hani (2005), señala:

“...los actuales desafíos sobre el concepto de gen muestran la dificultad que existe por mantener sus significados iniciales, por ejemplo, el que se le da desde el punto de vista de la Biología Molecular clásica, donde se considera a un gen como un segmento de ADN que codifica un producto funcional (polipéptido o ARN)”... (op. cit. p. 1).

En el desarrollo del conocimiento biológico, los recientes avances logrados a partir del desciframiento del Genoma, ponen de manifiesto la complejidad del concepto de gen, como *regiones de información* en las secuencias genómicas, que si bien se relaciona con información hereditaria, también están asociadas a procesos de regulación, desarrollo, especiación, evolución, entre otros, con características específicas de la diversidad de células y de los sistemas vivos (Pearson, 2006).

Es así como, desde el punto de vista de la historia de la Biología y los actuales desarrollos del conocimiento biológico, a partir del estudio del Genoma, se abre una nueva serie de interrogantes e hipótesis acerca del papel de los genes y del ARN como molécula clave y determinante en los procesos celulares, que requiere, de parte de Biólogos y docentes de Biología una postura epistemológica diferente, crítica y reflexiva, a la hora de organizar y conducir la enseñanza de dichos conocimientos, especialmente en la formación de los futuros docentes de Biología.

Para facilitar la comprensión del significado biológico actual del concepto de gen (CBA) es necesario organizar y conducir su enseñanza de manera potencialmente significativa y crítica. Esto implica considerar, como parte del contenido, información sobre los desafíos a los cuales se enfrenta actualmente el concepto de gen (Carvaho y El-Hani, 2007), hacer uso de diversas estrategias, materiales y espacios de aprendizaje que promuevan el análisis de la información donde se plantee la existencia de diversidad de genes (reguladores, estructurales, intrones y exones, genes sin sentido, entre otros); los mecanismos de la edición del ARN para seres eucariontes y procariontes, entre otros conocimientos. Esto demanda a los profesores y autores de materiales educativos una manera diferente de organizar y secuenciar el contenido, lo que supone considerar los principios ausubelianos de jerarquización de la información, diferenciación progresiva y reconciliación integradora, que permita al estudiante la construcción del conocimiento de manera que el significado lógico del concepto de gen sea traducido en significado psicológico para el estudiante (Ausubel, 2002).

Una enseñanza centrada en el estudiante, que facilite el aprendizaje significativo crítico (Moreira, 2005) del concepto de gen y sus implicaciones, requiere de actividades fundamentadas en la interacción social, con el uso de diversos materiales educativos que permitan aprender el lenguaje de la ciencia con significados denotativos y connotativos. De manera que, en la construcción de dicho conocimiento, el estudiante pueda analizar y pensar críticamente sobre el mismo y sobre su propio proceso de aprendizaje, de modo que facilite una evolución de significados en el proceso de su aprendizaje (Moreira, 2005). Se requiere, al mismo tiempo, favorecer espacios de aprendizaje que permitan a los estudiantes compartir significados, considerando las distintas áreas de la Biología, y los procesos epistemológicos de este conocimiento.

La idea de que los genes no son más que estructuras físicas localizadas en los cromosomas nucleares, es señalado como uno de los obstáculos epistemológicos que inducen a relacionar el concepto de gen, exclusivamente, con la herencia de caracteres y cuya expresión conduce a determinados fenotipos, éste significado ha sido y continúa siendo el que con mayor frecuencia se presenta en la enseñanza de la Biología y, por lo tanto, es el significado del concepto de gen que comparten la mayoría de los estudiantes de educación Media y Superior. La idea de asociar exclusivamente a los genes con los cromosomas, como estructuras celulares donde se encuentra la información biológica que se hereda, lo relaciona con sólo una de sus posibles funciones, lo que pudiera ser limitante en la comprensión de su papel en otros procesos biológicos y, por tanto, en el aprendizaje significativo crítico de este concepto fundamental para la Biología. En este sentido, el biólogo molecular William Gelbart (citado por Keller, 2005 b), señala:

“...a diferencia de los cromosomas, los genes no son objetos físicos, sino conceptos que han adquirido un bagaje histórico durante las últimas décadas [...] y se ha llegado al punto de considerarse que su uso con este significado puede de hecho ser limitante de nuestro entendimiento”... (op. cit., p. 4).

Las implicaciones del concepto de gen en la Biología actual, los diferentes significados a lo largo de su historia, el conocer su epistemología, la manera cómo este conocimiento científico es llevado a la escuela, es decir, cómo se organiza y conduce su enseñanza y las frecuentes dificultades detectadas acerca de su aprendizaje, representan un reto de compromiso con la investigación en enseñanza de la Biología que tiene que ver con la conceptualización de este concepto entre estudiantes universitarios de la carrera docente, cuyo fin es la formación de profesores de Biología.

El conocimiento sobre genes intrones, la existencia de genes interrumpidos, el proceso de *splicing* alternativo, las recientes propuestas sobre la manera de llevarse a cabo la transcripción y edición final del ARN, la controversia acerca de la existencia de los denominados “genes chatarra o sin sentido” y la reconsideración de tal término a partir de recientes aportes de investigación, entre otros, son conocimientos recientes de la Genómica que requieren ser incorporados, como información en los cursos de educación Superior. De la misma manera, se requiere considerar desde el bachillerato, contenidos sobre elementos de la historia

y epistemología del concepto de gen, de manera que se promueva el aprendizaje significativo crítico de este conocimiento fundamental para la Biología.

La relevancia de este concepto en la comprensión de contenidos de Biología, llevó a plantear la realización de una serie de estudios, dentro de la presente Tesis Doctoral, con el propósito fundamental de conocer cuáles son los significados que los estudiantes atribuyen al concepto de gen, tanto los que tienen cuando inician sus estudios universitarios, como el que construyen durante el desarrollo de los cursos de la carrera de docencia en la Universidad Pedagógica Experimental Libertador-IPC de Venezuela. Además, tratar de identificar dificultades que se presentan durante su aprendizaje, para buscar, a partir de ellas, alternativas centradas u orientadas a impulsar su aprendizaje significativo crítico. Es decir, conocer cuáles son las características de los significados del concepto de gen en estudiantes universitarios y cómo evolucionan hacia los reconocidos hoy por la ciencia, a través de un proceso de intervención didáctica construido, organizado y conducido, a partir de la Investigación Acción Participativa (IAP) considerando los principios establecidos en la teoría del aprendizaje significativo (Ausubel, 2002), el Aprendizaje Significativo Crítico (Moreira, 2005) y los elementos del acto educativo: docente, estudiantes, materiales, currículo y evaluación, señalados por Novak (1981; 1992) en su Teoría de Educación. La investigación fue desarrollada a lo largo del tiempo, lo cual responde a los planteamientos de Ausubel (2002), cuando señala la importancia de llevar a cabo investigaciones:

...“a largo plazo sobre el aprendizaje, la adquisición y retención de nuevos conocimientos en cursos de estudios y de currículos graduados secuencialmente para estudiantes de distintos niveles de edad y de la aplicación de estos resultados al currículo, a las prácticas y los materiales de instrucción (op cit. p. 21).

Compartiendo los planteamientos de Moreira (1998) y de Pozo y Gómez (1998), acerca del papel de la educación en ciencias para la formación de los estudiantes, se considera que la comprensión sobre el concepto de gen y su relación con otros conocimientos biológicos, puede ofrecer a los estudiantes la posibilidad de interpretar el mundo, desde el punto de vista de las teorías científicas, generar nuevas representaciones y construir conocimientos que les permita ir más allá de los conocimientos intuitivos.

El trabajo llevado a cabo, como parte de la Tesis Doctoral, representa una aportación sobre el aprendizaje de las ciencias, en la perspectiva de la Psicología Cognitiva, específicamente, para intentar comprender cómo construyen los estudiantes de educación Superior de la carrera de formación de profesores de Biología del IPC-UPEL conocimientos científicos, qué tipo de representaciones elaboran y cómo evolucionan progresivamente durante la intervención didáctica. Esto puede ofrecer elementos que permitan acercarse al proceso cognitivo de construcción y discriminación de significados científicos, mediante las formas de construcción y discriminación de significados (Moreira, 2000b; Llancaqueo, et. al., 2003; Llancaqueo, 2006).

El contenido de la Tesis se ha estructurado del modo siguiente:

La primera parte se presenta en el Capítulo 1, donde se describe la problemática existente entre los estudiantes de Biología en dos de las asignaturas de la carrera en el IPC- UPEL; se expone el planteamiento del problema de investigación, los interrogantes, su justificación y objetivos.

El Marco Teórico conceptual y epistemológico se expone en la segunda parte del trabajo, donde se presenta el análisis del contenido desde el punto de vista de la Biología y desde la teoría del Aprendizaje Significativo, lo cual forma parte del Capítulo 2. En el Capítulo 3, se describe el Marco Teórico referido a la Psicología Cognitiva y, en particular, a la Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel (2002), al Aprendizaje significativo crítico de Moreira (2005), a la Teoría de la Educación de Novak (1981) y a los planteamientos de Bachelard (1938; 1971) sobre obstáculos epistemológicos y su papel en el aprendizaje.

En el Capítulo 4, se presentan trabajos revisados, sobre enseñanza de la Biología, en un período de más de tres décadas, que pretenden mostrar una imagen de las tendencias y tipos de trabajos desarrollados. El Capítulo 5, refiere al Marco Metodológico General, en el mismo se hace referencia al paradigma investigativo, tipo de investigación, las hipótesis que orientan el trabajo para cada uno de los estudios, los procedimientos generales e instrumentos. Los estudios particulares llevados a cabo han sido:

- Análisis de los libros empleados en educación Básica, Media y Superior en Venezuela.
- Identificación de significados del concepto de gen de una muestra intencional de docentes de Biología que se desempeñan como profesores en educación Básica y Media, por sus posibles implicaciones en la organización y conducción de su enseñanza.
- La caracterización didáctica de los cursos de Biología Celular y Genética General, en la UPEL - IPC.
- La construcción de la intervención didáctica, a partir de una investigación acción participativa con profesores y estudiantes de dichos cursos.
- La identificación e interpretación de significados del concepto de gen que tienen y construyen los estudiantes de educación Superior a lo largo del desarrollo de dichos cursos y su posible relación con la intervención didáctica construida.

La descripción de dichos estudios se presenta respectivamente en los capítulos 6, 7, 8, 9 y 10, donde se hace referencia a los propósitos, metodología, procedimientos e instrumentos específicos, así como al análisis e interpretación de resultados a la luz de los referentes teóricos considerados.

En el Capítulo 11, se presentan las conclusiones, consideraciones finales e investigaciones futuras en la facilitación de una enseñanza potencialmente significativa y crítica de contenidos de Biología y otras áreas del conocimiento.

CAPÍTULO 1

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

CAPÍTULO 1

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En este capítulo se refiere la situación problemática detectada, el problema y propósito de la investigación, los interrogantes y objetivos formulados. En el mismo, se señala la necesidad detectada de abordar la investigación, así como el complejo proceso de aprendizaje significativo del concepto de gen, por su posible incidencia en la comprensión de diversos procesos biológicos y la importancia de identificar elementos que permitan organizar y conducir su enseñanza de manera potencialmente significativa y crítica.

1.1. Justificación

En educación en Biología, el gen y otros conceptos asociados, forman parte de los contenidos del currículo escolar, tanto del Bachillerato como de la Universidad, los cuales han sido objeto de investigaciones educativas que tratan de mejorar su enseñanza, sin embargo, las dificultades para su aprendizaje aún persisten (Saddler y Zeidler. 2005a; Saddler y Zeidler 2005b; Mudry y Andrioli, 2005; Ayuso y Banet, 2002; Carrero y Reyes, 2000; Banet y Ayuso, 2003; San Valero, 1995; Jouve, 1995; Bugallo, 1994, entre otros). Posiblemente, debido a que hasta ahora, la mayoría de las investigaciones desarrolladas no han atendido en profundidad su aprendizaje significativo, para organizar su enseñanza de manera potencialmente significativa.

En educación Superior, y específicamente en el pensum de estudios de la carrera de formación de profesores de Biología de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador, en el Instituto Pedagógico de Caracas (UPEL-IPC) se imparten los siguientes cursos obligatorios: Bioquímica, Biología Celular, Genética General y Evolución, donde el concepto de gen forma parte de sus contenidos programáticos. Según informes provenientes de la oficina de control de estudios de este centro educativo, sobre el rendimiento de los estudiantes, las calificaciones obtenidas en estas asignaturas durante los últimos diez semestres, se sitúan en valores cercanos a la mínima aprobatoria (6 puntos sobre 10), además del elevado número de estudiantes que en cada semestre deben repetir dichos cursos. Por esto, la decisión de seleccionar las asignaturas de Biología Celular y Genética General como el contexto donde se llevó a cabo el presente trabajo de investigación.

Por otra parte, a partir de la experiencia profesional de la investigadora como profesora de Biología en educación Superior y en educación Media, así como de actividades llevadas a cabo en la planificación y orientación de cursos de actualización y formación continua de docentes en servicio, mediante trabajos desempeñados en el Centro Nacional para el Mejoramiento de la Enseñanza de las Ciencias, CENAMEC, en Venezuela, es posible señalar que, entre los contenidos de Biología donde los profesores manifiestan tener mayores necesidades, tanto de formación como de actualización específica, están aquellos relacionados con el campo de la Genética, la Biología Celular y la Biotecnología, así como en la manera de abordar la resolución de problemas de Genética, donde el conocimiento que tienen sobre el concepto de gen es determinante.

En un estudio realizado en el CENAMEC, sobre necesidades manifestadas por los docentes en servicio, se pudo determinar que, entre los obstáculos que se presentan para la comprensión de los contenidos biológicos asociados con la Genética, la Biología Celular y Molecular está la relación casi exclusiva del concepto de gen con los mecanismos de la herencia mendeliana (Contreras, et. al., 1990). Como parte de las reflexiones, sobre las dificultades detectadas entre los docentes en servicio, señalan que, regularmente, no se ofrecen en los cursos actividades para reflexionar acerca de los diversos significados de éste concepto en los diferentes campos de la Biología, así como sobre su epistemología y evolución histórica.

Por otra parte, en cuanto a los contenidos de los libros y otros materiales educativos que utilizan profesores y estudiantes, a partir de trabajo previo llevado a cabo por la investigadora, es posible señalar que, en educación Básica (13 a 15 años) y en educación Media (15 a 18 años) de Venezuela existen deficiencias e inexactitudes en cuanto a la información que forma parte de las representaciones externas sobre los cromosomas, cromatina, cromátidas, alelos, mitosis, meiosis, entre otros. Además de una importante desactualización en la información, a la luz de los recientes estudios del Genoma y sus aplicaciones en la sociedad. En éstos el significado del concepto de gen que, con mayor frecuencia se presenta a los estudiantes antes del ingreso a la universidad, está centrado en una visión restringida de su significado como “estructuras físicas” asociadas fundamentalmente a la Herencia de caracteres hereditarios, con escasa mención a sus implicaciones en el campo de la Biotecnología y la Ingeniería Genética. Por otro lado, se evidencia una escasa visión o total ausencia del desarrollo epistemológico de este conocimiento a lo largo de la historia de la Biología.

En los libros de nivel universitario, según las investigaciones revisadas, el concepto de gen se presenta en los capítulos relacionados con Genética, Biología Celular, Biología Molecular y Evolución, haciendo generalmente referencia al conocimiento como “definitivo”, “acabado” y “exacto”; con una visión restringida de su significado y con una imagen desvirtuada de la ciencia y del trabajo de los científicos, además de un escaso tratamiento sobre el proceso de desarrollo y evolución de sus significados. De ahí que, se señale en ellos un tratamiento histórico, deformado y descontextualizado del concepto de gen como conocimiento fundamental de la Biología (Cabrera y Melo, 2007; Velasco, 2008; Pitombo, et.al., 2008).

En cuanto al significado del concepto de gen presente en el discurso de la mayoría de los profesores de Biología, existe la tendencia a considerar a los genes, simplemente, como elementos localizados en los cromosomas, lo cual pudiera señalar la existencia de ideas alternativas que refieren la presencia de los genes exclusivamente en seres eucariontes. Dichas ideas pudieran incidir en la información, que a través de su discurso, se presenta a los estudiantes, la manera de seleccionar y conducir las actividades, los materiales que se recomiendan, entre otros.

Los planteamientos anteriores permiten señalar que, a pesar de su presencia en el currículum escolar, de las investigaciones educativas llevadas a cabo para identificar las dificultades más frecuentes que afectan su comprensión, así como

del incremento de diversos materiales didácticos, estrategias y actividades para mejorar su enseñanza y favorecer su comprensión, aún está pendiente cómo favorecer su aprendizaje de manera significativa crítica, en correspondencia con el conocimiento biológico actualmente aceptado (CBA). De ahí que, se considere importante enfocar los estudios en enseñanza de la Biología, tratando de identificar los significados que tienen los estudiantes, los que construyen considerando los procesos cognitivos involucrados en su aprendizaje, apoyándose en las aportaciones de la investigación en enseñanza de la Biología, en la Teoría del aprendizaje Significativo de Ausubel (2002) y, especialmente, en el aprendizaje significativo crítico propuesto por Moreira (2005; 2006).

Se considera que el trabajo desarrollado, en la Tesis Doctoral, puede ofrecer elementos para comprender los procesos cognitivos en los estudiantes durante el aprendizaje significativo de la Biología, y, al mismo tiempo, sugerir pautas de orientaciones, reflexiones y planteamientos que permitan facilitar una enseñanza potencialmente significativa crítica de este concepto clave de la Biología.

1.2. Problema de investigación

Para atender la situación previamente descrita, se consideraron los siguientes presupuestos:

- El conocimiento acerca del concepto de gen que tienen los estudiantes antes de realizar estudios universitarios, tiene relación con los significados del concepto de gen que con frecuencia se presentan en los libros de educación Básica y Media.
- Aprender significativamente el concepto de gen, como conocimiento fundamental para la Biología, requiere que el estudiante tenga conocimientos de esta ciencia, específicamente en relación a la teoría celular, la diversidad de células y de organismos, sobre la estructura celular en procariontes y eucariontes, la composición y especificidad de las biomoléculas, entre otros.

La adquisición de conocimientos acerca del concepto de gen y otros contenidos biológicos relacionados son necesarios en la formación integral del ciudadano, ya que dicho conocimiento le permitirá ser crítico y reflexivo, por ejemplo, sobre la aplicación de la biotecnología en la producción de alimentos transgénicos, en la producción de fármacos y sus limitaciones para ser adquiridos por la mayoría de la población humana, entre otros, así como, por ejemplo, en decisiones éticas acerca del uso de células madres, del reconocimiento a partir de la huella del ADN de la paternidad o maternidad de las personas, entre otros. En educación formal, desde el punto de vista del aprendizaje de la ciencia, su adquisición le permitirá construir nuevos significados, tanto del campo de la propia Biología como de otras ciencias (Esperben y Biraben (s/f), Jouve, 1995; Banet y Ayuso, 1998).

Desde el punto de vista de la educación científica, en su aprendizaje, al igual que sucede con otros contenidos biológicos, se presentan dificultades, las

cuales han sido objeto de estudio e investigaciones en enseñanza de la Biología y que permiten señalar como posibles causas de las mismas:

- a. La naturaleza abstracta de este **conocimiento biológico**; la diversidad de sus significados y su evolución en diferentes épocas de su historia; la propia complejidad de los procesos biológicos en los cuales está implicado y sus variadas funciones, según la organización, complejidad biológica y características de los sistemas vivientes. Los recientes conocimientos acerca de las secuencias genómicas y sus relaciones con la síntesis proteica.
- b. En relación **a la enseñanza**, la manera de organizar, secuenciar y presentar este contenido, generalmente lineal y poco relacionado con otros conocimientos biológicos; el tipo de evaluación que se utiliza para comprobar su aprendizaje. La diversidad y complejidad de la terminología, símbolos y nomenclatura utilizada y que debe ser aprendida por los estudiantes para, por ejemplo, elaborar pedigrís, cariotipos y otros diagramas propios del campo de la Genética. La selección y explicación inadecuada, de parte del profesor en la resolución de problemas de Genética fundamentada en “problemas tipo”, su representación, entre otros. La presencia de errores e inexactitudes en los materiales educativos; una enseñanza generalmente “tradicional” centrada en explicaciones del profesor, con escasa o ninguna participación de los estudiantes; el uso exclusivo del libro u otros materiales únicos, los cuales además presentan la información de manera inadecuada; la escasa incorporación de actividades prácticas y de laboratorio para favorecer su aprendizaje, entre otros.
- c. En relación **a los estudiantes**, la falta de comprensión de los contenidos, la persistencia de conocimientos previos que funcionan como obstáculos para el aprendizaje; la imagen que tienen de la Genética, la Biología Celular y Molecular; la presencia de ideas alternativas y su repercusión en el aprendizaje del concepto de gen, considerando los recientes aportes de la genómica, la proteómica, la bioinformática. La ausencia de conocimientos y habilidades matemáticas para solucionar problemas, donde el concepto de gen es evidente. La falta de motivación hacia el estudio de la Biología, especialmente por la poca relación que ven entre el aprendizaje de conceptos específicos y su importancia para la vida.

Considerando como sustento la Teoría de la Educación de Novak (1981; 1992), al referirse al evento educativo como *una acción para compartir significados y sentimientos entre el aprendiz y el profesor*, es indispensable considerar lo que dicho autor denomina elementos del evento educativo, a los cuales se refiere como: *aprendiz, profesor, conocimiento, contexto y evaluación*. A partir de lo cual propone, que en el mismo está implicada la acción de intercambiar significados y sentimientos entre el profesor y el estudiante, y cuyo objetivo es el aprendizaje significativo de un nuevo conocimiento aceptado y válido, en un cierto contexto, siendo también compartido por una determinada comunidad de usuarios.

De ese modo, y parafraseando a Moreira (2003, p. 116), aprender de manera significativa el concepto de gen, lleva consigo entender sus significados científicamente aceptados y compartidos por biólogos y profesores que aprendieron

dicho conocimiento de la Biología de manera significativa. Por consiguiente, en el acto educativo y, con fines de facilitar un aprendizaje significativo crítico del concepto de gen, entre los estudiantes de educación Superior de la carrera de formación de docentes de Biología, se deben considerar la interacción permanente de los componentes educativos: contenido, materiales educativos, docente, estudiantes, procesos de enseñanza y evaluación del aprendizaje.

En consecuencia con lo dicho, la investigación en enseñanza de la Biología, que subyace a la presente Tesis Doctoral está orientada a:

Comprender el proceso de aprendizaje significativo del concepto de gen, entre los estudiantes universitarios de la carrera docente de Biología en la Universidad Pedagógica Experimental Libertador- IPC de Venezuela, durante el desarrollo de los cursos de Biología Celular y Genética General y, a partir de ello organizar y llevar a cabo una propuesta de enseñanza potencialmente significativa orientada a facilitar el aprendizaje significativo crítico de este concepto fundamental de Biología.

Por lo que se consideraron los siguientes interrogantes:

- ¿Qué características y significados tienen los contenidos sobre el concepto de gen, en los libros de Biología de educación Básica, Media (12 a 18 años) y Superior en Venezuela?
- ¿Qué significados del concepto de gen tienen profesores de educación Básica y Media?
- ¿Qué elementos caracterizan la manera de organizar y enfocar la enseñanza, de parte de los profesores de educación Básica y educación Media?
- ¿Qué caracteriza el modelo didáctico de las profesoras de los cursos: Biología Celular y Genética General del IPC-UPEL?
- ¿Cuáles son los significados, acerca del gen, que tienen los estudiantes del IPC-UPEL al inicio de los cursos de Biología Celular y Genética General?
- ¿Cuáles son los significados del concepto de gen, que construyen los estudiantes universitarios de la carrera docente de Biología del IPC?, y ¿cómo evolucionan durante el desarrollo de los cursos de Biología Celular y Genética General?
- ¿Qué incidencia puede tener la intervención didáctica construida, sobre la base de la investigación acción participante, entre los estudiantes de ambos cursos?
- ¿Qué aspectos se requieren considerar para planificar una enseñanza potencialmente significativa que facilite el aprendizaje significativo crítico del concepto de gen y otros conocimientos asociados, entre los estudiantes de los cursos de Biología Celular y Genética General?
- ¿Qué dificultades presentan los estudiantes durante el aprendizaje significativo crítico del concepto de gen?
- ¿Es posible identificar elementos y características del conocimiento implícito en los esquemas de los estudiantes, a partir de su desempeño en tareas de aprendizaje, de la intervención didáctica, aplicadas en los cursos señalados y en las cuales necesitan disponer de significados del concepto de gen “actualmente aceptados” en Biología?

1.3. Objetivos.

General

- Profundizar el análisis de las características del proceso de evolución de significados sobre el concepto de gen de los estudiantes universitarios durante la intervención didáctica hacia significados acordes con la Biología actual.

Específicos

1. Analizar contenidos de libros y otros materiales educativos, de mayor uso entre los profesores de Biología de educación Secundaria y Superior en Venezuela, con la finalidad de identificar el enfoque, calidad de la información y tratamiento que en los mismos se da al gen y otros contenidos biológicos asociados.
2. Determinar los significados del concepto de gen que tienen los docentes de Biología, de una muestra seleccionada.
3. Identificar las características del modelo didáctico que se observa durante el desarrollo de los cursos de Biología Celular y Genética General.
4. Diseñar y aplicar una intervención didáctica, construida a partir de la investigación considerando el aprendizaje significativo (Ausubel, 2002) y los principios señalados por Moreira (2005) para facilitar el aprendizaje significativo crítico del concepto de gen.
5. Indagar acerca de la posible evolución de significados del concepto de gen entre los estudiantes del grupo de estudio, durante el desarrollo de los cursos de Biología Celular (BC) y Genética General (GG), a través de una diversidad de actividades diseñadas a partir de los principios del aprendizaje significativo crítico.
6. Indagar sobre obstáculos y posibles elementos facilitadores que influyen en la comprensión, adquisición y dominio del concepto de gen entre los estudiantes del grupo seleccionado.
7. Plantear criterios orientadores de actividades de aprendizaje pertinentes que promuevan el aprendizaje significativo crítico del concepto de gen, entre estudiantes de la carrera de formación de docentes de Biología.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL DESDE LA BIOLOGÍA

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL DESDE LA BIOLOGÍA

El presente capítulo contiene una síntesis del conocimiento biológico acerca del concepto de gen y su relación con otros conceptos asociados, para lo cual, se han revisado sus significados en diferentes momentos de la historia de la Biología, así como los actuales desafíos a los que se enfrenta el concepto de gen que ha predominado a lo largo del siglo XX y primeros años del actual. Además, se refiere la importancia de este conocimiento científico para la Biología, sus implicaciones biotecnológicas, sociales, éticas y sus repercusiones en el aprendizaje y su enseñanza.

2.1. El concepto de gen. Contenido biológico

Desde la Biología como ciencia, decir hoy lo qué es el gen no es una tarea simple, por lo que científicos, investigadores, filósofos e historiadores expresan que es una tarea ardua y complicada. En este sentido, Atlan, 1999 (en Chevassus, 2002, p. 70) señala: “*no hay una respuesta simple y univoca a la pregunta ¿Qué es un gen?*” y ante lo cual indica la importancia de abordar este interrogante con la intención de acercarse a varias posibilidades de respuesta. De hecho, para tratar de responder a dicha pregunta se deben considerar tanto los diferentes significados clásicos acerca del gen, como sus significados actuales construidos a partir de los avances en diversos campos de la Biología donde está involucrado (Biofísica, Bioinformática, Biología Molecular, Terapia Génica, Genética Molecular, Virología; Biología de poblaciones; Evolución, Biotecnología, entre otras).

El concepto de gen no es simple, por el contrario, es complejo y abstracto, además de ser considerado un conocimiento fundamental para la comprensión de la Biología en todos sus campos y, por esto, no se considere una definición única de dicho concepto a lo largo de la historia, sino que, dependiendo de ello y de los avances en su conocimiento, el significado ha evolucionado. Por lo tanto es necesario, plantearlo atendiendo a la multiplicidad de procesos en los sistemas celulares, la diversidad de seres vivos y su relación con otros conceptos asociados (cromatina, nucleosomas, cromátidas, cromosomas, ácidos nucleicos, proteínas, enzimas, procesos de división celular, entre otros), además de su importancia como conocimiento para la vida y para la propia Biología.

De esta manera, en Genética, el concepto de gen es considerado como elemento clave de la herencia y recombinación; en Biología Celular y Molecular, atendiendo el aspecto funcional, es considerado como secuencias de segmentos del ADN con informaciones que requieren, en primer lugar, ser transcritas y traducidas en la conformación de un pre ARN, para, a partir de éste, editarse y llevar a cabo la síntesis de una o diversas proteínas; en Evolución, es visto como elemento determinante que permite conocer y comprender acerca de las mutaciones, la especiación, la variabilidad, entre otros.

2.1.1. Desarrollo del concepto de gen, una visión desde la Historia de la Biología.

En la historia de la Biología es posible identificar diferentes significados del concepto de gen, a lo largo del tiempo; la diversidad de sus significados ha sido objeto de recientes debates entre científicos, historiadores y filósofos de las ciencias, por ejemplo, fue considerado tema central en la organización de la vigésima conferencia de la Biología del siglo XX (Keller, 2002). A partir del desciframiento del Genoma, se ha tratado de buscar un significado común que permita lograr acuerdos mínimos para entender su papel en los diversos procesos biológicos, lo que ha conducido a un tratamiento del mismo como término general o abarcador con el que se relacionan otros conocimientos de la Biología (Falk, 2000). En los encuentros entre especialistas, se plantea de manera general, que el concepto de gen está asociado al campo de la Biología a la cual se dedican los biólogos o más específicamente, al área de sus investigaciones. En esta búsqueda, por dar al concepto de gen un significado aceptable y compartido, se han conducido trabajos que intentan conocer cómo los biólogos lo consideran (Stotz, et. al., 2004).

Es necesario considerar y relacionar los significados dados a este concepto en diferentes momentos de su desarrollo, además de conocer los procesos tecnológicos que han llevado a su conceptualización en el curso de las prácticas y sistemas experimentales que se fueron modificando y que, hoy en día, continúan cambiando. En éste largo proceso epistemológico, según señala Rodríguez (2005), el concepto de gen ha sido considerado desde la época de los griegos, posteriormente reconsiderado a partir del redescubrimiento de los experimentos realizados en 1866 por Gregorio Mendel, y en la actualidad vuelve a ser objeto de discusión con la consolidación de nuevas ciencias que intentan, por ejemplo, descifrar el Genoma con diferentes propósitos. La determinación de la secuencia del Genoma humano y de otros seres vivos, permite decir que ha comenzado una nueva era: post-genómica, que ha planteado la necesidad de volver a revisar su significado (El-Hani, 2002; Beurton, et. al., 2000, entre otros).

Considerando a Zarante (s/f), Ramírez (2006), Barriga (2006) y otros especialistas en el área, el inicio del término gen, como tal, puede señalarse a comienzos del siglo XIX con los estudios de la Herencia como área de la Biología, desarrollándose la investigación sobre sus bases y mecanismos. En éste momento de la Historia de la Biología es posible identificar dos tendencias, la primera concibe la Herencia como una **fuerza** que se acumula por generaciones, y que, como magnitud mensurable, se puede analizar estadísticamente. Esta idea fue ampliamente aceptada por los llamados “criadores” (botánicos, agricultores) de dicho siglo. Una segunda tendencia, considera a la Herencia como contenido o **materia** que se transmite entre las generaciones. Según Zarante (s/f), dentro de este enfoque se considera a Hugo De Vries, quien entre 1900 y 1910 planteó la existencia de “pangenes” y a Gregorio Mendel, quien en 1866 había señalado la existencia de “factores” al tratar de explicar los resultados de sus cruces con plantas.

Según filósofos e historiadores, estos significados del concepto de gen como “fuerza” o como “materia” no tuvieron la intencionalidad de asociarlos a “partículas” ni a una “sustancia” hereditaria en particular, sin embargo, tal

pensamiento se hizo presente debido a la consideración de que el cuerpo de los organismos vivientes consiste en materia. De esta manera, los genes fueron vistos como entidades microscópicas que, como masas acumuladas en alguna parte del cuerpo, permitían la expresión de los rasgos particulares visibles y de los cuales eran responsables (Ramírez, 2006), y que en términos de Bachelard (1938), éstos significados iniciales podrían ser obstáculos epistemológicos que han incidido en el desarrollo de éste conocimiento científico.

Una buena parte del siglo XIX, ha sido dedicado al estudio de la Herencia biológica y, en este sentido, Watson, et, al (2005) señalan que la característica más llamativa que se le atribuye a la célula es la capacidad que tiene de transmitir características hereditarias de una generación a otra y de esta forma se relaciona la presencia de los genes en los cromosomas y de éstos con la Herencia (primera tendencia). En expresión de dichos autores:

su fundamento físico no se conoció hasta los primeros años del siglo XX, cuando, durante un período notable de actividad creativa, se estableció la Teoría Cromosómica de la Herencia (ibid op cit. p.32).

Según Barriga (2006) y Zarante (s/f), la tendencia de considerar a los genes como materia fue compartida por otro grupo de biólogos de la segunda mitad del siglo XIX, al que pertenecieron Naegeli y Weismann, que distinguieron entre la sustancia y el cuerpo, es decir, entre “idioplasma” y “soma”. A partir de este enfoque se consideró al gen como sustancia responsable de la continuidad hereditaria entre generaciones. Entre los investigadores de ésta tendencia, es decir, como responsables de la transmisión hereditaria aparecen entre 1860 y 1868 los estudios de Haeckel, quien trabajó sobre el material nuclear de los espermatozoides y postuló el núcleo como responsable de la herencia. En esta misma época (1866) fue cuando Gregorio Mendel plantea el término “factores” al tratar de explicar los mecanismos de la herencia de caracteres.

El trabajo titulado: “Experimentos en híbridos de plantas”, fue presentado por Gregorio Mendel en su momento ante la Sociedad de Ciencias Naturales de Brünn, sin ninguna repercusión. Sin embargo, es considerado como el acontecimiento que permite establecer a la Genética como la ciencia que estudia los genes, ya que en él fueron descritos detalladamente los elementos de la transmisión de caracteres en ciertas plantas. Las conclusiones sobre los principios de la Herencia, no fueron consideradas para ese momento, debido a que el ambiente de opinión de la comunidad científica no era favorable a sus postulados. Después de dieciséis años de su muerte, los investigadores: Hugo De Vries, Correns y Tschermak, trabajando de manera independiente en sistemas de cultivos de plantas distintas a las de Mendel, confirmaron sus resultados y permitieron que la idea de los factores mendelianos se asociara a los genes como los responsables de la transmisión de caracteres hereditarios de padres a hijos. (Klug, et.al., 2006; Ramírez, 2006).

De acuerdo a lo señalado por Keller (2002), a propósito del siglo del gen, la importancia de éste concepto se hace evidente a partir de tal redescubrimiento facilitando la serie de trabajos realizados durante los veinte años siguientes y que señalaron la existencia de los cromosomas y su papel, así como la consolidación

del conocimiento acerca de los procesos de división celular (mitosis y meiosis) y la fecundación.

Aún cuando Mendel no acuñó el término gen, fue quien planteó la existencia de “factores” como elementos responsables de la herencia de los caracteres. Por esto, el significado de gen con idea similar a la de los “factores mendelianos”, es el que con mayor frecuencia ha sido asociado al concepto de gen. Mucho después de dichos trabajos, los estudios fueron dirigidos a la búsqueda de los principios de la herencia en las moléculas de proteínas y de otras moléculas biológicas, que llevaron a mediados del siglo pasado, a proponer un modelo de doble hélice acerca de la estructura del ácido desoxirribonucleico (ADN) y, con ello, dar una base bioquímica al concepto de gen. En 1961, Jacob y Monod plantean su postulado que señala la funcionalidad del concepto de gen, al expresar: “un gen una enzima”. Desde entonces, la larga carrera para tratar de comprender acerca del concepto de gen y sus significados no ha aminorado.

Según señalan Klug, et. al., (2006); Watson, et. al., (2005) y Griffiths, et. al., (1995), la identificación de los cromosomas por Nâgeli en 1842, los trabajos de Mendel en 1866, De Vries entre 1900-1910 y de otros científicos, así como la identificación del ADN nuclear realizada por Miescher en 1868 y la postulación, en 1889 del término cromosoma por Waldeyer, son algunos de los acontecimientos del siglo XIX que permiten potencializar el significado del concepto de gen como “unidad de la herencia”.

En el siglo XX, Boveri describe la meiosis y la relaciona con las leyes mendelianas, lo que lleva a considerar que, aunque los cromosomas pueden parecer similares, tienen cualidades hereditarias específicas. En esta misma época, Sutton 1903, plantea el papel que tienen los cromosomas en la Herencia. Ambos científicos propusieron que los genes (que aún se les llamaban factores) estaban ubicados en grupos dentro de los cromosomas del núcleo celular. Lo que junto a Morgan con sus trabajos realizados en 1913 con *Drosophyla ampelophila* y *Drosophyla melanogaster*, permiten formular la Teoría Cromosómica de la Herencia, en la que se señala a los cromosomas como portadores de los genes y, con ellos, de los caracteres hereditarios (Klug, et. al., 2006; Watson, et. al., 2005).

En ésta misma época, en el área de la Bioquímica, Kossel (1910) descifra la química de los ácidos nucleicos y las proteínas, a la vez que Correns plantea la diferencia entre un lugar o estructura hereditaria y los aspectos fisiológicos y de desarrollo asociados con ellos. Hacia finales de la primera década de este siglo, se introdujo el término de Genética para denominar al campo de la Biología destinado a estudiar la transmisión de la Herencia (Klug, et. al., 2006; Watson, et. al., 2005).

Entre 1906 y 1909, Johannsen establece la distinción entre “genotipo” y “fenotipo”, y propone para los elementos del genotipo la noción de *gen* cuya terminología fue aceptada por la comunidad interesada en el campo de la Genética (Solomon, et. al., 1990; 2001; 2004; Watson, et. al., 2005; Klug, et. al., 2006). Coincidiendo con Pitombo, et. al., (2008), el término de gen fue acuñado por el geneticista Johannsen en 1909 y ha sido, sin duda, el concepto de mayor impacto en la historia de la Biología del siglo XX.

En este campo de la ciencia, específicamente en 1928, Griffith plantea por primera vez, considerar la presencia de “información” genética en la molécula del ácido desoxirribonucleico (ADN), al mismo tiempo que propone un primer modelo acerca de su estructura, haciendo uso de la difracción de rayos X. A principios de la década de los cuarenta, los genetistas Beadle y Tatum, proporcionaron las primeras pistas sobre cómo se copian los cromosomas y sus genes de una célula a otra, con implicaciones en la constitución y comportamiento de los seres vivos. Dichos trabajos orientaron los estudios hacia la naturaleza química de los genes, lo cual ayudó a establecer el campo de la Biología Molecular, partiendo de que los cromosomas están compuestos, casi en su totalidad, por proteínas y ácidos nucleicos. Debido a la estrecha relación establecida entre los genes y las proteínas del tipo de las enzimas, inicialmente se consideró que éstas últimas constituían la sustancia fundamental que determinaba la herencia biológica (Klug, et. al., 2006; Watson, et. al., 2005, Solomón, et. al., 2004).

Es apenas en 1944, cuando Avery, McLeod y McCarty, señalan a la molécula del ácido desoxirribonucleico (ADN) como componente bioquímico de los genes, lo cual es confirmado entre 1950 y 1952 por Hershey y Chase para algunos virus. Es por ello que, se puede considerar la década de los años 50 como la de mayor actividad en la investigación acerca de los genes, lo que lleva a asumir su significado como “segmento de ADN que contiene la información que será decodificada en el proceso de síntesis proteica”, con lo cual se establece su naturaleza bioquímica, estructural y funcional. Ello surge al plantear que la mayoría de las proteínas están formadas por más de una cadena de poli nucleótidos y que cada una de ellas es codificada por un gen diferente. Esta idea fundamenta el trabajo de bioquímicos y genetistas, quienes habían señalado la presencia de moléculas especiales para transportar la información genética (Watson, et. al., 2005; Klug, et. al., 2006; Salomón, et. al., 1990).

Así, en ésta época, mediados del siglo XX, se relaciona al concepto de gen con los conocimientos logrados sobre el ácido desoxirribonucleico (ADN), y tomando como elemento de partida a las investigaciones llevadas a cabo sobre la estructura de las proteínas, en las que se habían empleado rayos X, se planteó su uso para conocer acerca de la estructura del ADN, pues el modelo propuesto anteriormente para ello por Astbury en 1938, no había sido aceptado. En 1952, Wilkins y Franklin tomaron fotografías de alta calidad que indicaban que la estructura subyacente al ADN era helicoidal y que además estaba compuesta por más de una cadena de poli nucleótidos y en las mismas se identificaban, sin ambigüedad, sus enlaces covalentes. Estos trabajos sirvieron de base para que Watson y Chick, en 1953, presentaran un modelo de la estructura de la molécula de ADN formada por dos cadenas alargadas y enrolladas formando una doble hélice que los hizo acreedores del premio Nóbel para 1957 (Watson, et. al., 2005; Klug, et. al., 2006; Salomón, et. al., 1990).

El planteamiento del modelo de doble hélice para la molécula de ADN inició una revolución profunda en la manera de analizar los datos, pues el gen ya no era considerado como una entidad misteriosa cuyo comportamiento sólo se podía estudiar mediante experimentos genéticos, sino que se convirtió en un objeto molecular, sobre el cual los químicos podían pensar en forma objetiva, al igual que lo hacían con moléculas más pequeñas como el piruvato y el Adenosin Tri

Phosphato (ATP). Esto permitió considerar al ADN como el sustento bioquímico de la información, además, de explicar el proceso de su duplicación y por consiguiente la información contenida en los genes (Klug, et. al., 2006).

En 1956, mediante los trabajos de Kornberg se sintetiza por primera vez ADN polimerasa, enzima mediante la cual se llevó a cabo la síntesis del ADN *in Vitro*. En ese mismo año, Levan y Tjio determinan el número total de cromosomas humanos y un año después Ingram plantea que la secuencia del ADN determina la secuencia de los aminoácidos en la síntesis de proteínas. En el campo de la Genética para 1958 Lajeune, Gautier y Turpin identifican la trisomía del cromosoma 21 como causante del síndrome de Down, al mismo tiempo que en el campo de la Biología Molecular los trabajos de Meselson y Sthal ofrecen un modelo para tratar de explicar la duplicación semi-conservativa del ADN. (Watson, et. al., 2005; Klug, et. al., 2006; Salomón, et. al., 1990). Estos eventos inician una serie de avances en el conocimiento, tanto en la Genética como en la Biología Molecular y Biología Celular.

En la década de los 60, los estudios conducen a considerar que el ácido ribonucleico (ARN) se forma a partir de una de las bandas del ADN, por lo que se le denomina ARN mensajero, es decir una molécula que se sintetiza a partir de la información contenida en el ADN y cuya finalidad es fundamentalmente transcribir dicha información con la presencia de la enzima ARN polimerasa para posteriormente traducirse en determinadas proteínas. En 1961 se determina el código genético, a partir de los trabajos de Nirenberg y Matthei, quienes observaron que la adición del poli nucleótido Uracilo (U) a un sistema celular conduce a sintetizar fenilalanina. En 1966, Ochoa completa y descifra el código genético y, en el mismo año, Okazaki señala que durante la duplicación del ADN, una de las moléculas nuevas se sintetiza en la forma de fragmentos cortos que se unen entre sí, lo cual explica cómo una enzima que sintetiza el ADN en una sola dirección, puede después polimerizar dos cadenas de polaridad opuesta (Watson, et. al., 2005; Klug, et. al., 2006; Salomón, et. al., 1990).

Como se evidencia a partir de la información precedente, en buena parte del siglo XX, el desarrollo del conocimiento del concepto de gen se ha fundamentado en el estudio de la molécula del ADN, de esta manera, en la década de los años 70, se logró su aislamiento, hasta iniciarse en 1998 la decodificación de gran parte del Genoma humano que, como conocimiento de la Biología, es considerado para tratar de explicar la biodiversidad, las variaciones, la evolución y otros conceptos fundamentales para esta ciencia. Por otra parte, el desarrollo tecnológico asociado al desarrollo de dicho conocimiento, ha permitido el surgimiento de otros campos como Biotecnología, Bio-informática, Genómica, entre otros, que permiten considerar al gen como uno de los conceptos científicos más importantes del presente siglo (Rodríguez, 2005, p. 4).

En la última parte del siglo XX, es decir, entre 1970 y 1980, los trabajos de Nathans y Smith, llevan a aislar enzimas de restricción que pueden cortar el ADN en lugares específicos; en 1973, Cohen y Boyer producen el primer organismo recombinado utilizando partes de ADN, en lo que se considera el comienzo de la Ingeniería Genética. Es así como, durante esta década, se inician los trabajos sobre el Genoma, cuando en 1977, se plantea la importancia de llevar a

cabo la secuenciación del ADN, siendo uno de los trabajos pioneros la secuenciación del Genoma del E40, un virus de los simios, y entre 1975 y 1979, se logró identificar los primeros genes en humanos y su secuenciación (Watson, et. al., 2005).

Esta década además fue escenario de hallazgos importantes acerca de la expresión de la información de los genes; es así como en 1977 Berget, Sharp y Roberts presentan evidencias de que en los genes de virus animales existen secuencias de nucleótidos internas que no se expresan (intrones) en la secuencia de los aminoácidos de la proteína que codifican, mientras que existen genes cuya información sí se expresa (exones). Estos elementos llevaron a replantear el proceso de formación del ARNm, a partir, en primer lugar, de un proceso de edición de un pre ARN que lleva consigo una serie de cortes y empalmes, así como la eliminación de las secuencias ribonucleotídicas presentes en los intrones. De esta manera, en los seres eucariontes y como resultado de la escisión seguida de la unión de los exones, la información que ahora contiene el ARNm se refiere de alguna manera, a un refinamiento de la información desde el ADN al ARN (Klug, et. al., 2006, p. 276).

Durante la década de los 80 se inicia la Genómica, que permitió en 1982, la fabricación del primer fármaco basado en tecnología del ADN-recombinante y a Mullis en 1985 llevar a cabo la explicación de la reacción en cadena de la enzima polimerasa. En 1988 se crea la Organización del Genoma Humano (HUGO) y se señalan varias conformaciones para la doble hélice del ADN (Klug, et. al., 2006).

Otros avances, con nuevas técnicas, permitieron en la década de los 90, secuenciar Genomas, es así como en 1993, Modrich plantea la reparación del ADN para apareamientos de bases incorrectas y, en 1995, se obtiene el primer Genoma completo de *Haemophilus influenzae*. En 1998 Fire y Mello, presentan el procedimiento denominado interferencia del ARN (RNAi), que permite silenciar un determinado gen, cuando a partir de una secuencia genómica conocida, se produce una molécula de ARN de doble hélice que al ser inyectada en una célula, se une al ARNm y se bloquea la información de un gen determinado o de varios genes, al mismo tiempo, sin alterar la molécula de ADN del núcleo celular. En 1999 se descifran los genes del cromosoma número 22 de los humanos (Watson, et. al., 2005; Klug, et. al., 2006; Griffiths, et. al., 1995; Salomón, et. al., 2004).

A partir del año 2000, se pone en evidencia la alta productividad que ha tenido el concepto de gen durante más de un siglo, pero al mismo tiempo se destaca la importancia que tiene replantear la visión de considerarlo como “unidades físicas” localizadas en los cromosomas, lo cual es para Keller (2002) y otros investigadores una de las razones que afecta a la comprensión e interpretación de sus diversas funciones en los sistemas biológicos.

Con el inicio del siglo XXI se comienza una nueva era para la Biología, a partir de los trabajos del consorcio HUGO y la compañía Celera Genomics en el 2000, al publicarse el desciframiento del Genoma de la *Drosophyla melanogaster*. En 2001, de manera simultánea, se publica la decodificación del Genoma Humano en la revista *Nature* y en *Science* y ese mismo año, Roger Kornberg describe la regulación diferencial de la transcripción del mensaje genético desde el ADN hasta

la síntesis de proteínas, con explicación detallada de la participación de una serie de proteínas pre-fabricadas en la célula, que reconocen al gen, modifican la cromatina y lo copian. Esto permite considerar cómo se lleva a cabo la transcripción no simultánea de los aproximadamente 25 mil genes que tiene cada célula humana, lo que posibilita comprender que las células se diferencian para cumplir distintas funciones dentro del organismo (Klug, et. al., 2006).

Entre 2003 y 2004 se completa la secuencia del Genoma humano, la cual se pone a disposición pública mediante la elaboración del catálogo denominado: Human Full-length Complementary-DNA, de parte de un equipo internacional, con la identificación de aproximadamente el 75% del total de los genes de este Genoma. A la fecha, los avances para la comprensión e identificación del papel de los genes continúan en proceso acelerado; entre los trabajos que se reportan se puede citar para 2004 la construcción de un individuo de ratón completo a partir del ADN de dos óvulos de hembras (partenogénesis). En 2005 se llevan a cabo experimentos para unir células de la piel con células troncales embrionarias, que podrían derivar en la creación de células útiles, sin tener que crear o destruir embriones humanos.

En 2006 Roger Kornberg presenta un complejo proteico adicional llamado mediador (un co-activador), que se encarga de transmitir señales reguladoras de expresión de genes a la maquinaria de la ARN polimerasa. De esta manera, dicho investigador, describe el proceso de transcripción llevado a cabo por la ARN polimerasa II, además de dilucidar la estructura tridimensional de la ARN polimerasa, usando para ello el método de cristalografía de rayos X, además de proponer un modelo sobre el funcionamiento de la transcripción a nivel molecular. En este mismo año, Andrew Fire y Craig plantean un modelo para la interferencia del ARN (ARNi) que sirve a los genetistas silenciar cualquier gen en particular y así analizar su función en el organismo

En fecha más reciente, el grupo denominado ENCyclopedia Of DNA Elements (ENCODE) presentó nuevas aportaciones apoyadas en la evolución de los conocimientos en este campo de investigación durante cerca de diez años, así como en el uso de la tecnología e informática aplicada a la Biología, dando origen a la Bioinformática (Keller, 2005a; Pearson, 2006; Birney, 2007). Los resultados globales publicados por ENCODE, durante 2007, han hecho que los conocimientos de la Biología Molecular adquieran una nueva dimensión con lo cual se plantea un papel mucho más complejo para los ARNs celulares. Las tres familias de ARNs sobre los cuales se basó el superado “Dogma Central de la Biología” y que permitieron considerar la existencia del ARN mensajero como matriz para la síntesis proteica, la existencia de ARNs ribosómicos como parte de la máquina celular de traducción y la existencia de ARNs de transferencia como conexión entre un triplete de nucleótidos del ARNm y un aminoácido, ha sido actualmente enriquecido al señalar que, en la transcripción de la información, están presentes ARN no codificantes que intervienen en la regulación de la transcripción y en procesos aún desconocidos. Estas señales de transcripción se han localizado, a veces en sitios inesperados, por ejemplo, en los exones y su distribución no es aleatoria. Destacándose que existen lugares con abundantes señales colindantes con zonas en las que están totalmente ausentes.

El trabajo actual apunta hacia reconsiderar el papel que juega la cromatina durante la división celular condensada en cromosomas. La cromatina, producida por un complejo enrollamiento de la doble hélice de ADN en torno a proteínas, podría organizarse en una estructura tridimensional liberando algunos sitios accesibles a las enzimas que sintetizan el ARN. Los investigadores de la asociación ENCODE señalan que el trabajo que está por emprenderse ahora consiste en tratar de comprender la regulación de la transcripción por la cromatina, de la misma forma que se explica la función de las proteínas por su forma en el espacio (Stein, 2007).

Los avances en el estudio del Genoma y los nuevos desarrollos, a diferencia de lo considerado, a mediados de siglo pasado como el “Dogma Central de la Biología”, permiten señalar que algunos genes codifican más de un polipéptido y una proteína pudiera ser la consecuencia de información proveniente de diferentes genes. La existencia de genes solapantes, genes entrecortados y el procesamiento alternativo, rebate la idea lineal de que un gen conduce a la síntesis de un determinado polipéptido y del ARN; además, se ha llegado a plantear que existen genes que no codifican proteínas. De ahí que, nuevos elementos se incorporen, como parte del significado actual del concepto de gen, pues no solamente se refiere a las regiones de ADN con información para la herencia de determinados caracteres, o para codificar y conducir la síntesis de un determinado polipéptido, sino que, también existe en ellos información con otras funciones o sin función conocida, por ejemplo, la que se relaciona con la existencia de genes reguladores que determinan en qué tejidos, en qué momento o en qué cantidad se ha de sintetizar el polipéptido, además de la identificación de distintos tipos de genes con funciones diferentes, tales como supresores de tumores, letales, estructurales, de desarrollo, aditivos, saltarines, redundantes, entre otros (Klug, et. al., 2006).

Los aspectos anteriormente descritos, muestran que el significado del concepto de gen, además de depender del área de la Biología a la cual se refiera, requiere tener en cuenta otros conocimientos, por lo que Pearson (2006) expresa: *...“hoy en día dar una definición de gen es realmente complicado (p. 206).*

Las investigaciones llevadas a cabo, hasta ahora, sugieren que la complejidad del Genoma (es decir el número total de genes y su correspondiente decodificación) no radica ya en tratar de identificar el número de ellos para una especie, o de un determinado individuo, sino en entender cómo se asocian para construir diferentes productos celulares. Otra importante razón de esta complejidad radica en el hecho de que existan miles de modificaciones químicas para fabricar proteínas, así como un amplio repertorio de mecanismos que regulan este proceso.

Es así como surge la Genómica, área de la Genética que se fundamenta en la tecnología del ADN recombinante y cuyos procedimientos han permitido secuenciar el contenido genético completo de un organismo, explorar su estructura y tratar de comprender la función de los genes. A partir de este proyecto se encontró que, a pesar del alto número de genes identificados en el Genoma, solamente 25.000 de ellos caracterizan a los humanos como grupo específico entre los seres vivos (Klug, et. al., 2006).

Los trabajos que surgen, en estos primeros años del siglo XXI, dan origen a la Proteómica, considerada como la Genómica funcional a nivel de las proteínas, cuyo objeto es correlacionar las proteínas con la información que conforma los genes, de que ahí que su objetivo sea estudiar el conjunto completo de proteínas que se pueden obtener de un Genoma. Este nuevo campo de la Biología intenta resolver preguntas como: ¿Qué función tienen las proteínas?, ¿Qué tipo de modificaciones post-transduccionales sufren las proteínas y cuál es su función?, ¿Cómo varían las proteínas de una célula cuando se enfrentan a distintas condiciones ambientales?. Conocer el **proteoma** de un organismo es tener una imagen dinámica de todas las proteínas expresadas en ese organismo, en un momento dado y bajo determinadas condiciones concretas de tiempo y ambiente. Las células expresan varios miles de proteínas diferentes y cada una de ellas puede experimentar numerosas modificaciones en consideración a la existencia de diferentes micro-ambientes.

A manera de síntesis, es posible decir que, por más de dos siglos, el concepto de gen ha evolucionado en sus significados con diversas interpretaciones en los distintos campos de la Biología, por lo que hoy en día son considerados algo más que “unidades funcionales de información” para ampliar su significado hacia “información transcrita”. Este proceso de evolución y diversidad de significados del concepto de gen ha estado acompañado del avance tecnológico, que a su vez hace posible continuar en la búsqueda de nuevos conocimientos sobre su composición, localización, funciones, además de sus aplicaciones en procesos biotecnológicos.

Con fines de organizar esquemáticamente la información sobre el desarrollo epistemológico del concepto de gen haciendo uso de la historia de la Biología, se muestra, en el Anexo 1, un cuadro elaborado por la autora con algunos sucesos que, a su juicio, resaltan la epistemología del concepto de gen. Consciente de que la historia de los avances del conocimiento envuelve aspectos relacionados con el contexto social, político y económico además de la existencia de estudios e investigaciones cruciales con impacto para identificar el material genético, es necesario señalar que, en dicha síntesis, pudieran quedar algunos no incluidos

El complejo proceso de desarrollo del conocimiento biológico y, en especial, el relacionado con el concepto de gen, con importantes avances, retrocesos y consolidaciones en su interpretación, muestra que su desarrollo no es lineal. Además, permite presentar al concepto de gen como conocimiento “no acabado” y asociado a otros conceptos biológicos del campo de la Genética, de la Biología Molecular y de otros campos de la Biología, la Química y la Física.

Una mirada por la epistemología del concepto de gen permite señalar, como punto de partida, un significado de este concepto vinculado con la presencia de caracteres externos que se transmiten de los progenitores a su descendencia, como característica propia de los seres vivos, asociando el significado del concepto de gen a la posibilidad de explicar regularidades y patrones vinculados a la transmisión de la Herencia biológica.

Un segundo significado, señala el concepto de gen en íntima relación con la existencia de estructuras celulares, específicamente del núcleo celular, que permite asociarlo con los cromosomas. Esto lleva a considerar el concepto de gen como “información biológica” contenida en las moléculas bioquímicas del ADN y el ARN. De ahí que, éste significado del concepto de gen forme parte del conocimiento del campo de la Biología Molecular y la Biología Celular.

El estudio de los ácidos nucleicos y la formulación del modelo de estructura de la molécula del ADN, son el fundamento que permite asociar el significado del concepto de gen con los procesos celulares y mecanismos de duplicación, transcripción y traducción de la información contenida en el ADN y el ARN, así como con los procesos de síntesis proteica. En este sentido, su epistemología está asociada a descifrar el código genético, la identificación y secuenciación de los genes y posteriormente a la comprensión del Genoma.

Actualmente, el significado del concepto de gen, si bien se asocia a información biológica para llevar a cabo diversos procesos y funciones característicos para los sistemas vivos, implica una revisión de su significado debido a la existencia de una variedad de genes con multiplicidad de posibilidades de expresión, más allá del significado inicial asociado de manera exclusiva a la presencia de caracteres hereditarios y posteriormente a la síntesis proteica. De igual manera, el significado del concepto de gen requiere ser reconsiderado, desde una visión como un conocimiento definitivo, acabado y exacto por una posición epistemológica distinta y reflexiva que conduzca a entenderlo como conocimiento en construcción.

Los recientes trabajos de la post-genómica, la Proteómica, y la Bioinformática señalan de nuevo un proceso de desarrollo epistemológico, que según Rechenmann, (en Chavassus, 2002, p.76) plantea una diversidad de significados del concepto de gen asociada a la problemática de la Biología a la cual se refiera, lo cual hace que los biólogos tomen decisiones acerca del modelo más conveniente para el estudio de los procesos biológicos y la diversidad de los sistemas celulares, sin embargo, aún no hay acuerdos al respecto.

2.1.2. El concepto de gen, conocimiento clave de la Biología

Existen elementos en el significado actual del concepto de gen que lo diferencian del significado inicial propuesto por Johansen, a principios del siglo pasado, cuando se refirió a ellos como “unidades de la herencia de los caracteres”, para señalarlos hoy, en la era post genómica y proteómica, como elementos de transcripción de información o información transcrita implicada en diferentes procesos biológicos, atendiendo a la diversidad y complejidad de los sistemas vivos (Pitombo, et. al., 2008).

En los libros de Biología generalmente empleados en educación Superior para la formación de biólogos y profesores de Biología, al referirse a organismos eucariontes se habla de los genes como *información biológica* localizada en los cromosomas del núcleo celular y que como entidades físicas se sitúan en posiciones

determinadas llamada *locus* (Klug, et. al., 2006). Además, el contenido de los mismos señala su papel determinante para la caracterización e identificación de los organismos, cuyo número es característico entre las especies de los diferentes grupos taxonómicos (Watson, et. al., 2005).

Con respecto a organismos procariontes, se les señala directamente como secuencias específicas o segmentos de ácidos nucleicos (ADN o ARN) pero, de igual manera, se refiere a ellos como “información biológica” que se transcribe y que posteriormente puede o no traducirse (Klug, et. al., 2006; Watson, et. al., 2005).

A continuación, la figura 1, refiere la manera como generalmente se representa el concepto de gen en los libros y otros materiales educativos.

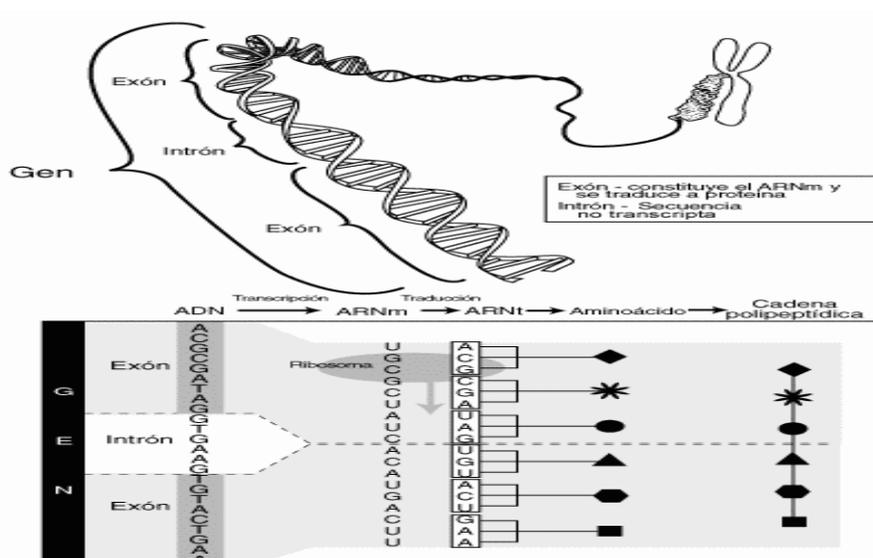


Figura 1. Genes, desde su constitución hasta la expresión de la información.
Tomado de Imagen de dominio público en los Estados Unidos, trabajo del Gobierno Federal
<http://www.genome.gov/sglossary.cfm?ID=40&action=ver>.

La existencia de diferentes tipos de genes y términos para referirse a ellos: genes complementarios, de regulación, estructurales, fragmentados, híbridos, intermedios, ligados, represores, homocigotos, recesivos, intrones, exones, solapados, supresores de tumores, tempranos, retrasados, entre otros, evidencian la amplia variedad de funciones con los cuales se asocian, así como a su conformación estructural, la cual también es compleja (Klug y Cummnigs, 2000).

Según la información que contienen los genes se pueden asociar a dos categorías: **genes estructurales** que codifican proteínas, las cuales su vez, podrían ser reguladoras de genes; o aquellos genes que codifican a los ARN específicos que sólo se transcriben. Muchos genes se encuentran constituidos por regiones codificantes a las cuales se les llama exones y que están interrumpidas por regiones no codificantes llamadas intrones que se eliminan en la formación del ARN. La secuencia de bases presentes en el ARN determina la secuencia de los aminoácidos de una o diversas proteínas, según se especifique en el código genético. Los **genes reguladores**, no son transcritos, y se les relaciona con:

- 1 Secuencias de replicación, cuya información señala el sitio de iniciación y terminación de la replicación del ADN.
- 2 Genes de recombinación con información acerca de los sitios de unión para las enzimas de recombinación.
- 3 Genes de segregación o de sitios específicos para que los cromosomas se adhieran a las fibras del huso mitótico durante la meiosis y la mitosis y se adhieren durante la segregación.
- 4 Genes de secuencias del ADN que reconocen e interactúan con proteínas, hormonas y otras moléculas. Hay secuencias de repetición (exones) y secuencias, consideradas hasta ahora sin sentido (intrones).

En cuanto al tipo de genes, se habla de genes funcionales, es decir, aquellos que se expresan generalmente a través de la síntesis proteica, además de otros denominados pseudo genes que se refieren a segmentos o secuencias del ADN que han sufrido procesos de mutación o de reorganización, lo que los ha llevado a dejar de ser funcionales, pero que persisten en los Genomas, por lo que pueden ser muy parecidos a los funcionales, pero sin tener funciones determinadas (Klug, et. al., 2006). Como resultado de múltiples estudios realizados con la finalidad de llevar a término el desciframiento del Genoma, la Enciclopedia de elementos de ADN, iniciada en 2003 por el grupo ENCODE y presentada en la Conferencia Europea de Biología Computacional realizada en el año 2005 en Madrid, propone la aspiración de poder catalogar todos aquellos elementos presentes en el Genoma que tienen una función biológica (Birney, 2007).

Esto pone en evidencia que, en el Genoma se lee mucha más información de la que finalmente se ha llegado a considerar como formadora de los genes, lo cual apunta hacia la importancia de revisar el significado del concepto de gen, a partir de los más recientes estudios en su desciframiento.

Al preguntar acerca de lo que es el gen, investigadores como Cohen (en Chevassus, 2002) señala:

” tratar de responder a este interrogantes es cada vez más pertinente, pues hoy en día no sabemos que es un gen. []... las ideas iniciales acerca de un gen como un segmento del ADN que codifica una proteína no es del todo válido. Hay segmentos del genoma que pueden transcribirse en varios ARN, que a su vez, pueden ser traducidos en diversas proteínas. Un fragmento de la doble hélice del ADN puede codificar proteínas diferentes y muchas veces la transcripción salta de una banda a otra. Por ultimo, la transcripción de determinada región puede estar bajo el control de regiones reguladoras muy alejadas entre si en el genoma, lo que nos señala que pudiera estar en el ARN la idea más cercana sobre lo que pudiera ser un gen.... [] Y será necesario transferir la definición de gen de la Genómica a la transcriptómica pues la individualidad reside en los ARN (ibid, p.72).

Según reporta Stein (2007), actualmente se revisa el significado del gen a partir del trabajo publicado por ENCODE, y dónde se consideró, como punto de partida para los mismos el proceso que llevó a descifrar el 1% de la secuenciación

del Genoma Humano (Birney, 2007), es decir, hasta ahora se ha utilizado tan sólo una muestra de 30 millones de pares de bases de los nucleótidos que forman el ADN, de las tres mil millones de secuencias nucleotídicas que se cuentan en la totalidad del Genoma Humano. Los trabajos del grupo de investigación ENCODE están permitiendo documentar, en profundidad, la relación fundamental entre el ADN y el ARN. A partir del estudio de los genes aislados se aspira a comprender cómo ocurre la transcripción para permitir la síntesis de una determinada proteína. Así como profundizar acerca del papel del ARN, aislar los ARN presentes en una docena de sistemas celulares tanto de humanos como de otros seres.

Los resultados, hasta la fecha, han permitido determinar que la mayoría de los nucleótidos de la secuencia de ADN, es decir los genes de una muestra referida, se transcriben en el ARN. Esto significa que los genes llamados, hasta el momento, ADN o genes “chatarra” o “sin sentido”, tienen un papel activo asociados a la síntesis de alguna proteína en particular o como iniciadores, marcadores de la información. En éste sentido, Birney (citado en Stein, 2007) considera contradictorio calificarlos como “desechos”, pues son objeto de transcripción, aunque se desconozca la función de los ARN que le corresponden; además, la identificación de ARNs, que se han llamado no codificantes, pone de manifiesto la presencia e importancia que tienen en determinadas regiones del Genoma, que son transcritas pero no codificadas. Ello hace pensar que, si las mismas se han conservado como parte del Genoma de diferentes especies durante el transcurso de la evolución y se las observa en los humanos como secuencias casi idénticas en otras 28 especies de mamíferos, quiere decir que, aun no se comprende totalmente en la funcionalidad de los genes en el Genoma.

Los resultados globales de los trabajos realizados hasta la fecha, replantean la visión acerca del papel de los ARN celulares y con ello la ampliación de sus implicaciones en el campo de la Biología Molecular, donde son vistos como entidades de mayor riqueza y complejidad. De esta manera, las tres familias de ARN consideradas, hasta ahora y que se presentan a continuación, sólo representan una minoría de los productos de transcripción revelados por los investigadores de ENCODE (ARNm, mensajero como matriz para la síntesis proteica; ARNr, ribosómicos, que como parte de la máquina celular participa activamente en la traducción de la información; ARNt, de transferencia, que permiten conectar cada triplete de nucleótidos del ARNm con un aminoácido)

Las recientes investigaciones, han llevado a considerar nuevos interrogantes, como por ejemplo, ¿Qué elementos y procesos regulan la transcripción? A partir de la evidencia sobre la diversidad e importancia de los ARNs se buscan respuestas sobre las propias bases de la transcripción, para indagar acerca del proceso que permite polimerizar el ARN en una banda de ADN. La visión clásica recurría a señales de transcripción reconocidas por los ARN polimerasa, algunos muy cercanos al gen (como su promotor) y otros más alejados, considerados como regiones que no formaban parte del gen y de ahí el cuestionamiento del significado de gen como la secuencia necesaria y suficiente para la síntesis de una proteína.

Las investigaciones realizadas, hasta la fecha, ponen en evidencia una variedad de señales de transcripción, que pueden estar localizadas en el centro de los exones. No obstante, su distribución no es aleatoria, pues según se señala, existen lugares donde abundan las señales colindantes con zonas en las que están ausentes. Para tratar de explicar estos nuevos elementos en la comprensión de la transcripción de la información, las pistas apuntan hacia la cromatina y el proceso complejo de enrollamiento de la molécula de doble hélice de ADN, en torno a proteínas, lo cual constituye una estructura tridimensional elaborada, liberando algunos sitios para hacerlos accesibles a las enzimas que sintetizan el ARN.

A partir de estos trabajos emerge una visión mucho más compleja de la organización del ADN humano, en la cual la noción de delimitación entre genes y regiones inter génicas se vuelve borrosa, ya que algunas secuencias, desempeñan un papel funcional importante, hasta ahora no considerado.

Los nuevos elementos, en el desarrollo del conocimiento de la Biología durante el siglo XXI, ha traído entre los grupos de investigadores la necesidad plantear el siguiente interrogante: ¿Hay que modificar sustancialmente el significado de concepto de gen, aceptado actualmente por la comunidad científica, como “secuencias genómicas o de segmentos del ADN con información a ser transcrita” por otro significado?. Los investigadores, hasta ahora, reconocen que tal pregunta debe mantenerse abierta, y se debe seguir trabajando en los aspectos de descifrar el Genoma, de comprender los procesos de transcripción del ARN, entre otros, pues según señala Stein, (2007) un cambio radical en la consideración del concepto de gen, aumentaría la confusión, por lo que se propone mantener la idea central del concepto y que, sin duda alguna, se comparte, es decir, considerarlo como “información biológica”. Pero también es necesario atender y ampliar considerablemente la idea de su función. Así, un gen sería “la unión de las secuencias genómicas que codifican conjuntos coherentes de productos funcionales que presenten una superposición potencial” (Stein, 2007).

Replantear el significado del concepto de gen y tratar de responder a la pregunta: “¿qué es un gen?” ha provocado otras interrogantes que requieren tiempo y nuevos estudios. Un nuevo significado del concepto de gen implicaría considerar la existencia de nuevos límites a su alrededor, teniendo en cuenta que aún falta por analizar una parte importante de la secuencia de los genes del Genoma humano.

Es por ello que, en consideración a los desafíos a los cuales se enfrenta el concepto de gen que ha predominado la mayor parte del siglo XX y las consideraciones de los estudios para la secuenciación del genoma, Pitombo, et al. (2008), señalan:

1. El significado del concepto de gen como única vía de correspondencia entre segmentos de ADN y los ARNs/polipéptidos ha sido desafiado ante la existencia de genes alternativos.

2. La correspondencia entre los segmentos de ADN y los ARNs/polipéptidos es desafiado por el desarrollo de los conocimientos actuales en los estudios de la Genómica.
3. La falta de correspondencia de considerar al gen como segmentos del ADN y ARNs/polipéptidos con implicaciones en la edición del ARN, señala la posibilidad de reconsiderar su significado.

Para tratar de responder al interrogante ¿Por qué el gen es un conocimiento clave para la Biología? hay que considerar su papel en múltiples y diferentes procesos biológicos, desde los más elementales hasta los de mayor complejidad. A continuación, se presentan algunos procesos, en los cuales es determinante, sin dejar de reconocer la existencia de otros a los cuales no se hace referencia en este capítulo. Por ejemplo, durante el proceso de **división celular**, las células deben duplicar su contenido para dar origen a otras células con características similares. Este proceso tiene lugar tanto en el proceso de formación de un nuevo organismo, como en los procesos de crecimiento, diferenciación celular, regeneración de tejidos, entre otros. Ello significa que es necesario que la información contenida en la molécula del ADN, se duplique, transcriba y se traduzca mediante la síntesis de determinadas proteínas, tanto aquellas con funciones específicas como las que se consideran aún sin función conocida. Sin embargo, no siempre la información conlleva a la formación de una proteína en particular, sino que es un proceso de mayor complejidad que tiene que ver, en primer lugar, con la transcripción de la información desde el ADN a un ARN precursor y, posteriormente, a la edición de ARNm.

Otros procesos básicos relacionados con el papel y constitución de los genes se refieren a la **diferenciación celular y el desarrollo embrionario**. Ello lleva a plantear ¿Cómo, a partir de una sola célula, y su posterior división en muchas otras, se sigue un proceso de diferenciación celular que conduzca a la formación de tejidos y órganos como, por ejemplo, el cerebro, los músculos o huesos y conseguir finalmente la conformación de un ser pluricelular?. Las primeras divisiones celulares son importantes porque fijan el marco general del desarrollo posterior, la información proveniente de los genes constituye una verdadera red molecular interactiva que dirige el desarrollo del embrión. Entre las funciones de los genes se encuentran la especificación de mecanismos moleculares y celulares implicados en la organogénesis durante el desarrollo embrionario. La comprensión de estos procesos se relaciona directamente con el área de la salud, por ejemplo, con el estudio de posibles causas de una diversidad de afecciones, tales como las malformaciones congénitas. La formación de los órganos de un individuo tiene que ver con procesos de regulación genética y comportamientos celulares como proliferación, migración, diferenciación y muerte celular (Watson, et. al., 2005; Griffiths, et. al., 2004).

Otro proceso es la **diferenciación sexual**, en los seres eucariontes, que está directamente relacionada con la información de los genes; en dicho proceso biológico intervienen una gran diversidad de genes, incluso algunos autosómicos. Hoy en día se considera que la clave del dimorfismo sexual está asociada al cromosoma *Y*, pues este cromosoma contiene en su brazo corto, el gen del factor determinante testicular. La presencia o ausencia de este factor tiene efectos directos

sobre la diferenciación gonadal y actúa también como el factor inicial para que se expresen una cascada de genes que forman parte del cromosoma **Y**, y que determinan el destino final de los órganos sexuales diferenciados. El sexo cromosómico o genético de un embrión humano, está determinado desde el momento de la fecundación, en dependencia del cromosoma sexual **X** ó **Y** que tenga el espermatozoide que fecunde al óvulo; las características morfológicas sexuales femeninas o masculinas inician su desarrollo entre la séptima y la novena semana del desarrollo embrionario; antes de este momento, cada una de las partes del aparato genital, gónadas, conductos genitales y genitales externos, pasan por una etapa en la cual no es posible identificar el sexo del embrión, por lo que se le llama: “período indiferenciado” y es dependiente de la información contenida en los genes (Klug, et, al., 2006; Watson, et. al., 2005; Griffiths, et. al., 2004).

Los procesos de la **herencia de caracteres** y el papel que en ella tienen los genes son, sin duda, los que han sido más estudiados. Ésta podría ser la razón por la que el significado del concepto de gen que se incorpora en los programas educativos y en los libros de texto se refiere, específicamente, a la transmisión de características hereditarias entre individuos de la misma especie (cruces), en estudios poblacionales, y que ocupan la mayor forman parte de los estudios en la historia y desarrollo de la Genética (Klug, et, al., 2006).

El proceso de **síntesis proteica**, donde juega un papel determinante el ácido desoxiribonucleico (ADN). En este proceso la información contenida en el ADN se transcribe permitiendo la formación del ácido ribonucleico (ARN) precursor y posteriormente el ARNm, y donde están implicados una diversidad de genes para la formación de polipéptidos. Otros tipos de ácidos ribonucleicos participan y, aún cuando el ARN de transferencia y ARN ribosomal o ribosómico no codifican directamente proteínas, forman parte activa del proceso de síntesis proteica. El ARNm, en cambio, sí tiene una actividad directa, pues su conformación depende de la información (genes) contenida en los segmentos del ADN que se traducen y dan como resultado secuencias de aminoácidos de la proteína en cuestión (Griffiths, et. al., 2004).

2.1.3. El concepto de gen, en diferentes campos de la Biología.

Además de los campos tradicionales de la Biología, con los cuales se relaciona a los genes tales como: la Genética, la Evolución, la Biología Celular, la Biología Molecular, la Botánica, se han desarrollado otros campos, como por ejemplo, la Bioinformática que se inicia a partir de la Genómica y la Proteómica y que tiene la finalidad de estudiar y descifrar la información contenida en los genes mediante el uso de programas de computación elaborados para ello.

Esto ha planteado la necesidad de llegar a ciertos acuerdos mínimos sobre el significado del concepto de gen, por lo que Pearson (2006) señala:

...Sin una definición clara de gen, es difícil para los bioinformáticos realizar su trabajo, ya que es a través de los programas de computación específicamente diseñados para ello, que se trata de construir y elaborar la marcha de las secuencias señaladas en el DNA o ARN, que permitan poder ubicar en ellas dónde comienza un

gen, dónde termina ese gen y dónde comienza el siguiente (op cit., p. 209).

Para este autor, debido a la importancia que representa la secuenciación del Genoma de diversos organismos, es importante tener parámetros que permitan decidir a qué llamar gen y con qué características, por lo que expresa:

...para decidir si en una secuencia de codificación de determinada proteína se debe incluir siempre el trío de bases del ADN que marcan su extremo, se llegó al acuerdo de considerar al gen como una región localizable del ADN de la secuencia genómica, que corresponde a una unidad de la herencia y que se asocia a regiones reguladoras, a regiones transcritas y/o a otras regiones de la secuencia funcional (Pearson, 2006, p. 209).

Por otra parte, Rechenmann, (citado por Chevassus, 2002) indica que:

...la noción de lo que es un gen varía porque las problemáticas biológicas a las cuales corresponde son distintas. Los biólogos eligen en cierta medida, el modelo que les conviene, por lo que el bioinformático debe reproducir, en los programas que le sirven de sustento, esta variedad de problemáticas (op. cit., p. 76).

Cada uno de los programas informáticos elaborados por grupos, asociaciones y laboratorios dedicados al estudio de Genomas, con diferentes intereses, y cuya finalidad es identificar los genes existentes en una secuencia determinada y sus implicaciones funcionales tienen que disponer de programas informáticos distintos, que están generalmente basados en buscar en una determinada secuencia la localización de los codones de inicio (Start) lo más atrás posible respecto a un codón de finalización o parada (Stop).

Es así, como Rechenmann, por ejemplo, señala que... *es posible decir a qué llamar gen para un determinado programa, en correspondencia con un conjunto acotado de codones...* (Ibíd, p.76).

Lo señalado, hasta el momento, evidencia la importancia que tiene este conocimiento para la Biología, además de la diversidad de significados en sus diferentes campos, por lo que se ha planteado la posibilidad de reconsiderar dicha pluralidad en las distintas bases de datos elaboradas para secuenciar el ADN, con el fin de conocer cómo proceder a consultarlas, y cómo se debe unificar la información de dichas secuencias. De ahí, la necesidad de establecer acuerdos, sobre cuáles son los elementos y parámetros que se deben considerar para elaborar los diversos programas computacionales, partiendo al menos, de aspectos comunes y fundamentales para diferentes situaciones y diversos sistemas biológicos.

Con la finalidad de mostrar relaciones, subordinaciones y otros aspectos importantes del concepto de gen, como conocimiento fundamental para la Biología, a continuación se presentan las siguientes representaciones de sus significados, en forma de mapas de conceptos (ver figuras 2 y 3). Los mismos fueron elaborados por la investigadora con la intención de mostrar la organización del contenido,

acerca del concepto de gen y otros conocimientos de la Biología asociados, teniendo en cuenta los campos de la Biología Molecular y la Genética General, y cuyos contenidos se incorporan en los cursos que se decidieron seleccionar como parte de la investigación desarrollada en el presente trabajo de Tesis Doctoral.

2.1.4. Significado actual del concepto de gen, a partir del estudio del Genoma

Tal y como se hizo referencia anteriormente, en la actualidad se ha profundizado en el estudio de los genes, a partir del desarrollo de la Genómica, ciencia que se encarga de identificar y decodificar los genes en general y, en especial, del proceso por descifrar la totalidad del Genoma humano y de otros seres, es decir, de los genes presentes en los cromosomas de los eucariontes y en las moléculas de ácidos nucleicos (ADN y / o ARN) de seres procariontes. Sin embargo, estos avances en el conocimiento de la Biología han planteado la necesidad de hacer una nueva revisión del concepto de gen. De ahí que Chambon (citado por Chevassus, 2002) señale: ... *“no se tiene claro a qué llamar gen, ni qué definición adoptar cuando se trata de identificarlos y contarlos, pues los genes corresponden a distintas regiones del Genoma que se transcriben de manera independiente”*... (op. cit., p.72).

Según Chambom (citado por Chavassus, 2002), el gen podría considerarse como unidad de transcripción, sin embargo, saber que una región es transcrita tiene poco valor, desde el punto de vista informativo, ya que lo que dice es en qué región del Genoma se contiene la información para el cifrado de proteínas, sin que se pueda indicar aún a qué proteínas se refiere ni a cuántas de ellas (ibid).

Otro de los desafíos lo representa el hecho de que algunas unidades de transcripción se leen de manera diferente, por ello la expresión de que algunos genes se leen saltando de una banda a otra. Según Gaudray (en Chevassus, 2002) ... *“los aportes en la secuenciación del Genoma han complicado considerablemente la noción de gen, llegándose a establecer que un gen no es materia, sino que es información”*... (ibid.. p.73).

Morange (2007) señala el concepto de gen como un hito histórico sin precedentes y ante lo cual indica: *¿Cómo se puede explicar que el concepto de gen siga siendo central en Biología, aunque su significado haya cambiado tanto? . Para este investigador, la riqueza y arraigo del concepto de gen proviene del hecho de que su significado combina tres nociones como ideas básicas: unidad de función, unidad de mutación y unidad de recombinación y ante ello plantea:*

Ya ha habido intentos de distinguir estos tres aspectos creando términos diferentes, pero no han tenido éxito. Primero, porque es difícil cambiar de nomenclatura, sobre todo cuando uno de los términos ha pasado al lenguaje corriente. Luego, porque el término gen permite una circulación de ideas entre las tres acepciones: por ejemplo, entre los bioquímicos que se interesan por la función y los genetistas que se interesan por las mutaciones y las recombinaciones (ibid, p.77).

Para dicho autor, los recientes elementos que se agregan al significado de gen permiten considerarlo como: “la unión de las secuencias genómicas que codifican un conjunto coherente de productos funcionales que están presentes en una superposición potencial”; esta no supone una ruptura total con su significado inicial como unidad funcional y que ha sido aceptado por la ciencia desde hace más de un siglo. Sino que requiere considerar el hecho de que un mismo gen puede codificar productos funcionales muy variados (varias isoformas de proteínas), pero también significa considerar la existencia de diferentes ARN reguladores. Según el mencionado autor, lo que si se debería analizar es el vínculo entre un gen y un fenotipo, ya que los diferentes productos de un gen pueden estar implicados en la determinación de fenotipos variados. De hecho, la lógica de los investigadores, aunque, no se explican en los resultados que comunican, consiste en situarse desde el punto de vista de la evolución. La selección natural se centrará en un aspecto del fenotipo, y por lo tanto, en los genes que están involucrados en su determinación. El gen se convertiría así en una especie de “unidad de selección”.

La importancia de las discusiones que actualmente giran en torno al significado del concepto de gen, a partir de la Genómica, la post genómica y la Proteómica, lo continúan planteando como un concepto fundamental para la Biología. Lo cual evidencia la importancia de considerar que el conocimiento en ciencias no ocurre a saltos y que situaciones como, por ejemplo, las explicaciones más recientes acerca de la existencia de “ADN chatarra” tampoco indican la necesidad de un cambio radical, sino que destaca la importancia de tomar en cuenta el desarrollo epistemológico del conocimientos acerca del gen a lo largo de su historia.

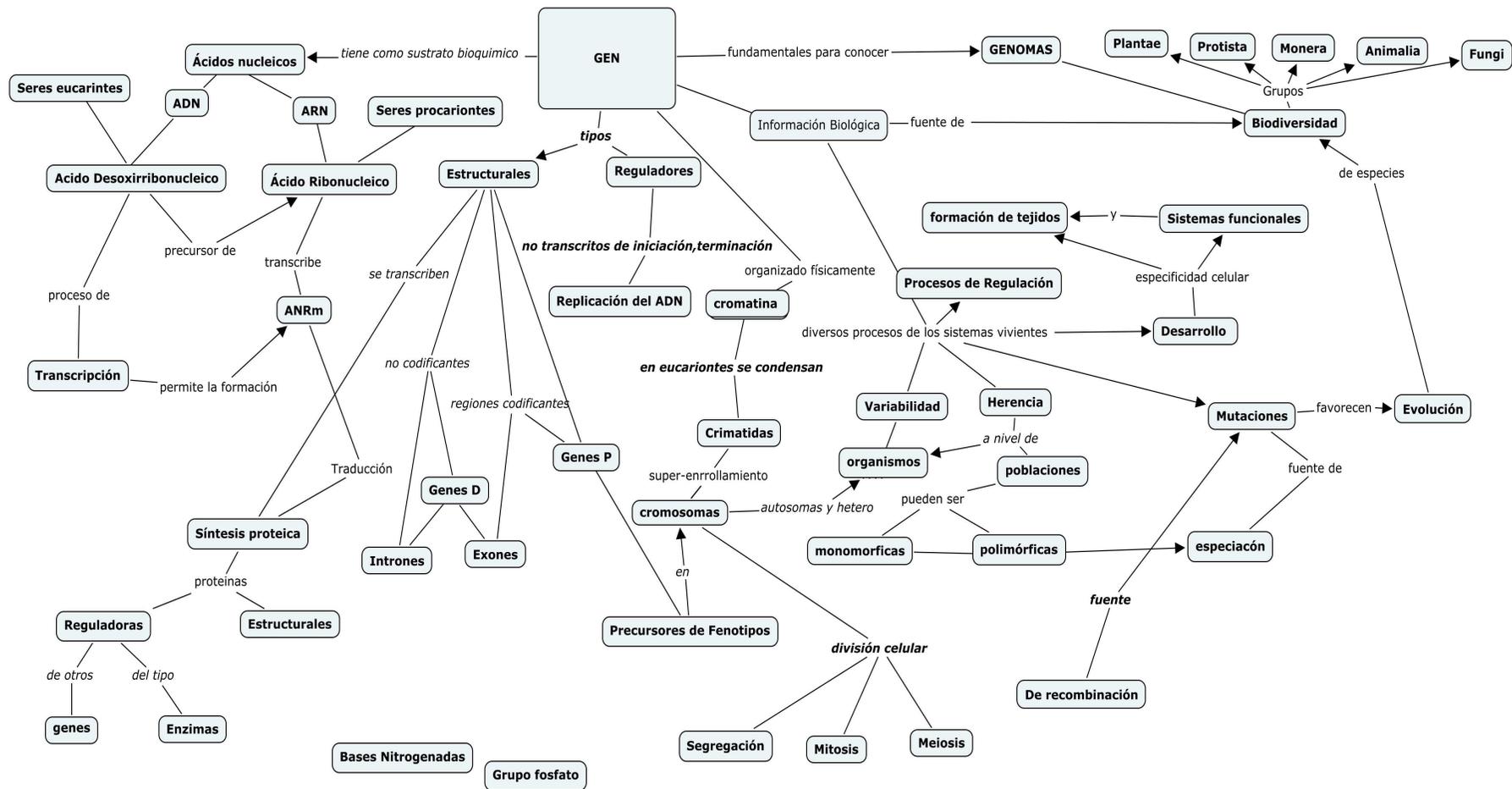


Figura 2. El concepto de gen y sus significados en el campo de la Genética General. Elaborado por la autora (2009).

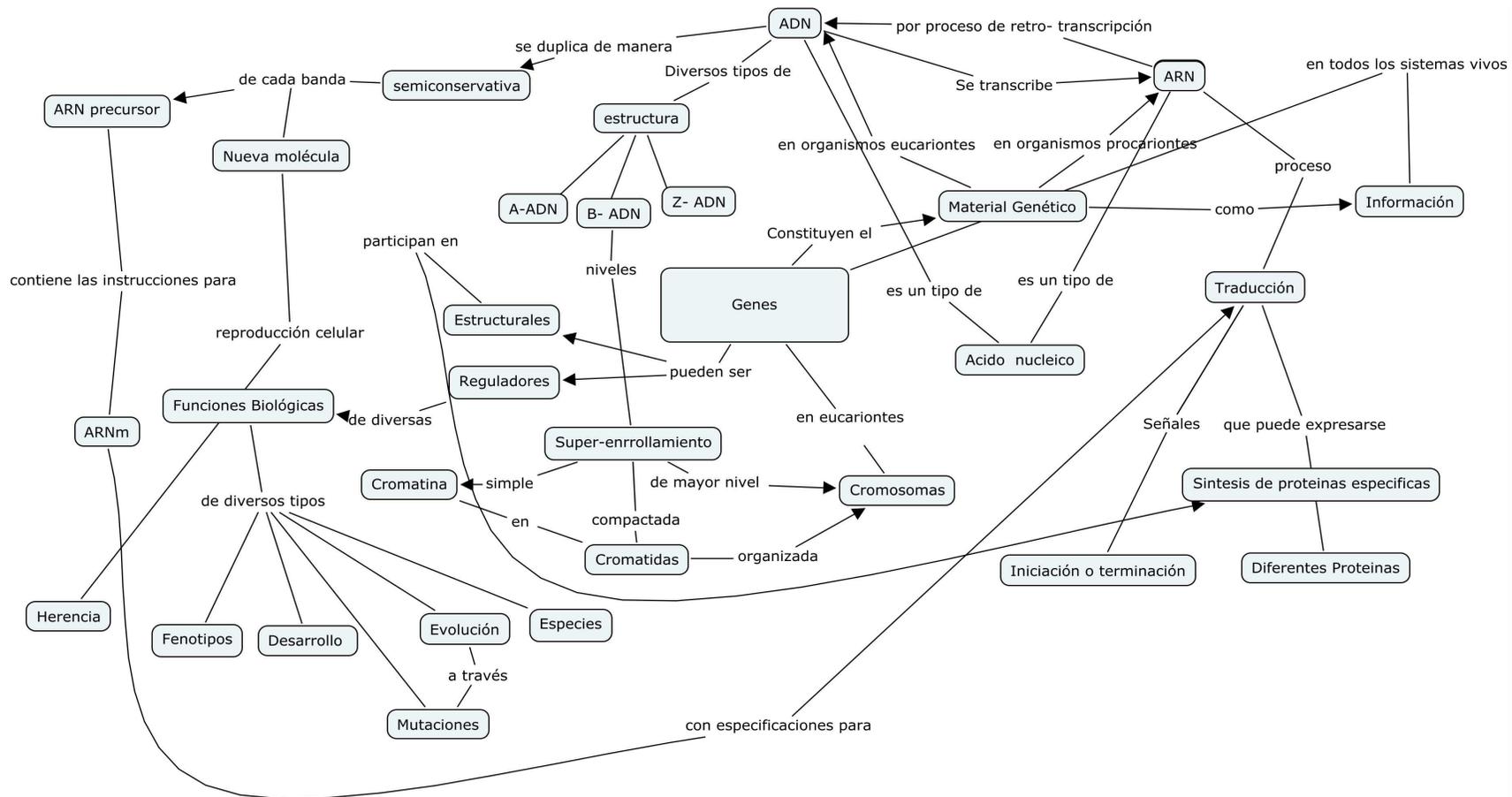


Figura 3. El significado del concepto de gen en Biología Molecular. Elaborado por la autora (2009).

Coincidiendo con Morange (2007), en referencia al desarrollo del conocimiento sobre los genes y, específicamente, de aquellos que no codifican productos funcionales conocidos hasta el momento, es importante considerar que el gen debe ser entendido como un concepto, más que estructuras físicas, por lo que al respecto expresa:

“Esta paradoja apareció a finales de los años setenta, con dos eventos. Uno experimental: el descubrimiento en 1977 de la estructura fragmentada de los genes de eucariotas, que alterna regiones codificantes y no codificantes... y el otro de tipo teórico cuando en 1976 se publica el Gen Egoísta, por el biólogo británico Richard Dawkins, que proporciona una interpretación posible de las secuencias no codificantes. Si el gen es una entidad que se reproduce sola, como asegura Dawkins, se puede pensar que se acumulan algunas secuencias inútiles, producidas por la degeneración de genes antiguos que no han sido retenidos por la selección natural. Después, las primeras secuenciaciones de genes en los años ochenta, y luego el programa relativo al genoma humano demostraron que estas secuencias no codificantes representaban el 99% del genoma” (op cit, p. 12).

La importancia de las discusiones que se presentan actualmente, en cuanto al significado del concepto de gen y su funcionalidad en los sistemas vivos, puede evidenciarse en los planteamientos dados por este mismo autor, al señalar:

Los trabajos reportados por ENCODE revelan que lo esencial de estas secuencias no codificantes está transcrito. Esto es muy interesante, pero no estoy seguro de que implique que tengan una función. Se puede imaginar que haya un nivel de base de transcripción, más o menos aleatorio, como si el ADN tuviera una “fuga” de la que se desprenden ARNs. Yo creo que podremos dar por zanjada la cuestión del ADN basura cuando se puedan explicar cuestiones como el por qué un pequeño pez como el fugu (un tipo de pez globo) puede tener un genoma diez veces más pequeño que peces de la misma familia y de complejidad biológica comparable (ibid. p. 14).

Estas opiniones muestran la importancia que tiene considerar, en la enseñanza de este concepto, el trabajo científico e investigativo desarrollado sobre los genes y sus implicaciones en los sistemas vivos, en lugar de una exposición a los estudiantes del concepto de gen con un significado único y exacto del mismo. Además, pone en evidencia la importancia que tiene una visión del conocimiento en ciencias como actividad en constante búsqueda que conduce a la formulación de nuevos interrogantes. Esta postura epistemológica distinta a la que se ha considerado hasta ahora en los programas educativos debe ser tratada en los diferentes niveles de educación formal (al menos a nivel universitario) y con mayor cuidado en aquellos programas de enseñanza dirigidos a la formación de profesores de Biología.

2.2. El concepto de gen como contenido curricular

Según Ausubel (2002), la adquisición de nuevos significados a partir de un material de aprendizaje requiere, en primer lugar, una actitud favorable del estudiante hacia el aprendizaje, además de ser necesario organizar y secuenciar el contenido curricular a fin de hacerlo potencialmente significativo. Esta condición señala que, el propio material de aprendizaje debe permitir que la nueva información se relacione de manera “no arbitraria” con los conocimientos previos de la estructura cognitiva del estudiante (op cit., p.8).

Ante esto, ¿Cuál debería ser la manera de plantear, organizar y secuenciar la enseñanza de este conocimiento biológico, para favorecer su aprendizaje significativo?, y más específicamente, considerar un aprendizaje significativo crítico según Moreira (2005; 2006). Para responder este interrogante se debe considerar, en primer lugar, los conocimientos previos de los estudiantes y organizar el contenido para hacerlo potencialmente significativo, es decir, que permita su relación con los conocimientos previos del estudiante. Esto exige organizar la información, como contenido curricular, donde se contemplen los principios: *diferenciación progresiva y conciliación integradora* para lograr un aprendizaje significativo planteados por Ausubel (2002, p.32). Además de esto, en su facilitación, según señala Moreira (2005) se requiere emplear una diversidad de materiales de enseñanza, así como, utilizar múltiples estrategias que favorezcan compartir significados, entre los estudiantes y de ellos con el profesor; conducir su aprendizaje de manera que impulse la formulación de interrogantes a partir del análisis de la información, el uso de mapas de conceptos y otros recursos para representar la información; éstos son, entre otros algunos de los planteamientos señalados por este autor en su teoría del aprendizaje significativo crítico.

Los planteamientos señalados acerca del significado del concepto de gen traen consigo importantes implicaciones y consecuencias para su enseñanza, por ejemplo, la necesidad de cambiar la imagen que sobre los genes se representa en los libros y otros materiales educativos; modificar el discurso fundamentalmente estructuralista y funcionalista del profesor y especialmente la manera de referirse al concepto de gen durante la enseñanza que se inicia en una definición, que generalmente va acompañada de la expresión “ el gen es.....”.

De acuerdo a éstos planteamientos, ¿cómo considerar en el currículo de educación superior, la enseñanza de este conocimiento biológico?, y más específicamente, ¿cómo reorganizar su enseñanza en los cursos de formación de profesores de Biología de la UPEL; a fin de propiciar su aprendizaje significativo crítico?

El conocimiento, según Ausubel (2002), implica una serie de conceptos, proposiciones, y símbolos representacionales interrelacionados, como por ejemplo, los conceptos claves de una determinada disciplina. Así, la enseñanza del concepto de gen, como conocimiento de Biología, debe responder a que no es una “verdad absoluta” y mucho menos un conocimiento “definitivo o acabado”. Por tanto, en lugar de partir de una definición del concepto de gen, es necesario organizar, secuenciar el contenido, de manera que, permita a los estudiantes conocer, analizar

y reflexionar acerca de sus diversos significados, confrontar y considerar los desafíos a los cuales se enfrenta el significado del concepto de gen que ha dominado desde hace más de un siglo, lo que requiere conocer su historia y epistemología, sus implicaciones en diferentes procesos biológicos y el campo de la Biología al que se hace referencia.

En síntesis, una organización y secuenciación de la información sobre el concepto de gen requiere: considerar los conocimientos previos de los estudiantes; la organización de espacios de aprendizaje fundamentados en la interacción social (estudiante-estudiante, estudiantes-profesor, estudiante-información); analizar de manera crítica y reflexiva la información acerca del significado del concepto de gen en diversos materiales educativos y aportaciones de investigaciones en el área; la facilitación de una enseñanza del concepto de gen mediante el empleo de diversas estrategias que permitan el aprendizaje del lenguaje biológico implicado, para permitir un aprendizaje significativo crítico del concepto de gen, desde la perspectiva de Moreira (2005 y 2006).

Considerando a Moreira (2005), para aprender de manera significativa crítica es necesario enseñar al estudiante a formular preguntas, en lugar de centrar la enseñanza en dar respuestas; emplear diversidad de materiales educativos, en lugar del uso exclusivo del libro; considerar al estudiante como perceptor/representador, lo cual además implica considerar su participación en un proceso dinámico de interacción, diferenciación e integración entre conocimientos nuevos y los preexistentes en su estructura cognitiva. Así, el propio Ausubel señala:

La Psicología Cognitiva contemporánea, que no es la Psicología Educativa de Ausubel y que nos explicita, a gritos, la inutilidad de enseñar respuestas correctas, verdades absolutas, dicotomías, simetrías, localizaciones exactas, si lo que queremos promover es el aprendizaje significativo crítico, que debe ser entendido aquí como la capacidad de percibir la relatividad de las respuestas y de las verdades, las diferencias difusas, la probabilidad de los estados, la complejidad de las causas, la información que no es necesaria. [...] El aprendizaje significativo crítico implica la percepción crítica y sólo puede ser facilitado si el alumno fuera, de hecho, tratado como un perceptor del mundo y, por lo tanto, de lo que le es enseñado, y a partir de allí, un representador del mundo, y de lo que le enseñamos (Moreira, 2005, p.25).

En este mismo orden de ideas, una enseñanza del concepto de gen, potencialmente significativa crítica, requiere facilitar el aprendizaje del lenguaje propio de este contenido de la Biología, por tanto, requiere aprender sus símbolos, signos, instrumentos y procedimientos, es decir, una manera de hablar y pensar específica en la que esté presente una conciencia semántica.

Otro principio a considerar, en la facilitación del aprendizaje significativo crítico, y que debe estar presente en una organización curricular coherente con tales planteamientos, se refiere a considerar el aprendizaje a partir del error, visto éste como un proceso que permite la construcción del conocimiento y para lo cual se

deben propiciar espacios donde el estudiante pueda pensar críticamente, pueda aprender a aprender, encarando el error como algo natural y que puede ser superado.

Para aprender significativamente y de manera crítica el concepto de gen, se debe llevar al estudiante, a través de procesos de reflexión sobre su conocimiento, a identificar cuál es su significado del concepto de gen, qué conceptos requieren ser desaprendidos y a comprender los conocimientos que actualmente se asocian al mismo; para esto Moreira (2005) señala: *Aprender a desaprender es distinguir entre lo relevante e irrelevante en el conocimiento previo y liberarse de lo irrelevante, o sea desaprenderlo* (op. cit. , p.35).

En el currículo venezolano, el concepto de gen, que se presenta a los estudiantes de educación Básica y Media (ME, 1996), responde a un enfoque fundamentalmente estructuralista (elementos que se encuentran en los cromosomas) y su enseñanza está básicamente asociada a contenidos de Genética, específicamente, a la Herencia Mendeliana. En el currículo de este nivel educativo, y en la mayoría de los materiales educativos, este conocimiento se presenta como “verdad” definitiva, como conocimiento acabado, sin considerar su historia y desvinculado de su desarrollo epistemológico. En el currículo de educación Superior (UPEL,1996) como parte de los contenidos de la asignatura de Biología Celular (BC), se considera el concepto de gen con un enfoque que evidencia la relación entre estructuras celulares y sus funciones, y en la asignatura de Genética General (GG) como información biológica relacionada con procesos y productos de transcripción de la información, en los cuales se plantea la resolución de problemas de Genética, el análisis del conocimiento como resultado de los avances de la Genómica. Sin embargo, su tratamiento en la mayoría de los libros universitarios y en la estructura programática, presentan el concepto de gen con escasas relaciones con los desafíos a los cuales se enfrenta.

2.2.1. Descripción del currículo de las asignaturas seleccionadas en la UPEL- IPC.

La organización de los contenidos de los cursos de Biología Celular y Genética General de la UPEL-IPC, que constituyen el contexto donde se desarrolla la presente investigación, tienen como propósito ofrecer a los estudiantes elementos que favorezcan su formación a nivel de una educación superior. El contenido programático de ambos cursos se presenta en el cuadro 1, a partir del cual es posible señalar que en la organización de los contenidos de ambas asignaturas, no se consideran contenidos acerca del desarrollo epistemológico del concepto de gen y contenidos asociados, como tampoco hacen referencia a la historia de la Biología y su contexto, para comprender la evolución de los significados del concepto de gen.

Cuadro 1. Contenidos programáticos de los cursos de Biología Celular y Genética General en el currículo de formación de profesores de Biología de la UPEL-IPC.

Curso Biología Celular	Curso Genética General
<ul style="list-style-type: none"> • Estructura y función celular. ▪ Mitochondrias y cloroplastos. ▪ Hipótesis quimiosmótica. Semi-autonomía de mitocondrias y cloroplastos. ▪ Ciclo Celular. Núcleo interfásico: membrana nuclear, nucleolo, cromatina. Estructura de los cromosomas. Mitosis: fases. ▪ Síntesis de ARN en procariontes y eucariontes. Procesamiento de los ARN. Estructura y función del ARN. Estructura y composición química de los ribosomas. ▪ Código Genético. Propiedades y evidencia experimental. Síntesis proteica en procariontes y eucariontes. Importancia de los poli-ribosomas. ▪ Control del ciclo celular. Factores moduladores. Diferenciación celular. Proliferación descontrolada y oncogenes. Niveles de regulación ▪ Regulación transcripcional en eucariontes. Papel de las histonas y los factores de activación y represión. Secuencias reguladoras del ADN. Metilación del ADN. 	<ul style="list-style-type: none"> • Genes, cromosomas y Herencia. • Mitosis y Meiosis. • Genética Mendeliana. Ampliaciones de la Genética mendeliana. • Cartografía Cromosómica en eucariontes. • Análisis Genético y mapas. • Determinación del sexo y cromosomas sexuales. • Mutaciones cromosómicas: variación en el número y ordenación de los cromosomas- • Herencia extra-nuclear. • ADN: estructura y análisis. Replicación y recombinación del ADN. La ordenación del ADN en cromosomas. • Expresión y regulación de la información genética: El código genético y la transcripción, Traducción y proteínas, Mutación génica, reparación del ADN y transposición. Regulación de la expresión génica en procariontes y en eucariontes, Regulación del ciclo celular y cáncer. • Análisis Genómico (Tecnología del ADN recombinante, Genómica y proteómica) • Genética de los organismos y poblaciones

Tomado de los programas establecidos para ambos cursos, 1996.

Desde mi punto de vista, en el nivel de educación superior es necesario reconsiderar la información acerca del concepto de gen en los contenidos programáticos de dichas asignaturas, de manera que se considere:

- Al concepto de gen como conocimiento científico importante para la formación integral del ciudadano y especialmente en educación formal, ya que desde el punto de vista del aprendizaje, su adquisición permite la construcción de otros conocimientos y de nuevos significados. (Esperben y Biraben (s/f), Jouve, 1995; Banet y Ayuso, 1998).
- Información que permita a los estudiantes reflexionar sobre los diversos significados del concepto de gen, a partir de los actuales avances de la Biología, incorporando otros conocimientos asociados y los diferentes campos de la Biología.

- Su conocimiento para analizar sus implicaciones éticas, económicas y sociales (Esperben y Biraben, s/f; Kinipples, et. al., 2005).
- Su estudio, permitiendo a los estudiantes interpretar el mundo desde el punto de vista de las teorías científicas, para generar nuevas representaciones y construir conocimientos de manera significativa. (Moreira, 1998; Pozo y Gómez, 1998).
- La organización y facilitación de su enseñanza en función a los principios ausubelianos de jerarquización, diferenciación progresiva, reconciliación integradora (Ausubel, 2002) y a los principios señalados por Moreira (2005; 2006) para propiciar su aprendizaje significativo crítico.
- La manera de conducir la enseñanza, de manera que sea potencialmente significativa, lo cual requiere planificar actividades que permitan al estudiante, revisar sus conocimientos previos, procesar la información y transformar el significado lógico acerca del gen en significado psicológico. Seleccionar diversos materiales, evitando aquellos que presentan inexactitudes y visiones distorsionadas como conocimiento biológico “exacto o definitivo”. Así como considerar materiales referenciales, que permitan comprenderlo como conocimiento en construcción, evolución y producto de una intensa actividad de investigación científica.
- Incorporar información acerca de su epistemología e historia, para su interpretación.

2.2.2. El concepto de gen y sus implicaciones en la enseñanza de la Biología.

Los significados del concepto de gen que tienen los profesores se pone en evidencia en la manera de seleccionar, organizar y conducir la enseñanza, por eso, la importancia que tiene para la investigación, considerar dichos significados tanto entre los docentes del nivel universitario, como de los profesores de educación Básica y Media, por sus implicaciones al facilitar entre los estudiantes la adquisición de conocimientos y su aprendizaje de manera significativa (Diez, et. al., 2006).

Estudios previos, llevados a cabo con la finalidad de conocer acerca del significado del concepto de gen entre biólogos y docentes (Stoz, et. al., 2004; Diez, et. al., 2006) señalan la existencia de diversos significados sobre este concepto, entre los cuales se señala el gen como unidad de la herencia (visión de la Genética clásica); como unidades funcionales (segmentos del ADN que codifican polipéptidos y ARNm (visión de la Biología Molecular clásica), como información biológica que se transcribe y traduce para permitir que ocurran diversos procesos en los sistemas vivos.

El-Hani (2005), señala además que, la idea de considerar a los genes como: “*unidad de...*”, tiene implicaciones en la comprensión del significado actual, además de tener importantes repercusiones en su enseñanza y, por supuesto, en el aprendizaje. La visión fundamentalmente estructuralista que considera el gen como un elemento fácilmente localizable, en algunos casos en los cromosomas, puede

impedir entenderlo como “información biológica”, que si se expresa puede determinar la existencia de diversas características fenotípicas, la manera en que se llevan a cabo diferentes procesos, pero que, en otras ocasiones, no se expresa o se desconoce su papel.

En este orden de ideas, y en coincidencia con los planteamientos de Gouyon, “*el gen no es materia, sino que es información*” (en Chavessun, 2002), lo cual permite señalar que, es necesario llevar a cabo indagaciones sobre el significado que tienen los profesionales que se encargan de conducir la enseñanza, principalmente, por su responsabilidad y papel en la construcción de conocimientos en los estudiantes.

Por otra parte, en los currícula de Biología, se evidencia un predominio del significado de tipo instrumentalista del concepto de gen y que, según se observa en la historia de la Biología, está originalmente asociado a la idea mendeliana de “factores”, que tuvieron esencialmente un fin de utilidad, para comprender las regularidades que ocurrían en la transmisión de caracteres fenotípicos. Este significado fue también aceptado en los inicios de la Biología Molecular, cuando se considera el concepto de gen asociado a la molécula de ADN como sustrato bioquímico. La idea de “unidad funcional” se ha sido mantenido tanto en Biología como en Educación durante décadas y ello ha favorecido la asociación del concepto de gen a la idea de una estructura funcional. Este significado ha sido considerado, por diversos autores, como un obstáculo epistemológico en términos de Bachelard (1938; 1971), además de constituirse en un obstáculo para el aprendizaje de la Biología, lo cual tiene que ser considerado en el campo de la enseñanza.

Desde mi punto de vista, en coincidencia con los planteamientos que señala El-Hani (2005), es necesario tratar en las aulas de educación Superior las controversias sobre el concepto de gen que han sido ampliamente debatidas entre los científicos y filósofos en los últimos años, por lo que se plantea que las mismas deberían formar parte de los contenidos de enseñanza en los programas educativos de la Universidad, que permita a los estudiantes, como futuros profesores de Biología, ser críticos y reflexivos ante dicho conocimiento y su epistemología. Por consiguiente, los mismos deben ser considerados como objeto de análisis, en espacios para la reflexión acerca del desarrollo del concepto, sobre los procesos históricos que han conducido a sus diversos significados y que probablemente prosigue su evolución, a fin de presentar a los estudiantes una visión epistemológicamente distinta, sobre el carácter dinámico y no estático, propio de la ciencia como actividad humana, contraria a la visión que tradicionalmente es presentada como “verdad absoluta”, sin considerar su contexto y desvinculada de la sociedad.

En un esfuerzo por organizar la variedad de conceptos del gen, algunos especialistas han planteado una distinción entre los genes determinantes del fenotipo o diferencias entre fenotipos y genes que intervienen en otros procesos, por ejemplo, en los procesos de desarrollo (Moss, 2001).

En síntesis, en la enseñanza de la Biología y sus diferentes campos, es importante señalar la existencia de diversos significados del concepto de gen, así

como la importancia que tiene delimitar los dominios de aplicación del mismo para comprender los procesos biológicos. Por ejemplo, es necesario considerar la diferencia entre genes **P**, como herramientas epistémicas para la predicción de fenotipos o diferencias fenotípicas, y los genes **D**, como elementos determinantes en el desarrollo orgánico (El-Hanny, 2005). Así como, también es necesario señalar la importancia de propiciar la discusión acerca del gen como concepto teórico, con diferentes significados y en torno al cual existe hoy una nueva posibilidad de ser modificado en su contenido, así como presentarlo como “modelo” empleado por comunidades de científicos para satisfacer necesidades de investigación.

En cuanto al papel que tiene la enseñanza de este contenido de la Biología, dentro del contexto de la educación en ciencias, el concepto de gen y otros conocimientos asociados tienen, hoy en día, una indiscutible relevancia para la formación individual y social de los ciudadanos. Por eso, como parte de la conferencia inaugural del seminario sobre perspectivas de la educación en la Región de América Latina y el Caribe llevada a cabo en Santiago de Chile en Agosto del año 2000, Allende (2000) señala, como parte de su exposición lo siguiente:

Tomaré el ejemplo del progreso de las ciencias biológicas, que ha culminado en el reciente desciframiento del genoma humano, para analizar cómo el avance científico impacta o puede impactar en nuestra sociedad, en su educación y cultura (Allende, 2000, p.29).

Como parte de dicha conferencia, éste autor, destaca la importancia que tiene el desarrollo del conocimiento científico y tecnológico durante el siglo pasado y en el momento actual por sus implicaciones para la propia Biología y, principalmente, por su importancia en la aplicación del conocimiento en la sociedad. Además, resalta que, una de las características del trabajo desarrollado en Biología, son el resultado de grupos de investigación y de coordinación entre laboratorios de varios países, a diferencia de lo ocurrido en épocas anteriores, donde el desarrollo del conocimiento se reflejaba como el esfuerzo de uno o dos investigadores, ante lo cual expresa:

Esta es una lección que los científicos latinoamericanos tenemos que aprender y que hace mucho más urgente e imperativa la integración de los esfuerzos de los países de la región en el campo científico tecnológico para lograr la masa crítica que nos permita atacar problemas ambiciosos y relevantes (Allende, 2000, p.30).

En nuestra opinión, la información acerca del estudio del Genoma Humano, donde es necesaria la comprensión del concepto de gen, debe ser considerado como parte de los programas de estudio del nivel de la educación Superior, no sólo como contenido que evidencia uno de los logros científicos en esta parte de la historia de la Humanidad y, que sin duda alguna, representa uno de los hitos del espectacular avance de la Biología, sino porque su análisis ofrece la oportunidad para reflexionar acerca de la complejidad actual en la producción del conocimiento científico, y la importancia de la integración de equipos científicos en la búsqueda del conocimiento. La información, que está contenida en las secuencias de miles de genes, representa el inicio de nuevos campos de estudios y nuevos interrogantes, que al ser llevado a la

ciencia escolar darían apertura a presentar a los estudiantes una visión de la ciencia y de los científicos distinta a la que hasta ahora se presenta en la mayoría de nuestras aulas.

La era Post-genómica plantea nuevos desafíos, como es tratar de entender la información que se encuentra en los genes que conforman el Genoma de diferentes seres y que está siendo catalogada en un banco de datos. Es necesario todavía aislar e identificar la mayor parte de los genes presentes en el Genoma humano, y que, según señala Allende (2000), la tarea más difícil será encontrar la función que cumple cada uno de esos genes y, más importante aún, será descifrar cómo actúan las proteínas codificadas por cada uno de ellos. Además de las implicaciones de entender cómo se relacionan para conformar la complejísima cadena de interacciones de los organismos vivos. Sin duda que, esta enorme tarea acaparará el interés de la comunidad de investigadores de diversos campos y, especialmente de la Biología durante las próximas décadas del presente siglo, lo cual a su vez tiene repercusión en la educación en Biología.

Este importante desarrollo del conocimiento biológico, que se acelerará aún más en los próximos años, sin duda alguna, impactará en todos los ámbitos de la sociedad en las próximas décadas. Sin embargo, es posible también señalar que su avance se contrapone con desconocimiento de lo que hace y persigue la ciencia, por parte del grueso de la sociedad. De ahí, lo determinante que tiene el conocer a través de la educación formal, no solamente acerca de estos avances, sus conceptos y significados en constante evolución, sino también del papel de los mismos en diferentes ámbitos de la vida. En este sentido, compartimos los planteamientos de Allende (2000) al señalar:

Es necesario que se mejore la calidad de la educación en ciencias en todos los niveles educacionales y también es necesario que los científicos y tecnólogos hagan un esfuerzo por comunicarse en forma entendible con la sociedad, que escuchen las preocupaciones y demandas del pueblo y que se propicie una divulgación científica de alta calidad (op cit., p.39).

Así pues, considerar al concepto de gen y otros conocimientos asociados, como contenido fundamental para la formación del estudiante universitario, tanto para su vida personal como profesional, además de analizar el significado del concepto de gen que tienen, por su incidencia en la manera en que conducirán la enseñanza en los diferentes niveles del sistema educativo venezolano en los que son elementos a considerar en la investigación que forma parte esta Tesis Doctoral.

CAPITULO 3

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL DESDE LA PSICOLOGÍA COGNITIVA

CAPITULO 3

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL DESDE LA PSICOLOGÍA COGNITIVA

En este capítulo se abordan aspectos elementales de la psicología del aprendizaje que sirven de referente teórico al desarrollo de la presente Tesis Doctoral. En este sentido, se señala la Teoría de Aprendizaje Significativo de Ausubel (2002); la Teoría de Aprendizaje Significativo Crítico propuesto por Moreira (2005) y la Teoría de Educación de Novak (1981; 1992). Se consideran tipos de aprendizaje, conceptos, condiciones y principios, como elementos teóricos, para el análisis e interpretación de los procesos de evolución de significados conceptuales entre los estudiantes participantes de la presente investigación. De igual manera, se consideran los principios para la facilitación en el aula que permitan el aprendizaje significativo crítico considerados en la intervención con los estudiantes. Desde la epistemología de la Ciencia, se consideran conceptos claves planteados por Bachelard (1938; 1971) por sus implicaciones en el aprendizaje significativo crítico del concepto de gen.

3.1 Aprendizaje significativo: una teoría psicológica de aprendizaje en el aula

Para comprender el aprendizaje significativo del concepto de gen, entre los estudiantes de educación superior, se considera como fundamento teórico la Teoría de Aprendizaje Significativo, planteada por Ausubel (1963), así como sus reconsideraciones y actualizaciones (Ausubel, 1976; 2002) y las de otros teóricos, como Novak (1981) y Moreira (2005; 2006).

Según señala Rodríguez Palmero (2004), esta teoría psicológica del aprendizaje permite entender el proceso que se lleva a cabo en la persona, por eso su consideración fundamentalmente cognitiva y ante lo cual dicha autora señala: *“...es una teoría psicológica del aprendizaje en el aula, construida para dar cuenta de los mecanismos por los que se llevan a cabo la adquisición y la retención de los grandes cuerpos de significado que se manejan en la escuela”* (op. cit., p 1).

Como teoría de aprendizaje, su finalidad es tratar de describir, entender y tratar de explicar este complejo proceso, a partir de lo que sucede en el acto educativo, por lo que es necesario abordar los elementos teóricos que la conforman, los factores de los cuales depende, las condiciones necesarias para garantizar la adquisición, asimilación, retención y olvido del contenido a aprender.

Al respecto Ausubel señala:

“...se considera como una teoría psicológica de aprendizaje, debido a que trata los procesos que se ponen en juego en el individuo para aprender y que pone énfasis en lo que ocurre en el aula, es decir, cuando los estudiantes aprenden; en la naturaleza de ese

aprendizaje; en las condiciones que se requieren para que éste se produzca; en sus resultados y, consecuentemente, en su evaluación” (Ausubel, 1976).

Dado que lo que se persigue es conseguir que los aprendizajes que se producen en la educación formal sean significativos, Ausubel (1976) plantea que, una teoría del aprendizaje escolar que sea realista y científicamente viable se debe ocupar del carácter complejo que tienen tanto el aprendizaje verbal como el simbólico. Asimismo, y con objeto de lograr esa significatividad, es necesario atender a todos y cada uno de los elementos que constituyen el acto educativo: docente, estudiantes, currículo, contexto y evaluación, por consiguiente, se requiere considerar de manera deliberada su organización y las interacciones de dichos elementos para conducir una enseñanza potencialmente significativa.

Entre los conceptos centrales de la teoría ausubeliana se destaca el concepto de “aprendizaje significativo” que según refiere su autor, es el proceso mediante el cual la nueva información se relaciona de manera no arbitraria, con un aspecto relevante (conocimiento previo) de la estructura cognitiva de la persona que aprende, también conocido como conocimiento subsumidor (Ausubel, 1968; Moreira, 2000b).

Según refiere Moreira (2000^a):

El subsumidor es un concepto, idea, proposición que ya existe en la estructura cognitiva y que sirve de anclaje a la nueva información, de tal manera, que la misma adquiere significado para el sujeto, es así como lo aprendido de manera significativa, es retenido y sirve a su vez de nuevos subsumidores para nuevos aprendizajes (op.cit, p. 11).

A manera de síntesis, se señalan algunos conceptos y elementos fundamentales de esta teoría.

- El aprendizaje significativo basado en la recepción, supone la adquisición de nuevos significados del contenido de aprendizaje.
- Para hacer que el contenido de aprendizaje sea potencialmente significativo es necesario organizarlo de manera intencional, es decir, que tenga significado lógico de forma que se pueda relacionar de manera no arbitraria y no literal con los conocimientos existentes en la estructura cognitiva de la persona en concreto (para que tenga significado psicológico).
- En la estructura cognitiva de la persona que aprende, deben existir ideas de anclaje pertinentes, con las que la nueva información se pueda relacionar.
- La interacción entre el nuevo contenido y las ideas existentes en la estructura cognitiva del estudiante, da como resultado que el significado lógico sea asimilado como significado psicológico por parte del estudiante.
- El aprendizaje, por tanto, es un continuo, y en el aprendizaje significativo se modifican tanto la nueva información adquirida como los elementos de la estructura cognitiva donde ocurrió el anclaje.

- El aprendizaje significativo se retiene, en contraposición al aprendizaje memorístico (donde la nueva información se relaciona de manera arbitraria y literal) que se olvida más rápidamente. Sin embargo, ambos tipos de aprendizaje el memorístico y el significativo son parte de un continuo y no aprendizajes opuestos.
- El aprendizaje verbal significativo basado en la recepción debe ser activo, por lo que pudiera decirse que depende de la manera de enseñarlo.
- En el proceso de asimilación, el aprendizaje significativo es solo una etapa, donde además se sitúan de manera secuencial, natural e inevitable otros dos procesos: la retención y el olvido.
- En el aprendizaje significativo, las nuevas ideas potencialmente significativas, se relacionan selectivamente con las ideas pertinentes que ya existen en la estructura cognitiva y también más generales, inclusivas y estables (Moreira y Masini, 2006).
- Una vez que la nueva información interactúa con los subsumidores, se convierte para el estudiante en el significado de nuevas ideas. Estos nuevos significados emergentes se almacenan, enlazan y organizan en la memoria con sus correspondientes ideas-ancla.
- El aprendizaje significativo requiere además, de los procesos psicológicos de diferenciación progresiva y reconciliación integradora.
- Cuando un nuevo concepto o proposición se aprende por medio de la interacción y anclaje en un concepto subsumidor, éste también se modifica. De esta manera, ocurre el proceso psicológico de **diferenciación progresiva del concepto subsumidor** (Ausubel, et. al., 1978, p.124). Este proceso ocurre generalmente en el aprendizaje significativo subordinado, principalmente en el correlativo, pues los conceptos subsumidores se reelaboran continuamente, se modifican en la adquisición de nuevos significados y se diferencian progresivamente.
- En el aprendizaje súper-ordenado o en el combinatorio, las ideas claves de la estructura cognitiva pueden reconocerse como ideas relacionadas, de esta manera, las nuevas informaciones son adquiridas y se reorganizan los elementos existentes en la estructura cognitiva de manera que se pueden construir nuevos significados. Este proceso psicológico de recombinación es denominado como **reconciliación integradora**.

De acuerdo con Rodríguez- Palmero (2008) y Moreira (2000^a; 2000c) la teoría del aprendizaje significativo es una teoría psicológica que tiene implicaciones en el hecho educativo y, por esto, la investigación sobre la enseñanza y el aprendizaje, representa una actividad compleja que requiere emplear procedimientos e instrumentos de indagación y protocolos para entender los diferentes tipos de aprendizaje que se producen en el aula, de acuerdo con las características y rasgos psicológicos que se ponen en juego cuando se aprende.

En la enseñanza de la Biología, ciencia que nos ocupa, puede decirse que ya existen elementos asociados con el concepto de gen en la estructura cognitiva del estudiante de educación superior, bien sea por los aprendizajes significativos logrados a través de los cursos de Biología en educación Media, en cursos previos de la universidad, como también a través de información que sobre este tema

ofrecen los medios de comunicación y difusión masiva. De esta manera, y de acuerdo con lo señalado por Moreira (1999), estos conocimientos adquiridos previamente sirven de subsumidores para nuevas informaciones referidas al concepto de gen. Sin embargo, que estos conocimientos sean producto de un aprendizaje significativo, no significa necesariamente que se correspondan con el conocimiento de la Biología aceptado actualmente (CBA), en cuyo caso pudieran ser causa de dificultades para la comprensión de la nueva información.

Es por ello que, para favorecer el aprendizaje significativo del concepto de gen con significados actualmente aceptados en el ámbito de la Biología, es importante conocer lo que el estudiante sabe para organizar, en consecuencia, la nueva información de manera que sea potencialmente significativa.

Esto permite señalar, en correspondencia con los planteamientos de Novak (1981; 1992), de Moreira (1997; 2005) y del propio Ausubel (2002), la importancia que tiene la organización deliberada del contenido a aprenderse para asegurar que el mismo sea “potencialmente significativo”, lo que requiere llevar a cabo un cuidadoso análisis del contenido o la materia objeto de enseñanza, y, en especial, la manera de organizarlo, ya que resulta ser una importante variable interviniente en el proceso de aprendizaje.

Otros conceptos claves de esta teoría y que son fundamentales para el desarrollo de nuestro trabajo, se refieren a la **asimilación**, la **retención** y el **olvido**. Al respecto Ausubel (2002) señala que la **asimilación** se produce como resultado de la interacción entre el nuevo material que se va a aprender y aquellos conocimientos previos existentes en la estructura cognitiva que conducen a la aparición de nuevos significados. La relación entre ideas-ancla y las asimiladas permanecen por un tiempo importante en la estructura cognitiva de la persona. Inmediatamente después del aprendizaje significativo, cuyo resultado es un producto de la interacción donde la nueva información se mantiene asociada al conocimiento anclaje, comienza un segundo estadio llamado **asimilación obliteradora** que se continúa con el **olvido**.

En la asimilación obliteradora, los conceptos más amplios, bien establecidos y diferenciados, sirven a su vez de anclaje a las nuevas ideas y posibilitan la retención, mientras que, el significado de las nuevas ideas tiende, a lo largo del tiempo, a ser asimilado o reducido, por los significados más estables de las ideas establecidas.

Ausubel (2002) y Moreira (2000a) señalan que la **retención** y el **olvido** son elementos del proceso de asimilación, los cuales ocurren como continuación temporal del proceso de asimilación y que facilitan el aprendizaje. Para Moreira la asimilación no finaliza después de lograrse el aprendizaje significativo, sino que se continúa a lo largo del tiempo, de esta manera, pueden ocurrir nuevos aprendizajes, se facilita la retención, y también implica un mecanismo de olvido.

Después de ocurrir el aprendizaje significativo, que se continúa con la asimilación obliteradora, las nuevas ideas se vuelven de manera espontánea y progresiva menos separables de la estructura cognitiva, hasta llegar a un punto en el que ya no es posible reproducirlas aisladamente.

3.1.1. El aprendizaje significativo, fundamentos, factores, condiciones y tipos.

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, el aprendizaje significativo es un proceso y, a la vez, un producto mediante el cual ocurre la integración del nuevo conocimiento con los subsumidores presentes en la estructura cognitiva del estudiante (Caballero, 2003). Para que ocurra el aprendizaje significativo es necesario que el estudiante tenga una actitud potencialmente significativa hacia el aprendizaje y, de parte del profesor o quien organice la información a enseñar, considerar la importancia de organizar el contenido de manera que sea potencialmente significativo.

Como proceso, el aprendizaje significativo es continuo y de carácter progresivo, por lo que el resultado implica la transformación tanto del conocimiento producido, como de los elementos de anclaje existentes en la estructura cognitiva de la persona que aprende, tal como Moreira (2000a) señala:

...los nuevos conocimientos se relacionan con los subsumidores o elementos de anclaje presentes en la estructura cognitiva de quien aprende y a su vez estos se van modificando, haciéndose mas diferenciados, elaborados y estables (ibid, p. 11).

En consecuencia, progresivamente se produce la formación de nuevos subsumidores que serán más claros, elaborados, estables, relevantes y sobre los cuales se asociarán nuevos conocimientos (Rodríguez Palmero, 2002; Moreira, 2006; Moreira, 2000b).

Durante el proceso de aprendizaje, el significado lógico del contenido a aprender se transforma en significado psicológico para el estudiante, y los conocimientos previos sirven de matriz ideacional que permite el anclaje a los nuevos conocimientos. Es por ello que, de acuerdo con esta teoría, es posible aprender de manera significativa solamente cuando, en la estructura cognitiva de la persona, estén disponibles una serie de ideas, conceptos, proposiciones, que sean específicamente relevantes e inclusivos, que funcionen como puntos de “anclaje”. Sin embargo, hay que señalar que, en ocasiones, los conocimientos previos no son necesariamente *aceptables*, desde el punto de vista de la ciencia (CBA), resultando ser concepciones “alternativas”, conceptos “errados”, que pudieran ser obstáculos para el aprendizaje de significados de la ciencia, de ahí la importancia en tratar de identificarlos y considerarlos sin pretender que sean eliminados cuando se quiere facilitar una enseñanza potencialmente significativa y crítica de nuevos conocimientos.

Otros conocimientos fundamentales de esta teoría son los **conceptos** y el **lenguaje** que es el principal vehículo de comunicación entre las personas y para el propio sujeto.

Entre los elementos fundamentales de la teoría de aprendizaje significativo el propio Ausubel señala la existencia de diferentes tipos de aprendizaje (Ausubel et. al., 1978; 1983), (Ausubel, 2002) a los cuales se refiere como:

- Aprendizaje **representacional**, es el más parecido al memorístico y se produce cuando el significado de símbolos arbitrarios se equipara con sus referentes (objetos, eventos, conceptos). Para Moreira (2000a, p.20), este tipo de aprendizaje significativo es el básico y del cual dependen los demás, ya que supone la atribución de significados a determinados símbolos que son generalmente del tipo de palabras, símbolos que pasan a significar para la persona aquello que sus referentes significan.
- El aprendizaje **de conceptos**, constituye uno de los componentes básicos del aprendizaje significativo y se fundamenta tanto en la recepción de proposiciones declarativas como de la generación de proposiciones significativas y en la resolución de problemas. El aprendizaje de conceptos puede ocurrir por formación de conceptos, en los primeros años de la vida de una persona, y por la asimilación de conceptos, entre los escolares y los adultos.

En la formación de conceptos, los atributos característicos del concepto se adquieren mediante la experiencia directa, es decir, mediante la generación de etapas sucesivas de generación de hipótesis, comprobación y generalización. Pero según señala Ausubel, a medida que la persona adquiere mayor vocabulario los nuevos conceptos se adquieren por asimilación de conceptos, ya que los atributos de los nuevos conceptos se pueden definir mediante el uso, en nuevas combinaciones, de referentes ya existentes disponibles en la estructura cognitiva.

Otro tipo de aprendizaje, según Ausubel (1976) es el **proposicional**, que se refiere a aprender el significado de ideas en forma de proposiciones; consiste en aprender el significado de las ideas expresadas verbalmente a través de los conceptos, bajo la forma de una proposición.

Ante ello Ausubel (2002), expresa:

“...Aunque el aprendizaje proposicional es algo más complicado que aprender los significados de las palabras, es similar al aprendizaje representacional en el sentido de que, después de una tarea potencialmente significativa, se relacione e interaccione con ideas pertinentes ya existentes en la estructura cognitiva, aparecen nuevos significados... (op. cit., p.28).

Además Ausubel (2002) señala que también pueden ocurrir otros tipos de aprendizaje, a los cuales denomina como: subordinados (subsumidor), de orden superior y aprendizaje combinatorio. Como se ha indicado previamente, la estructura cognitiva tiene una organización jerárquica en relación al nivel de abstracción, generalidad e inclusividad de ideas. En el proceso de interacción de la nueva información con los subsumidores para la adquisición de significados, se produce una subordinación de la nueva información en relación a la estructura cognitiva existente, y es lo que Ausubel (2002) llama **subsunción** lo que implica la subsunción de conceptos y proposiciones potencialmente significativos, bajo ideas mas generales e inclusivas ya existentes. Además, dependiendo de la organización jerárquica de los conocimientos en la estructura cognitiva, este autor señala la existencia de aprendizajes subordinados, supra-ordinados y de tipo combinatorio.

Para Ausubel (2002) existen diversos tipos de aprendizaje subordinado, de esta manera, cuando el aprendizaje que se produce es entendido como un ejemplo específico de un concepto ya establecido en la estructura cognitiva o apenas corrobora o ilustra una proposición general, previamente aprendida, se le denomina aprendizaje **subordinado derivativo**. Si la nueva información se aprende como una extensión, elaboración, modificación o calificación de conceptos o proposiciones previamente aprendidas, el aprendizaje es del tipo **subordinado correlativo**.

Otro tipo de aprendizaje, es el aprendizaje **súper-ordenado** que ocurre cuando un concepto o proposición, potencialmente significativo, es más general o inclusivo que las ideas o conceptos ya establecidos en la estructura cognitiva, por lo que es adquirido a partir de éstos y pasa a ser asimilado. Esto ocurre, según Moreira (2000b), cuando se organiza el material de manera inductiva o supone la síntesis de ideas, lo cual se manifiesta con mayor frecuencia en el aprendizaje de conceptos que en el de proposiciones.

El **aprendizaje combinatorio** se refiere al aprendizaje de gran variedad de proposiciones nuevas o de conceptos que no guardan una relación de subordinación o superordenación con conceptos específicos, pero sí con un contenido amplio y relevante de una manera general existente en la estructura cognitiva. Aunque no puede ser asimilado por las otras ya establecidas y da origen a significados combinatorios o aprendizajes combinatorios.

Dada la importancia que tiene el contenido “potencialmente significativo”, en el aprendizaje significativo de un conocimiento determinado, es primordial conducir la enseñanza de manera que sea posible propiciar el proceso de anclaje y transformación interna, por eso es importante realizar una cuidadosa organización de la información. En este sentido, la organización del material a enseñar, de acuerdo a lo planteado por Ausubel (1963; 1968; 2002) requiere considerar tanto los procesos psicológicos que ocurren en la persona mientras aprende (específicamente la diferenciación progresiva y la reconciliación integradora) como los principios didácticos que se refieren a la secuenciación del mismo y del empleo de estrategias de enseñanza que favorezcan la consolidación.

En este sentido, Moreira (1997) y Moreira y Buchewitz (1993) plantean que si bien los procesos de diferenciación progresiva y reconciliación integradora son parte de la dinámica que ocurre en la estructura cognitiva de quien aprende, es necesario considerarlos como orientadores al planificar, organizar y conducir la enseñanza de manera que sea potencialmente significativa.

En cuanto al proceso de **diferenciación progresiva**, se plantea la importancia de presentar al comienzo de la enseñanza las ideas y conceptos más generales e inclusivos del contenido, para progresivamente ir diferenciándolo en términos de detalle y especificidad. Esto se justifica porque se supone que el conocimiento esta organizado en la mente de las personas, en forma de “... *una estructura jerárquica en la que las ideas más inclusivas están en el tope de la estructura y, progresivamente, se incorporan proposiciones, conceptos y hechos menos inclusivos y más diferenciados...*” (Moreira, 1997, p. 19).

Con respecto al proceso de **reconciliación integradora**, como elemento orientador para facilitar el aprendizaje significativo de los estudiantes durante la enseñanza, se plantea la importancia de considerar espacios de aprendizaje para explorar relaciones entre ideas, identificar similitudes y diferencias importantes y reconciliar discrepancias reales o aparentes.

Otro de los aspectos orientadores para conducir una enseñanza potencialmente significativa se refiere a la **organización secuencial** del contenido, y consiste en planificar la enseñanza de acuerdo con la secuencia lógica del contenido, es aquí donde los mapas conceptuales pueden considerarse como recursos importantes para presentar y orientar la secuencia de enseñanza.

La **consolidación**, en la organización de una enseñanza potencialmente significativa refiere la incorporación de diversas tareas de aprendizaje que permitan al estudiante asegurar la adquisición, asimilación y retención del conocimiento. En este elemento orientador se resalta la importancia de insistir en el dominio de lo que se está estudiando antes de introducir nuevos contenidos para asegurar una alta probabilidad de éxito en el aprendizaje (Moreira, 2000a, p.93).

Por otra parte, en atención a los diferentes tipos de aprendizaje señalados por Ausubel (2002) y a los que se hizo referencia anteriormente: aprendizaje representacional, aprendizaje de conceptos y aprendizaje proposicional, entre otros, se requiere organizar la enseñanza, seleccionar diferentes estrategias de enseñanza y proponer espacios de aprendizaje que los considere.

3.1.2. El aprendizaje significativo, un constructo de actualidad ampliado y enriquecido con la aportación de otros investigadores.

Según la Psicología cognitiva, conocer, comprender, pensar, entre otros procesos psicológicos, son parte de la experiencia consciente, diferenciada y claramente articulada de cada persona. Así, el interés de esta ciencia por describir principios lógicos de organización y funcionamiento que gobierna los estados diferenciados de conciencia, y los procesos cognitivos subyacentes de los que surgen, como por ejemplo, el aprendizaje significativo, la abstracción o la generalización.

Según Ausubel, (2002), el significado es ideacional, es decir, que se refiere a la formación y enlace de ideas en la mente de las personas, por lo que se refiere a una experiencia consciente, articulada de manera clara y diferenciada con precisión, la cual surge cuando se relaciona de manera no arbitraria y no literal signos, símbolos, conceptos o proposiciones potencialmente significativas con componentes pertinentes en la estructura cognitiva de la persona (op cit., p.82).

En este sentido, la adquisición de nuevos significados coexiste con el aprendizaje significativo, en función de la capacidad de relación no arbitraria y no literal del contenido que se debe aprender y las ideas ya existentes en la estructura cognitiva. Por otro lado, es cualitativamente diferente al aprendizaje memorístico (Ausubel, 2002, p. 83). Para que se logre el aprendizaje significativo, como aprendizaje cognitivo, es necesario plantear y conducir actividades de enseñanza

diseñadas de manera deliberada, que faciliten la relación de la nueva información con conocimientos previos de los estudiantes.

Entre las potencialidades de la Teoría del Aprendizaje Significativo se señala la vigencia de sus fundamentos, después de más de cuatro décadas de su formulación inicial por Ausubel (1963) y que, ha sido favorecida por la permanente revisión, reconsideración y consolidación de sus principios y conceptos, por teóricos e investigadores, que han aportado elementos para enriquecer sus bases teóricas y su comprensión. Entre dichos teóricos e investigadores se señala a Novak, quien no sólo incorpora lo afectivo como elemento determinante para lograr un aprendizaje significativo, sino que le otorga un lugar de mayor consideración. Para Novak (1981; 1992), además de la predisposición favorable hacia el aprendizaje, que debe estar presente en la persona que aprende y que fue inicialmente considerada por Ausubel, los sentimientos tienen un papel crucial y se hacen presentes en la relación que se establece durante el hecho educativo entre el sujeto que aprende y el profesor. De igual manera, Novak señala las diferencias en las responsabilidades de los diferentes actores del acto educativo: el estudiante como constructor de su propio aprendizaje y el profesor cuyo papel está centrado fundamentalmente en organizar, secuenciar, facilitar y conducir el aprendizaje significativo (Rodríguez-Palmero, 2004).

Por otra parte Moreira (1997; 2000a), también plantea otros elementos que dan una permanente renovación a dicha teoría, y que hacen de la misma, un cuerpo teórico con un significado de avanzada. Este autor plantea al aprendizaje significativo como un constructo que subyace a la asimilación, la acomodación y a la equilibración de Piaget, así como a los subsumidores y los constructos personales de Kelly. Además, señala como compatible con el aprendizaje significativo el concepto de internalización de Vigotsky y la consideración de transformación de los significados lógicos de los materiales en significados psicológicos para la persona.

Como elemento que amplía y profundiza el concepto de aprendizaje significativo, eje central de la teoría planteada por Ausubel (1963), Moreira (2000a; 2000b) postula al “aprendizaje cognitivo significativo crítico”, señalándolo como proceso y producto que le permite al que aprende involucrarse en el contenido (el qué), con los materiales (con qué), en la acción de aprender (quién) y en el propio aprendizaje. De esta manera, el aprendizaje significativo crítico ofrece al estudiante la posibilidad de tener una visión que le permite ser crítico y analítico ante la realidad que le corresponda. En el siguiente apartado se presentan algunas ideas sobre el aprendizaje significativo crítico, a partir de lo señalado por su autor.

3.2. El aprendizaje significativo crítico, sus principios como sustento para una intervención efectiva en el aula

El aprendizaje significativo crítico, según Moreira (2005), se refiere a... *“aquella perspectiva que permite al sujeto formar parte de su cultura y, al mismo tiempo, estar fuera de ella”* (p.17).

Para favorecer dicho aprendizaje se requiere considerar a la enseñanza como una actividad centrada en el estudiante, donde se ofrezcan diversas actividades de aprendizaje y donde se promueva la reflexión, el análisis crítico y la aplicación de los conocimientos que se construyen. Las actividades de aprendizaje, organizadas de manera deliberada para promover el aprendizaje significativo crítico, requieren responder a los principios orientadores señalados por Moreira (2006) para su facilitación en el aula.

Para Moreira (2005), en el aprendizaje significativo crítico el estudiante no es receptor pasivo, por el contrario, su participación es consciente y activa, en la que para construir significados requiere emplear lo que ya sabe de manera que le permite comprender los nuevos contenidos, y que además, considerando a Caballero (2004), es un acto progresivo. Al mismo tiempo, y al igual que lo señalado por Ausubel (2002) para el aprendizaje significativo, en el aprendizaje significativo crítico se lleva a cabo en la estructura cognitiva del estudiante una diferenciación progresiva de los conceptos, desde lo más complejo o de mayor inclusividad a lo menos incluyente. También ocurre un proceso de reconciliación integradora que le permite identificar semejanzas, diferencias y reorganizar su conocimiento internamente (Moreira, 2005 p. 13).

De esta manera, mientras el estudiante construye su conocimiento, en un proceso progresivo, los significados se procesan, internalizan, se asimilan y sirven de anclaje a nuevos conocimientos. Es aquí donde el aprendizaje se hace significativo y para que, a su vez, sea crítico, la persona debe ser capaz de darse cuenta de su aprendizaje, del significado de los contenidos que aprende, de manera tal, que dicho conocimiento le permita formar parte de su cultura, sin ser subordinado por ella, ante lo que Moreira (2005) expresa:

... “Es a través de este aprendizaje como el estudiante podrá lidiar, de forma constructiva, con el cambio, sin dejarse dominar, manejar la información sin sentirse impotente frente a su gran disponibilidad y velocidad de flujo, beneficiarse y desarrollar la tecnología, sin convertirse en tecnófilo. Por medio de este aprendizaje podrá trabajar con la incertidumbre, la relatividad, la no causalidad, la probabilidad, la no dicotomización de las diferencias con la idea de que el conocimiento es construcción nuestra, que apenas representamos el mundo y nunca lo captamos directamente...” (ibid, p. 18).

Como elementos a considerar, para facilitar entre los estudiantes un aprendizaje significativo crítico, Moreira (2005, p. 40) señala los siguientes principios orientadores:

1. Aprender/enseñar preguntas en lugar de respuestas (principio de la interacción social y el cuestionamiento).
2. Aprender a partir de distintos materiales educativos (Principio de la no centralidad del libro de texto o material único).
3. Aprender a que somos perceptores y representantes del mundo (Principio del aprendiz como perceptor / representante).

4. Aprender que el lenguaje está totalmente involucrado en todos los intentos humanos de percibir la realidad (Principio del conocimiento como lenguaje).
5. Aprender que el significado está en las personas. No en las palabras (Principio de la conciencia semántica).
6. Aprender que se aprende corrigiendo los errores (Principio del aprendizaje por el error).
7. Aprender a desaprender, a no usar los conceptos y las estrategias irrelevantes para la sobrevivencia (principio del des-aprendizaje).
8. Aprender que las preguntas son instrumentos de percepción y que las definiciones y las metáforas son instrumentos para pensar (Principio de la incertidumbre del conocimiento).
9. Aprender a partir de diferentes estrategias de enseñanza (Principio de la no utilización de la pizarra como recurso único).

Estos elementos teóricos, sobre el aprendizaje significativo crítico, han sido considerados como principios orientadores de la planificación de la enseñanza del concepto de gen, durante el desarrollo de la intervención didáctica, construida a partir de una Investigación Acción Participativa (IAP), que se aplicó con docentes y estudiantes, en los cursos seleccionados como contexto del presente trabajo de Tesis Doctoral, con la finalidad de conocer cómo los estudiantes de la carrera docente de Biología en la UPEL- IPC construyen el concepto de gen y su posible evolución hacia significados actualmente aceptados por la comunidad científica.

3.3. Aspectos de la teoría de la Educación de Novak

Como se señaló en las páginas precedentes, el aprendizaje significativo es uno de los conceptos fundamentales de la Teoría de Educación de Novak (1981; 1992), quien señala que la educación, es el conjunto de experiencias (cognitivas, afectivas y psicomotoras) que contribuyen en la formación integral de la persona y que le permitirá desenvolverse con conocimiento en la vida diaria. La premisa básica de esta teoría es que las personas: piensan, sienten y hacen (Moreira, 2003).

Los elementos señalados por Novak (1981; 1992): estudiantes, profesor, contenido, estrategias de enseñanza y evaluación son fundamentales en todo acto educativo, así como la permanente interacción de los mismos durante el acto de aprender y compartir significados. El aprendizaje significativo ocurre en un ambiente donde se comparten sentimientos entre el profesor y los estudiantes. El objetivo de esta relación sistémica es el aprendizaje significativo de un nuevo conocimiento aceptado y válido en un cierto contexto, siendo también compartido por una comunidad concreta de usuarios.

De este modo, parafraseando a Moreira (2003, p. 116), aprender conocimientos de Biología, significa entender los significados científicamente aceptados (CBA) o compartidos por biólogos, profesores de Biología, personas que aprendieron esta ciencia de manera significativa, lo cual significa compartir significados con esa comunidad

Aprendizaje significativo es el concepto clave de la teoría de Novak (1981; 1992), ante lo cual Moreira (2003, p. 117) expresa: el *aprendizaje significativo*

subyace a la integración constructiva entre pensamiento, sentimiento y acción que conduce al engrandecimiento humano. En así como Novak comparte y respalda el planteamiento ausubeliano que señala que, para que el estudiante aprenda, de modo significativo, es necesario que el profesor considere en primer lugar lo que el estudiante sabe, Pero además, llama la atención a considerar lo que denomina *concepciones alternativas*, que el alumno construye a medida que se va situando en el mundo en el que vive. Se puede decir que, en el proceso de aprender, el individuo va construyendo una estructura de significados que constituye, esencialmente su estructura cognitiva.

En educación, en vez de descartar los significados alternativos, que construye una persona, lo que se requiere es interpretarlos como resultados de aprendizajes significativos y, por tanto, definitivamente incorporados a la estructura cognitiva del estudiante, pero, “obliterados” hasta el nivel de significados residuales. Novak dedica gran parte de su teoría al engrandecimiento y perfeccionamiento del concepto de aprendizaje significativo, incluyendo estudios sobre estrategias de enseñanza y aprendizaje como los mapas de conceptos, que son considerados como importantes instrumentos facilitadores del aprendizaje.

La figura 4 se refiere a un mapa de conceptos sobre el aprendizaje significativo, según la Teoría de Educación de Novak (1981), tomado y adaptado de Moreira (1999) y en él se muestran las relaciones e interacción de los elementos del hecho educativo, las posibles estrategias facilitadoras y los elementos centrales de dicha teoría; en el mismo se muestran relaciones importantes entre acciones, pensamientos y sentimientos.

Investigar sobre cómo construyen el concepto de gen los estudiantes de educación superior de la carrera de formación de docentes de Biología de la UPEL-IPC en Venezuela, plantea la importancia de considerar procesos indagatorios que permitan conocer acerca de las características de los elementos del hecho educativo, señalados en la Teoría de Educación de Novak (1981), por la pertinencia que los mismos tienen en la adquisición del aprendizaje significativo.

Los significados del concepto de gen que tienen los profesores, los significados que se presentan a los estudiantes en la enseñanza y que como conocimiento biológico aceptado se incluye en los libros y otros materiales educativos; los significados contextuales organizados, según los elementos orientadores de la Teoría de Aprendizaje Significativo de Ausubel (2002), así como los principios señalados por Moreira (2005) para facilitar la adquisición del aprendizaje significativo crítico del concepto de gen, permiten considerar las interacciones que ocurren entre dichos elementos y el proceso de aprendizaje en los estudiantes.

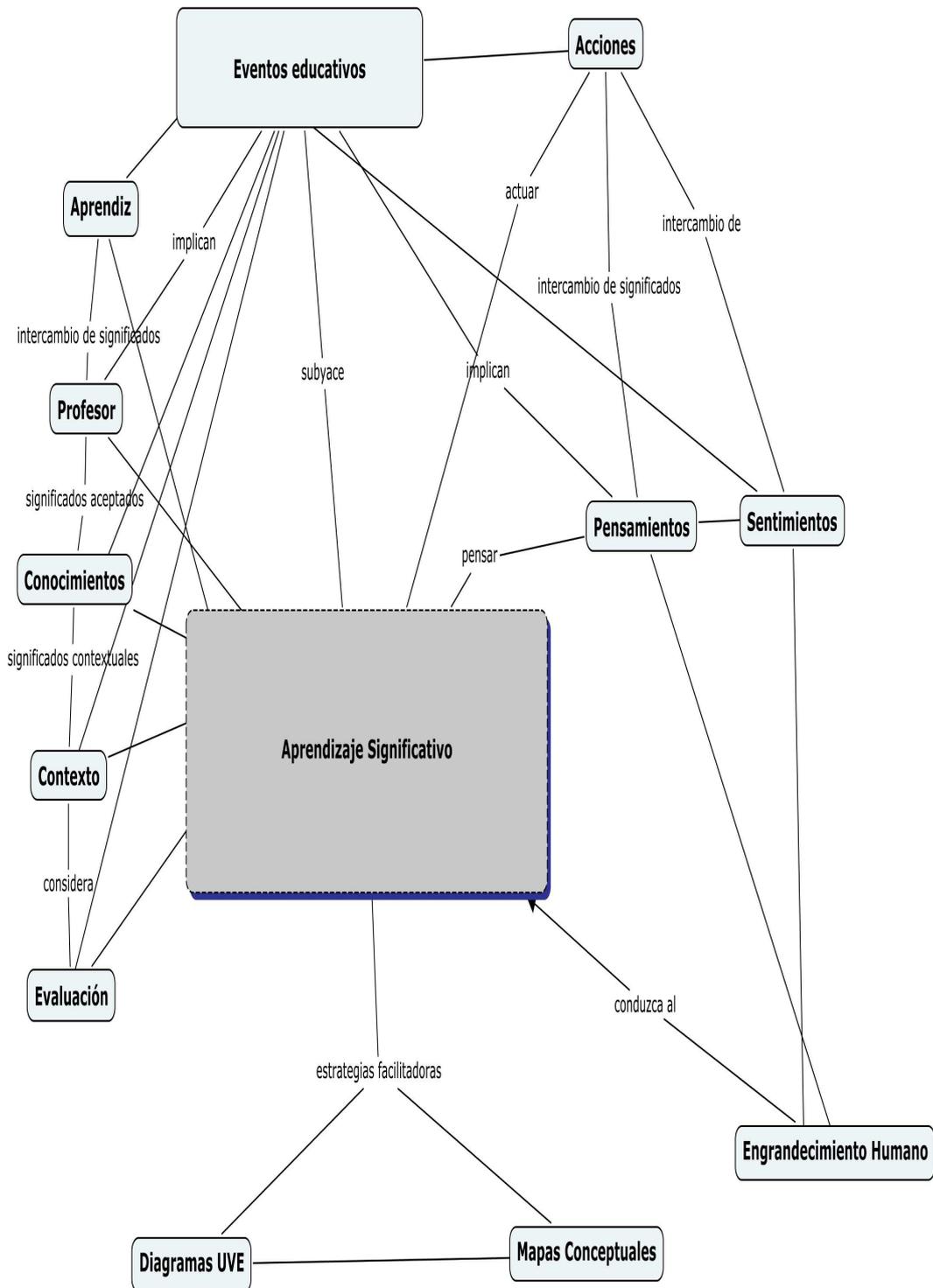


Figura 4. Mapa de Conceptos de la Teoría de la Educación de Novak (1981). Tomado y adaptado de Moreira (1999, p. 76).

3.3.1. Los mapas de conceptos como recursos educativos y estrategias facilitadoras del aprendizaje significativo crítico.

En la visión ausubeliana, el desarrollo de un concepto se facilita cuando los elementos más generales, más inclusivos del mismo concepto se introducen en primer lugar y, posteriormente, se van diferenciando progresivamente. En este sentido, el profesor, al realizar su planificación, debe tener en cuenta las ideas más generales y más inclusas de la disciplina, presentándolas en el inicio para después diferenciarlas progresivamente.

Además, *la programación del contenido debe no sólo proporcionar la diferenciación progresiva, sino también explorar explícitamente relaciones entre proposiciones y conceptos* (Moreira y Buchweitz, 1993, p. 36). Al seleccionar, organizar y conducir la enseñanza, el profesor debe presentar y llamar la atención sobre diferencias y semejanzas importantes, así como reconciliar inconsistencias reales o aparentes. Así, se facilita el principio de “reconciliación integradora”.

Generalmente, los libros presentan la información de manera tal, que las ideas y tópicos se muestran separadas en diferentes capítulos, temas y otras secciones, con lo cual, se ofrece a los estudiantes y docentes, un conocimiento estratificado del mismo y una apariencia poco integrada, siendo mas bien presentada de manera fragmentada sin interdependencia entre los conceptos científicos. Es ahí, donde los mapas de conceptos, pueden ser considerados como instrumentos útiles en el proceso de enseñanza, además de ser recursos de aprendizaje importantes para los propios estudiantes

De acuerdo con lo señalado por Moreira (2003), acerca de los mapas de conceptos, cuando expresa:

...pueden ser vistos como diagramas jerárquicos que procuran reflejar la organización conceptual de una disciplina o parte de una disciplina. O sea, su existencia se deriva de la estructura conceptual de una disciplina. En principio, esos diagramas pueden tener una, dos o más dimensiones. Los mapas unidimensionales son apenas listas de conceptos que tienden a presentar una organización lineal vertical. Aunque simples, tales diagramas dan solamente una visión grosera de la organización conceptual de una disciplina o subdisciplina. Los mapas bidimensionales, por otro lado, sacan partido no sólo de la dimensión vertical, sino también de la horizontal y, por tanto, permiten una representación más completa de las relaciones entre conceptos de una disciplina (Moreira, 2003, p.34).

Por eso, los mapas de conceptos se emplearon en diversos momentos para el desarrollo de los estudios llevados a cabo en la Tesis. Su uso para en la planificación y presentación de la información; como recursos de aprendizaje y de evaluación, además de ser considerados como instrumentos para “negociar significados”, permitieron indagar acerca del significado inicial del concepto de gen entre los estudiantes, así como del que construyen durante la intervención didáctica (Moreira, 2003).

A través del uso de mapas de conceptos, cada profesora, tuvo la posibilidad de identificar los conceptos superordenados y subordinados del contenido a ser abordado en el aula, disponer jerárquicamente la información, considerando los principios de diferenciación progresiva y reconciliación integrativa señalados por Ausubel (Ausubel, et. al., 1983; Ausubel, 2002). Como organizadores avanzados, en los materiales educativos seleccionados ayudaron a presentar el contenido a aprender, su organización y secuencia. En la evaluación del aprendizaje, los mapas de conceptos permiten identificar el conocimiento, maneras de relacionar los conceptos, las ideas presentes y aquellos aspectos que requieren ser reestructurados y ampliados. Para los estudiantes son un potente instrumento para revisar, organizar ideas, conceptos, sus relaciones e implicaciones con otros conocimientos.

Para la investigadora, la elaboración y explicación de los mapas de conceptos, de parte de los estudiantes del grupo de estudio, se consideraron instrumentos indagatorios de los significados del concepto de gen y contenidos relacionados.

3.4. Los obstáculos epistemológicos de Bachelard. Implicaciones en la enseñanza y el aprendizaje de la Biología

Nos parece importante considerar las afirmaciones, que compartimos, con García Cruz (1998), cuando señala:

“las consideraciones hechas por la escuela francesa de filosofía de la ciencia, tanto en los aspectos epistemológicos como de comprensión del desarrollo histórico de la propia ciencia, han sido transcendentales, dentro de esta escuela destacó Gastón Bachelard, quien tuvo un papel decisivo entre filósofos e historiadores como Michel Foucault, Loáis Althusser o Michel Serres. Aunque las concepciones epistemológicas e históricas fundamentales de esta escuela poseen más de medio siglo, su repercusión didáctica está siendo ahora nuevamente valorada en especial en los ámbitos educativos” (op. cit, p. 324).

Estas ideas básicas de Bachelard (1938) permiten considerar la importancia que tiene ofrecer una visión de la ciencia a través de los aspectos históricos que han influido en la construcción del conocimiento. El modelo bachelariano se basa en la idea de *cambio científico*, dentro del cual existen tres categorías, en el marco de la epistemología, siendo la primera de ellas el concepto de obstáculos epistemológicos.

Para Bachelard (1938; 1971) el concepto de obstáculo epistemológico, se refiere a una traba para el pensamiento, es decir, un obstáculo para seguir pensando; de esta manera, son mecanismos de la psiquis del investigador que lo llevan a privilegiar el facilismo, la apariencia por encima de la abstracción y la construcción de conceptos, que es la principal tarea de la ciencia.

Entre las características de los obstáculos epistemológicos, señala que los mismos son confusos y poliformes, es decir, que aparecen en múltiples formas

obstaculizando la ruptura con el sentido común. Los obstáculos no se eliminan de una vez y para siempre, sino que son recurrentes y nunca se eliminan por completo. Pueden surgir tanto en el momento de constitución del conocimiento (primer momento) como en una etapa conclusiva. Es así que, en el trabajo científico, ocurre un proceso de adaptación científica entre la teoría y la apariencia.

Los obstáculos epistemológicos no son externos, como por ejemplo, la complejidad, la fugacidad de los fenómenos, se trata de elementos presentes en el mismo acto de conocer y aparecen en forma de confusiones y entorpecimientos que hacen que el pensamiento se estanque y hasta retroceda, por lo que el conocimiento de lo real, según Bachelard (1938), no es inmediato y pleno.

Según Bachelard (1938; 1971) un nuevo conocimiento científico se construye, generalmente superando obstáculos. No obstante, no es posible desentenderse por completo de los conocimientos usuales, y sólo una vigilancia epistemológica constante podrá controlarlo.

Para llevar a cabo una tarea realmente científica hay que aceptar, desde el comienzo, la posibilidad de un cambio con respecto a los conocimientos anteriores, lo cual implica que los resultados puedan contradecir los conocimientos previos del investigador, tarea que no se realiza de una vez y para siempre. Los obstáculos a la cultura científica se presentan por pares opuestos (bipolaridad), esto quiere decir que tratando de no caer en un obstáculo se puede caer en el extremo opuesto.

Entre los ejemplos que comúnmente se plantean como obstáculos, Bachelard (1938) hace referencia a la observación básica, la cual según dicho autor, es el primer obstáculo al conocimiento científico. La observación generalmente se presenta como un derroche de imágenes: es pintoresca, concreta, atractiva, fácil, pareciera que sólo describiéndola es posible conocerla o comprenderla. Sin embargo, el espíritu científico, según señala Bachelard (op cit.) se debe formar en contra de lo que llama la atención, aquello que por la vistosidad y la variedad pudiera incidir en el proceso. El verdadero espíritu científico no busca la variedad sino la “variación”, pues la variedad arrastra al científico de un objeto a otro, en cambio la variación enfoca un fenómeno en particular y lo analiza, tratando de objetivar todas las variables. Por lo tanto, la ciencia no siempre se produce debido a la observación, de esta manera se construyen de modo racional las teorías, de las cuales se derivan los datos. Según Bachelard (1938) *nunca hay observación pura*, pues la misma está orientada por el punto de vista teórico que sustenta el pensamiento del investigador.

La opinión, basada en el sentido común, es otro tipo de obstáculo, y por lo tanto, el conocimiento científico no puede partir exclusivamente de ella, por lo que debe ser neutralizada en toda actividad científica. Es siempre la razón la que sitúa a los hechos en determinado lugar, de ahí que se señale a la razón como el elemento que pone en marcha la investigación.

Otro de los obstáculos referidos por Bachelard (1938) es de tipo verbal, es decir, la falsa explicación lograda a partir de una palabra explicativa, donde en lugar de ver cómo se relaciona un concepto particular con otros en una síntesis racional, se trata de desarrollar el pensamiento analizado en un concepto. El

obstáculo verbal conduce a otro muy difícil de superar: el substancialismo, pues la idea de sustancia es tan clara, simple, poco discutida, que normalmente no se cuestiona.

El animismo (que se mueve) es otro obstáculo epistemológico señalado por Bachelard (1938) en su obra “el espíritu científico”, y es tan frecuente en las ciencias físicas como en las ciencias naturales. La palabra vida es mágica y se la relaciona inmediatamente con el movimiento. Las ideas de sustancia y vida, concebidas de manera ingenua, han conducido a innumerables valoraciones erróneas. La cuantificación es otro de los obstáculos epistemológicos planteados por Bachelard (1938), al referirse a ella como otorgar a la cuantificación un valor en sí misma, “*es tan inútil medir lo que no es necesario, como no medir aquello que hace falta*”. Sólo una constante vigilancia permite al científico controlar los obstáculos y hace posible la ruptura con el conocimiento común, lo cual implica un trabajo permanente de su parte y es más posible efectivizar si el control no es sólo llevado a cabo por él sino también por sus pares. La vigilancia se impone por la relación del que investiga con lo que estudia.

Según Bachelard (1971), el investigador, como sujeto social, es parte también de lo que estudia; y los prejuicios y premociones sobre los hechos sociales son tan frecuentes que él mismo deberá tener la firme decisión de romper con esos prejuicios, y de tomar la distancia necesaria con el sentido común para poder construir conocimientos científicos. El hecho social, por ser inmediato, no es transparente, no es evidente ni tampoco simple, si no hay una elaboración teórica construida en contra de las primeras opiniones, no habrá conocimiento científico, sino simplemente conocimiento vulgar disfrazado.

De acuerdo con García-Cruz (1998), los obstáculos epistemológicos son entonces formas de pensar arraigadas, antiguas estructuras, tanto conceptuales como metodológicas, que pudieron tener en el pasado un cierto valor, pero que en un momento dado obstaculizan el progreso del conocimiento científico. Dichos obstáculos pueden reflejar fielmente la ideología dominante en una época determinada y, por lo tanto, describir perfectamente la relación ciencia-técnica-sociedad.

La segunda categoría se refiere al campo de la epistemología, a las rupturas epistemológicas, es decir, formas en las que el conocimiento científico contradice las ideas o creencias provenientes de ideas intuitivas y de sentido común, como también aquellas que se producen entre dos concepciones científicas distintas para un conocimiento dado o para una metodología concreta.

La ruptura implica una superación del correspondiente obstáculo y surge, en el ámbito de la ciencia, bajo dos situaciones distintas que pueden ser complementarias. Una de ellas ocurre cuando los modelos o paradigmas establecidos no pueden explicar los datos que se manejan y conducen a diversas soluciones para un mismo problema. La otra ocurre cuando la metodología no permite la falsación de algunas interpretaciones. A veces, las rupturas son tan profundas que se produce el cambio o sustitución del antiguo paradigma,

mostrándose en estos casos diferencias irreconciliables entre las viejas ideas y las modernas. A esta última clase de rupturas es a lo que habitualmente se les denominan *revoluciones kuhnianas*. Hay que hacer notar que, aunque las controversias son útiles y necesarias para el desarrollo de las hipótesis o teorías, no siempre provocan el avance del conocimiento científico, especialmente cuando los análisis historio-geográficos correspondientes devienen en errores conceptuales que se integran en las disciplinas y permanecen afianzados durante mucho tiempo (Bachelard, 1938; 1971).

Una tercera categoría de obstáculos epistemológicos se refiere a los actos epistémicos, entendidos como aquellos mecanismos por los cuales se van superando los obstáculos epistemológicos. Favorecen, por lo tanto, las rupturas con las conceptualizaciones antiguas, provocando los cambios correspondientes y mejorando la visión científica que se posee de la realidad. Dentro de estos mecanismos juega un papel esencial la utilización de la historia de la ciencia, especialmente cuando se intenta una reconstrucción según Lakatos de los procesos que han condicionado al avance del conocimiento científico.

3.4.1. Los obstáculos epistemológicos en el ámbito educativo.

En el currículo escolar, específicamente en las distintas áreas del conocimiento científico, se puede considerar la existencia de diversos obstáculos que dificultan el aprendizaje. Los mismos son comunes a las ciencias en general y que pueden derivarse directamente del análisis histórico del desarrollo de la misma.

En Biología, uno de los obstáculos epistemológicos de mayor impacto se refiere a la dificultad de la manipulación y experimentación, por lo que se considera como un importante obstáculo para comprender muchos fenómenos y procesos biológicos. Este obstáculo, dificulta a los estudiantes entender, por ejemplo, la evolución, la formación de especies, los procesos de recombinación Genética, entre otros, sencillamente por la dificultad real que tienen y por las dificultades que existen para manipularlos.

La inmutabilidad, que es lo que habitualmente se observa, a excepción de situaciones muy puntuales como el nacimiento, el desarrollo, el crecimiento (en determinados organismos vivos) es uno de los obstáculos de mayor frecuencia para el aprendizaje de la Biología. Al igual que la globalidad de diversos procesos biológicos, por ejemplo, en el proceso de nutrición, que incluye a las funciones de alimentación, respiración, circulación, excreción, entre otros, en el funcionamiento integral del ser vivo.

Otro de los obstáculos presentes en la enseñanza de la Biología se refiere a la idea que generalmente se presenta en libros, y en el discurso del profesor, que señalan al conocimiento como “hecho acabado”, lo cual es contrario a entender a la ciencia como conocimiento en constante progreso y evolución conceptual. Esta idea de considerar al conocimiento biológico como definitivo, exacto, único, correcto, impide entre los estudiantes entender la noción de debate, de controversia, de evolución de significados y del pensamiento divergente que caracteriza a la Ciencia y al pensamiento científico. Lo que hace que los estudiantes lo consideren

como un hecho meramente acumulativo. En consecuencia, ante diferentes explicaciones sobre un fenómeno, proceso u otro tipo, generalmente consideran a la teoría más reciente como la correcta.

La Historia de la ciencia, las reconstrucciones históricas y epistemológicas como contenido de enseñanza para facilitar un aprendizaje significativo crítico entre los estudiantes permite comprender el carácter cambiante de la ciencia, insistiendo también, por otro lado, en que no todo el conocimiento científico es provisional.

En cuanto a la imposibilidad de reproducir en las aulas algunas características, como por ejemplo, los grandes períodos de tiempo involucrados en los procesos de evolución o especiación biológica; la necesidad de tiempos considerables para obtener descendientes en cruces genéticos o el desarrollo y crecimiento en gran parte de los organismos vivos, entre otros, así como las dimensiones microscópicas y ultramicroscópicas de componentes celulares, se pueden superar mediante el uso de modelos y la simulación.

El uso, con fines de enseñanza de modelos y simulaciones, requiere de parte de los docentes una atención específica para señalar a los estudiantes que los mismos no son la realidad, sino una representación de la misma donde se manejan un número reducido de variables. De lo contrario, los modelos y simulaciones podrían convertirse en obstáculos, cayendo dentro de la metodología de la superficialidad.

Al organizar y facilitar la enseñanza de conocimientos de la Biología, como es el caso del concepto de gen, de manera que se facilite su enseñanza de manera potencialmente significativa, requiere por parte del profesor, un cuidadoso análisis de los posibles obstáculos epistemológicos, tanto de la propia ciencia como aquellos obstáculos de aprendizaje del contenido en cuestión.

3.5. Consideraciones de partida para la intervención en el aula

Según señala Rodríguez Palmero (2004), y que se corresponde con los planteamientos del presente trabajo de investigación, el aprender de manera significativa crítica conocimientos científicos (CBA), por parte del estudiante, supone modificaciones en sus esquemas, así como una constante reestructuración y enriquecimiento de las representaciones que construye mientras aprende. De ahí que, con la finalidad de estudiar la comprensión y el desarrollo conceptual que alcanzan los estudiantes de educación Superior sobre el concepto de gen, se ha considerado, como fundamentos teóricos y metodológicos, los postulados de la teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel (2002) pues como teoría psicológica cognitiva sobre el aprendizaje, puede ofrecer elementos para el análisis e interpretación del proceso de aprendizaje que siguen los estudiantes en situaciones de aula. Dicha teoría y sus implicaciones psicológicas, pedagógicas y de investigación han motivado su selección como referente teórico en el trabajo de esta Tesis Doctoral.

En este sentido, además de considerar a los estudiantes, como actores de la investigación, se tuvieron en cuenta las interacciones de los elementos que

intervienen en el acto educativo señalados por Novak (1981; 1992) en su teoría de la Educación, y que resaltan la importancia de considerar en la investigación en enseñanza de la ciencia, la información procedente de los materiales educativos, de los profesores y la manera de organizar la enseñanza; en cuanto al currículum (entendido como lo que ocurre en el aula), así como de la evaluación de los aprendizajes y de la propia enseñanza.

Entre los contenidos a enseñar, cobra importancia considerar la existencia de obstáculos epistemológicos, y obstáculos de aprendizaje, que considerando a Bachelard (1938; 1971) inciden en el aprendizaje estudiantil y dónde la propia epistemología e historia de la Biología son elementos claves para orientar una enseñanza potencialmente significativa del concepto de gen, por lo que se consideró incorporar información acerca de su desarrollo epistemológico y la historia de la Biología, como parte de la propuesta didáctica.

En la acción deliberada de planificar acciones de investigación acerca del proceso de aprendizaje significativo del concepto de gen, entre los estudiantes de educación Superior de la carrera de formación de profesores de Biología de la UPEL- IPC, se aplicaron instrumentos y realizaron actividades que permitieran conocer, en diferentes momentos, información para interpretar el proceso de construcción y evolución del conocimiento adquirido por los estudiantes durante dos cursos consecutivos de Biología Celular y Genética General. Así como la construcción de una intervención didáctica, desarrollada y consensuada a partir de una Investigación Acción Participativa (IAP) sustentada en la acción, reflexión y análisis crítico de lo que acontece en las aulas, a partir de los principios señalados por Moreira (2005) para facilitar un aprendizaje significativo crítico.

De ahí, que las actividades llevadas a cabo con los estudiantes favorecieron la interacción social y el cuestionamiento tanto del conocimiento que tienen acerca del concepto de gen y que construyen, así como de la información que se les presenta en los materiales educativos, del contenido que forma parte de los cursos y de su propio proceso de aprendizaje.

El trabajo desarrollado con las docentes de ambos cursos, a partir del registro de la información por parte de la investigadora acerca de lo que acontece en las aulas, permitió el análisis y la reflexión crítica en torno a los conocimientos previos, posibles obstáculos y elementos facilitadores de la enseñanza, así como la manera de incorporar en las clases una serie de actividades, estrategias y materiales que favorecieran la formulación de preguntas entre los estudiantes, en lugar de enseñarles a responder; destacar la importancia de un aprendizaje del lenguaje biológico correspondiente, la representación del conocimiento y la conciencia semántica; así como del valor que tiene para aprender partir del error y sobre ello construir nuevos aprendizajes.

La intervención con los estudiantes fuera del aula, la intervención con las docentes, el registro de lo acontecido en el aula durante las clases, el análisis de la información acerca del concepto de gen que se presenta a los estudiantes en los libros de educación Básica, Media y Universitaria y los significados del concepto de gen que están presentes entre los docentes sirvieron de elementos para comprender el contexto para interpretar los significados que tienen y construyen los

estudiantes de educación Superior durante el desarrollo de las asignaturas seleccionadas del pensum de estudios de la carrera de formación de profesores de Biología en la UPEL-IPC.

En este proceso de investigación, participación, acción y reflexión para nuevamente actuar, fue posible acercarse a los objetivos previamente formulados y sobre los cuales se desarrollaron los estudios de cada una de las fases del trabajo de la presente Tesis Doctoral.

CAPITULO 4
REVISIÓN DE INVESTIGACIONES

CAPITULO 4

REVISIÓN DE INVESTIGACIONES

El capítulo presenta una síntesis de la revisión realizada para identificar investigaciones llevadas a cabo, durante cerca de tres décadas, sobre la enseñanza y el aprendizaje de contenidos biológicos relacionados con el concepto de gen y otros contenidos asociados. En la revisión se consideraron tanto revistas como publicaciones de eventos nacionales e internacionales. Los resultados de la misma se han organizado en tres tipos de investigaciones: Pedagógicas, Psicológicas y Epistemológicas.

4.1. Investigaciones identificadas

Aún cuando la revisión bibliográfica llevada a cabo, no es definitiva ni total respecto a investigaciones en enseñanza de la Biología, permitió identificar trabajos publicados en un período de tiempo de cerca de tres décadas, donde se muestra una visión sobre el interés de los docentes e investigadores y un panorama del área de las investigaciones publicadas.

Para los propósitos del trabajo que se plantea, como parte de la tesis Doctoral, se consideran los reportes de investigaciones en enseñanza de la Biología identificadas desde 1980 hasta 2008, las cuales se analizaron y organizaron a partir de sus propósitos en investigaciones Psicológicas, Pedagógicas y Epistemológicas. Algunos de los trabajos se sitúan en más de una de dichas categorías.

i. Pedagógicas, investigaciones organizadas y conducidas con el propósito de determinar el papel de las unidades didácticas, estrategias de enseñanza, materiales educativos, en el aprendizaje y la comprensión de contenidos específicos relacionados con el concepto de gen y otros conocimientos asociados; en la resolución de problemas de Genética, entre otros. Las mismas se refieren a:

- Determinar la efectividad de unidades didácticas elaboradas para favorecer la comprensión de contenidos de Genética (Evans, 1983; Journet, 1986; Edlin, 1987; Purser, 1987; Thomson, 1989); y específicamente aquellas cuyo propósito fue atender las dificultades más frecuentes identificadas entre los estudiantes (Stuart, 1990; Nicholl, 1991; Harrison y Sampson, 1992; Pashley, 1994; Russell y Miller, 1996; Ayuso y Banet, 1998; Banet y Ayuso, 1998; O'Sullivan, 1998; Porras y Puigcerverg, 1998; Turner, et. al., 1998; Venville y Treagust, 1998; Taras, et. al., 1999; Davies, 2005; Rotbain, et. al., 2006).
- Determinar la efectividad de unidades didácticas y estrategias de enseñanza diseñadas con la finalidad de facilitar el aprendizaje de contenidos conceptuales y habilidades específicas de la resolución de problemas de Genética, donde son necesarios la comprensión de contenidos relacionados con el concepto de gen y otros contenidos asociados (Banet y Ayuso, 2000^a; Banet y Ayuso, 2000b; Cartier y Stewart, 2000; Carrero y Reyes, 2000; Jiménez, et. al., 2000^a y 2000b; Baker y Lawson, 2001; Flannery, 2001; Ayuso y Banet, 2002; Johnson y Stewart, 2002; Kirkpatrick, et. al., 2002; Brandner, 2002; Banet y Ayuso, 2003; Buxeda y Moore-Russo, 2003; Centeno, et. al., 2003; Flannery, 2003; Tsui y

Treagust, 2003; Dori y Revital, 2003; Wefer, 2003; Mudry y Andrioli, 2005; Cid y Neto, 2005; Kinchin, 2005; Soto, 2005; Toledo y Camero, 2005; Knippels, et. al., 2005; Saddler y Zeidler, 2005a ; Saddler y Zeidler, 2005b; Martínez e Ibáñez, 2006; Catley, 2006; Rotbain, et. al., 2006; Tsui y Treagust, 2006; Casado, 2008; Franco y Diez, 2007).

ii. Psicológicas, que consideran entre sus fundamentos teóricos, elementos de la Psicología Cognitiva. Aquí se encuentran trabajos relacionados con la forma de procesar la información, adquirir conocimientos, procesos cognitivos involucrados en el aprendizaje, entre otros. Las cuales se refieren a:

- Identificar estrategias que emplean los estudiantes al resolver problemas de Genética, específicamente sobre los procesos que utilizan en su abordaje y resolución. En ellas se refieren dificultades frecuentes por el uso de problemas del tipo causa-efecto, (Stewart, 1982; Banet y Ayuso, 1995; Ayuso y Banet, 1996; Ayuso, et. al., 1996; Porras y Puigcerverg, 1998); el desconocimiento de conceptos matemático-operatorios (Ayuso y Banet, 1996; Banet y Ayuso, 1998; Banet y Ayuso, 2000b); el uso inapropiado de la terminología específica en la resolución de los problemas (Stuart, 1990).
- Investigar la posibilidad de identificar el origen de las dificultades que con mayor frecuencia se presentan entre los estudiantes al resolver problemas de Genética, y donde están involucrados la falta de comprensión de conceptos específicos (Mertens y Polk, 1980; Tolman, 1982; Browning y Lehman, 1988).
- Interpretar las dificultades que tienen los estudiantes para comprender los procesos de división celular (mitosis y meiosis), conceptos relacionados con la Herencia Mendeliana (homocigotos, heterocigotos, dominante, recesivo, entre otros); dificultades para establecer diferencias entre el concepto de gen y otros conocimientos asociados (alelos, cromosomas y cromátidas), así como la presencia de ideas alternativas que pudieran ser obstáculos para el aprendizaje de dichos conceptos (Allen y Moll, 1982; Longden, 1982; Rodford y Bird, 1982; Stewart, 1982; Tolman, 1982; Erickson, 1983; Journet, 1986; Marek, 1986; Purser, 1987; Kindfield, 1991; Lazarowitz y Penso, 1992; Banet y Ayuso, 1995; Ayuso y Banet, 1996).
- Interpretar las posibles causas de obstáculos de aprendizaje entre los estudiantes (como por ejemplo, no diferenciar la mitosis de la meiosis; no reconocer las características de los genes, cromatina, cromátidas, cromosomas homólogos); dificultades al ubicar alelos en los cromosomas, entre otros (Lock y Miles, 1993; Ramos y Prieto, 1996; Taras, et.al., 1999; Kindfield, 1991; Pashley, 1994; Ayuso y Banet, 1996; Ayuso y Banet, 1998; Banet y Ayuso, 1998).
- Identificar concepciones alternativas que tienen los estudiantes cuando, por ejemplo, asocian la ubicación de genes y cromosomas exclusivamente a células de animales y de humanos, señalan la presencia de genes en células sexuales y no en las somáticas (Allchin, 2000; Banet y Ayuso, 2000b; Lewis, et. al, 2000^a, 2000b; Wood, et. al., 2000; Ayuso y Banet, 2002; Abril, et. al., 2002).
- Analizar las posibles causas de dificultades que tienen los estudiantes para comprender contenidos de Genética, tales como la presencia de preconcepciones del concepto de gen, por ejemplo, su significado como

partículas físicas, no diferenciar fenotipo y genotipo (Lewis y Kattmann, 2004; Alves y Caldeira, 2005).

- Describir procesos cognitivos que utilizan los estudiantes para comprender conocimientos biológicos en diferentes niveles de organización biológica de tipo macro: individuos y poblaciones; a nivel micro: célula, división mitótica y meiosis; a nivel molecular: Biología del ADN y del ARN (Pino, 2001; 2003; Chin y Chía, 2006; Rodríguez y Moreira, 2002; Chin-Chung y Chao-Ming, 2002).
- Identificar representaciones mentales del tipo de esquemas y modelos mentales que elaboran los estudiantes al solucionar problemas de Genética (Sigüenza y Francisco, 2000; Ayuso y Banet, 2002).
- Proponer modelos para analizar estructuras cognitivas en los estudiantes (Tsai y Huang, 2002; Martínez y Gil, 2003), el uso de la técnica experto-novato como procedimiento de análisis (Davson y Taylor, 2000).

iii. Epistemológicas, en las cuales se considera información referida al desarrollo del conocimiento biológico del concepto de gen, su historia. Así como de procesos de desarrollo epistemológico en los estudiantes. Investigaciones donde se plantea:

- Analizar contenidos en el currículo, libros y programas educativos sobre la incorporación de información acerca del desarrollo del conocimiento biológico, así como del desarrollo del conocimiento en los estudiantes (Mertens y Polk, 1980; Haddow, 1982; McInerney, 1989; Rodford y Bird, 1982; Slack y Stewart, 1989; Collins y Stewart, 1989; Cabrera y Melo, 2007; Carvahó y El-Hani, 2007; El-Hani, 2007; Pitombo, et. al., 2008).
- Analizar contenidos de libros y otros materiales educativos (Alomá y Malaver, 2007; Martínez, et. al., 2006); identificar en los libros significados del concepto de gen y otros conocimientos asociados que permita identificar adecuación y actualidad de la información del concepto de gen a la luz de los avances del genoma (Wray, et. al., 2001; Martínez y Gil, 2003; Figini y De Michelli, 2005; Martínez-Aznar e Ibañez, 2006; Diez y Caballero, 2004; Carvahó y El-Hani, 2007).
- Proponer formas de organizar el contenido académico en general (Lazarowitz y Penso, 1992; Banet y Ayuso, 1995) y de unidades didácticas elaboradas para atender las dificultades de los estudiantes (Pashley, 1994; Russell y Miller, 1996; Ayuso y Banet, 1998; Banet y Ayuso, 1998; O` Sullivan, 1998; Porras y Puigcerver, 1998; Turner, et. al., 1998; Venville y Treagust, 1998; Taras, et. al., 1999; Valade del Río, 1999; Alchin, 2000; Marbach y Stavi, 2000; Muddry y Andrioly, 2005).
- Analizar el desarrollo histórico y epistemológico del concepto de gen; analizar el uso de la Historia y Epistemología de la Biología en su enseñanza (Allchin, 2000; Lonsbury y Ellis, 2002; Venville, et. al., 2005).
- Proponer formas de reorganización del currículo académico en atención al desarrollo del conocimiento y a los procesos de la historia asociados. (Allchin, 2000; Marbach y Stavi, 2000, Muddry y Andrioly, 2005; Cartier y Stewart, 2000).
- Indagar acerca del significado de gen entre biólogos y profesores de Biología (Stoz, et. al., 2004; Diez, et. al., 2006; 2007). Analizar las ideas de los estudiantes sobre conceptos de Genética, Caballero-Armenta, 2008).

- Describir tendencias de investigaciones realizadas durante determinados lapsos de tiempo, que muestran el proceso de desarrollo de la investigación educativa en el campo de la enseñanza de la Biología (Bugayo-Rodríguez, 1995; Lucas, 1986; Southerland, et. al., 2001; Diez de T, 2006).
- Caracterizar la información que se presenta en artículos divulgativos sobre el concepto de gen y otros contenidos asociados (Aznar, 2000; Ayuso y Banet, 2002; Santos y Bizzo, 2005).

4.2. Síntesis sobre la revisión bibliográfica

En el período de tiempo señalado (1980-2008), las investigaciones identificadas tienen una marcada tendencia a indagar sobre las dificultades que tienen los estudiantes para comprender contenidos biológicos, donde el concepto de gen es necesario, además de investigar sobre los conocimientos e ideas alternativas que tienen los estudiantes, por ser consideradas como posibles causas de dichas dificultades. Las mismas se han llevado a cabo principalmente en el nivel de bachillerato (estudiantes entre 12 y 18 años de edad) y en educación Superior el reporte de estos estudios es menor.

En general, para los tres tipos de trabajos referidos, los estudios llevados a cabo con estudiantes universitarios de Biología y otras carreras afines, así como de la carrera de formación de docentes en Biología son menores.

De la totalidad de investigaciones sobre la enseñanza de la Biología, consideradas de tipo psicológico (51) sólo el 4% se refieren a investigaciones acerca de los procesos que siguen los estudiantes, en relación al aprendizaje de conceptos de Biología. De igual forma, en cuanto a trabajos dirigidos a la manera de organizar los contenidos curriculares en educación Superior para hacerlos potencialmente significativos, según los planteamientos sobre los principios necesarios para facilitar el aprendizaje significativo señalados por Ausubel (2002).

El 34 % de las investigaciones pedagógicas se refieren a la puesta en práctica de unidades didácticas, materiales y estrategias de enseñanza para atender las dificultades que con mayor frecuencia se presentan entre los estudiantes; sus resultados sobre el aprendizaje obtenido está generalmente referido a la aplicación de pruebas de conocimiento antes y después de llevarse a cabo la enseñanza. En cuanto a la organización y secuenciación del contenido, de acuerdo con los principios de diferenciación progresiva y reconciliación integradora planteados por Ausubel (2002), no se identificaron estudios en la revisión considerada. Sólo un 10 % de las investigaciones identificadas reportan la programación de los contenidos teniendo en cuenta los conocimientos previos que tienen los estudiantes.

El 65 % de las investigaciones identificadas reportan su efectividad para favorecer el aprendizaje de los estudiantes mediante el uso de actividades “innovadoras” tales como el uso de juegos, simulaciones, uso de las tecnologías de información y comunicación en educación (Tics), entre otras. Un 4 % de las investigaciones se refieren a identificar representaciones y esquemas que construyen los estudiantes durante el aprendizaje.

Comprender cómo las personas piensan y cómo construyen su conocimiento es una de las actuales líneas de investigación en enseñanza de las ciencias; en este sentido, los trabajos de investigación identificados sobre el proceso de conceptualización se han llevado a cabo en enseñanza de la Física, seguido de investigaciones en enseñanza de la Química y menos en enseñanza de la Biología.

En cuanto a trabajos relacionados con el desarrollo histórico y epistemológico de conceptos de Biología, los estudios plantean la necesidad de considerar en el currículum de Biología, la incorporación de contenidos acerca del desarrollo e historia del conocimiento, así como, la importancia que tiene en la enseñanza de la Biología tratar de comprender acerca del proceso de aprendizaje que ocurre en la persona, sobre la adquisición de conocimientos, específicamente sobre los procesos biológicos asociados a este concepto, sus características, el papel de los conocimientos previos y su incidencia en el aprendizaje, entre otros. Así como en cuanto al uso de estrategias apropiadas para conducir la enseñanza, y así propiciar entre los estudiantes procesos cognitivos de orden superior y que consideren el uso de situaciones donde sea necesaria su aplicación.

Entre los contenidos de enseñanza, que se recomiendan incorporar en los materiales educativos, programaciones, en los currículum y otros, se señalan aquellos que forman parte de los desarrollos actuales de la Biología como ciencia, especialmente, los avances obtenidos a partir del estudio del Genoma, sus implicaciones en la sociedad y los desafíos a los cuales se enfrenta actualmente el concepto de gen (El-Hani, et. al., 2005).

Las recientes investigaciones sobre el análisis de los contenidos de los libros de Biología, se refieren a identificar el enfoque predominante y significado sobre el concepto de gen que se presenta a los estudiantes. En ellos se presentan tendencias que muestran el predominio, en los libros de bachillerato, del significado del concepto de gen asociado al conocimiento de la Herencia Mendeliana, y como información contenida en segmentos de ADN, principalmente asociada a la síntesis de polipéptidos y del ARN, lo cual limita el significado actual de este concepto. Mientras que, en los libros recientes de educación superior se presenta información actualizada sobre el gen, a partir del estudio del Genoma Humano y de otros seres vivos, en los cuales es considerado, principalmente, como “información biológica” con implicaciones en diversos procesos y en distintas áreas de la Biología; sin embargo, sólo algunos lo presentan como conocimiento que actualmente se encuentra “en tensión”.

En función de la revisión bibliográfica realizada, se sustenta y justifica la importancia de conducir la investigación en enseñanza y aprendizaje de la Biología, desde la perspectiva del aprendizaje en los estudiantes. Su desarrollo apunta hacia la importancia de conocer acerca de las características del proceso de aprendizaje significativo crítico del concepto de gen, considerado como contenido fundamental para la Biología. De ahí que, el trabajo está dirigido a indagar sobre este proceso, considerando como grupo de estudio a estudiantes de educación Superior de la carrera de formación de profesores de Biología en la Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico de Caracas en Venezuela

CAPITULO 5
MARCO METODOLÓGICO

CAPITULO 5

MARCO METODOLÓGICO

Este capítulo describe la metodología general que sirve de marco al trabajo de la Tesis Doctoral. En el mismo se hace referencia al paradigma metodológico, tipo de investigación, hipótesis que orientan el trabajo para cada uno de los estudios, los procedimientos generales e instrumentos. Los aspectos específicos de la metodología empleada, los resultados e interpretación de los mismos para cada uno de los estudios, llevados a cabo como parte de la investigación se presentan en los siguientes capítulos de la tesis Doctoral.

5.1 introducción

El paradigma metodológico que sustenta la investigación tiene un perfil fundamentalmente interpretativo, es decir, centrado en tratar de comprender los fenómenos de tipo social a partir de la perspectiva de los actores y donde la investigadora participa directamente. Su interés se centra en la búsqueda de elementos concretos sobre el estudio de casos específicos y su atención está en la particularización y no la generalización.

En este orden de ideas, en el trabajo, se analiza críticamente la información contenida en los libros y otros materiales educativos; se considera la información procedente de la opinión expresada por los profesores acerca del concepto de gen, sus significados y su valoración, así como sobre los elementos que caracterizan la manera en que seleccionan, organizan y secuencian la información para conducir su enseñanza, ya que la misma podría ofrecer indicadores para facilitar el aprendizaje significativo crítico del concepto de gen entre los estudiantes de educación superior.

Según Martínez (2007), la investigación interpretativa está fundamentada básicamente en obtener una imagen lo más realista posible de lo que acontece en el aula. De ahí que, en el trabajo que nos ocupa, se utilizó el enfoque interpretativo para analizar los contenidos de los libros, identificar significados del concepto de gen, por parte de los profesores de educación básica y media, así como del que construyen los estudiantes de educación superior, durante el desarrollo de dos cursos consecutivos y específicos de la carrera de formación de profesores de Biología en el IPC-UPEL.

En este mismo sentido, se interpretan los hechos que ocurren durante el desarrollo de las clases en los cursos de Biología Celular y Genética General y en los espacios dedicados a la intervención didáctica con los estudiantes y profesores a lo largo de dos semestres consecutivos, lo cual permitió tomar en consideración elementos generales para la planificación y conducción de la intervención con los docentes.

Históricamente, se ha hecho una distinción entre la investigación cualitativa y la cuantitativa que se remonta al debate existente entre el positivismo y el realismo de finales del siglo XIX y cuyas diferencias, ha llevado a profundizar sobre sus particularidades en distintos momentos, a la luz de los elementos filosóficos entre el realismo e idealismo, así como entre el naturalismo versus el racionalismo o entre el relativismo versus objetivismo (Moreira, 2000c).

Para referirse a la investigación desde una perspectiva cualitativa interpretativa, algunos autores señalan que es preferible emplear el término interpretativa en lugar de investigación cualitativa, ya que permite tener una idea más amplia de su fundamento y donde el interés central de la investigación es tratar de identificar los significados que las personas atribuyen a los eventos y objetos en sus acciones e interacciones, dentro de un contexto social, con la especificación y exposición de significados por parte de quien conduce la investigación (Erickson, 1986). Este tipo de investigación esta basada en que los seres humanos crean interpretaciones significativas del ambiente físico y de los comportamientos, ya que a través de la cultura, se comparten significados aprendidos.

En síntesis, el interés esencial de esta investigación interpretativa no es llegar a **universales** mediante generalizaciones estadísticas de muestras para poblaciones, sino en la búsqueda de **concretos** a través del estudio detallado de casos específicos. Desde este punto de vista y dado que la investigación en enseñanza, tiene como espacio elemental el aula, como una micro cultura, la tarea de la investigadora es desvelar la particularidad de casos específicos. Al considerarla como una investigación interpretativa se busca analizar críticamente cada significado en cada contexto, mediante el empleo de diversos instrumentos (cuestionarios, guión de preguntas para conducir las entrevistas individuales y grupales, grabaciones en audio, elaboración de mapas conceptuales por los estudiantes) para conocer los significados acerca del concepto de gen, en diferentes momentos de su desarrollo, e indagar constantemente sobre lo que está ocurriendo y su interpretación a la luz de los referentes teóricos que fundamentan la investigación.

Según Scribano (2008) señala, entre los aspectos metodológicos que dan consistencia a este tipo de investigación están la validez, la confiabilidad o fiabilidad, los cuales generalmente son señalados como elementos débiles por parte de seguidores de metodologías de investigación positivistas. De ahí que éste autor, refiera que la **validez**, es tradicionalmente considerada como la medida en que un instrumento mide lo que se supone debe medir y se considera la **confiabilidad** como la habilidad para medir conscientemente. Esta idea acerca de la validez y de la confiabilidad está centrada en la medición, lo cual, según este autor otorga poco valor a la construcción del conocimiento, la interpretación y comprensión del objeto de estudio, que son elementos centrales de la investigación interpretativa. De ahí que, en el tipo de investigación que nos ocupa, la validez requiere ser *entendida en primer término considerando el nivel de congruencia dentro de una comunidad científica, y el nivel de correspondencia con un determinado set de condiciones sociales* (Scribano, 2008, p. 160).

Para ello, se empleen procedimientos y estrategias, tales como:

- La triangulación, que requiere considerar y revisar la información a través de múltiples procedimientos y formas de evidencia, tales como: contacto con la experiencia directa y la observación; entrevistas, el apoyo de diferentes informaciones el empleo de diversos instrumentos y documentos.
- El planteamiento de procedimientos para acceder al mundo interno de los participantes o actores.
- Describir y discutir en profundidad los instrumentos seleccionados para recoger la información (cuestionarios, entrevistas, registro en el cuaderno de notas, entre otros). De esta manera, se presentan relaciones entre los procedimientos, los resultados obtenidos, las ventajas y limitaciones de esos procedimientos.
- Validación de los conceptos, identificados o elaborados durante la investigación,
- Contrastar, mediante un re-estudio independiente, cuando esto sea posible, los hallazgos, resultados y conclusiones obtenidas a través de la observación participante.

En la investigación interpretativa, la validez y confiabilidad son atendidas durante los procesos de diseño, aplicación de la técnica de observación y durante todo el proceso de registro y análisis de la información. En este sentido, se llevaron a cabo miradas externas donde juegan un papel importante la opinión de expertos y evaluadores, la mirada interna según la opinión de los propios actores y contrastación de las interpretaciones con otros, la búsqueda de casos negativos y de los respaldos. De igual manera, es necesario expresar que, como investigación cualitativa, el papel que en ella tiene la mirada interna de la investigadora considera la coherencia con la metodología seleccionada y la interpretación a la luz del marco teórico referido.

5.2 Metodología

5.2.1. Hipótesis de trabajo.

H1. Los significados del concepto de gen que se incorporan en los libros de educación básica, media y superior en Venezuela se corresponden con los conocimientos biológicos actualmente aceptados por la ciencia (CBA), además de la presencia en ellos de elementos pedagógicos, históricos, epistemológicos para favorecer su aprendizaje significativo.

H2. Los significados del concepto de gen que se identifican entre los profesores de Biología de educación Básica y Media, del grupo de estudio, están presentes en la manera de seleccionar, organizar y conducir su enseñanza.

H3. El significado del concepto de gen fundamentado en una posición clásica de la Biología Molecular y la Genética está asociado a una visión de la enseñanza alejada del aprendizaje significativo crítico de este concepto.

H4. La praxis docente, al inicio de la IAP, se caracteriza por elementos de diversos modelos didácticos: transmisor, empirista y constructivista.

H5. La praxis docente de las profesoras, durante el desarrollo de los cursos seleccionados, se caracteriza por elementos de un modelo didáctico constructivo.

H6. La reflexión crítica, como parte relevante de la IAP entre la investigadora con las profesoras de los cursos, favorecen el desarrollo de actividades de enseñanza guiadas por los principios orientadores de la teoría de aprendizaje significativo crítico de Moreira (2005; 2006).

H7. La evolución de significados del concepto de gen, que construyen los estudiantes de educación Superior, de la carrera docente de Biología, se relaciona con la intervención didáctica construida y conducida, durante la IAP, sustentada en los principios orientadores del aprendizaje significativo crítico.

H8. La evolución de significados del concepto de gen, que construyen los estudiantes de educación Superior, se corresponden con los conocimientos biológicos aceptados actualmente (CBA).

H9. Las acciones surgidas durante la Investigación Acción Participativa con estudiantes y profesores podrían favorecer una evolución de los significados del concepto de gen en los estudiantes aproximándose a la concepción aprobada por la comunidad científica actualmente (CBA).

H10. La construcción de una propuesta de enseñanza fundamentada sobre los principios del aprendizaje significativo crítico del concepto de gen, es posible obtenerla como resultado del proceso de una Investigación Acción Participativa en el aula.

Como parte de la misma se realizaron una serie de estudios, agrupados en dos Fases.

La primera Fase contempla estudios iniciales que aportan información básica, en relación a los significados del concepto de gen que se incorporan en los materiales educativos y de los significados que al respecto tienen profesores del nivel pre- universitario.

La segunda Fase, sustentada en los fundamentos de la Investigación Acción Participativa, con profesores y estudiantes tuvo como finalidad indagar acerca de la evolución del concepto de gen entre los estudiantes y transformar la enseñanza con base a los principios facilitadores del aprendizaje significativo crítico de Moreira (2005) con miras a poder formular una propuesta didáctica que facilite el aprendizaje significativo crítico de este concepto.

5.3. Descripción de los estudios

Primera Fase. Estudios iniciales

Estudio 1: Análisis del contenido de libros de texto de Biología

El análisis del contenido de los libros de Biología, que con mayor frecuencia emplean los profesores de educación Básica y educación Media, se llevó a cabo

como una investigación de tipo interpretativa, para obtener información de primera fuente sobre significados del concepto de gen y del enfoque de la Biología que, a través de los mismos, se presenta a los estudiantes. De igual manera, el análisis de los libros de Biología de educación Superior, recomendados en los programas de los cursos seleccionados, permite identificar significados acerca del concepto de gen y otros conocimientos asociados, así como del enfoque que se presenta a los estudiantes durante el desarrollo de los cursos de la carrera docente en el IPC-UPEL de Venezuela.

Para la selección de libros se consultó a los profesores, quienes señalaron los autores y títulos que recomiendan a los estudiantes. De igual manera, se llevó a cabo una consulta en librerías de la región capital de Caracas. Esto permitió identificar aquellos libros, que con mayor frecuencia, son adquiridos por los estudiantes de educación Básica y Media. Los libros de Biología de educación Superior analizados, son los que se recomiendan como material de consulta en los programas de los cursos de BC y GG de la Universidad.

La muestra estuvo conformada por 13 libros y el análisis del contenido se llevó a cabo considerando el siguiente procedimiento:

- Identificación de la información sobre gen y otros contenidos asociados, en la totalidad de los capítulos y temas.
- Establecimiento de unidades de análisis del contenido identificado
- Establecimiento de categorías iniciales.
- Revisión y adecuación de las unidades de análisis y su agrupación en las categorías finalmente establecidas.

Adicionalmente, para realizar una interpretación en profundidad del significado del concepto de gen que se presenta en los libros seleccionados, se formularon una serie de interrogantes; a partir de los cuales se analizó la información para identificar posibles inexactitudes o errores en la misma.

Estudio 2: Significados acerca del concepto de gen entre profesores de Biología de educación Básica y educación Media en Venezuela.

Con el propósito de identificar los significados del concepto de gen, entre profesores de Biología, y sus posibles implicaciones en la manera de organizar y conducir su enseñanza, se seleccionaron, de manera intencional, 20 profesores, estudiantes de postgrado, cursantes de las Maestrías en enseñanza de la Biología y de Educación Ambiental en el IPC- UPEL. Los docentes del grupo de estudio se desempeñan como profesores de Biología en diferentes liceos y colegios de la ciudad capital. El 80% son egresados de la carrera de formación de profesores de Biología del IPC- UPEL con edades comprendidas entre los 27 y 37 años, por lo que la obtención de su título es reciente y se inician en su desarrollo profesional.

Para obtener información acerca de significados del concepto de gen, se emplearon las siguientes técnicas e instrumentos, recomendados como instrumentos en investigaciones en enseñanza y aprendizaje, considerando a Moreira y Lang Da Silveira (1993):

- Entrevistas semi-estructuradas, aplicadas de manera individual y conducidas por la investigadora.
- Cuestionarios escritos elaborados específicamente como registros de la investigación del significado del concepto de gen, y otros conocimientos asociados entre los profesores del grupo, así como de la importancia de este concepto para su vida personal y como conocimiento biológico.
- Elaboración de mapas conceptuales y otras representaciones externas (dibujos, gráficos, esquemas, entre otras).
- Registro de la información en el cuaderno de notas de la investigadora.

El contenido de los ítems se validó siguiendo el juicio de expertos en el área y en la elaboración de instrumentos y para determinar su validez y fiabilidad se utilizó el coeficiente Alfa de Cronbach.

El contenido de los ítems se validó siguiendo el juicio de expertos en el área y en la elaboración de instrumentos y para determinar la su validez y fiabilidad se utilizó el coeficiente Alfa de Cronbach.

Segunda Fase. Conceptualización del concepto de gen en los estudiantes de Biología del grupo de estudio en un proceso de Investigación Acción Participativa.

Esta fase de la investigación se refiere al desarrollo de un estudio de Investigación Acción Participativa (IAP) en el marco de dos cursos consecutivos de las asignaturas de Biología Celular (BCC1 y BCC2) y Genética General (GGC1 y GGC2). En la misma se identifican tres aspectos importantes:

1. Características del proceso de enseñanza del concepto de gen. A partir de lo que sucede en el aula en los cursos de educación superior, la investigadora logró indagar algunos de los aspectos más relevantes de la praxis docente y los elementos que caracterizan la enseñanza en cada uno de los cursos para identificar posibles “modelos didácticos” que prevalecen.

De esta manera, se pudo conocer elementos de la organización y secuenciación del contenido, en ambos cursos, siguiendo los principios orientadores de Ausubel (2002) para facilitar aprendizajes significativos y los principios orientadores de Moreira (2005) relativos al aprendizaje significativo crítico del concepto de gen. Identificar los materiales educativos que emplean los profesores y los estudiantes durante el desarrollo de las clases, así como de las estrategias de enseñanza utilizadas antes de la intervención con los docentes y aquellas que incorporan los profesores una vez decidida la intervención didáctica en ambos cursos.

Las observaciones registradas, en el cuaderno de campo de la investigadora, consideraron los momentos de inicio, desarrollo y cierre de las clases que, según el

programa respectivo, se aplica en cada uno de los cursos. El registro de las observaciones estuvieron guiadas por los aspectos y criterios considerados por Andrés (2002, p.40) para las dimensiones epistemológica y psico-didáctica que caracterizan los “modelos didácticos” identificados entre los profesores de ciencias en Venezuela

2. Construcción a partir de la IAP, de la intervención didáctica para ser aplicada durante el desarrollo de los cursos de Biología Celular y Genética General.

En la construcción y aplicación de la intervención didáctica, en la investigación en el aula, se consideraron los resultados provenientes de los estudios realizados en la primera fase y la información que surge a medida que se lleva a cabo el registro de las observaciones de lo que acontece en las aulas, ya que las mismas sirven de insumos tanto para trabajar con los estudiantes como con los profesores, en las sesiones de reflexión y análisis crítico para la planificación de acciones didácticas.

La intervención con los estudiantes, conducida por la investigadora se llevó a cabo en sesiones de trabajo adicional, en el tiempo establecido en los cursos y, se consideró como actividad fuera del aula. La intervención didáctica con las profesoras de ambos cursos se llevó a cabo en el horario administrativo de las docentes, fuera del aula. La observación participante se llevó a cabo en las clases, por lo que se considera como actividad en el aula.

3. Evolución de los significados de los estudiantes sobre el concepto de gen como resultado de la acción didáctica a lo largo de los dos cursos.

El grupo estuvo integrado por cincuenta estudiantes regulares de dos series de cursos de Biología Celular (BCC1 y BCC2) y Genética General (GGC1 y GGC2), durante los semestres académicos (2006 I / 2006 II y 2006 II/ 2007 I), con la finalidad de identificar e interpretar los significados del concepto de gen que tienen los estudiantes en los siguientes momentos:

- a. Al inicio de los cursos (significados previos).
- b. Durante el desarrollo de los cursos (evolución de significados del concepto de gen).

En consecuencia, las técnicas seleccionadas, de acuerdo con Goetz y Le Compte, (1988) fueron: la observación, entrevistas individuales y grupales con guiones de preguntas semi-estructuradas, conducidas por la investigadora de manera individual y grupal. Se utilizaron cuestionarios de papel y lápiz, además de las pruebas de conocimiento aplicadas por las docentes de cada asignatura.

5.4. Investigación Acción Participativa

Como parte del estudio llevado a cabo durante el desarrollo de los cursos de Biología Celular y Genética General, se consideraron los elementos que caracterizan a una Investigación Acción Participativa (IAP), la cual comparte la fundamentación epistémica del enfoque cualitativo.

Según Scribano (2008), este tipo de investigación es reconocida en Latinoamérica, y *“es considerada como uno de los esfuerzos teóricos y metodológicos más importantes y originales en el campo de las ciencias sociales y en particular, en educación”* (op cit. p. 181). En ella, se reconoce una nueva concepción del sujeto y una relación con el conocimiento en términos de sujeto-sujeto, donde el investigador es un catalizador de las necesidades y expectativas del grupo social.

La investigación acción participativa (IAP) busca la identificación total entre el sujeto y el objeto, donde la población o el grupo estudiado participa como agente activo, creando conocimiento e interviniendo en la propia realidad, de manera que la investigación se torna instrumento y el investigador asume un rol, que va mas allá del que tradicionalmente se le otorga, fundamentado en una identificación plena con el grupo investigado.

La IAP, tiene diferencias con la investigación acción (IA), razón que permite señalar, entre sus objetivos:

- Promover la producción colectiva del conocimiento, rompiendo el monopolio del saber y la información, para permitir la transformación.
- Permitir el análisis colectivo en el ordenamiento de la información y en la utilización que de ella puede hacerse.
- Favorecer el análisis crítico utilizando la información ordenada y clasificada a fin de determinar las raíces, causas de los problemas y las vías de solución para los mismos.
- Establecer relaciones, entre los problemas individuales y colectivos, tanto funcionales como estructurales, en la búsqueda de soluciones colectivas a problemas enfrentados.

En educación la IAP se ha convertido en una manera de crear comunidades de personas que participan y colaboran en todas las etapas de la investigación. Se refiere a una espiral introspectiva que considera planificar, actuar, observar y reflexionar para, de acuerdo con ello, tomar decisiones y, si es necesario, volver a actuar.

De acuerdo con Wadsworth (1998), este tipo de investigación, considera a todas las partes relevantes en un examen activo de la acción, donde se experimenta determinada problemática para, posteriormente, intervenirla, modificarla y mejorarla, a partir de una reflexión crítica sobre el acontecimiento y los contextos.

En la IAP, la acción es el elemento central en la que los participantes investigan, modifican y analizan dentro del proceso de investigación. Es un proceso genuinamente democrático, no coercitivo, que conduce a determinar los objetivos como producto de la propia indagación y la reflexión. Así, se pueden desarrollar habilidades relacionadas entre sí, se posibilita la atención a la inteligencia emocional, el trato con "el otro", la adaptación o la inmersión en un nuevo contexto, la inversión consciente de los roles y el aprendizaje experiencial o aplicado. Al mismo tiempo, se fomentan formas sistemáticas de reflexión y análisis de una manera integradora (Taylor, 2008).

La IAP desafía las prácticas que separan al investigador del investigado y promueve la creación de una alianza estratégica entre el investigador y las personas en estudio. Tanto el investigador como los participantes son actores en el proceso quienes influyen en el flujo, interpretan el contenido y comparten opciones para la acción.

Quienes han puesto en práctica este tipo de investigación consideran que, la participación de los actores en el desarrollo de las actividades investigativas tiene, de hecho, mayor posibilidad de conducir cambios permanentes. Idealmente este proceso colaborativo se caracteriza por que:

- Convoca a personas aisladas a juntarse alrededor de problemas y necesidades comunes.
- Valida las experiencias de las personas como la base para la comprensión y reflexión crítica.
- Presenta el conocimiento y las experiencias del investigador como información adicional, sobre la cual se puede reflexionar críticamente.
- Contextualizan lo que anteriormente se percibían como problemas "personales," individuales o debilidades.
- Vincula las experiencias personales con las realidades políticas.
- Permite vivir el conocimiento que puede traducirse en la acción.

Durante el desarrollo de ambos cursos (BCC1, BCC2 y GGC1, GGC2) se identificaron elementos de interés para la investigación, como resultado de la observación participante de la investigadora en las clases de cada docente.

La interpretación y análisis de la información registrada en las primeras sesiones de ambos cursos, considerando las actividades desarrolladas por los estudiantes, permitieron analizar en profundidad las interpretaciones iniciales, aplicar instrumentos específicos y organizar las acciones a desarrollar con los estudiantes fuera del aula, a fin de atender aspectos específicos y considerar la posibilidad de llevar a cabo, por parte de cada profesora, actividades de enseñanza que permitieran atender y subsanar los aspectos identificados.

Las sesiones de trabajo, de análisis y reflexión con estudiantes y docentes permitieron la construcción de la intervención didáctica fundamentada en los referentes teóricos: Aprendizaje Significativo de Ausubel (2002); principios para la facilitación del Aprendizaje Significativo Crítico de Moreira (2005) y la interacción de los elementos del acto educativo de Novak (1981; 1992).

La organización y secuencia de los estudios llevados a cabo en ambas fases se presenta en el cuadro 2.

Cuadro 2. Distribución de los estudios iniciales y de la IAP.

FASES	ESTUDIOS		
Primera	Iniciales	E1.	Análisis del contenido de libros de Biología de educación Básica, Media y Superior.
		E2	Significados acerca del concepto de gen entre profesores de educación Básica y educación Media.
Segunda	Investigación Acción Participante	Desarrollo de la intervención didáctica aplicada durante el desarrollo de los cursos de Biología Celular y Genética General.	
		Evolución de los significados del concepto de gen de estudiantes de educación Superior de la carrera docente de Biología.	

En los siguientes capítulos se presenta información sobre los procedimientos, instrumentos, análisis de los resultados de los estudios llevados a cabo, como parte del trabajo de Tesis Doctoral, según las fases descritas anteriormente.

La **primera** sobre el análisis del contenido de los libros de Biología, en cuanto a los significados del concepto de gen que se presentan a los estudiantes y sobre los que tienen los profesores de educación Básica y Media en Venezuela, además de los elementos didácticos que caracterizan su enseñanza. La **segunda** describe la metodología, los procedimientos de la IAP, procedimientos e instrumentos para la construcción de la intervención didáctica en los cursos seleccionados, así como los resultados de su aplicación en la evolución de los significados del concepto de gen entre estudiantes de la carrera de formación de profesores de Biología, educación Superior, en la UPEL- IPC de Venezuela.

CAPÍTULO 6

ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE LIBROS DE DE BIOLOGÍA PARA EDUCACIÓN BÁSICA, MEDIA Y SUPERIOR EN VENEZUELA

CAPITULO 6

ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE LIBROS DE BIOLOGÍA PARA EDUCACIÓN BÁSICA, MEDIA Y SUPERIOR EN VENEZUELA

El capítulo describe el estudio sobre el análisis de contenidos referidos al concepto de gen y otros conocimientos asociados, en una muestra intencional de 13 libros de Biología de los niveles de educación Básica y Media (estudiantes de 12 a 18 años) y de educación Superior, los cuales fueron señalados por los profesores como aquellos que con mayor frecuencia se emplean tanto a nivel preuniversitario como en la carrera de formación de profesores del Instituto Pedagógico de Caracas en la Universidad Pedagógica Experimental Libertador de Venezuela. A continuación se refieren el propósito, los objetivos, la metodología de análisis, así como el tratamiento de los datos y la interpretación de los resultados.

6.1. Introducción

En Venezuela, como en otras partes, los libros son los materiales que más se emplean en los procesos de enseñanza y de aprendizaje. Al respecto, investigaciones específicas muestran que generalmente los docentes de educación Básica, utilizan para preparar sus clases los mismos materiales que recomiendan a sus estudiantes (Andrés, 2002; Barboza y Diez, 1996).

A pesar de reconocerse la importancia que tiene poner a disposición de los estudiantes una variedad de materiales de diversos tipos, para facilitar el aprendizaje, es frecuente el uso del libro de texto como único recurso para la enseñanza (Martínez-García y Penalba-Martínez, 2006; Moreira, 2005; Da Silva-Carneiro, 1999; Martins, 1999; Otero, 1997; Terrazan, 1997; Barboza, et.al, 1992; Mertens y Polk, 1980).

En la selección de los libros, como materiales de apoyo para la enseñanza, los profesores deben participar activamente y de manera crítica, sin embargo, según señala Martins (1999), la mayoría de las veces las decisiones se toman sin realizar un cuidadoso análisis de sus contenidos.

La decisión de usar el libro de texto como material único o de emplear una variedad de materiales para la enseñanza tiene que ver con la concepción que se tenga de la escuela como espacio para propiciar aprendizajes entre los estudiantes. Si se considera la escuela como el espacio cuya principal finalidad es transmitir conocimientos, en la que el profesor representa “el saber oficial”, generalmente contenido en los libros, y a los estudiantes como receptores de información, es allí donde el libro de texto se convierte en el almacén del “saber”.

Por el contrario, si se considera la escuela como un ambiente para lograr aprendizajes significativos, donde los estudiantes encuentran distintas posibilidades para aprender, con recursos y estrategias variadas para facilitar la construcción del conocimiento con significado, los materiales educativos requieren también reflejar este enfoque. Bajo esta idea, los libros, los materiales complementarios, los materiales informatizados, los medios audiovisuales, entre otros recursos, deben incorporar diferentes tipos de ayudas, como ilustraciones, esquemas, gráficos y otras representaciones externas que faciliten entre los estudiantes la comprensión de contenidos científicos. El uso de organizadores avanzados, mapas de conceptos, preguntas anexas, entre otras ayudas incorporadas en los materiales educativos permiten la evocación de los conocimientos previos, conocer y comprender la información, así como analizar y reflexionar sobre el contenido y cómo se aprende.

En recientes contribuciones de investigaciones en enseñanza de las ciencias, se evidencia un incremento de los trabajos relacionados con los libros que usan los estudiantes. En dichos estudios se analizan los contenidos, se indaga sobre el papel de las representaciones externas, el enfoque que prevalece, entre otros. Este interés obedece al consenso entre los educadores e investigadores acerca del papel determinante del contenido a aprender, la importancia de organizar y secuenciar la información para hacerla “potencialmente significativa”. Así como, sobre la importancia que tiene representar la información en los libros de manera apropiada, ausente de “errores conceptuales” (Caballero-Armenta, 2008; Velasco, 2008; Alomá y Malaver, 2007; Martínez-García y Penalba-Martínez, 2006; Barragues y Guisasola, 2006).

En cuanto a la visión de la ciencia, el desarrollo epistemológico e histórico de los conocimientos, la información presentada en los libros y otros materiales educativos deberían permitir al estudiante enfrentarse a una visión de la misma coherente con el proceso de desarrollo no lineal, exacto y definitivo del conocimiento científico, para mostrarla como una actividad cultural y humana, dependiente del contexto social, económico e histórico de la época (Andrés, 2005).

El creciente interés por investigar sobre los libros utilizados para la enseñanza de las ciencias, permite conocer acerca de la información que manejan los estudiantes. Además, de ser elementos claves para identificar los contenidos curriculares que orientan la enseñanza de las diferentes asignaturas científicas (Martínez-García y Penalba-Martínez, 2006).

En cuanto al aprendizaje significativo crítico, Moreira (2005) propone, entre los principios a considerar para su facilitación, la no centralización de la enseñanza en los libros, y plantea la importancia que tiene emplear una variedad de materiales para favorecer un aprendizaje significativo crítico, como por ejemplo, el uso de documentos, artículos, informes de investigaciones, materiales audiovisuales, software y otros materiales, los cuales junto al libro pueden permitir al estudiante comprender, analizar la información, ser críticos y reflexivos.

En la educación formal, el conocimiento que construye el estudiante sobre determinado tema, está relacionado con la información que se presenta en los libros y tiene incidencia en el proceso de asimilación de los nuevos conocimientos (Pujol, 2003; Caballero-Armenta, 2008; Alomá y Malaver, 2007; Carvalho y El Hani, 2007). En este orden de ideas, Alomá y Malaver (2007) señalan la importancia de llevar a cabo estudios sobre el contenido de los libros, en los cuales se analice el tipo de información, las ayudas que incorporan para procesar la información, su validez y actualidad, entre otros criterios.

En coincidencia con los planteamientos de Pujol (2003), analizar los contenidos de los libros que se emplean en la enseñanza de las ciencias, permite identificar deficiencias, inexactitudes, imprecisiones en la información que pudieran convertirse en obstáculos para la construcción y evolución del conocimiento.

En este mismo sentido, Carvaho y El-Hani (2007) señalan la importancia de analizar el tipo de información acerca del concepto de gen y otros conocimientos asociados en los libros de Biología de educación Básica y Media (estudiantes de 12 a 18 años) por considerarla determinante en la adquisición de conocimientos, ya que, la misma pudiera ser causa de obstáculos que afecten a la comprensión de este concepto, a la luz de los significados que hoy en día se manejan sobre el concepto de gen, desde la propia Biología como ciencia.

Con el objetivo de analizar el contenido de los libros de Biología, que con mayor frecuencia utilizan profesores y estudiantes de educación Básica, Media y Superior en Venezuela, se llevó a cabo el presente estudio. En el mismo se consideró la calidad de la información, el tratamiento y los significados dados al concepto de gen, su relación con otros conocimientos, información sobre la historia y el desarrollo epistemológico de este conocimiento biológico, el enfoque de la ciencia y de la actividad científica, así como los aspectos didácticos que incorporan.

La información procedente de dicho análisis, puede ser de valor a la hora de interpretar los significados que sobre este conocimiento tienen y construyen los estudiantes de Biología de la carrera docente en el IPC- UPEL de Venezuela, por ser este tipo de material educativo uno de los componentes del hecho educativo.

6.2. Cuestión foco

Para atender al interrogante:

¿Qué características y significados sobre el concepto de gen y otros conocimientos asociados hay en los libros de Biología de educación Básica, educación Media y de educación Superior en Venezuela?

Se planteó la siguiente hipótesis de trabajo:

Los significados del concepto de gen que se incorporan en los libros de educación Básica, Media lo presentan como estructuras físicas asociadas principalmente a la herencia de caracteres, lo cual podría considerarse una fuente de obstáculos para su aprendizaje. En educación Superior, la información que se presenta acerca del concepto de gen se corresponden con los conocimientos biológicos actualmente aceptados por la ciencia (CBA), además de considerar como parte de su contenido elementos epistemológicos, pedagógicos, históricos, para favorecer su aprendizaje significativo.

Para ello se formuló el siguiente objetivo:

Analizar los contenidos acerca del concepto de gen, el enfoque de la Biología y aspectos didácticos de libros de educación Básica, Media y Superior, seleccionados.

6.3. Metodología

Para analizar el contenido, en los libros de texto de educación Básica, Media y Superior en Venezuela, se siguieron las etapas del proceso inductivo señaladas por Martínez-García y Penalba (2006):

- Identificar, en las diferentes secciones y capítulos, información sobre el concepto de gen y otros contenidos asociados.
- Establecer, a partir de las ideas, frases u oraciones identificadas, unidades de análisis.
- Establecer, a partir de las unidades de análisis, posibles categorías e indicadores, relacionados con información sobre la epistemología, los aspectos didácticos, aspectos históricos y el enfoque de la ciencia que se presenta en los libros de texto seleccionados.
- Validar las categorías iniciales, mediante la participación de expertos en el área, que permitieron decidir sobre las mismas, reagrupar y reordenar los indicadores.
- Conformar las categorías validadas y reubicar las unidades de análisis.

Las categorías e indicadores que se consideraron fueron:

Epistemológicas.

1. Presenta información sobre el desarrollo epistemológico del concepto de gen.
2. Presenta el concepto de gen como conocimiento “exacto” y “definitivo”.

3. Presenta información acerca del concepto del gen como conocimiento en evolución.
4. Manera de considerar al denominado “método científico”.

Didácticas.

5. Introduce o hace referencia a la temática de estudio.
6. Plantea situaciones que permiten introducir los nuevos conocimientos.
7. El contenido es adecuado a los programas de estudio.
8. Se consideran los conocimientos previos de los estudiantes.
9. Incorpora estrategias para ayudar a los estudiantes a superar dificultades.

Históricas.

10. Presenta elementos de la historia de la Biología relacionados con el desarrollo del conocimiento de gen y otros contenidos biológicos asociados.
11. Presenta información sobre aspectos del contexto relacionado con el conocimiento sobre el concepto de gen y otros contenidos asociados.
12. Utiliza imágenes externas (fotografías o dibujos) sobre científicos, lugares y otros aspectos asociados al concepto de gen.
13. Incorpora contribuciones de científicos al desarrollo del tema.
14. Presenta información sobre el trabajo de los científicos asociado al momento histórico.

Enfoque o visión de la Biología como ciencia.

15. Presenta el contenido relacionado con el desarrollo tecnológico e implicaciones éticas y sociales (CTS).

Adicionalmente, con fines de llevar a cabo una interpretación en profundidad del significado del concepto de gen en los textos, se formularon los siguientes interrogantes:

- ¿Cuáles son los significados del concepto de gen que se evidencian en el texto?
- ¿Qué implicaciones tienen los significados del concepto de gen que se presentan?
- ¿Existen deficiencias, imprecisiones, inexactitudes o errores conceptuales en la información sobre el concepto de gen?
- ¿Existen concepciones no formales en la información?

A continuación, el cuadro 3, refiere los criterios utilizados y la valoración dada a los aspectos antes indicados.

Cuadro 3. Escala de valoración para los aspectos epistemológicos, didácticos, históricos y enfoque de la Biología en los libros analizados.

Criterios	Valor numérico asignado	Valoración cualitativa
Información adecuada, suficiente, con detalle.	2	Alta
Hace alguna referencia pero no suficiente.	1	Media
No hace referencia o es inadecuado.	0	Baja

La muestra estuvo conformada por 13 libros que fueron seleccionados de manera intencional (ver cuadro 4), a partir de la información dada por los profesores, y su disponibilidad en las librerías de la región capital de Caracas. Para identificar los libros se consideró las iniciales de los autores, según Sanger y Grenbawe 1999 (en Barragues y Guisadola, 2006).

Los criterios utilizados para la selección de los libros de la muestra fueron:

- Títulos editados desde los años 2000 a 2006, tanto para educación básica, media como educación superior.
- Libros que con mayor frecuencia recomiendan los profesores.
- Libros de mayor venta en librerías de la Región Capital de Caracas.

Los aspectos formales de libros seleccionados se presentan en cuadro 4.

Cuadro 4. Características formales de los libros de Biología seleccionados (n=13)

N°	Símbolo (*)	Nivel educativo / grado, año	Título	Editorial	Año
1	TADO(1)	EB (9° grado)	Ciencias Biológicas Teoría y Práctica.	Colegial Bolivariana	2006
2	RA	EB (9° grado)	Ciencias Biológicas Teoría y Práctica	Triángulo	2004
3	BEP	EB (9° grado)	Ciencias Biológicas Teoría y Práctica	ENEVA	2004
4	TADO(2)	EM (2do Año)	Biología Teoría y Práctica	Colegial Bolivariana	2004
5	MS	EM (2do Año)	Biología Teoría y Práctica	Salesiana	2005
6	IY	EM (2do Año)	Biología Teoría y Práctica	Actualidad-Escolaridad	2006
7	GMSLG	ES (8° semestre – Genética)	Genética	Interamericana Mc Graw Hill	2000
8	WKMC	ES (8° semestre-Genética)	Conceptos de Genética	Prentice Hall	2000
9	W y otros	ES (8° semestre-Genética ; Biología Celular)	Biología Molecular del gen	Panamericana	2005
10	SVD	ES (7° semestre-Biología Celular)	Biología	Interamericana	2001
11	KCS	ES (8° semestre-Genética)	Conceptos de Genética	Pearson, Prentice Hall	2006
12	KG	ES (8° semestre-Biología Celular)	Biología Celular	Mc Graw Hill	2005
13	VV	ES (7° semestre – Biología Celular)	Bioquímica	Interamericana	2006

(*) Denominación de Sanger y Greenbawe, (1999) y Barragues y Guisasola, (2006).

6.4. Análisis e interpretación de los resultados

A continuación se presentan los resultados para cada una de las categorías señaladas anteriormente, de acuerdo con el nivel educativo.

6.4.1. Análisis de contenido de libros de educación Básica.

Los resultados del análisis del contenido de los libros de Biología para educación Básica se sintetizan a continuación en el cuadro 5.

Cuadro 5. Frecuencia absoluta (fa) y frecuencia relativa (fr) de los aspectos analizados en libros de educación Básica.

ASPECTOS	CRITERIO	ALTA		MEDIA		BAJA	
		fa.	fr.	fa.	fr.	fa.	fr.
Epistemológicos	1. Presenta información sobre la epistemología del concepto de gen.	0	0	0	0	3	100,0
	2. Presenta el conocimiento acerca del gen como exacto y definitivo.	0	0	1	33,3	2	66,6
	3. Presenta el concepto de gen como conocimiento en evolución	0	0	0	0	3	100
	4. Manera de considerar el denominado "método científico"	0	0	2	66,6	1	33,3
Didácticos	5. Introduce o hace referencia a la temática de estudio	0	0	1	33,3	2	66,6
	6. Plantea situaciones para introducir los nuevos conocimientos.	1	33,3	2	66,6	0	0
	7. Adecuación al programa oficial de la asignatura.	3	100	0	0	0	0
	8. Considera conocimientos previos de los estudiantes.	1	33,3	0	0	2	66,6
	9. Incorpora estrategias para superar dificultades.	0	0	1	33,3	2	66,6
Históricos	10. Presenta elementos históricos relacionados con el desarrollo del conocimiento de gen y otros asociados	0	0	2	66,6	1	33,3
	11. Presenta información sobre el contexto relacionado con el conocimiento sobre el gen y otros contenidos relacionados.	1	33,3	0	0	2	66,6
	12. Utiliza imágenes de hechos, científicos, lugares y otros aspectos asociados	1	33,3	2	66,6	0	0
	13. Incorpora contribuciones del trabajo científico al desarrollo del tema.	1	33,3	1	33,3	1	33,3
	14. Presenta información de los científicos asociado al momento histórico	0	0	3	100	0	0
Enfoque de la Biología	15. Presenta el concepto de gen relacionado con el desarrollo tecnológico e implicaciones éticas y sociales (CTS).	0	0	1	33,3	2	66,6

En cuanto a los aspectos **epistemológicos**, ninguno de los libros analizados presenta información sobre el desarrollo epistemológico del concepto de gen (1); el 66,6 % presenta información “inadecuada” del concepto de gen, al presentarlo como conocimiento “exacto o definitivo” (2), ninguno de los libros lo presenta como conocimiento en evolución (3). En cuanto a la manera de presentar el denominado, “método científico”, el 66% incluye esta información de manera insuficiente, y un 33,3% de manera inadecuada, al tratarlo como una serie rígida de pasos, lo que no se corresponde con la actividad científica (4).

Con respecto a los aspectos **didácticos** sólo un 33,3% introduce de manera insuficiente el tema, (5), un 33,3% plantea situaciones para introducir los nuevos conocimientos mediante información sobre los avances de la Biología en cuanto al estudio del Genoma (6) y la importancia de su estudio para comprender los conocimientos de la Biología actual. La información de la totalidad de los libros se corresponde con los programas de este nivel educativo en Venezuela (7).

En cuanto a considerar el conocimiento previo de los estudiantes, sólo un 33,3% emplea elementos que permiten a los estudiantes evocar, revisar y reflexionar sobre lo que conocen (8), este resultado requiere ser objeto de consideración, tanto de parte de los autores, editores, como también de los docentes de este nivel educativo, debido al relevante papel que tiene considerar los conocimientos previos para facilitar aprendizajes significativos. El 33% incorpora algunas estrategias que permiten a los estudiantes reflexionar sobre lo aprendido y superar las dificultades que se le presenten (9).

La incorporación de contenidos de la **historia**, en los libros analizados solamente un 66% hace alguna mención a elementos asociados al desarrollo del conocimiento del concepto de gen (10). El 33% presenta información del contexto relacionada con el concepto de gen (11). En cuanto al uso de imágenes y otras representaciones externas, como parte del contenido el 33,3 % lo hace de manera adecuada (12) Sólo un 33% incorpora de manera adecuada contribuciones de los científicos al desarrollo del tema (13) los cuales generalmente están referidos a Gregorio Mendel y sus trabajos sobre la herencia de caracteres. La totalidad de los libros de educación básica presentan información sobre científicos (14), sin embargo, lo hacen exaltando su papel como personajes geniales.

El enfoque de la Biología, considerado no se corresponde con el enfoque CTS, que permite asociar el conocimiento biológico con el desarrollo tecnológico y la aplicación a la sociedad. Tampoco se hace mención a las implicaciones éticas y sociales de este conocimiento.

Con la finalidad de **profundizar en la información** sobre el significado del concepto de gen en los libros de Biología para educación Básica, se consideró la manera en la cual se aborda el contenido, a lo largo del texto, y así identificar

posibles significados, implicaciones, inexactitudes y concepciones no formales que pudieran ser obstáculos para el aprendizaje en términos de Bachelard (1938).

Es así como, en cuanto al significado del concepto de gen, el 66% de los libros de educación Básica lo presenta como estructuras físicas localizadas en los cromosomas, asociados específicamente a conocimientos de la Herencia Mendeliana, por lo que no se mencionan otros significados de este concepto en los diferentes campos de la Biología. Un 33% lo relaciona con “información biológica”, específicamente al referirse a los ácidos nucleicos y su relación con la síntesis proteica y con los procesos de división celular: mitosis y meiosis.

En relación al tratamiento dado al concepto de gen, al presentar información relacionada con la célula, uno de los libros se refiere a los cromosomas como organelos celulares presentes en el núcleo, y al respecto, expresa:

Los cromosomas son estructuras nucleares organizadas, que contienen el material genético que se trasmite, de una generación a otra. Los genes resultan de la fragmentación y organización de la cromatina durante la división celular. (TAFO, p.35).

Más adelante y para referirse a los genes, el mismo libro, aún cuando no los define explícitamente señala:

Para explicar sus resultados, Mendel propuso que, en las plantas debía existir algún elemento o “factor físico” responsable de la transmisión de los caracteres hereditarios de padres a hijos, estos elementos llamados posteriormente “genes” por Johansen en 1906, mantenían su identidad sin mezclarse o contaminarse con otros genes y siempre debían encontrarse en pares en la descendencia. (TAFO, p.87).

Otro de los libros analizados presenta una definición explícita al señalar:

Los genes son las unidades de la herencia, es decir, ellos contienen la información que se hereda (RA, p.51).

Esta información genética que se transmite de padres a hijos se encuentra en los cromosomas (RA, p.37).

Este tipo de información predomina en el 66% de los libros de educación Básica, lo que evidencia una visión del concepto de gen como estructura física asociada específicamente con la Herencia de caracteres, además de referirse explícitamente a seres eucariontes, sin hacer mención a los organismos procariontes, lo cual ha sido considerado en diversas investigaciones como posible causa de obstáculos epistemológicos, según Bachelard (1938), tanto desde el punto de vista de la propia Biología como para su aprendizaje, ya que este conocimiento inicial y aprendido de “manera significativa”, pero alejada del significado de gen

“actualmente aceptado” por la ciencia (CBA) incide directamente en la comprensión del gen como “información biológica que puede ser transcrita”, según las recientes interpretaciones de su significado para los sistemas vivientes, a partir de los conocimientos sobre el Genoma.

El 33% de los libros de educación Básica analizados refiere al concepto de gen como segmentos del ADN localizados en los cromosomas y asociados exclusivamente a la síntesis proteica. Esta manera, si bien se corresponde con funciones propias de la información biológica, puede ser considerada como “inexactitudes”, cuando se hace referencia solamente a esta función. Este tratamiento tiene importantes implicaciones en la asimilación y construcción del conocimiento por parte de los estudiantes, en cursos posteriores, ya que la información que se les presenta, de manera formal y por primera vez (9no grado), no hace mención respecto a que no siempre la información contenida en el ADN es transcrita en la forma de proteínas específicas. Llama la atención que siendo éstos libros de reciente publicación no se consideren elementos de hallazgos reportados sobre los distintos tipos de genes que se plantean a partir del estudio del Genoma y de los desafíos a los cuales se enfrenta el significado del concepto de gen que ha prevalecido durante más de un siglo en la historia de la Biología, entre otros.

Aunque existe una alta correspondencia, entre la información presentada en los libros de educación Básica acerca del gen como estructura situada en los cromosomas y su papel en la Herencia, con las orientaciones del currículo para educación Básica, es necesario, considerar que los programas oficiales que orientan los contenidos de Biología en Venezuela no han sido actualizados desde 1985. Sin embargo, es importante señalar la importancia de incorporar en ellos conocimientos actuales (CBA).

6.4.2 Conclusiones del análisis del contenido de los libros de Biología de educación Básica.

A manera de síntesis, es posible señalar que el **significado del concepto de gen** que se presenta en los libros de educación Básica analizados no se corresponde, de manera adecuada, con el conocimiento biológico aceptado actualmente por la ciencia (CBA), lo cual tiene incidencia en el aprendizaje de los estudiantes de este nivel educativo, con importantes implicaciones en la conceptualización acerca del gen y otros conocimientos biológicos asociados, lo que pudiera obstaculizar la comprensión del significado actual del concepto de gen.

En cuanto a los criterios de **tipo didáctico**, en función con los principios señalados por Ausubel (2002) de considerar los conocimientos previos de los estudiantes, cuando se presentan nuevos contenidos, la mayoría de los libros analizados no ofrecen a los estudiantes recursos que les permita revisar sus conocimientos, considerar lo que conocen, de igual manera, no incorporan estrategias, recurrentes ni de transferencia de lo aprendido.

Acerca del **desarrollo histórico** del concepto de gen, como contenido de aprendizaje, la mayoría de los libros de educación básica no lo incorpora, como tampoco hacen referencia a las implicaciones tecnológicas, éticas y sociales de este conocimiento de la Biología.

Los resultados sobre el significado acerca del concepto de gen, identificado en los contenidos de los libros de educación Básica, son determinantes al tratar de indagar acerca del significado que al respecto tienen los estudiantes de educación Superior, cuando inician sus estudios en la Universidad y en el desarrollo de los cursos de la carrera de formación de docentes de Biología. Este conocimiento aprendido de manera significativa, en el que se considera al concepto de gen como unidad física y funcional asociada básicamente a la comprensión de la Herencia, son inexactitudes de su significado, que pudieran ser causa de obstáculos en la comprensión de este complejo concepto y de otros conocimientos, asociados.

En términos de Bachelard (1938), los obstáculos de aprendizaje tienen implicaciones en la asimilación, construcción y evolución del conocimiento, además de ser indicador de la necesidad de reconsiderar la información que al respecto se presenta en los libros, especialmente, la que se ofrece a los estudiantes antes de su ingreso a los cursos universitarios. Además, alerta sobre la necesidad de actualizar los contenidos en los libros que permita facilitar entre los estudiantes la comprensión del concepto de gen que hoy se maneja desde la ciencia y su papel en los diversos procesos biológicos que caracterizan a los seres vivos, como parte de su desarrollo epistemológico.

Los libros de Biología del nivel de educación Básica en Venezuela analizados para este estudio, a pesar de ser de reciente edición, presentan información poco actualizada acerca del concepto de gen y otros contenidos asociados, no hacen referencia a los aspectos epistemológicos del concepto de gen, y cuando se introduce la historia y a los científicos, su tratamiento, desde nuestro punto de vista, no es suficientemente adecuado para facilitar su comprensión.

6.4.3. Análisis del contenido de los libros de Biología para educación Media.

Para el análisis del contenido de los libros seleccionados para este nivel educativo, se emplearon los mismos aspectos y criterios señalados para los libros de Biología de educación Básica.

En relación a los aspectos **epistemológicos**, en los libros de educación Media el 33,3% presenta información adecuada sobre la epistemología del concepto de gen (1), El 33,3 % lo presenta de manera inadecuada como “conocimiento definitivo” y 66% hace alguna referencia (2), sólo un 33,3% presenta de manera adecuada al concepto de gen como conocimiento en evolución (3). En cuanto a la información sobre el llamado “método científico” un 33,3% le da un tratamiento adecuado con el trabajo de investigaciones científicas (4)

En cuanto a los **aspectos didácticos**, sólo un 33,3 % introduce de manera suficiente el tema señalando su importancia para la comprensión de gran parte de la Biología actual (5) y un 33,3% plantea situaciones, generalmente del campo de la salud, en las cuales es necesario comprender el significado del concepto de gen, como información biológica que puede transcribirse (6). La totalidad de los libros responden a los elementos orientadores señalados en los programas educativos de Biología para este nivel (7). El 33,3 % incorpora, de manera explícita, elementos que hacen referencia a conocimientos previos de los estudiantes (8), así como estrategias para revisar sus ideas, transferir lo aprendido a nuevas situaciones y superar las dificultades que se les presenten (9).

En cuanto a los **aspectos históricos**, el 33,3 % incorpora información relacionada con la historia de la Biología y sus implicaciones en el desarrollo del concepto de gen (10), y un 33,3 % incorpora información sobre el contexto (11). Un 33,3% incorpora de manera adecuada representaciones externas del tipo de fotografías sobre personajes y de técnicas empleadas en su estudio (12). La totalidad de los libros hacen referencia a contribuciones de los científicos más destacados, como por ejemplo, Watson y Crick, al presentar el modelo de la molécula del ADN, sin embargo, no se refiere el trabajo de sus antecesores ni del equipo de apoyo que hizo posible la formulación de dicho modelo (13). El 33,3% presenta información de la época asociado a hechos sobre el conocimiento de este concepto (14).

En relación al **enfoque de la Biología** que se presenta en los libros de educación Media analizados, el 66,6% señala la importancia del conocimiento de los genes por sus implicaciones en la sociedad, a través de la producción de alimentos, producción de medicamentos, entre otros, y en atención a la salud, prevención de enfermedades y aspectos curativos, asociados al avance de técnicas y procesos biotecnológicos, enfoque CTS (15).

Al igual que para el análisis del contenido de los libros de educación Básica se procedió a **profundizar en la información** sobre el significado del concepto de gen en los libros de Biología para educación Media. Para esto, se consideró el modo de tratar el contenido en el texto, y de ésta manera, identificar posibles implicaciones, inexactitudes y concepciones no formales que pudieran ser obstáculos para el aprendizaje, en términos bachelarianos.

El 33 % de los libros lo presenta como estructuras físicas situadas en los cromosomas y exclusivamente asociados a la Herencia Mendeliana; un 33,3% lo presenta como “información funcional” desde la perspectiva biológica, considerando los planteamientos de la Biología Molecular clásica, al asociarlos únicamente a la estructura del ADN, formación del ARNm y sus implicaciones en la síntesis de proteínas específicas. Escasamente se menciona el papel de los genes en otros campos de la Biología, por ejemplo, en la comprensión de la variabilidad entre organismos, la diversidad biológica entre especies, y mecanismos de

evolución, si bien, estos contenidos forman parte del currículum de Biología de educación media en Venezuela.

La información identificada acerca del concepto de gen en los libros de educación Media permite señalar la existencia de “inexactitudes”, en términos de Pujol (2003), cuando el concepto de gen es considerado fundamentalmente asociado a la síntesis proteica, sin hacer referencia a los desafíos actuales que enfrenta este significado, y que es objeto de análisis entre biólogos, epistemólogos e investigadores en enseñanza de la Biología.

Tampoco señalan la existencia de diferentes tipos de genes: intrones, exones, saltarines, represores, entre otros, que han llevado a científicos, investigadores y teóricos a revisar su significado en la búsqueda de nuevas interpretaciones y de sus funciones.

6.4.4. Conclusiones del análisis del contenido de los libros de educación Media.

Respecto a la información que se presenta en los libros de Biología para este nivel educativo, sobre su epistemología, la mayoría muestra una visión distorsionada y lineal del desarrollo del conocimiento científico, presentándolo como “definitivo y exacto”, no se hace referencia a la ciencia como búsqueda constante y replanteamiento de sus conocimientos.

El significado del concepto de gen, en los libros analizados para este nivel educativo, tiene correspondencia con el significado del mismo en el campo de la Biología Molecular clásica, es decir, alejado del significado que al respecto se le otorga desde el conocimiento de la Genómica y Post-genómica.

Incorporar en los libros de Biología, contenidos acerca del concepto de gen con un significado de actualidad, en el que se señale que la información puede o no expresarse, además de señalar que la información biológica puede estar asociada a diferentes productos e intervenir en diversos procesos biológicos, permitiría al estudiante acercarse a los significados del concepto de gen en la era Proteómica.

Los actuales significados del concepto de gen, la existencia de diferentes tipos de genes, muchos de ellos sin funciones conocidas, y los recientes trabajos que tratan de comprender los procesos de traducción y transcripción de la información en diferentes sistemas vivientes, deberían ser considerados en los libros de educación Media con la finalidad de plantear, a través de este conocimiento, una visión de la ciencia epistemológicamente distinta a la que se incorpora en la mayoría de los libros analizados. La síntesis de la información sobre el análisis de los libros de educación Media se presenta en el cuadro 6.

En la mayoría de los libros de educación Media, se presenta la información considerando al superado “Dogma Central de la Biología, que consideraba: un gen una proteína”. Por lo que El Hani, (2005b), expresa:

“...Defendemos la necesidad de incluir en la educación científica para el nivel medio un abordaje más rico, actualizado y epistemológicamente bien fundamentado de los conceptos de gen y los fenómenos que desafían las ideas típicas al respecto...”

Actualizar la información acerca del concepto de gen en los libros de Biología del nivel pre-universitario, requiere incorporar en sus contenidos elementos que muestren la evolución de sus significados, a lo largo de la Historia, así como la importancia que tiene presentarlo como conocimiento en desarrollo, alejado de posiciones dogmáticas.

Cuadro 6. Frecuencia absoluta (fa) y frecuencia relativa (fr.) de los aspectos Epistemológicos, Didácticos, Históricos y enfoque de la Biología, en los libros de Biología de educación Media (n=3).

Aspectos	Criterios	ALTA		MEDIA		BAJA	
		fa.	fr.	fa.	fr.	fa.	fr.
Epistemológicos	1. Presenta información sobre el desarrollo epistemológico del concepto de gen.	1	33,3	2	66,6	0	0
	2. Presenta el conocimiento acerca del gen como exacto y definitivo.	0	0	2	66,6	1	33,3
	3. Presenta el concepto de gen como conocimiento en evolución.	1	33,3	2	66,6	0	0
	4. Características del “método científico”.	1	33,3	2	66,6	0	0
Didácticos	5. Introduce o hace referencia a la temática de estudio.	1	33,3	2	66,6	0	0
	6. Plantea situaciones para introducir los nuevos conocimientos.	1	33,3	2	66,6	0	0
	7. Adecuación al programa oficial de la asignatura.	3	100	0	0	0	0
	8. Considera conocimientos previos de los estudiantes acerca del concepto de gen.	1	33,3	1	33,3	1	33,3
	9. Incorpora estrategias para superar dificultades	1	33,3		33,3	1	33,3
Históricos	10. Incorpora elementos de la historia relacionados con el desarrollo del conocimiento de gen y otros contenidos biológicos	1	33,3	2	66,6	0	0

	asociados						
	11. Incorpora información sobre el contexto relacionado con el conocimiento sobre el gen y otros contenidos relacionados.	1	33,3	1	33,3	1	33,3
	12. Utiliza a imágenes de hechos, científicos, lugares asociados al concepto de gen.	1	33,3	1	33,3	1	33,3
	13. Incorpora contribuciones de científicos a l desarrollo del tema.	0	0	0	0	3	100
	14. Presenta la información del trabajo de los científicos asociado al momento histórico..	1	33,3	2	66,6	0	0
Enfoque de la Biología	15. Presenta el conocimiento de gen relacionado con el desarrollo tecnológico e implicaciones éticas y sociales (CTS).	2	66,6	1	33,3	0	0

En la mayoría de los libros de educación Media, se presenta la información considerando al superado “Dogma Central de la Biología, que entiende: un gen una proteína”. Por lo que El Hani, (2005b), expresa:

“...Defendemos la necesidad de incluir en la educación científica para el nivel medio un abordaje más rico, actualizado y epistemológicamente bien fundamentado de los conceptos de gen y los fenómenos que desafían las ideas típicas al respecto...” (op cit. p 37).

Actualizar la información acerca del concepto de gen en los libros de Biología del nivel pre-universitario, requiere incorporar en sus contenidos elementos que muestren la evolución de sus significados, a lo largo de la Historia, así como la importancia que tiene presentarlo como conocimiento en desarrollo, alejado de posiciones dogmáticas.

6. 4. 5. Análisis de contenido de libros de Biología de educación Superior.

La información acerca del análisis del contenido de los libros de Biología, utilizados por los estudiantes y recomendados por los profesores de educación Superior, se sintetiza en el cuadro 7.

En cuanto a la visión **epistemológica**, el 42,85% de los libros presentan, de manera adecuada, información sobre la epistemología del concepto de gen (1), mediante el señalamiento de diferentes significados, desde partículas hasta

información biológica que puede o no expresarse. Sin embargo, en el tratamiento de este concepto, en cada una de las áreas de la Biología (Genética, Evolución, Diversidad, Biología Celular) se sigue presentando como conocimiento definitivo, lo cual es considerado un tratamiento inadecuado (85, 71 %) (2). El 71,42 % de los libros refieren alguna mención del concepto de gen como contenido en evolución (71,42%) (3). Para referir el “método científico” como contenido, se incorpora de manera adecuada información del proceso de búsqueda y construcción del conocimiento en el quehacer científico (71,42%) (4).

En los aspectos **didácticos**, a diferencia de los libros de pre-grado, la totalidad de los libros de educación Superior analizados introducen en los capítulos información acerca de la temática a estudiar (5), señalando la importancia del conocimiento del concepto de gen y otros contenidos asociados para el propio desarrollo de la Biología como ciencia, y para el estudiante se señala la importancia de su estudio en diferentes campos de esta ciencia. La mayoría (81,75%) de los libros plantean situaciones para introducir la nueva información (6). El 81,75 de los libros analizados sirven de material educativo de apoyo a los cursos de Biología Celular y Genética General (7). El 57,14 % presenta en forma adecuada y un 42,85% menciona algunos aspectos que permiten al estudiante revisar sus conocimientos previos (8). Sólo un 28,57 % incorpora, de manera adecuada, estrategias para permitir a los estudiantes superar dificultades (9).

En cuanto a los elementos **históricos**, un 57,14 % incorpora adecuadamente elementos de la historia durante el desarrollo del tema (10) y 28,57% presenta información del contexto relacionados con el conocimiento del gen y otros contenidos asociados(11). La totalidad de los libros utiliza de manera suficiente imágenes y otras representaciones externas asociadas al concepto de gen, además de presentar a través de ellas, elementos de su desarrollo histórico y epistemológico (12). Un alto porcentaje (71,42%) incorpora de manera suficiente contribuciones de los científicos al desarrollo del conocimiento de los genes (13). El 57, 14% de los libros de educación Superior, a diferencia de los libros de Básica presentan información científica relacionada con aspectos tecnológicos y sus implicaciones sociales y éticas (15).

Al igual que con los libros de educación Básica y de Media, se analizó la información con el propósito de **profundizar e identificar significados** del concepto de gen que se presentan en el contenido.

Los libros analizados incorporan diversos significados del concepto de gen, sin embargo, sólo algunos lo abordan como conocimiento científico en revisión. La mayoría presentan los significados del concepto de gen haciendo referencia a elementos de su historia, hasta referir la era Genómica sus retos y desafíos actuales. Aunque muestran alta correspondencia con los programas de los cursos de Biología Celular y Genética General de la UPEL-IPC, los mismos son libros de consulta que se recomiendan a los estudiantes universitarios.

Para analizar en profundidad los **significados del concepto de gen**, en los libros de educación Superior, se consideraron categorías de análisis propuestas en trabajos previos.

En este sentido, se utilizó la categorización planteada por Pitombo y otros, (2008), que se señala a continuación:

- Concepto Molecular clásico: Como unidad de estructura y función.
- Concepto Informacional: Como portador de información biológica.
- Genes P (Moss, 2001): Como determinante de fenotipos o diferencias fenotípicas.
- Genes D (Moss, 2001): Como información que inicia los procesos de desarrollo.
- Concepción mendeliana: Como unidad de la Herencia.
- Concepto evolutivo del gen: segmento de ADN arbitrario que compete con segmentos alelomórficos de una región del cromosoma.

Cuadro 7. Frecuencia absoluta (fa) y frecuencia relativa (fr) de los aspectos Epistemológicos, Didácticos, Históricos y enfoque de la Biología en los libros de educación Superior (n=7)

Aspectos/Elementos / Criterios		ALTA		MEDIA		BAJA	
		fa.	fr.	fa.	fr.	fa.	fr.
Epistemológicos	1. Presenta de formación sobre el desarrollo epistemológico del concepto de gen	3	42,85	4	57,14	0	0
	2. Presenta el concepto de gen como exacto o definitivo	0	0	1	14,28	6	85,71
	3. Presenta el concepto de gen como conocimiento en evolución	0	0	5	71,42	2	28,57
	4. Manera de considerar al denominado “método científico”.	5	71,42	5	28,57	0	0
Didácticos	5. Introduce o hace referencia a la temática de estudio.	7	100	0	0	0	0
	6. Plantea situaciones para introducir nuevos conceptos	6	81,75	1	14,28	0	0
	7. Correspondencia con el programa oficial de la asignatura.	6	81,75	1	14,28	0	0
	8. Considera de conocimientos previos de los estudiantes acerca del gen.	4	57,14	3	42,85	0	0
	9. Incorpora estrategias para superar dificultades	2	28,57	2	28,57	3	42,85
Históricos	10. Presenta elementos de la historia relacionados con el desarrollo del conocimiento de gen y otros contenidos biológicos asociados	4	57,14	3	42,85	0	0
	11. Presenta de información sobre aspectos del contexto relacionado sobre el conocimiento de gen y otros asociados.	2	28,57	2	28,57	3	42,85
	12. Utiliza imágenes externas de científicos, lugares y otros aspectos asociados al gen.	7	100	0	0	0	0
	13. Incorpora contribuciones de científicos al desarrollo del tema	5	71,42	2	28,57	0	0
	14. Presenta información del trabajo de los científicos al desarrollo del tema.	5	71,42	2	28,57	0	0
Enfoque de la Biología	15. Presenta el conocimiento de gen relacionado al desarrollo tecnológico e implicaciones éticas y sociales	4	57,14	3	42,85	0	0

En el cuadro 8, se presenta información literal acerca del concepto de gen en los libros analizados para educación Superior lo que muestra evidencias representativas de la diversidad de significados.

Como se evidencia en dicho cuadro, aunque el concepto de gen no se define como tal en la mayoría de los libros, los significados acerca del mismo aparecen a lo largo de los contenidos de los capítulos y no prevalece un único significado del concepto de gen, ello coincide con los resultados de trabajos previos llevados a cabo en diversos lugares (Pitombo, et. al., 2008).

Cuadro 8. Significados de gen en los libros de educación Superior (n=6)

Libro/Símbolo/ Año	Criterio/ N°	Conceptos de gen, significados asociados
GMSLG (2000)	1, 2, 3, 5, 6.	<p>“Las características de un ser vivo están determinadas por la interacción del conjunto único de sus genes con su medio ambiente singular” (p.1).</p> <p>“¿Qué es un gen? ...”es un trozo de una molécula en forma de cinta llamada ácido desoxirribonucleico (DNA)”. “ADN es el material hereditario que pasa de una generación a la siguiente, dicta las propiedades inherentes a cada especie. Cada célula de un organismo posee una o dos copias de la dotación básica de DNA (p.2).</p> <p>“Los genes son las partes funcionales del DNA y son, simplemente, tramos activos ordenados a lo largo de los cromosomas” (p.4).</p> <p>“El gen, la unidad funcional básica de la herencia, es el foco de atención de la genética moderna. En todas las líneas de investigación genética, es el que constituye el hilo unificador de una gran diversidad de estudios experimentales. Los genetistas se preocupan de la transmisión de los genes de generación en generación, de su naturaleza, de su variación y de la forma en que su acción dicta las características, de una especie determinada” (p. 27).</p> <p>“Los lugares (loci) que ocupan los genes en un cromosoma pueden cartografiarse midiendo las frecuencias de recombinantes producidas por entrecruzamiento (p. 64).</p> <p>“La Mutación es el proceso por el que los genes cambian de una forma alélica a otra. Las mutaciones en la línea germinal pueden transmitirse a la descendencia, pero las mutaciones somáticas no” (p.75).</p> <p>“Hasta ahora, hemos considerado los genes como entidades abstractas que, controlan los caracteres hereditarios. A través</p>

		del análisis puramente genético, hemos estudiado la herencia de distintos genes. Pero, ¿qué sabemos de la naturaleza física del gen? Esta pregunta intrigó a los científicos durante muchos años, hasta que se demostró que estaban compuestos de ácido desoxirribonucleico (DNA) que tiene una estructura fascinante” (p 330).
GMSLG (2000)	1,2,3,4,5,6.	¿Qué es un gen?...la unidad funcional de la herencia. En términos químicos es una cadena lineal de nucleótidos, los bloques químicos que constituyen el DNA y el RNA. Una definición más conceptual es considerarlo como una unidad de almacenamiento de información capaz de sufrir replicación, mutación y expresión. A medida que las investigaciones han progresado, se ha encontrado que el gen es un elemento genético muy complejo (p.7).
WKMC (2000)	1,2,3,4,5,6.	<p>¿Cómo se almacena la información genética en el DNA? La secuencia de nucleótidos de un fragmento de DNA que constituye un gen está presente en forma de un código genético. Este código especifica la naturaleza química (la composición de aminoácidos) de las proteínas, que son el producto final de la expresión génica. Se producen mutaciones cuando se altera la secuencia de nucleótidos (p.9).</p> <p>Hay excepciones en donde las proteínas no son el producto final de un gen. Sí, por ejemplo, los genes que codifican el RNA ribosómico (RNA r), que forma parte del ribosoma, y los del RNA transferente (RNA t), que actúan en el proceso de traducción, se transcriben pero no se traducen. Por consiguiente, a veces el RNA es el producto final de la información genética almacenada (p.9).</p> <p>En cada ser vivo hay una sustancia que se denomina el material genético. Excepto en ciertos virus, este material está compuesto del ácido nucleico DNA. Una molécula de DNA tiene muchas unidades llamadas genes, cuyos productos dirigen todas las actividades metabólicas de las células. El DNA, con su batería de genes, está organizado en cromosomas, estructuras que sirven de vehículo para la transmisión de la información genética (p.18).</p> <p>Un gen que juega un papel importante en la transición de G1 a S en el ciclo celular de células de mamíferos es el gen p53. Este gen es de gran importancia en el control del ciclo celular, debido a que, cuando el producto génico p53 funciona mal como consecuencia de mutaciones, se produce una gran variedad de cánceres en la especie humana. Por ello, la forma normal del gen se ha denominado gen supresor de tumores. Los experimentos sugieren que el gen p.53 juega un cierto papel en el «suicidio celular (apoptosis)», un proceso normal que se activa por daños graves del material</p>

WKMC (2000)	1,2,3,4,5,6.	genético. El producto génico p53 (una proteína) funciona como activador transcripcional, por lo que regula la expresión de otros genes que controlan el ciclo celular. Las mutaciones en el gen p.53 parece que suprimen este control. Por ello, las células dañadas se convierten en inmortales (cancerosas) en lugar de ser eliminadas (p.55).
KWMC (2000)	1,2,3,4,5,6.	Al referirse al capítulo de Herencia Mendeliana, se señala: “Las características se heredan bajo el control de factores discretos llamados genes, que se transmiten de generación en generación a través de los cromosomas de acuerdo con las reglas descritas por primera vez por Gregor Mendel”. En el Capítulo 25. Titulado: Evolución, señala a los genes de la siguiente manera: La evolución se produce mediante la actuación de la selección natural sobre el conjunto de genes de una población. La selección da lugar a cambios en la diversidad genética y a la capacidad para sufrir divergencia evolutiva. El proceso de especiación divide a un grupo de genes en dos o más grupos de genes separados reproductivamente. Esta división puede estar acompañada por cambios en la morfología, la fisiología y para la adaptación al ambiente.
SVD (2001)	1,2.	Gen: secuencia de nucleótidos de ADN que codifican la síntesis de una molécula específica de ARN. Índice o glosario. Gen represor se refiere a segmentos de ADN que codifican la síntesis de una sustancia represora cuya función es controlar la tasa de síntesis de las proteínas estructurales dictadas por genes estructurales asociados. (p.362). Gen estructural: en los procariontes segmentos de ADN de un operon que codifica la síntesis de un ARN o proteína que no están asociados con los reguladores. (p.362). Genes promotores: Secuencia específica de ADN que indica el sitio en el que debe comenzar la transcripción. (p.362). Transposones o genes saltarines, se denominan a los genes que... (p.363). Cada cromosoma puede tener cientos y hasta miles de genes, cada gen puede ser definido a grosso modo <i>como una secuencia definida de nucleótidos de ADN que codifica la síntesis de una molécula específica de ARN</i> . Se piensa que cada gen está integrado por unos 6 nucleosomas, una célula típica de mamífero puede contener 50.000 genes, (p.233).
KCS (2006)	1,2,3,4,5,6.	“Utilizando plantas de guisantes, Mendel develó los principios fundamentales de la transmisión genética. El trabajo de otros demostró que los genes se encuentran en los cromosomas y que las cepas mutantes se utilizan para

		<p>cartografiar genes en los cromosomas” (p.1).</p> <p>“La figura 1.15. Cromosoma X de <i>Dm</i> muestra la localización de muchos genes descifrados a partir del proyecto genoma. Los cromosomas pueden contener cientos de genes”. (p. 4).</p> <p>“Los alelos se definen como formas alternativas de un gen” (p.4). “La secuencia lineal de aminoácidos de una proteína viene dictada por la información almacenada en el ADN de un gen que se transfiere al ARN, el cual dirige la síntesis de la proteína. El ADN fabrica ARN que luego fabrica proteínas. (p.7).</p> <p>“La genómica utiliza la información de las secuencias nucleotídicas de las bases de datos para estudiar la estructura, función y evolución de los genes y de los genomas” (p.9).</p> <p>La figura 1.18 Esquema de la Dotación de cromosomas humanos, mostrando la localización de algunos genes cuyas formas mutantes dan lugar a enfermedades hereditarias. Las situaciones que se pueden diagnosticar utilizando análisis de ADN se indican en el grafico (p. 12).</p> <p>“En cada ser vivo hay una sustancia que se denomina material genético, excepto en ciertos virus, este material está compuesto por ADN, dicha molécula tiene muchas unidades llamadas genes” (p.20).</p> <p>“Todos los factores de Mendel son unidades de herencia denominados genes por los genéticos actuales” (p.47).</p> <p>“Al observar la diversidad fenotípica de los seres vivos, vemos que es lógico suponer que hay muchos mas genes que cromosomas, de hecho cada cromosoma está compuesto de un gran numero de genes dispuestos linealmente..... “El fondo común de genes, se refiere a la información que identifica y diferencia a una población de otra” (p. 374).</p> <p>“La muerte celular programada o apoptosis es un programa de desarrollo controlado genéticamente que configura y moldea los tejidos y órganos. Un ejemplo, es la formación de los dedos en las extremidades de los vertebrados. Este proceso requiere de la muerte de células interdigitales. Los genes que controlan la apoptosis son ced 3...a ced 9” (p. 697).</p>
KG (2005)	1	<p>“En términos moleculares, la mayoría del ADN contiene la información que especifica el orden de los aminoácidos en todas las proteínas que son sintetizadas por un organismo (p.407).</p>

En los capítulos analizados para cada libro de este nivel educativo, aparecen distintos significados asociados al aspecto que en ellos se trate, por ejemplo, en el capítulo de la Herencia Mendeliana, el gen es tratado como la unidad hereditaria responsable de la transmisión de caracteres en la descendencia. En la sección del contenido dedicado a la estructura y función de la molécula de ADN, se señala el concepto de gen como segmentos de la cadena del ADN que tienen la “información biológica” necesaria para conducir principalmente la síntesis de proteínas y el ARN, y otros procesos biológicos. En el tema de la Evolución biológica, se presenta al gen como concepto determinante para comprender las mutaciones y otros procesos.

6.5. Conclusiones

Aun cuando hay diferencias en la manera de considerar al concepto de gen en los libros de Biología, según los niveles educativos a los cuales corresponden, en términos generales es posible señalar que, la información que se presenta acerca del concepto de gen como conocimiento biológico, tiene una baja correspondencia con el conocimiento del concepto de gen actual. El siguiente cuadro⁹, sintetiza la información acerca del concepto de gen en la totalidad de los libros analizados y su correspondencia con el conocimiento biológico actualmente aceptado (CBA) por la comunidad de biólogos.

Cuadro 9. Correspondencia de significados de gen con CBA en los libros de Biología analizados para los tres niveles del sistema educativo venezolano (n=13).

Niveles educativos	Correspondencia del significado con el CBA					
	Total		Mediana		Baja	
	fa.	fr.	fa.	fr.	fa.	fr.
Básica	0	0	1	7,69	2	15,38
Media	0	0	1	7,69	2	15,38
Superior	2	15,38	1	7,69	4	30,76
Total	2	15,38	3	23,07	8	61,52

De la totalidad de los libros, sólo 15,38 % presenta una correspondencia total del significado del concepto de de gen con el conocimiento biológico actualmente aceptado (CBA) a partir de los recientes trabajos desarrollados para el desciframiento del Genoma y la comprensión de los procesos biológicos involucrados. Ello indica que los materiales educativos, de reciente edición, no incorporan de manera adecuada información sobre los conocimientos actuales de la Genómica y Post- genómica, a pesar de estar editados entre 2000 y 2006.

Son escasas las informaciones que se incorporan en los libros de Biología sobre los desafíos a los cuales se enfrenta actualmente este concepto, como *información biológica transcrita* asociada a la dinámica de los sistemas vivientes, a partir de los avances científicos y tecnológicos del estudio del Genoma.

En general, los libros analizados presentan información acerca de los genes como “*conocimiento*” definitivo, con escaso tratamiento epistemológico que facilite su comprensión como conocimiento en construcción. No se refiere a revisar sus significados, aunque algunos libros señalan la edición del ARN, la posibilidad de que un gen oriente la síntesis de diversas proteínas, la presencia de diferentes tipos de genes, entre otros.

La información obtenida, a partir del estudio realizado, ofrece información primaria sobre el conocimiento que adquieren los estudiantes, a partir de los libros, tanto en el Bachillerato como en educación Superior. La misma proporciona información al tratar de interpretar sobre los significados que tienen los estudiantes al inicio de los cursos universitarios, así como el que construyen a lo largo de los cursos de la carrera de formación de profesores de Biología en la Universidad.

Existen diferentes significados del concepto de gen, sin embargo, en la educación formal a través de los libros generalmente se presenta información con “inexactitudes”, ideas distorsionadas de dicho conocimiento, al considerarlo como conocimiento definitivo o acabado, lo cual presenta una visión distorsionada de la ciencia y de la manera como se construye el conocimiento científico.

La información sobre el concepto de gen, sus significados en los diversos campos de la Biología y su desarrollo histórico se presenta de manera inapropiada, lo que pudiera ser causa de las dificultades para su comprensión que se reportan en los estudios realizados.

Este tipo de investigación, aporta aspectos de interés para tener en consideración, en el momento de orientar la praxis docente, dada su importancia en la selección y uso de los materiales educativos para la enseñanza, en la organización y seguimiento de actividades de enseñanza potencialmente significativas, así como para orientar la enseñanza que permita favorecer entre los estudiantes de la carrera de formación de profesores de Biología, un aprendizaje significativo crítico, en términos de los planteamientos de Moreira (2005).

CAPITULO 7

SIGNIFICADOS DEL CONCEPTO DE GEN ENTRE PROFESORES DE EDUCACIÓN BÁSICA Y MEDIA EN VENEZUELA

CAPITULO 7

SIGNIFICADOS DEL CONCEPTO DE GEN ENTRE PROFESORES DE EDUCACION BÁSICA Y MEDIA EN VENEZUELA.

Este capítulo se refiere al estudio realizado con profesores de Biología de educación Básica y Media en Venezuela, para indagar acerca de sus significados del concepto de gen, así como sus posibles implicaciones en la planificación y enfoque de la enseñanza de dichos contenidos. Se describe la metodología, procedimientos, instrumentos y el análisis e interpretación de la información recopilada.

7.1. Introducción

Indagar acerca de los significados del concepto de gen que tienen los biólogos, docentes y diseñadores de materiales educativos, puede servir de orientación al tratar de interpretar el significado del concepto de gen que tienen y construyen los estudiantes en proceso de aprendizaje. Durante la enseñanza, el profesor requiere seleccionar, organizar y conducir la enseñanza de manera que resulte potencialmente significativa. En este orden de ideas, la presentación de la información en los materiales educativos que utiliza, el enfoque y organización del contenido (currículum); las actividades de enseñanza y la evaluación que considera para comprobar el aprendizaje, generalmente, se corresponde con el significado que tiene el docente acerca del concepto de gen. Por esto, el significado que al respecto tiene el profesor, juega un papel determinante al facilitar la construcción del aprendizaje significativo crítico entre sus estudiantes.

Así, el propósito de este estudio fue analizar los significados que tienen los profesores de Biología de educación Básica y educación Media, participantes en la investigación, acerca del concepto de gen, así como conocer acerca de la manera de organizar, secuenciar y planificar su enseñanza.

La interacción entre el profesor y los estudiantes, el papel de los materiales de enseñanza, las características del contenido y el contexto son, según Novak (1981; 1992), aspectos característicos del acto educativo. En este proceso, el papel del profesor es fundamental, pues es quien organiza y conduce la enseñanza, lo cual depende tanto del conocimiento que tiene sobre la disciplina (el qué), como de la didáctica (el cómo enseñar). El significado que tenga el profesor sobre el concepto de gen, así como sus conocimientos sobre la enseñanza y su visión acerca del aprendizaje, son determinantes para propiciar un aprendizaje significativo crítico de éste conocimiento de la Biología.

Según Andrés (2002), enseñar es una actividad compleja en la cual se identifican tres sub-actividades diferenciadas: la planificación, el acto

de enseñar propiamente dicho y la evaluación de resultados y procesos, los cuales suponen una interrelación permanente, que no debería hacerse de manera intuitiva, ya que ello implicaría trivializar la docencia.

La actividad de enseñar, con carácter profesional, requiere, en primer lugar, una formación inicial que proporcione al docente conocimientos sobre la disciplina que enseña, así como conocimientos que le permitan comprender el proceso de enseñanza y aprendizaje. Una vez incorporado en el campo de trabajo, el profesional de la docencia, reconstruye su formación inicial y participa en acciones para mejorarla permanentemente, además de la autoformación producto de la interdependencia entre los conocimientos, las acciones en el aula, las creaciones, la actualización o autoformación permanente (Andrés, 2002).

Indagar acerca de los significados del concepto de gen que tienen docentes de Biología de los niveles de educación Básica y educación Media, puede proporcionar información acerca de la conceptualización de este conocimiento entre los estudiantes. El significado que se tenga sobre el concepto de gen y la manera de planificar su enseñanza para hacer que este contenido sea potencialmente significativo, se puede interpretar, entre otros criterios, a partir de las representaciones que elaboran, de las respuestas escritas y explicaciones verbales, de las representaciones externas que elaboran y que emplean con sus estudiantes.

7.2. Cuestiones foco

Los interrogantes que orientaron el presente estudio fueron:

- ¿Qué significados del concepto de gen tienen los profesores de educación Básica y Media del grupo de estudio?
- ¿Qué elementos caracterizan la manera de organizar y planificar la enseñanza de acuerdo con el concepto de gen que han expresado?

Para lo cual se plantearon las siguientes hipótesis de trabajo

- Los significados del concepto de gen que se identifican entre los profesores de Biología de educación Básica y Media, del grupo de estudio, estarán presentes en la manera de seleccionar, organizar y conducir su enseñanza.
- El significado del concepto de gen fundamentado en una posición clásica de la Biología Molecular y la Genética estará asociado a una visión de la enseñanza alejada del aprendizaje significativo crítico de este concepto.

Los objetivos planteados fueron:

SIGNIFICADOS GEN ENTRE PROFESORES DE BÁSICA Y MEDIA

- Interpretar los significados que sobre el concepto de gen tienen los profesores de educación Básica y Media, a partir de sus expresiones orales, escritas y otras formas de representaciones externas (esquemas, dibujos, otros).
- Establecer posibles relaciones entre el significado, acerca del concepto de gen presente entre los profesores y la manera de planificar, organizar y acompañar la enseñanza de dicho contenido en sus aulas.

7.3. Metodología

El desarrollo del estudio se llevó a cabo en aulas del Instituto Pedagógico de Caracas, institución de educación superior que forma parte de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador, dedicada a la formación de docentes para educación Básica y Media en Venezuela.

A nivel de postgrado se dictan cursos de Maestría y Especialización, dirigidos a profesionales de la docencia y a otros universitarios. Entre éstos cursos, se encuentran la Maestría en Enseñanza de la Biología y la Maestría en Educación Ambiental. En ellas se ofrece a los profesionales de la docencia, profesores de Biología, licenciados en Educación mención Biología y a los licenciados en Biología o Biólogos de formación, continuar su formación profesional, a través de estudios de cuarto nivel y adquirir competencias profesionales de tipo académico e investigativo en el área de la educación.

Los participantes son estudiantes de un curso de estas Maestrías cuya composición se presenta en el cuadro 10.

Cuadro 10. Caracterización del grupo de docentes de Biología del grupo de estudio.

Formación Inicial de Pregrado	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)	Curso de Maestría que realizan	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)
Licenciado en Educación, Mención Biología	4	20	Enseñanza de la Biología.	4	20
Profesor de Biología	16	80	Enseñanza de la Biología.	12	60
			Educación Ambiental.	4	20
Total	20	100	Total	20	100

Los integrantes cursan el segundo año de Maestría y están en proceso de diseño de su proyecto de grado. El 80% son profesores de Biología graduados en la UPEL-IPC, de los cuales, la mayoría cursan Maestría en Enseñanza de la Biología y un porcentaje menor (25%) la Maestría en Educación Ambiental.

Los participantes, cuya formación inicial es la licenciatura en Educación, Mención Biología, son egresados de la Universidad Católica Andrés Bello, en la ciudad de Caracas y cursan la Maestría en Enseñanza de la Biología.

En cuanto a su práctica profesional, los participantes de este grupo de estudio tienen cuatro y cinco años desde que obtuvieron su título de profesor. En cuanto a su situación laboral, el 60% se desempeña como profesor de Biología en educación Básica y el 40% en educación Media Diversificada, administrando los programas oficiales del sistema educativo venezolano para el quinto año, en la signatura de Ciencias Biológicas.

7.3.1. Técnicas e Instrumentos.

Con la finalidad de recoger la información acerca del significado del concepto de gen y la manera cómo organizan y conducen la enseñanza se emplearon:

1. Cuestionario escrito configurado en dos partes. La primera con preguntas abiertas referidas al concepto de gen, contenidos asociados, valoración de este conocimiento e importancia como conocimiento de la Biología. La segunda parte referida a aspectos didácticos con ítems acerca del tipo de representación externa que usan y otros aspectos relacionados con la enseñanza.

2. Entrevistas individuales, conducidas por la investigadora con el uso de un guión de preguntas semiestructuradas, caracterizado por ítems comunes para todos los participantes y aspectos específicos establecidos a partir de las respuestas dadas en el cuestionario, con la finalidad de profundizar sobre significados del concepto de gen y en los aspectos didácticos. La sesión de la entrevista individual fue grabada en audio para su análisis.

7.3.2. Procedimiento.

Para el desarrollo del estudio se procedió de la siguiente manera:

1. Construcción y validación del cuestionario. La validación se llevó a cabo mediante el juicio de expertos en el área y en la elaboración de instrumentos. La consistencia interna se determinó mediante la prueba Alfa de Cronbach. (ver Anexo 2).
2. Aplicación del cuestionario por parte de la investigadora.
3. Entrevistas individuales, con la finalidad de profundizar en las respuestas acerca del significado del concepto de gen y la explicación de las representaciones gráficas elaboradas por los profesores y los mapas de conceptos (ítems 4 y 6 del cuestionario). En la parte diferencial de las mismas, la investigadora formuló preguntas que a su juicio le permitieran aclarar e interpretar en aquellos aspectos considerados necesarios.

Para identificar **significados del concepto de gen**, a partir de las respuestas de los participantes en los ítems (1 a 7) del **cuestionario escrito** y del guión de **la entrevista**, se adoptó la categorización siguiente:

1. Estructuralista, como estructura física localizada en el cromosoma (E).
2. Funcionalista, como información específica asociada fundamentalmente con la síntesis de polipéptidos y del ARN (F).
3. Informacionista, es decir, como “información biológica” asociada a diversos procesos en los sistemas vivientes (I).
4. Como secuencias en el genoma, asociadas a codificación de un conjunto coherente de productos funcionales (post genómica, P).

Dichas categorías son el resultado de trabajos previos sobre los significados del concepto de gen entre biólogos, profesores universitarios y autores de libros de Biología, en los cuales se señala la existencia de diversos significados, según el campo de la Biología en el cual se desempeñan (Stotz, et al., 2004; Diez, et. al., 2006). A la misma se agregó la categoría C (combinación de significados), para incluir las respuestas de los participantes que evidenciaron combinaciones de significados.

El procedimiento de análisis de la información, para identificar los **significados preliminares del concepto de gen**, entre los participantes del grupo de estudio se procedió de manera deductiva, según se señala:

1. Identificar, en las respuestas dadas por todos y cada uno de los participantes, el significado del concepto de gen, a partir de frases, oraciones e ideas expresadas en las respuestas, lo que permitió establecer unidades de análisis.
2. Localizar las unidades de análisis en las categorías establecidas.
3. Validar con especialistas en contenido, que permitiera contrastar la localización inicial en las categorías, hecha por la investigadora, para tomar decisiones sobre la categorización final y la identificación de los significados detectados según corresponde.

A continuación, en el cuadro 11 se presenta la estructura y aspectos (ítems) a evaluar en el cuestionario.

Cuadro 11. Aspectos a evaluar e ítems del cuestionario.

Parte del cuestionario	Aspecto a evaluar	Ítems
Primera Parte	Significado(s) del concepto de gen	1. ¿Qué significado(s) tiene(n) para usted los genes?
		2. ¿Qué son, para usted, los genes?
		3. ¿Con qué procesos biológicos asocia usted a los genes?
		4. Represente gráficamente el concepto de gen (Dibujo, esquema u otra forma de representación externa).
		5. Señale los contenidos a los cuales está asociado el concepto de gen.
		6. Elabore un mapa de conceptos acerca del gen, como conocimiento biológico.
		7. ¿Qué tipos de genes conoce?
	Valoración de este conocimiento para la vida	8. ¿Qué importancia tiene para usted conocer acerca del concepto de gen?
		9. ¿En qué situaciones o aspectos de su vida personal este conocimiento de la Biología ha sido importante?
	Importancia del concepto de gen en la Biología	10. ¿Con que áreas de la Biología relaciona el concepto de gen?
		11. ¿Con qué aspectos biotecnológicos relaciona al concepto de gen?
		12. ¿Qué implicaciones sociales tiene el conocimiento acerca de los genes?
		13. ¿Qué aspectos éticos están relacionados con el conocimiento acerca de los genes?
		14. ¿Qué aplicaciones en el área de la salud tiene el conocimiento acerca de los genes?
		15. ¿En qué nuevas áreas de la Biología, este conocimiento es determinante?
Segunda Parte	Didácticos	16. ¿Qué tipo de representación utiliza para la enseñanza del concepto de gen con sus estudiantes?
		17. ¿Qué secuencia considera usted adecuada para la enseñanza de este concepto biológico?
		18. ¿Qué tipo de estrategias considera usted más apropiada para la enseñanza del concepto de gen entre estudiantes de educación básica y media?

7.4. Resultados

7.4.1. Identificación preliminar de los significados del concepto de gen entre los participantes.

En el cuadro 12 se presenta información acerca del significado del concepto de gen, de cada uno de los participantes a partir de sus respuestas a los siguientes ítems:

Item 1. ¿Qué significados (s) tiene (n) para usted los genes?

Item 2. ¿Qué son, para usted, los genes?

Item 7. ¿Qué tipos de genes conoce?

Cuadro 12. Significados del concepto de gen, formación inicial y profesional de los participantes (n=20).

Nº	Formación Inicial	Formación de postgrado	Significados del concepto de gen	Significado
1	Profesor de Biología.	Maestría en Enseñanza de la Biología.	<ul style="list-style-type: none"> Información biológica, tanto de las características que se heredan, como para llevar a cabo diversos procesos biológicos. Se refiere a información en forma de código. Existen genes intrones y genes exones. Los exones contienen información transcrita y los intrones con información de iniciación y otras aún no conocidas. 	I
2	Profesor de Biología.	Maestría en Enseñanza de la Biología.	<ul style="list-style-type: none"> Segmentos de ADN, que en los eucariontes se ubican en cromosomas y en procariontes directamente en la molécula del ADN. Para todos los seres vivos por igual los genes son segmentos del ADN cuya función específica permite codificar polipéptidos según se indique en el ARN. Los genes P especifican caracteres fenotípicos, los genes D se refieren a procesos de desarrollo. 	E F = C
3	Profesor de Biología.	Maestría en Enseñanza de la Biología.	<ul style="list-style-type: none"> Conforman la secuencia genómica, que contienen la información transcrita (exones) y se relacionan con diversos procesos en los sistemas vivientes. Las secuencias de genes en el genoma humano, por ejemplo, permiten identificar la posibilidad de sufrir cáncer de mamas o de próstata, sin embargo, hay secuencias que aun se desconoce su función, entre las cuales se ubican la mayoría de los exones. Existen genes estructurales y genes reguladores. 	P
			<ul style="list-style-type: none"> Son las secuencias de nucleótidos del ADN que determinan qué aminoácidos van a 	

SIGNIFICADOS GEN ENTRE PROFESORES DE BÁSICA Y MEDIA

Nº	Formación Inicial	Formación de postgrado	Significados del concepto de gen	Significado
4	Profesor de Biología.	Maestría en Enseñanza de la Biología.	<i>constituir una determinada proteína, durante la síntesis proteica. Hay genes de iniciación y terminación, existen genes específicos a la secuencia del poli nucleótido.</i>	F
5	Profesor de Biología.	Maestría en Educación Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Unidad básica (física y funcional) de la herencia, conformada por la secuencia de nucleótidos del ADN. Los genes constituyen elementos ubicados en cromosomas del núcleo celular. Existen genes para caracteres dominantes y genes para caracteres recesivos.</i> 	E F = C
6	Profesor de Biología.	Maestría en Educación Ambiental.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Tiene distintas acepciones, cuyo significado inicial, basado en la idea mendeliana le da un significado de "unidad", pero en todas, la idea central, es información Biológica.</i> • <i><u>Unidad funcional</u>: fragmento de ADN que contiene toda la información necesaria para la síntesis de polipéptidos.</i> • <i><u>Unidad de herencia o de recombinación</u>, es decir que se puede heredar y cuya información se transmite de padres a hijos</i> • <i><u>Unidad básica de mutación</u>: que puede mutar.</i> • <i>A la luz de los conocimientos actuales, se les considera <u>secuencias genómicas</u> de información y más específicamente transcrita. En términos moleculares: ...como fragmentos de ADN que se transcriben en un ARN funcional.</i> • <i>Los diferentes tipos de genes se corresponden a si son genes estructurales, o si son genes reguladores.</i> 	E F I = C
7	Profesor de Biología	Maestría en Educación Ambiental.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Información biológica, en las secuencias de nucleótidos de la molécula del ADN, y por consiguiente del Genoma, con información que se va a transcribir para llevar a cabo diversos procesos en los sistemas vivientes, algunos sin expresión conocida.</i> • <i>Ejemplos de funciones: la herencia de caracteres hereditarios, la síntesis de polipéptidos, la diferenciación celular, el desarrollo embrionario, y así.... Hay genes que determinan caracteres fenotípicos, hay genes para procesos de desarrollo.</i> 	I P = C
			<ul style="list-style-type: none"> • <i>Segmentos de diferentes tamaños del ADN (dependiendo del número de nucleótidos o complejidad) y que se transcribe para</i> 	

SIGNIFICADOS GEN ENTRE PROFESORES DE BÁSICA Y MEDIA

N°	Formación Inicial	Formación de postgrado	Significados del concepto de gen	Significado
8	Profesor de Biología.	Maestría en Educación Ambiental.	<i>formar ARN mensajero, que permite enviar la señal necesaria para la síntesis de polipéptidos. Esta información determina que se lleven a cabo diferentes funciones o procesos biológicos, además de la transmisión hereditaria de los caracteres. Existen genes estructurales y genes reguladores.</i>	E F = C
9	Profesor de Biología.	Maestría en Educación Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Son conceptos teóricos, no estructuras físicas, como se consideró al inicio de su formulación. De allí que para entender lo que son los genes es necesario que pensemos en información, en este caso en información biológica, que como cualquier sistema de información está compuesto por señales, códigos, etc. Cada unidad de información es un gen. De allí que existan diferentes tipos de genes, por ejemplo: estructurales, represores, funcionales, etc.</i> 	I P = C
10	Profesor de Biología.	Maestría en Enseñanza de la Biología.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Gen significa el código específico para sintetizar determinada proteína. Son segmentos de ADN que señalan qué aminoácidos formarán la secuencia de la proteína que se debe sintetizar. Los que tienen la información se llaman exones, los genes que inician o no tienen sentido y señalan el final del mensaje son los intrones. Hay genes saltarines como en el maíz, por ejemplo.</i> 	F
11	Profesor de Biología	Maestría en Enseñanza de la Biología.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>No hay una definición única que satisfaga para todos los campos de la Biología. Por ejemplo, en Genética es unidad de recombinación, o unidad de la herencia. En Evolución determina por ejemplo las mutaciones. Para la Genómica son secuencias específicas de diferentes funciones en los sistemas vivientes.</i> • <i>Se refiere a información biológica con diferentes posibilidades de expresión, hay secuencias aún desconocidas. Hay genes intrones y exones.</i> 	P
12	Profesor de Biología.	Maestría en Enseñanza de la Biología.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Unidad funcional, formada secuencia de nucleótidos. Es el código que permite llevar a cabo la síntesis proteica. Por eso, existen genes estructurales y genes reguladores.</i> 	F
13	Profesor de Biología.	Maestría en Enseñanza de la Biología.	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Como concepto ha evolucionado en el tiempo y ha traspasado el campo de la Biología. Partiendo de los “factores” de Mendel hasta llegar a la información contenida en el genoma. ... “es una unidad de información que determina la expresión</i> 	P

SIGNIFICADOS GEN ENTRE PROFESORES DE BÁSICA Y MEDIA

N°	Formación Inicial	Formación de postgrado	Significados del concepto de gen	Significado
			<i>de un carácter, la síntesis de proteínas, la especialización celular, etc. existen genes sin sentido hasta ahora, lo cual, es objeto de estudio para la Genómica. Los tipos en general son intrones y exones.</i>	
14	Profesor de Biología.	Maestría en Enseñanza de la Biología.	<ul style="list-style-type: none"> “...estructuras situadas en los cromosomas de seres eucariontes. Mientras que en los procariontes a lo largo del ADN en forma de diferentes segmentos del ADN”. Los genes P y los genes D ... 	E
15	Profesor de Biología.	Maestría en Enseñanza de la Biología.	<ul style="list-style-type: none"> Segmentos de nucleótidos situados en los cromosomas y cuya expresión permite formar el ARN y por consiguiente, la síntesis de polipéptidos específicos y del ARN. Son los responsables de sintetizar las proteínas que se requieren en la célula. Existen genes sin sentido, mientras que los que tienen información a transcribirse son los exones. 	E F = C
16	Profesor de Biología	Maestría en Enseñanza de la Biología.	<ul style="list-style-type: none"> “...información biológica a nivel celular que determina la presencia de características, estructuras, funciones biológicas que pueden o no expresarse...” Los genes intrones y los genes exones. 	I
17	Licenciado en Educación Mención Biología.	Maestría en Enseñanza de la Biología.	<ul style="list-style-type: none"> Unidad estructural y funcional asociada a la transmisión de los caracteres hereditarios de padres a hijos. El gen constituye además, el reservorio de información genética de las especies y que se encuentra asociado a diversos cambios que se dan no sólo a nivel individual sino poblacional. Hay genes reguladores, genes represores, genes estructurales, genes chatarra, etc. 	E F I = C
18	Licenciado en Biología.	Maestría en Enseñanza de la Biología.	<ul style="list-style-type: none"> Secuencia de nucleótidos del ADN que señala los aminoácidos que formarán una determinada proteína Los genes de iniciación, regulación, terminación, etc. 	F
19	Licenciado en Biología	Maestría en Enseñanza de la Biología.	<ul style="list-style-type: none"> Información biológica contenida en el ADN para llevar a cabo diferentes procesos biológicos, desde aquellos elementales a nivel de las células como de organismos y en las poblaciones. Los genes intrones y los genes exones. 	I
20	Licenciado en Biología.	Maestría en Enseñanza de la Biología.	<ul style="list-style-type: none"> Secuencia Genómica con información necesaria para llevar a cabo diversos procesos. Existen secuencias específicas (exones) y genes intrones. Además existen genes cuyo papel se desconoce aún. 	P

I: Informacionista. E: Estructuralista. F: Funcionalista. P: Postgenómica. C: Combinación de significados.

SIGNIFICADOS GEN ENTRE PROFESORES DE BÁSICA Y MEDIA

A continuación, en el cuadro 13 se sintetiza la información acerca del significado del concepto de gen, para la totalidad de los participantes del grupo de estudio.

Cuadro 13. Frecuencia absoluta (fa) y frecuencia relativa (fr) de significados del concepto de gen entre los participantes (n=20)

Significados	Frecuencia absoluta (f a)	Frecuencia relativa f r (%)
Informacionista (I)	3	15
Estructuralista (E)	1	5
Funcionalista (F)	4	20
Post-genómica (P)	4	20
IP=C	2	10
EF=C	4	20
E-F-I=C	2	10
Total Combinatorio	8	40

I: Informacionista. E: Estructuralista. F: Funcionalista. P: Postgenómica. C: Combinación de significados.

Como se evidencia a partir del cuadro anterior, existen diversos significados del concepto de gen entre los participantes del estudio, El 40 % refieren una combinación de significados del concepto de gen, lo cual, se corresponde con resultados obtenidos en estudios previos (Stotz, et. al., 2004). El 15% expresa tener un significado predominantemente informacionista; un 20% tienen un significado de gen exclusivamente de tipo funcionalista; un 20% tienen una visión que se corresponde con los recientes conocimientos de la Biología, a partir de los estudios del Genoma. Un 5 % muestran un significado de gen de tipo estructuralista.

Los resultados del estudio coinciden con los encontrados en investigación anterior llevada a cabo por la investigadora con una muestra de 21 profesionales en Biología y de profesores de educación Superior, en Venezuela, en cuanto a la diversidad de significados que manifiestan los sujetos de dicho estudio y la presencia de una combinación de significados (Diez, et. al., 2006).

7.4.2. Información acerca de procesos y contenidos biológicos asociados al concepto de gen

Con el propósito de indagar acerca de los procesos biológicos que consideran estar asociados al concepto de gen, se analizaron las respuestas dadas por los participantes al ítem número 3 del cuestionario y del guión de preguntas durante la entrevista.

Item 3. ¿Con qué procesos biológicos asocia usted a los genes?

La información relacionada con éste ítem se presenta en el cuadro 14.

Cuadro 14. Procesos biológicos con los cuales los participantes, asocian al concepto de gen (n=20).

Procesos biológicos asociados al concepto de gen	Frecuencia	
	fa	fr (%)
Síntesis de proteínas	15	75
Herencia de caracteres	10	50
Desarrollo embrionario	3	15
Mutaciones	4	20
Evolución	3	15
Recombinación	2	10
Formación del ARN	8	40
Diferenciación celular	2	10

Las respuestas de los participantes señalan una variedad de procesos biológicos con los cuales relacionan el concepto de gen. La mayoría lo asocia con la síntesis proteica (75%) y un 50% a la Herencia de caracteres, lo cual, permite señalar que se mantiene una visión del concepto de gen asociado al campo de la Biología Molecular y la Genética. Un 40% señala el concepto de gen asociado a la formación del ARN.

En menor frecuencia, los profesores de Biología de educación Básica y Media, asocian el concepto de gen con otros procesos, tales como: mutaciones (20%), diferenciación celular (10%), recombinación genética (10%), proceso de evolución biológica (15%) y desarrollo embrionario (15%).

En cuanto a los **contenidos** de Biología asociados al concepto de gen, se consideraron las respuestas al ítem 5, relacionado con *los contenidos a los cuales está asociado el concepto de gen*, así como *la información representada en los esquemas gráficos y mapas de conceptos* de los ítems 4 y 6.

A continuación, en el cuadro 15 se presentan los contenidos biológicos que los participantes del estudio consideran estar asociados al concepto de gen.

SIGNIFICADOS GEN ENTRE PROFESORES DE BÁSICA Y MEDIA

Cuadro 15. Frecuencia absoluta (fa) y frecuencia relativa (fr) de los contenidos biológicos asociados al concepto de gen, según los participantes del estudio (ítems 4, 5 y 6) (n=20).

CONTENIDOS	Frecuencia	
	fa.	fr. (%)
Ácidos nucleicos (ADN y ARN), constitución y estructura.	18	90
Proteínas, constitución y estructura.	14	70
Aminoácidos.	13	65
Código Genético.	13	65
Duplicación del ADN.	12	60
Transcripción del ADN y formación del ARN.	12	60
Cromosomas localización en la célula, estructura y tipos.	12	60
Reproducción celular (Mitosis y Meiosis).	10	50
Células somáticas y sexuales.	10	50
Enfermedades genéticas.	3	15
Genoma.	3	15
Genes Intrones y genes Exones; genes P y genes D.	2	10
Biotecnología.	2	10
Proteómica.	1	5
Implicaciones éticas.	1	5

La mayoría de los participantes (90 %) relacionaron el concepto de gen con el conocimiento de los ácidos nucleicos (ADN y ARN); el 70% señaló contenidos relacionados con las proteínas. Un 65% hizo referencia a conocimientos sobre los aminoácidos y al código genético; el 60% señaló el gen asociado a los procesos de duplicación y transcripción de la información contenida en el ADN. Un 60% refiere que el concepto de gen está asociado al conocimiento sobre los cromosomas en seres eucariontes, su estructura y tipos de cromosomas, Estas respuestas, al igual que lo señalado con los procesos biológicos asociados al concepto de gen, evidencian que predominan entre los participantes, significados que se pueden relacionar con conocimientos del campo de la Biología Celular y Molecular.

El 50% de los participantes refirió, como conocimiento asociado a los genes, los procesos de mitosis y meiosis, información sobre células somáticas y sexuales. Solamente entre el 10% y 15 % hizo referencia a enfermedades genéticas, al Genoma y Proteoma, tipos de genes y procesos biotecnológicos e implicaciones éticas. Lo cual evidencia una débil relación de dicho conocimiento con contenidos actuales de la Biología, aunque los docentes del grupo de estudio, son jóvenes profesionales de reciente graduación y que cursan estudios de cuarto nivel.

En la información acerca de contenidos de Biología, a partir de las representaciones graficas, el 75% de los participantes señalaron, en los esquemas y dibujos, la estructura del ADN, la conformación del ARNm, y la síntesis de proteínas. Ello evidencia que, a pesar de expresar verbalmente que consideran a los genes como “información biológica” relacionada con diversas funciones y procesos biológicos, la mayoría lo representa (en los dibujos) como estructuras físicas asociadas con la

síntesis proteica. El 25% incorpora información sobre diferentes tipos de genes; la compactación del ADN en cromosomas, entre otros.

7.4.3. Valoración del conocimiento acerca del concepto de gen.

A partir de las respuestas de los participantes a los ítems 8 y 9, se interpreta la valoración que los mismos dan al concepto de gen para comprender situaciones de su vida personal y familiar.

Item 8. ¿Qué importancia tiene para usted conocer acerca del concepto de gen?

Item 9. ¿En qué situaciones o aspectos de su vida personal este conocimiento de la Biología ha sido importante?

Los participantes señalaron que el conocimiento acerca del concepto de gen les ha permitido:

- Entender la herencia de ciertos caracteres, entre los miembros de su familia, (80%).
- Conocer sobre enfermedades genéticas en su ámbito familiar (20%).
- Valorar aplicaciones biotecnológicas en la producción de alimentos (15%).
- Comprender las aplicaciones biotecnológicas en el diagnóstico y tratamiento de algunos tipos de cáncer, la producción de insulina, y otras, específicamente en el campo de la medicina (10%).
- Comprender sobre mecanismos de regulación y especialización de células, órganos y tejidos durante el desarrollo embrionario (10%).
- Ser crítico y reflexivo ante las implicaciones éticas y sociales de hechos como la clonación, el trasplante de órganos (5%).

7.4.4. Importancia del concepto de gen en Biología.

Las respuestas dadas por los participantes a los ítems relacionados con estos aspectos se presentan a continuación:

- **Item 10.** ¿Con que áreas de la Biología relaciona el concepto de gen?.
El 80% señaló el concepto de gen con la Genética, la Biología Celular y Molecular. 15 % señaló la Botánica, la Zoología y 5% indicó el campo de la Evolución biológica.
- **Item 11.** ¿Con qué aspectos biotecnológicos relaciona al concepto de gen?
Un 65% señaló, el concepto de gen como determinante en la terapia de genes, la clonación de seres vivos, la producción de alimentos y de fármacos. Un 25 % señaló las técnicas de supresión de genes de enfermedades genéticas. Un 10 % señaló el uso de los genes para identificar parentesco y en pruebas policiales.

- **Item 12.** ¿Qué implicaciones sociales tiene el conocimiento acerca de los genes? Un 80 % señaló mejoras en la producción de alimentos. 20% hizo referencia al campo de la salud.
- **Item 13.** ¿Qué aspectos éticos están relacionados con el conocimiento acerca de los genes? El uso de células humanas con fines económicos (70%). La clonación de seres vivos (10%). El uso de embriones humanos con fines experimentales (10%). Posibilidades de una mayor discriminación social (5%). Otras (5%).
- **Item 14.** ¿Qué aplicaciones en el área de la salud tiene el conocimiento acerca de los genes? En cuanto a las aplicaciones en la salud el 65% indicó el estudio del cáncer. Un 35% en investigaciones para la prevención de enfermedades.
- **Item 15.** ¿En qué nuevas áreas de la Biología, este conocimiento es determinante? Terapia Génica (65%); Genómica (20%); Bioinformática (10%); Proteómica (5%).

A partir de las respuestas de los participantes a los ítems referidos a indagar sobre la importancia que ellos consideran tiene el concepto de gen para la Biología, es posible interpretar que, los docentes de educación Básica y Media que participaron en el estudio lo consideran un conocimiento clave para la comprensión de los procesos y fenómenos de diversos campos de esta ciencia, así como su valor en áreas relacionadas con la salud y la biotecnología.

7. 4. 5. Análisis de la información sobre los aspectos didácticos.

A continuación se presenta información de las respuestas dadas a los ítems relacionados con los aspectos didácticos.

- **Ítem 16.** ¿Qué tipo de representación utiliza para la enseñanza del concepto de gen con sus estudiantes?

En cuanto al **tipo de representaciones** que utilizan en la enseñanza de este concepto, el 98% señaló utilizar ilustraciones, esquemas y dibujos, con la finalidad de focalizar la atención de sus estudiantes, para explicar (70%), describir procesos relacionados con el concepto de gen (67%) y 2% señaló emplear metáforas y analogías con fines de enseñanza.

- **Ítem 17.** ¿Qué secuencia considera usted adecuada para la enseñanza de este concepto biológico?

Para referirse a la **secuenciación del contenido** del concepto de gen para su enseñanza, el 80% señaló que introducen el concepto de gen partiendo de su definición, siguiendo un proceso explicativo de lo particular a lo general, de tal manera que presentan los contenidos como temas particulares, dentro de las unidades del programa en las cuales se organizan.

Lo cual permite inferir que se deja, en manos del estudiante la responsabilidad de establecer relaciones a partir de conceptos más simples a un conocimiento de mayor complejidad. Estos resultados se corresponden con los obtenidos en estudios previos llevados a cabo con biólogos y profesores de Biología de educación Superior en la UPEL- IPC y otras universidades en Venezuela (Diez, et al., 2007).

- **Item 18.** ¿Qué tipo de estrategias considera usted más apropiada para la enseñanza del concepto de gen entre estudiantes de educación básica y media?

En cuanto al **tipo de estrategias** apropiadas para la enseñanza del concepto de gen con estudiantes de educación Básica y Media, un 75% señaló emplear fundamentalmente la exposición del contenido por los docentes, con el apoyo de representaciones, tipo de esquemas, dibujos y diseños sobre cruces, de acuerdo a lo indicado en los programas oficiales. Sólo el 25% indicó emplear juegos, simulaciones, mapas de conceptos, diversos materiales para el análisis y procesamiento de la información donde se requiere el conocimiento del concepto de gen, así como del análisis de investigaciones que contienen aspectos donde se considera el enfoque Ciencia Tecnología y Sociedad (CTS).

7.4. 6. Información procedente de aspectos específicos durante la entrevista.

Los aspectos considerados en las entrevistas individuales fueron:

- Significados acerca del concepto de gen (en las representaciones gráficas).
- Elementos de los aspectos didácticos que, en opinión de la investigadora, requieren mayor explicación de las respuestas dadas al cuestionario.
- Consideraciones acerca de los principios facilitadores del aprendizaje significativo crítico según Moreira (2005).

Los resultados se presentan a continuación.

1. Significados del concepto de gen a partir de las representaciones gráficas.

Al solicitarles explicación sobre el contenido en dichas representaciones, el 85 % de los participantes señaló: la presencia de las bandas del ADN cuyos segmentos específicos son los genes, su relación con la conformación del ARN mensajero y la síntesis de proteínas específicas. A continuación, la Fig. 5, elaborada por uno de los participantes, evidencia este tipo de representación y cuyo contenido fue señalado por la mayoría de los participantes.

Solo un 15% indicó la presencia de diferentes tipos de genes (intrones y exones), así como, la posibilidad de que diversos genes participen en la síntesis de determinada proteína, o la presencia de genes con otras funciones tales como información de activación, de regulación y de genes con funciones desconocidas hasta

ahora. La figura 6 elaborada por uno de los participantes, es una muestra de la información acerca de los genes, representada por el menor número de los participantes.

A partir de las representaciones externas elaboradas por la mayoría de los participantes y de las explicaciones aportadas durante la entrevista, el 85% se refieren a los genes como estructuras físicas localizadas en las bandas de la molécula del ADN, cuya función básicamente está asociada a la síntesis proteica. Además de asociarlo a conocimientos como: cromatina, cromátidas nucleosomas, compactación en cromosomas.

Este significado estructuralista y funcionalista, es considerado por investigadores y epistemólogos como obstáculos para comprender el significado de los genes como “información biológica” que puede o no ser transcrita y que tiene implicaciones en diferentes procesos y productos en los sistemas celulares.

Las representaciones externas elaboradas por el 15% de los participantes permiten identificar significados sobre el concepto de gen de mayor actualidad, además de señalar tipos de genes y diversos procesos a los cuales están asociados. A continuación, las figuras 5 y 6, seleccionadas como representaciones tipo fueron consideradas por la autora, junto con las explicaciones aportadas durante la entrevista, como aquellas que muestran respectivamente significados del concepto de gen como unidades funcionales y como información biológica.

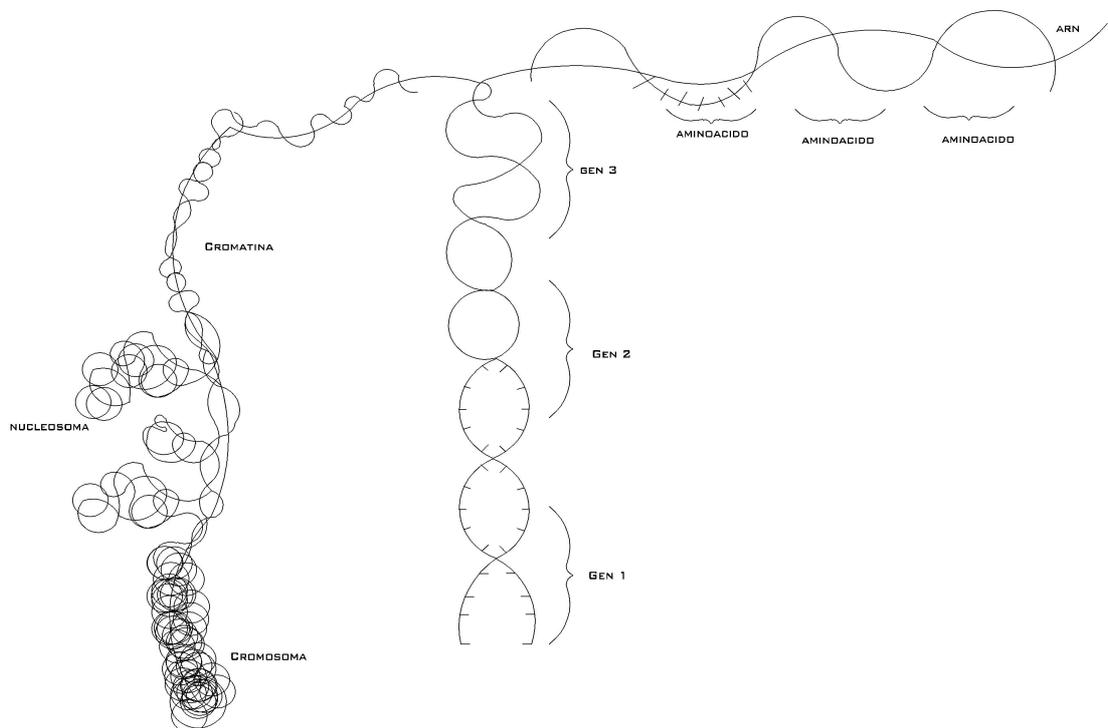


Figura 5. Representación gráfica del significado del concepto de gen como estructura cuyo sustrato es el ADN y cuya función es la síntesis de proteínas determinada.

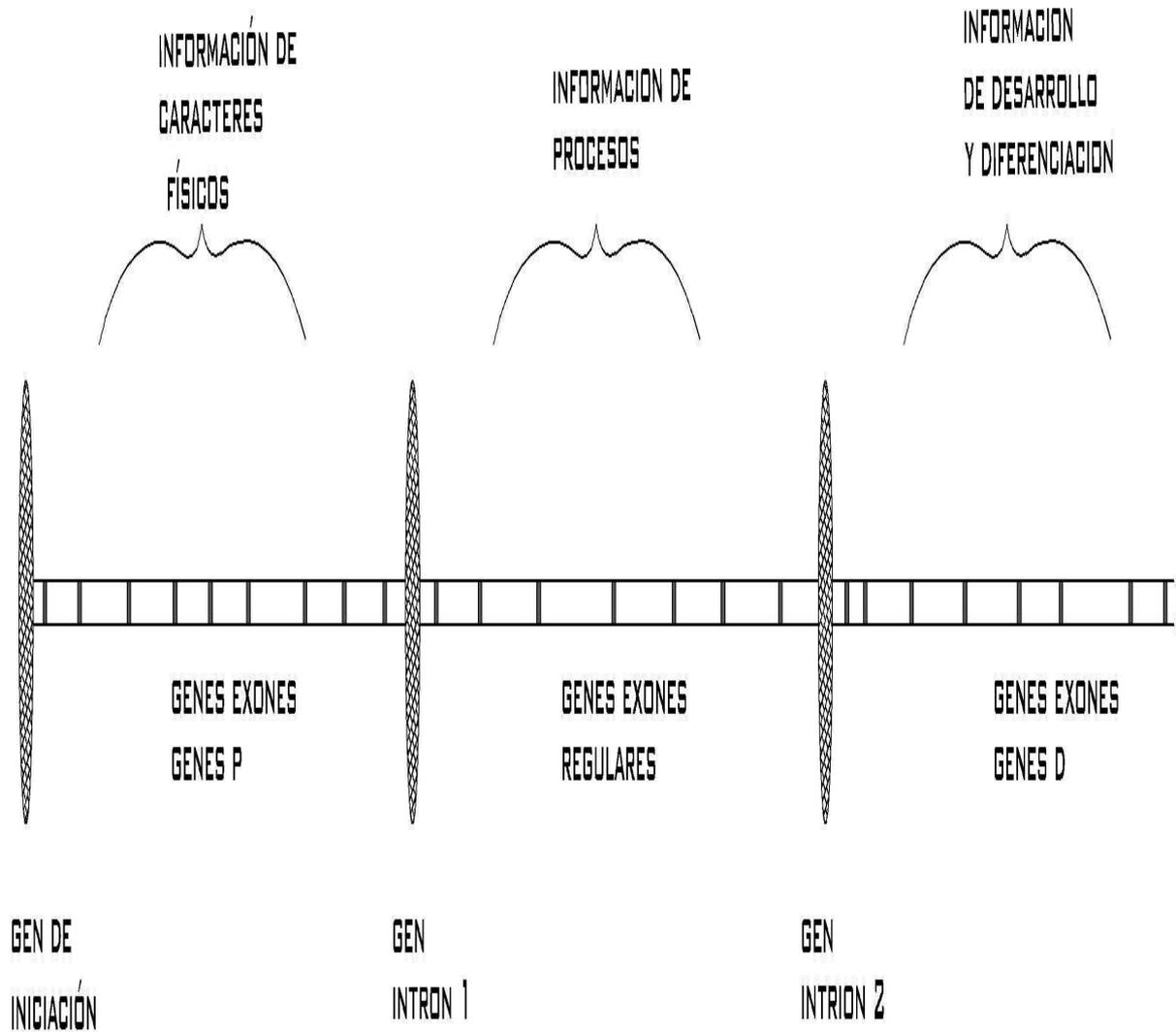


Figura 6. Representación gráfica del significado del concepto de gen como información Biológica con diferentes expresiones.

2. Significados del concepto de gen a partir de la información de los mapas de conceptos.

El contenido de los mapas de conceptos, elaborados por los participantes, fue explicitado durante la entrevista; la información se registró en audio para su análisis por la investigadora. En el procesamiento de la información se siguió el mismo

SIGNIFICADOS GEN ENTRE PROFESORES DE BÁSICA Y MEDIA

procedimiento que en el análisis de significados del concepto de gen en los ítems respectivos del cuestionario. De esta manera, se establecieron unidades de análisis y su identificación en las categorías establecidas (Estructuralista, Funcionalista, Informacionista, Postgenómica y Combinatorio).

Los resultados se sintetizan en el cuadro 16, en el cual se aprecian diferencias entre los significados expresados en los mapas conceptuales con respecto a los resultados del significado del concepto de gen expresado en las respuestas a los ítems 1, 2 y 7 del cuestionario. En relación a los mapas de conceptos se aprecia un incremento de la categoría Combinatorio.

Cuadro 16. Síntesis de significados del concepto de gen a partir de las respuestas de los participantes durante la entrevista (n=20).

Significados de gen	Mapas de conceptos		Respuestas a ítems del cuestionario	
	*f(a)	**fr.(%)	*f(a)	**fr. (%)
Informacionista (I)	3	15	3	15
Estructuralistas (E)	1	5	1	5
Funcionalistas (F)	1	5	4	20
Post-genómica (P)	1	5	4	20
Combinatorio (C)	14	70	8	40
TOTAL	20	100	20	100

I: Informacionista. E: Estructuralista. F: Funcionalista. P: Postgenómica. C: Combinación de significados.

* fa: frecuencia absoluta.

** fr: frecuencia relativa.

A partir de la información del cuadro anterior, es posible identificar diferencias en las respuestas acerca del significado del concepto de gen en el cuestionario y la información expresada al explicar el mapa de conceptos por cada participante, con una tendencia en este último a emplear una combinación de significados para referirse al concepto de gen.

3. Interpretación en profundidad de aspectos didácticos.

Las respuestas dadas sobre los aspectos didácticos, durante la entrevista permiten señalar que el modelo didáctico que predomina entre los participantes del estudio, se refiere a un “modelo transmisor de información” (Andrés, 2002), lo cual es determinante en la manera de planificar, organizar y seguir la enseñanza de este contenido. De ahí que, no se evidencie la organización explícita y deliberada de una enseñanza potencialmente significativa, en función de principios de diferenciación progresiva y reconciliación integradora de Ausubel (2002) y los señalados por Moreira (2005) por sus implicaciones para facilitar en los estudiantes la asimilación de la nueva información y el aprendizaje significativo crítico de los contenidos.

SIGNIFICADOS GEN ENTRE PROFESORES DE BÁSICA Y MEDIA

4. Principios orientadores para facilitar el aprendizaje significativo crítico del concepto de gen.

Para profundizar acerca de la presencia de los principios señalados por Moreira (2005, 2006) como orientadores para la facilitación de un aprendizaje significativo crítico, por parte de los participantes del grupo de estudio, durante la entrevista se procedió de la siguiente forma:

- Sesión de análisis de la información acerca de los principios facilitadores señalados por Moreira (2005).
- Discusión de los contenidos y aportaciones señalados por los participantes en los cuales consideran poner en práctica dichos principios en diferentes momentos de sus clases.

La información al respecto se sintetiza en el cuadro 17.

Cuadro 17. Frecuencia relativa (fr.) sobre la presencia de los principios orientadores en la facilitación del aprendizaje significativo crítico del concepto de gen (n=20).

Principios orientadores	Evidencias de respuesta tipo			
	fr	Presencia	fr	Ausencia
1 Enseñar/ Aprender a través de preguntas en lugar de respuestas (principio de la interacción social y el cuestionamiento)	75%	<i>En las clases se trabaja en pequeños grupos de análisis y discusión de la información de los libros y de otros materiales. Los estudiantes leen la información y, a partir de ellas, discuten acerca de los contenidos y formulan preguntas</i>	25%	<i>En las clases, en pequeños grupos de análisis y discusión se procesa la información de los libros y de otros materiales. Los estudiantes leen la información y, a partir de ellas, discuten acerca de los contenidos y formulan preguntas</i>
2 Aprender a partir de distintos materiales educativos.	60%	<i>Los estudiantes utilizan además del libro, lecturas de diversas fuentes, uso de páginas Web. en las que se emplean juegos, simulaciones, informes de investigaciones recientes sobre el genoma.</i>	40%	<i>La mayoría de los estudiantes usan el libro recomendado. En el liceo no hay Internet por lo que no puedo usar simulaciones electrónicas y documentos diferentes al de los libros.</i>
3 Aprender a que somos perceptores y representadores del mundo (Principio del aprendiz como perceptor / representador).	25%	<i>Como estrategia para el inicio de los contenidos se solicita la elaboración de mapas de conceptos que les permita evocar conocimientos previos acerca de la estructura celular y los contenidos asociados a sus componentes y funciones. Durante el desarrollo de la</i>	75%	<i>Los estudiantes atienden la presentación del contenido acerca del proceso de división celular: mitosis y de la formación de gametos (meiosis). Los estudiantes responden preguntas sobre las fases de la Mitosis y de la Meiosis a partir de las guías de laboratorio</i>

SIGNIFICADOS GEN ENTRE PROFESORES DE BÁSICA Y MEDIA

Principios orientadores	Evidencias de respuesta tipo			
	fr	Presencia	fr	Ausencia
		<i>clase los estudiantes analizan información acerca de la división celular y elaboran dibujos acerca de las fases de la mitosis y meiosis.</i>		
4 Aprender que el lenguaje está totalmente involucrado en todos los intentos humanos de percibir la realidad (Principio del conocimiento como lenguaje)	60%	<i>El aprendizaje del lenguaje propio de la biología es determinante para entender lo que ocurre en los cruces: gametos, meiosis, células diploides, haploides, Primera generación filial, homocigotos, heterocigotos. Los estudiantes comparten lo que entienden acerca de los términos y símbolos necesarios al resolver ejercicios de genética.</i>	40%	<i>Al expresar sus conocimientos sobre la síntesis proteica, los estudiantes deben emplear con propiedad los conceptos involucrados.</i>
5 Aprender que el significado está en las personas. No en las palabras (Principio de la conciencia semántica).	60%	<i>Al solicitar a los estudiantes que expresen lo que entendieron de la lectura sobre los experimentos de Mendel, y el significado de gen; contrastan dicho significado con el de los genes, a partir de avances del Genoma, elaboran mapas de conceptos y tienen la posibilidad de indicar diferencias y semejanzas.</i>	40%	<i>Mediante la evaluación de las respuestas dadas en las pruebas de conocimiento.</i>
6 Aprender que se aprende corrigiendo los errores (Principio del aprendizaje por el error).	25%	<i>En cada una de las sesiones de evaluación, por ejemplo después del laboratorio, los estudiantes revisan los resultados de sus informes y se discute por que obtuvieron determinadas calificaciones, así ellos pueden llegar a comprender sus errores y se trata de responder de manera que los mismos no estén presentes</i>	75%	<i>Generalmente se usan pruebas escritas para comprobar el aprendizaje. La calificación de las respuestas tiene que ver con respuestas correctas e incorrectas a las preguntas.</i>
7 Aprender a desaprender, a no usar los conceptos y las estrategias irrelevantes	40%	<i>Una vez aprendidos los procedimientos básicos para resolver ejercicios de los cruces, los estudiantes</i>	60%	<i>Indicaron no tener la posibilidad de dar ejemplos de este principio.</i>

SIGNIFICADOS GEN ENTRE PROFESORES DE BÁSICA Y MEDIA

Principios orientadores	Evidencias de respuesta tipo			
	fr	Presencia	fr	Ausencia
para la sobrevivencia (principio del des-aprendizaje).		<i>son capaces de ir directamente a la solución, sin describir los detalles que inicialmente aplicaban para resolverlos.</i>		
8 Aprender que las preguntas son instrumentos de percepción y que las definiciones y las metáforas son instrumentos para pensar (Principio de la incertidumbre del conocimiento).	20%	<i>Para facilitar la comprensión del papel de los genes en diversos procesos biológicos, se plantean situaciones que permiten a los estudiantes elaborar interrogantes explicar la presencia de definiciones, entre otros.</i>	80%	<i>No indicaron ejemplos de este principio</i>
9 Aprender a partir de diferentes estrategias de enseñanza (principio de no utilizar exclusivamente la pizarra)	75%	<i>En las clases se trabaja con: juegos de diferentes tipos, la mayoría elaborados por el grupo de profesores del liceo. Elaboramos mapas conceptuales al final de cada tema para que los estudiantes comprueben lo que aprendieron. Usamos mapas, esquemas, y otras estrategias de enseñanza. El trabajo en el laboratorio es parte importante, por ello, no hay división entre teoría y práctica.</i>	25%	<i>Las clases son estructuradas en teoría y sesiones practicas en el laboratorio, tal y como lo señala el currículo.</i>

Los participantes del grupo de estudio señalaron elementos acerca de la manera de conducir sus clases, considerando los principios orientadores propuestos por Moreira (2005) para facilitar aprendizajes significativos críticos entre los estudiantes. En este sentido, es posible señalar que los principios que, con mayor frecuencia son referidos por los participantes, se refieren a:

- **Enseñar/ Aprender a través de preguntas en lugar de respuestas** (principio de la interacción social y el cuestionamiento). El 80% señala el trabajo en equipo como elemento que evidencia la importancia que otorgan a la interacción social y el cuestionamiento, sin embargo, como se evidencia a partir de sus respuestas, no refieren la formulación de preguntas como parte de este principio.

- **Aprender a partir de distintos materiales educativos.** El 60% indica utilizar en sus clases variados materiales educativos, con la finalidad de facilitar el aprendizaje entre sus estudiantes.
- **Aprender que el lenguaje está totalmente involucrado en todos los intentos humanos de percibir la realidad** (Principio del conocimiento como lenguaje). El 60% señala la importancia que tiene en el aprendizaje el conocimiento del lenguaje propio de la ciencia, en la comprensión de los contenidos.
- **Aprender que el significado está en las personas.** (principio de la conciencia semántica). El 60% de los participantes informó que plantea el uso de actividades en el aula donde los estudiantes requieren pensar sobre lo que han aprendido y sobre el significado de los contenidos que aprende.
- **Aprender a partir de diferentes estrategias de enseñanza.** El 75% de los docentes señalan el empleo de otros recursos, distintos al uso de la pizarra, para facilitar entre sus estudiantes el análisis de la información, establecer relaciones entre los contenidos, aplicación de los conocimientos.

Los principios facilitadores que, en menor grado, son referidos por los participantes o que señalan no entender cómo poner en práctica se refieren a:

- **Aprender a que somos perceptores y representantes del mundo** (principio del aprendiz como perceptor / representante).
- **Aprender a partir del error.**
- **Aprender a desaprender, a no usar los conceptos y estrategias irrelevantes para la sobrevivencia** (principio del des-aprendizaje).
- **Aprender que las preguntas son instrumentos de percepción y que las definiciones y metáforas son instrumentos para pensar** (Principio de la incertidumbre del conocimiento).

Todo lo dicho, pone en evidencia la necesidad de considerar el análisis de estos principios orientadores en la actividad de los docentes.

7.5. Conclusiones y recomendaciones

En función de los interrogantes formulados para este estudio, los procedimientos y técnicas empleadas permitieron identificar significados del concepto de gen entre los participantes, profesores de Biología de educación Básica y Media en Venezuela, así como de los elementos didácticos que utilizan para organizar y planificar la enseñanza del concepto de gen.

Fue posible, a partir de los diferentes instrumentos y momentos de la investigación, identificar una diversidad de significados del concepto de gen, lo cual, se corresponde con los resultados de estudios previos (Stoz et al., 2004; Díez et al., 2006) ante lo cual El-Hani, et. al., (2005) plantean que esto obedece a que, en Biología, coexisten diversos significados para este conocimiento biológico.

En cuanto a la hipótesis de trabajo: *Los significados del concepto de gen que se identifican entre los profesores de Biología de educación Básica y Media, del grupo de estudio, estarán presentes en la manera de seleccionar, organizar y conducir su enseñanza*, los resultados permiten interpretar que la organización y secuencia del contenido, la selección de materiales de enseñanza y las estrategias empleadas por los participantes responden a la variedad de significados identificados, sin embargo, no fue posible encontrar correspondencias específicas hacia alguno en particular.

En atención a la Hipótesis: *El significado del concepto de gen fundamentado en una posición clásica de la Biología Molecular y la Genética estará asociada a una visión de la enseñanza alejada del aprendizaje significativo crítico de este concepto*, los resultados permiten señalar que, entre los participantes, no se evidencian elementos hacia la facilitación de un aprendizaje significativo crítico del concepto de gen, aunque se identificaron significados Informacionista, Post genómicos y Combinatorios.

Los participantes no refieren, como parte del contenido de enseñanza, la importancia de considerar información sobre el desarrollo epistemológico y la historia del concepto de gen, como tampoco hacen referencia a los desafíos a los cuales se enfrentan hoy en día los significados clásicos del concepto de gen como estructuras físicas (estructuralistas) y con funciones específicas (funcionalistas).

La Genética y la Biología Molecular y Celular son consideradas áreas de la Biología en las que este concepto es determinante y es menor la referencia que hacen a otras áreas del conocimiento de la Biología. En cuanto a la importancia que los docentes dan a tener conocimientos acerca del concepto de gen por sus implicaciones en la vida diaria, señalan que les permite comprender sus aplicaciones en la salud, producción de alimentos y de fármacos primordialmente, así como en la determinación de parentescos, en la explicación de transmisión de caracteres hereditarios de padres a hijos, entre otros. Este tipo de información indica la importancia que los participantes asignan a este conocimiento y a su enseñanza.

En relación a la manera de proceder en la organización del contenido a enseñar, la mayoría de los participantes organizan la enseñanza del concepto de gen mediante procesos poco integrativos, lo cual no se corresponde con los principios de diferenciación progresiva y reconciliación integradora señalados por Ausubel (2002) como procesos implicados en el aprendizaje significativo y que Moreira (2005) refiere por su importancia en la facilitación de la enseñanza.

A partir de los resultados del estudio, es posible señalar que, no se evidencian elementos de enseñanza concordantes con los requerimientos señalados para conducir aprendizajes significativos en términos de Ausubel (2002) y del aprendizaje

significativo crítico de Moreira (2005), lo cual, permite recomendar una revisión sobre la manera en que los profesores de Básica y Media organizan los contenidos de sus cursos y especialmente aquellos que, como los del presente estudio han sido formados en la carrera de formación de profesores de Biología en la UPEL- IPC.

En este sentido, se plantea el argumento señalado por Moreira (2005), en cuanto a re-pensar la enseñanza, de manera que, se promueva en los estudiantes aprendizajes significativos críticos, y así expresa:

“...mi argumento es que el foco debería estar en el aprendizaje significativo subversivo o crítico [...] que permitirá al sujeto formar parte de su cultura y al mismo tiempo estar fuera de ella, manejar la información críticamente....” (Moreira, 2005, p. 40).

En cuanto a la enseñanza de la Biología, los resultados de la investigación, aportan indicadores y elementos de reflexión sobre la repercusión que pueden tener los significados del concepto de gen de los docentes, por sus posibles implicaciones en la manera de seleccionar los materiales, utilizar estrategias de enseñanza y organizar actividades de aprendizaje que sean potencialmente significativas para sus estudiantes.

CAPÍTULO 8

CONSTRUCCIÓN DE LA INTERVENCIÓN DIDÁCTICA, A PARTIR DE LA IAP EN LOS CURSOS DE BIOLOGÍA CELULAR Y GENÉTICA GENERAL

CAPITULO 8

CONSTRUCCIÓN DE LA INTERVENCIÓN DIDÁCTICA, A PARTIR DE LA IAP EN LOS CURSOS DE BIOLOGÍA CELULAR Y GENÉTICA GENERAL

En este capítulo se describen aspectos de la Investigación Acción Participativa (IAP) que permitió el desarrollo constructivo de la intervención didáctica desarrollada durante el proceso de investigación con docentes y estudiantes, dirigido a favorecer el aprendizaje significativo crítico del concepto de gen y contenidos asociados. La investigación se llevó a cabo en aulas de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL) en el Instituto Pedagógico de Caracas (IPC), en Venezuela. Se presenta una síntesis descriptiva del Departamento de Biología y Química, como contexto particular de la investigación, así como de las etapas que permitieron la construcción de la intervención, a través de un proceso de observación participante, el análisis reflexivo crítico, la discusión con los profesores y su puesta en acción durante el desarrollo de dos cursos consecutivos.

8.1. Introducción

Considerando a Leal (2004; 2009), la producción de conocimientos sobre la realidad social latinoamericana, en sus diversas facetas, tiene en la Investigación Acción Participativa (IAP) un recurso conceptual y metodológico que contribuye, de un modo muy especial, al acervo investigativo en la región.

Uno de los rasgos que se destacan permanentemente del enfoque de la Investigación Acción Participativa es, sin duda, la apreciación de estar ante un proceso en construcción. Por tanto, un proceso abierto a los cuestionamientos y las aportaciones provenientes de diversos ámbitos: académicos, sociales o políticos. Ninguno de sus componentes: la concientización, la praxis, la relación sujeto-objeto de la investigación y la participación, escapan del debate epistemológico. Igual sucede con elementos vinculados a su práctica, a los aspectos técnicos, metodológicos y sus diversas formas de aplicarlos. Esta última dimensión contribuye a percibir la IAP, como una aportación a la construcción de conocimiento social y una herramienta para su transformación (Leal, 2009).

Sobre estos elementos, la IAP favoreció el proceso de construcción de la intervención didáctica con profesores y estudiantes, lo cual es una de las fortalezas de este tipo de investigación, de manera que las decisiones fueron resultado del registro de las observaciones, el análisis y reflexión de la información, establecimiento en conjunto (actores) actividades y sus aplicaciones para de nuevo volver a analizar de manera crítica y reflexiva el aprendizaje significativo crítico del concepto de gen por su importancia en la comprensión de otros conocimientos biológicos.

El desarrollo de la propuesta de intervención didáctica con estudiantes y profesores de los cursos seleccionados requirió considerar la interacción de los elementos del hecho educativo, (Novak, 1992): contenido, estudiantes, profesor, evaluación en el contexto específico del aula, en un proceso en el que se comparten significados y emociones. En la siguiente figura se representan dichos elementos, y se señala al aprendizaje como la combinación y nueva integración de significados, en los cuales están presentes acciones y emociones.

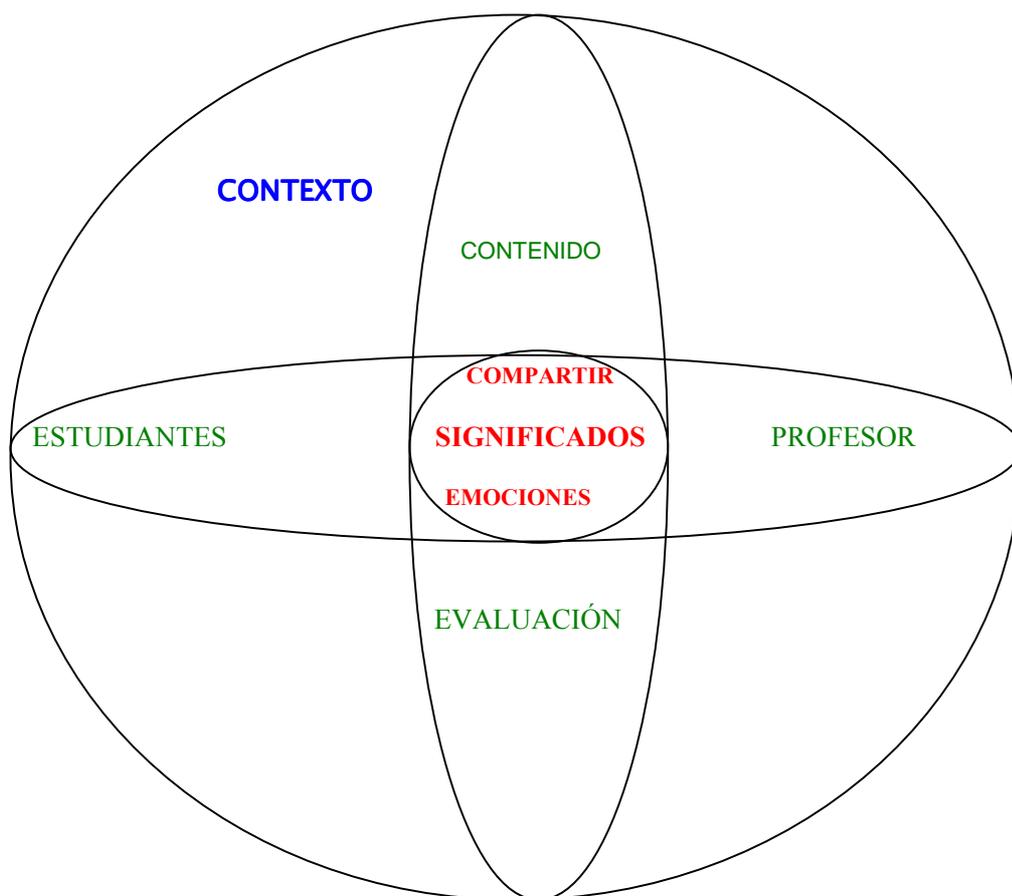


Figura. 7. Compartir dignificados y el papel de las emociones como aspecto central del evento educativo y sus interacciones, según Novak. Tomado de Novak (1992, p.2).

8.2. Cuestión Foco

En la construcción progresiva de la intervención didáctica, en el marco de la IAP, durante el desarrollo de los dos cursos consecutivos de Biología Celular y Genética General consideró el siguiente interrogante:

- *¿Qué aspectos se requieren considerar para planificar una enseñanza potencialmente significativa que facilite el aprendizaje significativo crítico del*

concepto de gen y otros conocimientos asociados, entre los estudiantes de los cursos de Biología Celular y Genética General?

Las hipótesis de trabajo planteadas se señalan a continuación:

- La reflexión crítica, como parte relevante de la Investigación Acción Participativa, entre la investigadora y profesoras de ambos cursos, favorecen el desarrollo de actividades de enseñanza planificadas y guiadas sobre los principios orientadores de la teoría de aprendizaje significativo crítico de Moreira (2005; 2006).
- Las acciones de enseñanza surgidas durante la Investigación Acción Participativa con estudiantes y profesores podrían favorecer una evolución de los significados del concepto de gen en los estudiantes aproximándose a la concepción aprobada actualmente por la comunidad científica (CBA).
- La construcción de una propuesta de enseñanza fundamentada en los principios del aprendizaje significativo crítico del concepto de gen, es posible obtenerla como resultado del proceso de una Investigación Acción Participativa en el aula.

8.3. Contexto Institucional de la investigación: Universidad Pedagógica Experimental Libertador

La Ley Orgánica de Educación (LOE) de la República Bolivariana de Venezuela, promulgada y publicada el 25 de agosto de 2009 en gaceta oficial número 5029. Extraordinaria, en su Capítulo III. El Sistema Educativo, artículo 25, al referir su organización expresa: *El subsistema de educación Universitaria comprende los subsistemas de formación de pregrado y postgrado universitarios.*

En el artículo 32 señala:

La educación universitaria profundiza el proceso de formación integral y permanente ciudadanos críticos y ciudadanas críticas, reflexivas o reflexivas, sensibles y comprometidas o comprometidas, social y éticamente con el desarrollo del país, iniciados en los niveles educativos precedentes. Tiene como función la creación, difusión, socialización, producción, apropiación y conservación del conocimiento en la sociedad, así como el estímulo de la creación intelectual y cultural en todas sus formas. Su finalidad es formar profesionales, investigadores o investigadoras de la más alta calidad y auspiciar su permanente actualización y mejoramiento, con el propósito de establecer sólidos fundamentos, que, en lo humanístico, científico y tecnológico, sean soporte para el progreso autónomo, independiente y soberano del país en todas las áreas.

La educación universitaria estará a cargo de de instituciones integradas en un subsistema universitario, de acuerdo con lo que establezca la ley

especial correspondiente, y en concordancia con otras leyes especiales para la educación universitaria... (LOE, 2009).

En el Capítulo IV. Formación y Carrera Docente, en cuanto a la Formación Docente, en el Artículo 37, se señala:

Es función indeclinable del Estado la formulación, regulación, seguimiento y control de gestión de las políticas de formación docente a través del órgano con competencia en materia de Educación Universitaria, en atención al perfil requerido para los niveles y modalidades del sistema educativo y en correspondencia con las políticas, planes, programas y proyectos educativos emanados del órgano con competencia en materia de educación básica, en el marco del desarrollo humano, endógeno y soberano del país. La formación de los docentes del Sistema Educativo se regirá por la ley especial que al efecto se dicte y deberá contemplar la creación de una instancia que coordine con las instancias de educación universitaria lo relativo a sus programas de formación de docentes.

Como parte de las universidades nacionales, la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL), se encarga de la formación profesional de los docentes. Es una institución pública de cobertura nacional, que integra nueve Institutos Pedagógicos, distribuidos por todo el territorio venezolano, de manera que los mismos son análogos a Facultades de una Universidad. Esta Universidad, a través del ejercicio innovador, pertinente, eficaz y eficiente lleva a cabo sus funciones de docencia, investigación y extensión.

La Universidad Pedagógica Experimental Libertador, se describe como:

Una Universidad para pensar, conocer y hacer la educación; un centro de aprendizaje permanente, con visión prospectiva y pensamiento crítico, que asume su responsabilidad intelectual de manera autónoma con rigor científico y un espacio abierto a la comunidad para la búsqueda de soluciones y respuestas a sus necesidades y posibilidades (UPEL, 1996).

En su fundamentación se señala que tiene como propósitos: profesionalizar, perfeccionar, capacitar y actualizar ciudadanos para desempeñarse en el ámbito educativo. Se contempla, además, entre sus acciones ofrecer información actualizada y pertinente para formar a los futuros docentes mediante la adquisición de conocimientos que les permita conducir las transformaciones que se requieran en el país. Además de las habilidades necesarias para participar activamente en la educación de las comunidades, participar en el fomento de valores culturales, científicos y humanísticos indispensables para la vida en comunidad.

Como universidad pedagógica, otorga a la pedagogía un lugar privilegiado para el reencuentro con la ética, la estética y sus fundamentos, además de generar espacios que permitan a las personas lograr aprecio por la cultura, el deporte y la recreación como formas esenciales de su realización plena; integrando la Docencia, la Investigación y la Extensión en el quehacer universitario. La UPEL cuenta con una plataforma, que facilita la constitución de redes de investigadores y académicos, organizándose en una auténtica comunidad crítica; adoptando las estructuras académicas y administrativas flexibles, para propiciar la reintegración del conocimiento y el trabajo interdisciplinario y transdisciplinario, profundizando las relaciones de coordinación con el Estado, la sociedad civil y el sector productivo.

Está conformada por nueve Institutos Pedagógicos, entre los cuales se encuentra el Instituto Pedagógico de Caracas, que es considerado como el de mayor antigüedad y tradición de Venezuela, fundado hace más de 70 años, y donde se ofrecen las siguientes especialidades de: Artes Escénicas, Artes Plásticas, Educación Musical, Dibujo Técnico, Ciencias de la Tierra, Educación Especial, Educación Integral; Educación Preescolar, Deficiencias Auditivas, Dificultades de Aprendizaje, Retardo Mental, Educación Física, Biología, Química, Física, Educación Comercial, Matemática, Informática, Castellano, Literatura y Latín, Francés e Inglés.

En el Departamento de Biología y Química, se dictan los cursos que se seleccionaron para el desarrollo del presente trabajo. Este departamento fue creado en 1947, aunque sus actividades académicas ya se desarrollaban desde 1936, a través de cursos dictados en el Instituto Pedagógico Nacional, institución que antecedió al IPC y dónde se atendían las especialidades de Biología y Química. Durante más de cincuenta años las actividades académicas de este Departamento, tanto en el campo de la docencia como de la investigación, han contribuido de manera definitiva a mejorar la enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza en Venezuela. La formación profesional del egresado en dicha especialidad le permite abordar, de forma interdisciplinaria, la resolución de problemas de su entorno, incorporando aspectos importantes del desarrollo científico-tecnológico de impacto humano y social, en los que se ponen en juego valores y argumentos éticos, además de una sólida formación en el área de la Biología y de la Química. Como se señala en la fundamentación del Departamento de Biología y Química del IPC- UPEL, el pensum de estudios permite al estudiante lograr una formación que le facilita la adquisición de conocimientos de ciencias, además de permitirle la consolidación de una actitud de responsabilidad sobre el ambiente y una disposición a contribuir al debate de temas científicos.

Como parte de los cursos obligatorios en la carrera de formación de los docentes de Biología, se encuentran las asignaturas de Biología General y Genética General, ambos se dictan durante el 7 ° y 8° semestre de la carrera de formación de profesores de Biología en dicha Universidad.

8.4. Metodología

Para el desarrollo del presente trabajo, se partió de las necesidades expresadas por los profesores de los cursos de Biología Celular y Genética General, además de considerar información proveniente de reportes institucionales, acerca del rendimiento académico de los estudiantes de Biología, suministrados por la Oficina de Control de Estudios del IPC. De igual manera, se revisó la información proveniente de los estudios iniciales descritos en los capítulos 6 y 7 del presente informe.

La revisión de los contenidos de los programas de Biología Celular y Genética General, aunado a la experiencia profesional de la investigadora, permitió diseñar de manera constructiva la intervención didáctica fundamentada en los principios del aprendizaje significativo de Ausubel (2002), los principios orientadores para facilitar el aprendizaje significativo crítico de Moreira (2005), atendiendo las dificultades con las que se enfrentan docentes y estudiantes en la enseñanza y el aprendizaje del concepto de gen.

Como aspecto fundamental de la metodología se consideraron los elementos y características de la Investigación Acción Participante (IAP), que según Scribano (2008, p.181), comparte la dimensión epistemológica del enfoque cualitativo. En este sentido, se consideró un modelo como un proceso de espiral introspectivo que contempla: observar, analizar, interpretar, planificar, actuar, observar y reflexionar para, a partir de esto, tomar decisiones y, de ser necesario, volver a actuar.

La participación activa de la investigadora y de las profesoras responsables de la docencia en los cursos de Biología Celular y Genética General, durante la intervención fuera del aula, permitió el análisis, discusión y reflexión de la situación, para llegar a ciertos consensos. Así como también, el establecimiento del cronograma de actuación, considerando los contenidos programáticos de ambos cursos. De esta manera, se valoró su experiencia y trayectoria al dictar estas asignaturas, sus opiniones y reflexiones, para llegar a acuerdos y compromisos de acción (Rivas y Donovan, 2001, p. 65).

Este tipo de investigación permitió, estudiar la situación para comprenderla, desde la perspectiva de los actores con la participación de la investigadora (Guba, 1991). El plan de trabajo se planteó como una actividad flexible y abierta, que en términos de Valles (1999), se consideró como “emergente”, en tanto que en el mismo se permitió aceptar modificaciones y cambios durante el proceso a lo largo de toda la IAP.

Las observaciones registradas, en el cuaderno de campo de la investigadora, consideraron los momentos de inicio, desarrollo y cierre de las clases que, según el programa respectivo, se aplica en cada uno de los cursos. El registro de las observaciones estuvo guiado por los aspectos y criterios considerados por Andrés (2002) según las dimensiones epistemológicas y psico-didáctica para caracterizar la

praxis docente y asociarla a “modelos didácticos” previamente identificados, entre profesores de ciencias, en Venezuela.

8.4.1. Procedimiento de construcción de la Intervención Didáctica con estudiantes y profesores.

Para desarrollar una intervención viable, se consideró la información procedente de la caracterización de la enseñanza del concepto de gen, en las primeras sesiones de clase, la cual fue registrada a partir de la observación de lo que acontece en el aula. Las necesidades manifestadas por los docentes de los cursos de BG y GG, así como durante las reuniones de trabajo y de las entrevistas realizadas a los estudiantes, permitieron identificar conocimientos previos y posibles dificultades. De igual manera, la experiencia de las docentes y la investigadora en su rol de profesoras de estas asignaturas durante varios años, permitió planificar y compartir significados, para atender las dificultades en la enseñanza de los contenidos programáticos relacionados con el concepto de gen y otros conceptos asociados. Estos aspectos se contrastaron con la información obtenida en los estudios iniciales, así como de los antecedentes de investigaciones identificadas y revisadas presentadas en el capítulo 4 del presente informe.

A continuación, la figura 8, muestra el esquema general del desarrollo de la intervención didáctica, construida a partir la Investigación Acción Participativa (IAP), en la misma se señala las acciones llevadas a cabo por la investigadora dentro y fuera del aula. El proceso se inicia a partir del conocimiento previo que tienen los estudiantes sobre el concepto de gen y conocimientos asociados, el proceso de construcción de la intervención didáctica se fundamentó en observar, analizar, interpretar, planificar, actuar, para volver a observar y reflexionar, y sobre ello tomar decisiones. El análisis y reflexión de la información registrada, con fines de investigación, permitieron organizar las acciones que se llevaron a cabo durante las 16 semanas (un semestre académico) de duración de cada curso.

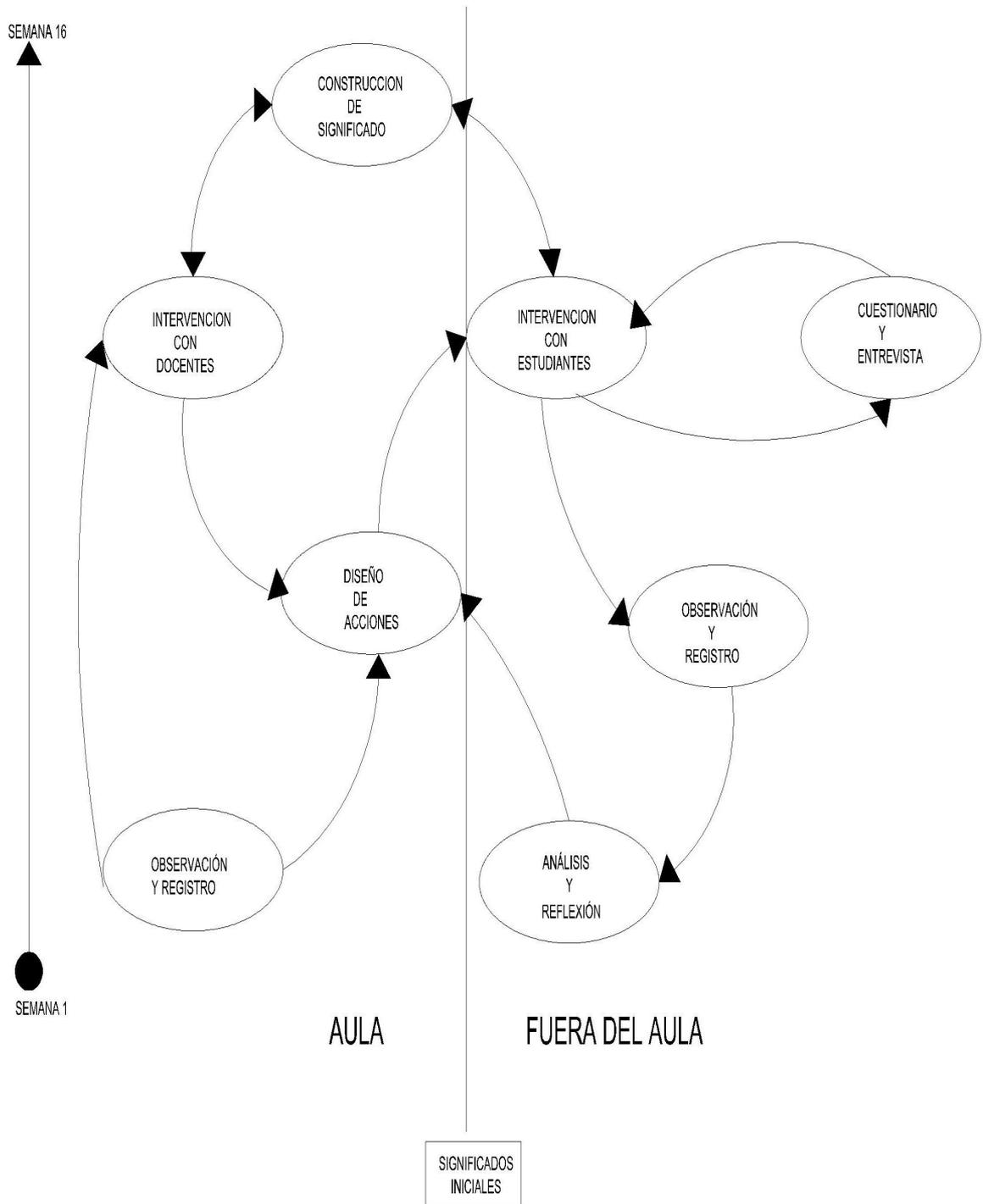


Figura 8. Proceso de construcción de la intervención didáctica con estudiantes y profesores.

El proceso constructivo de la intervención didáctica se inicia con acciones con los estudiantes de manera individual y grupal (fuera del aula), y de allí, con las profesoras.

A partir de la observación y el registro de significados iniciales del concepto de gen (según los resultados del cuestionario y la entrevista) se condujeron acciones potencialmente significativas para aplicarlas en el aula (por parte de cada una de las profesoras), y por la investigadora fuera de ella. Las actividades se organizaron con la finalidad de facilitar la construcción de significados acerca del concepto de gen entre los estudiantes en correspondencia con los CBA.

Tanto en la intervención didáctica con estudiantes como en la intervención con los docentes, el registro de observaciones, su análisis y reflexión permitieron nuevamente diseñar acciones, llevar a cabo nuevas observaciones, compartir la reflexión con las docentes y de nuevo actuar.

8.4.2. Elementos orientadores para la construcción de la Intervención Didáctica.

Para la construcción de la intervención didáctica (con estudiantes y docentes) en cada curso se consideraron:

1. Contenidos

Con el propósito de organizar los contenidos sobre el concepto de gen y otros conceptos asociados en los cursos de Biología Celular y Genética General se emplearon los elementos del aprendizaje significativo de Ausubel (2002) y que según Moreira (2005) requieren ser considerados para hacer de la enseñanza un proceso potencialmente significativo. De igual manera, se consideraron los principios propuestos por Moreira (2005) para conducir la enseñanza y facilitar el aprendizaje significativo crítico.

2. Estrategias y recursos de enseñanza

Considerando a Moreira (2005, p.40), la selección de estrategias y de recursos educativos requiere de una acción deliberada por parte de los docentes, para que sean potencialmente significativos, y de ésta manera propiciar un aprendizaje significativo crítico.

En este sentido, a continuación se exponen los principios y se describen las acciones sobre su presencia a lo largo del estudio.

- *Aprender/enseñar preguntas en lugar de respuestas* (principio de la interacción social y el cuestionamiento). Para ello, se utilizaron representaciones externas, sobre cariotipos, del genoma humano y del genoma de otros seres vivos, los cuales

fueron interpretados, analizados y discutidos con los estudiantes en las sesiones de trabajo individual, con la finalidad de buscar posibles explicaciones, en cuanto la información contenida en ambos tipos de representaciones y su interpretación, considerando el significado del concepto de gen de cada uno. Igualmente se emplearon informes de investigaciones publicadas en el campo de la Genética, en los cuales se hace referencia a genes asociados al cáncer de mamas y próstata, en poblaciones humanas específicas. El uso de este tipo de materiales y estrategias tuvo la finalidad de inducir a los estudiantes a formular preguntas e intentar dar explicaciones sobre la información contenida, analizando los diferentes genes involucrados y las posibilidades de su expresión.

- *Aprender a partir del uso de distintos materiales educativos* (Principio de la no centralidad del libro de texto o material único). Para lo cual se emplearon: diagramas de genomas, información acerca de los avances del estudio de los genes en páginas *web*, previamente seleccionadas, resultados de investigaciones sobre avances en el campo de la Genética, la Biología Celular, la Bio-informática, entre otros, en los que se requiere manejar significados del concepto de gen actualmente aceptados por la comunidad de biólogos (CBA).
- *Aprender a que somos perceptores y representantes del mundo* (Principio del aprendizaje como perceptor / representante). Para identificar la manera en que los estudiantes representan sus conocimientos, acerca del concepto de gen y otros conocimientos asociados, se empleó la elaboración de mapas de conceptos en cada uno de los cursos. Así como también la elaboración de dibujos, gráficos u otro tipo de representación externa, que permitiera identificar significados del concepto de gen en el desarrollo de ambas asignaturas.
- *Aprender a que el lenguaje está involucrado en todos los intentos humanos de percibir la realidad* (Principio del conocimiento como lenguaje). Para ello se emplearon diferentes instrumentos, desde cuestionarios hasta elaboración de planteamientos en los cuales los estudiantes requieren explicar, resolver ejercicios, en los que es necesario el uso del lenguaje biológico apropiado, por parte de los estudiantes, en cada uno de los planteamientos.
- *Aprender que el significado está en las personas. No en las palabras* (Principio de la conciencia semántica). En este aspecto, se solicitó a cada uno de los estudiantes la elaboración y explicación de los mapas de conceptos, de los dibujos elaborados y la explicitación de conocimientos en las diversas acciones didácticas que se ponen en práctica tanto en las clases como fuera del aula.
- *Aprender que se aprende corrigiendo los errores* (Principio del aprendizaje por el error). Durante el desarrollo de los ejercicios en clase y al revisar las respuestas de las pruebas de conocimiento, los estudiantes verificaron sus respuestas, de manera individual y por parejas, argumentando, reflexionando acerca de los errores cometidos y, en la medida de lo posible, corregirlos. De esta manera, se orientaron,

de manera intencional actividades que permitieron a los estudiantes identificar los errores y plantear cómo resolverlos.

- *Aprender a desaprender, a no usar los conceptos y las estrategias irrelevantes para la sobrevivencia* (principio del des-aprendizaje). Este principio fue aplicado al facilitar conocimientos sobre diferentes estrategias para abordar y resolver ejercicios, reflexionar sobre las mismas y sus ventajas en la aplicación en distintos ejercicios.
- *Aprender que las preguntas son instrumentos de percepción y que las definiciones y las metáforas son instrumentos para pensar* (Principio de la incertidumbre del conocimiento). Durante las sesiones de trabajo con los estudiantes se incentiva a la reformulación de preguntas, al análisis de posibles respuestas y a construir sus propias interpretaciones.
- *Aprender a partir de diferentes estrategias de enseñanza* (Principio de la no utilización de la pizarra como único recurso). La organización de variedad de estrategias en cada uno de los cursos, planificación de actividades diferentes, tales como, la búsqueda de información en diversas fuentes; su análisis y exposición a todo el grupo, la participación de los estudiantes en foros para tratar los diferentes contenidos, así como de seminarios, exposiciones organizadas y realizadas por los estudiantes, para permitir el aprendizaje en diferentes contextos.

3. Evaluación. Para comprobar el aprendizaje (procesos y productos) se atendió la evaluación del conocimiento adquirido por parte de los estudiantes; con respecto a las docentes, se consideró la evaluación de la enseñanza para identificar logros, sobre la manera de organizar la enseñanza, la conducción de las actividades, entre otros.

8.4.3. Características específicas de la intervención didáctica construida a partir de la IAP.

Intervención con estudiantes.

Se refiere a las acciones y actividades, llevadas a cabo durante el desarrollo de la investigación con **los estudiantes**, fuera del aula, con la finalidad de:

- Aplicar instrumentos para identificar y registrar los significados iniciales sobre el concepto de gen, así como los construidos por los estudiantes durante el desarrollo de los cursos.
- Llevar a cabo actividades, a partir de los conocimientos previos, de las dificultades detectadas y otras situaciones identificadas por la investigadora durante las clases.

Para identificar los significados del concepto de gen, durante las sesiones de intervención con los estudiantes se procedió de la siguiente manera:

- Aplicación del cuestionario con ítems para responder, de manera escrita, al respecto y a otros aspectos asociados con este conocimiento, así como para su representación gráfica. Además se solicitó la elaboración de mapas de conceptos.
- Estructuración de las entrevistas, con el fin de profundizar acerca de las respuestas dadas en el cuestionario. En la misma se les solicitó explicaciones sobre el mapa de conceptos elaborado por cada uno.
- Organización de sesiones individuales y grupales donde los estudiantes analizan, plantean soluciones e interpretaciones escritas y orales a actividades planificadas por la investigadora acerca del contenido que se presenta en las clases.

Para la interpretación de la información registrada, en las sesiones fuera del aula con los estudiantes, la investigadora procedió según se indica:

- Analiza la información, reflexiona acerca de la misma, y procesa a través de diferentes procedimientos, según el caso.
- Compara o triangula la información, sobre un mismo aspecto, considerando las respuestas a los cuestionarios, los aportes verbales de las entrevistas, el registro de observaciones y las opiniones solicitadas a especialistas en el contenido.
- Lleva a cabo el acopio de documentación escrita, grabaciones de audio y visual en el contexto, lo cual posibilita varias miradas sobre el mismo aspecto.
- Conduce sesiones de reflexión con las profesoras de los cursos, sobre informaciones específicas, lo cual permitió la evaluación de los procesos y productos de manera consensuada y así decidir sobre estrategias, actividades, los recursos a utilizar para nuevas sesiones dentro y fuera del aula.

Intervención con profesores.

Las actividades llevadas a cabo durante la investigación con los estudiantes fueron indicadores de la importancia de planificar y acompañar sesiones de trabajo con los **profesores**. De ahí surge la intervención con las docentes, como parte de la IAP, que permitieron aplicar y analizar la información registrada por la investigadora durante el desarrollo de las clases de cada docente.

De esta manera se procedió a cumplir con un proceso cíclico de:

- Observación y registro de información.
- Reflexión individual del análisis de la información y presentación al docente de cada curso.
- Planificación de acciones para atender las dificultades y necesidades detectadas en el aula y en las intervenciones con estudiantes.
- Planteamientos para favorecer aprendizaje significativo crítico de los contenidos relacionados con el concepto de gen.
- Observación y registro de la información en el desarrollo de las actividades en el aula.

- Análisis de la información y, en caso de necesidad, proceder nuevamente de manera cíclica considerando las acciones antes mencionadas.

En síntesis, las sesiones de intervención con las docentes, permitieron atender aspectos específicos y planificar actividades a desarrollar en el aula para atender y subsanar los aspectos identificados, introducir contenidos no contemplados inicialmente, incorporar otros materiales educativos, entre otras. El análisis, reflexión y toma de decisiones con estudiantes y docentes fueron elementos claves para la construcción progresiva de la Intervención Didáctica.

El desarrollo y aplicación de la intervención, fundamentada en la IAP, se llevó a cabo a lo largo de dos semestres consecutivos, con una duración de aproximadamente 208 horas distribuidas en las 16 semanas que tiene cada semestre. Para cada semana se dispuso de 8 horas de clases, según lo establecido en la programación de cada curso. Se emplearon horas adicionales en la intervención con los estudiantes y con los profesores.

En la intervención con estudiantes, se solicitó voluntariamente un tiempo adicional al de su horario regular de clases, durante cada semestre. Para la intervención con los docentes se utilizaron tres horas semanales establecidas en el horario para actividades de tipo administrativo, de planificación y evaluación de la docencia.

El siguiente cuadro presenta la distribución del tiempo en cada uno de los cursos.

Cuadro 18. Distribución de horas con docentes y estudiantes en la intervención didáctica en cada curso (BCC1 / BCC2 y GGC1/ GGC2).

CURSOS/ SUB GRUPO	Horas /semanas (16)		Horas de intervención semanal con estudiantes y profesores.	
	Teoría	Laboratorio	Estudiantes	Profesor
Biología Celular/ BCC2.	4	4	2	3
Biología Celular/ BBC1.	4	4	2	3
Genética General/ GGC1.	4	4	2	3
Genética General/ GGC2.	4	4	2	3

Contenido de la intervención con docentes y con estudiantes.

De acuerdo a los principios señalados para facilitar el aprendizaje significativo crítico del concepto de gen (Moreira, 2005) las acciones didácticas consideraron:

- Revisión de la *organización del contenido* de los programas de cada curso y de la secuencia de las clases, considerando los principios de diferenciación progresiva y reconciliación integradora propuestos por Ausubel (2002).
- Identificación de *conocimientos previos*, a partir de las respuestas a los cuestionarios iniciales, las entrevistas individuales y el registro de la información, durante el desarrollo de las clases, donde la investigadora fue observadora participante.
- Llevar a cabo *sesiones de trabajo individual*, con los estudiantes del grupo de estudio, en las que aportaron interrogantes (principio de enseñar/aprender preguntas); así como elaborar respuestas a situaciones planteadas. Durante las sesiones de trabajo fuera del aula, adicionales al horario regular de las clases, los estudiantes expresaron sus conocimientos de manera verbal y escrita, analizaron información sobre los contenidos, elaboraron interpretaciones, plantearon sus dudas y formularon interrogantes para abordar la nueva información. Las aportaciones de los estudiantes durante las sesiones fueron grabadas en audio para su posterior análisis.
- Selección de *diversos materiales educativos*: Videos, páginas *Web*; materiales multimedia, materiales impresos, informes de resultados de investigaciones científicas, materiales para juegos educativos, etc.
- Análisis de posibles obstáculos, errores conceptuales que permitieron a los estudiantes revisar sus conocimientos, *identificar posibles errores y a partir de ellos aprender*.
- Conducción de acciones para facilitar, *la transferencia de lo aprendido*, aplicar conocimientos en la: resolución de situaciones problemáticas, tanto de manera individual, por parejas y en equipos de trabajo. Estos elementos se incorporaron en el seguimiento de las clases de cada docente.
- Evaluación de *la praxis docente*, para analizar los procesos y seleccionar actividades para superar obstáculos y atender las dificultades detectadas.
- Evaluación del *conocimiento aprendido por el estudiante*, mediante la aplicación de las pruebas de conocimiento, la revisión de las asignaciones de cada clase, los trabajos presentados, entre otros.

Las actividades se llevaron a cabo en el tiempo previsto en la institución para un semestre (dieciséis semanas) y donde se planifican actividades para un total de 120 horas académicas. El número total de horas dedicadas a la intervención con los docentes fue de 40 y el promedio de horas dedicadas por la investigadora a la intervención con los estudiantes fue de 52 horas. Adicionalmente los estudiantes, de manera voluntaria y adicional al tiempo de las clases dedicaron 32 horas a la investigación descrita.

INTERVENCIÓN DIDÁCTICA/IAP

A continuación, el cuadro 19 presenta la organización de las actividades desarrolladas durante la intervención didáctica en los cursos de Biología Celular (BCC1/BCC2) y Genética General (GGC1 /GGC2).

Cuadro 19. Descripción de la Intervención Didáctica desarrollada durante la IAP, en los cursos de Biología Celular (BCC1/BCC2) y Genética General (GGC1 /GGC2).

Semana	Horas / Clase	Intervención con cada docente (3 horas semana)	Intervención con estudiantes	Actividades desarrolladas	Productos
1	4	Presentación de la investigación al profesor de cada curso	6 horas: Información sobre el propósito de la Investigación Trabajo individual	Inicio de la IAP Presentación en el curso. Explicación de la Investigación. Registro de cada estudiante	Desarrollo del plan inicial de la intervención con estudiantes. Elaboración de la ficha de cada estudiante
2			Aplicación de cuestionario a los estudiantes.	Observación y Registro durante la clase	Análisis e identificación de significados del concepto de gen al inicio de cada curso
3	8	Presentación de significados del concepto de gen que tienen los estudiantes,	2 horas con estudiantes del curso. El promedio de la actividad con cada estudiante fue de 45 minutos.	Registro y análisis de información en la clase. Aplicación de actividades seleccionadas para orientar la intervención con los estudiantes	Identificación de significados del concepto de gen. Registro de dificultades y posibles obstáculos.
4	8	Presentación y Análisis de la información registrada durante las clases. Establecimiento de acuerdos para desarrollar actividades en la clase.	2 horas de trabajo con estudiantes de manera individual	Observación participante de la investigadora en el aula. Aplicación de Instrumentos. Registro y análisis de la Información.	Evaluación del proceso de enseñanza y de los resultados de las pruebas aplicadas por las docentes.
5			2 horas de trabajo con estudiantes de manera individual		
				Registro y análisis de la Información de la clase.	

INTERVENCIÓN DIDÁCTICA/IAP

Semana	Horas / Clase	Intervención con cada docente (3 horas semana)	Intervención con estudiantes	Actividades desarrolladas	Productos
6, 7 y 8	24	Intercambio, selección de estrategias y recursos educativos	4 horas de trabajo con estudiantes, en grupos.	Aplicación de actividades seleccionadas para intervención con los estudiantes. Aplicación de estrategias y recursos de parte de la profesora de cada curso	Información acerca del significado del concepto de gen construido por los estudiantes a los largo del desarrollo de cada curso.
9, 10 y 11	24	Evaluación del proceso y actividades desarrolladas en el aula y en la intervención con estudiantes	6 horas de trabajo grupal	Registro de Observaciones durante el desarrollo de las clases. Aplicación de actividades en la intervención con los con estudiantes seleccionados Registro, análisis de la información en cada uno de los cursos	Información de la evolución de significados del concepto de gen entre los estudiantes
			6 horas de trabajo grupal		
			6 horas de trabajo grupal		
12-13-14-15-16--	40	15 horas. Selección de actividades a incorporar en el desarrollo de las clases Evaluación del proceso y de las actividades desarrolladas en el aula en la intervención con los estudiantes.	10 horas de trabajo. Revisión de conocimientos	Observación y registro durante el desarrollo de las clases	Presentación de resultados generales a los estudiantes. Evaluación del trabajo desarrollado.
TOTAL	120 horas de clase	40 horas intervención con docentes	Promedio de horas dedicadas por la investigadora a la intervención con los estudiantes: 52 Horas dedicadas por los estudiantes: 32.		

La secuencia de los cursos y descripción de los aspectos organizativos se señala a continuación en el cuadro 20.

Cuadro 20. Organización del grupo de estudio en Biología Celular y en Genética General.

Curso	Símbolo/	Profesor	Numero de estudiantes	Sub grupo	Numeración	Semestre/ período académico
Biología Celular	BCC1	P1	25	Ei	1 al 25	2006 I
	BCC2		25	Eii	26 al 50	2006 II
Genética General	GGC1	P2	25	Ei	1 al 25	2006 II
	GGC2		25	Eii	26 al 50	2007 I
Total de estudiantes			50			

El subgrupo (Ei) está conformado por los estudiantes señalados desde el número 1 al número 25, los cuales cursaron Biología Celular en el semestre 2006 I, que se identifica como curso 1 de BC. Dichos estudiantes fueron promovidos al segundo curso Genética General (curso 1 de GG) en el semestre 2006 II. El subgrupo (Eii) conformado por los estudiantes señalados desde el número 26 al 50, cursaron Biología Celular en el semestre 2006 II (identificados como curso 2 de BG) que fueron promovidos a Genética General (curso 2 de GG), en el semestre 2007 I.

La construcción de la intervención didáctica con estudiantes y profesores y su puesta en práctica durante la IPA, favoreció la posibilidad de profundizar en el proceso de enseñanza en ambos cursos para la caracterización de la praxis docente; identificar significados acerca del concepto de gen entre los estudiantes del grupo de estudio, y considerar elementos de orientación para las sesiones con los estudiantes fuera del aula.

CAPITULO 9

CARACTERIZACIÓN DE LA PRAXIS DOCENTE EN LOS CURSOS DE BIOLOGÍA CELULAR Y GENÉTICA GENERAL

CAPITULO 9

CARACTERIZACIÓN DE LA PRAXIS DOCENTE EN LOS CURSOS DE BIOLOGÍA CELULAR Y GENÉTICA GENERAL

En este capítulo se presenta información, como parte de la IAP, acerca de la praxis docente al inicio y durante el desarrollo de los cursos consecutivos de Biología Celular y Genética General, en los semestres 2006I-2006II-2007I de la carrera de formación de profesores de Biología en el IPC-UPEL. Dicha información fue registrada por la investigadora mediante un proceso de observación participante. Se describen las primeras aportaciones para la enseñanza, como parte de la intervención con los docentes y de las acciones didácticas incorporadas en su desarrollo. Se describen los procedimientos, instrumentos y resultados.

9.1 Introducción

Para tratar de comprender acerca del proceso de enseñanza que se desarrolla en el aula de clase, específicamente, sobre la praxis docente, Andrés (2002) señala como herramienta los “modelos didácticos”. En éste sentido, investigaciones realizadas en este campo, con el objeto de interpretar las conceptualizaciones y la praxis de los docentes de ciencias en el aula, esta autora señala tres posibles modelos: **trasmisor, empirista y constructivista**, que están fundamentados en las visiones de producción del conocimiento científico y su aplicación en el aula; en las concepciones psicodidácticas que han predominado en la formación inicial de los docentes y en las características del currículo de Ciencias en Venezuela. Estos tres modelos no son excluyentes entre sí, por lo que es posible que se puedan presentar combinaciones o elementos de otros modelos (Andrés, 2002).

Para Andrés (2002), un “modelo didáctico” refiere el conjunto de componentes que forman parte de la enseñanza, por lo que el mismo *permite interpretar la manera como el docente facilita el aprendizaje, de acuerdo a la complejidad del hecho educativo, entendido como un sistema abierto, dentro de determinado contexto sociocultural* (op. cit. p. 23). Dentro de la realidad sociocultural de la enseñanza, para caracterizar la praxis docente en determinado modelo didáctico, es necesario considerar los siguientes sub niveles o subsistemas:

- El **aula**, lugar donde se desarrolla la actividad de enseñanza y cuya descripción es válida para entender las situaciones que en ella se llevan a cabo.
- El **instituto educativo**, caracterizado por cierta estructura organizacional, infraestructura, dinámica académica, sistemas de valores, que presentan una especificidad común al colectivo de los profesores.
- El **sistema escolar**, que responde a los reglamentos, normativa, currículum, régimen laboral, entre otros elementos que rigen la actividad educativa.

De ahí que, para identificar el “modelo didáctico” que se evidencia, entre los profesores de los cursos consecutivos de Biología Celular y Genética General, se consideró la observación de todo el proceso desde el inicio de la investigación, así como el registro de la praxis docente, una vez iniciada la intervención con los docentes. El proceso fue continuo, durante la totalidad de las clases, como parte de la IAP, centrado en lo que sucede en el aula.

Para identificar los aspectos que caracterizan la actuación de los docentes en aula y determinar si la praxis docente se corresponden con uno o varios de los modelos didácticos señalados por Andrés, (2002), se consideraron variables y dimensiones asociadas con el acto de enseñar, para lo cual se empleó la aplicación de estos aspectos planteados por Andrés (2002) con profesores de ciencias, en estudio previo llevado a cabo en Venezuela.

Se entiende por praxis del docente a la ejecución de las tareas centrales de su profesión: programación o planificación de la enseñanza, la ejecución de la clase y la evaluación del aprendizaje y de la propia enseñanza. Algunos autores indican que, esta acción está más determinada por los conocimientos implícitos, personales, que por los conocimientos explícitos, vivenciales o académicos (Porlán y otros, 1997).

En el presente estudio, las variables conceptualización y actividad desarrollada en el aula, constituyen los elementos a considerar en la caracterización de la praxis docente. La conceptualización sobre el conocimiento científico y sobre aspectos sociológicos y psicológicos, forma parte del conocimiento que tienen los docentes, tanto de la disciplina como de la profesión. Dicho conocimiento está compuesto por un *conocimiento académico*, adquirido a partir de estudios formales, y por un *conocimiento vivencial*, que se construye durante el desempeño laboral (Andrés, 2002, p. 36). El *conocimiento académico* es explícito, por lo que puede ser evocado y verbalizado por el profesor, en la medida en que forme parte de su estructura cognoscitiva, es decir, aprendizajes producidos de manera significativa. El *conocimiento vivencial*, se hace explícito, cuando el docente piensa o reflexiona sobre su trabajo y se manifiesta como creencias y principios de acción, además del componente tácito que se evidencia durante el desarrollo de sus rutinas de trabajo.

La conceptualización requiere ser considerada para tratar de identificar “modelo(s) didáctico(s)” acerca de su desenvolvimiento en el aula. En este sentido, Andrés (2002) señala:

“así como se ha encontrado en los estudiantes la existencia de conocimientos intuitivos o teorías previas relativas a las disciplinas que se van a aprender en la escuela, que son independientes del conocimiento científico que se les enseña en ella, y que se caracterizan por ser personales, con frecuencia resistentes al cambio, implícitos, contextualizados y con diferentes grados de coherencia y solidez; en los docentes también existen conceptualizaciones que están incorporadas en sus estructuras cognitivas, y de cuya existencia no están conscientes” (ibid op. cit., p. 22).

En síntesis, en el aula, se requiere considerar la manera de planificar, es decir: el contenido que el estudiante debe aprender, cómo organiza su enseñanza para hacerla potencialmente significativa, el enfoque del contenido (Ciencia-Tecnología-Sociedad, epistemología de la ciencia, entre otros), la estructura conceptual, sus relaciones verticales y horizontales con otros cursos, entre otros, así como el contexto, que permite dar respuestas a las exigencias sociales, a las pautas administrativas, los programas oficiales, proyectos escolares, recursos, etc. En cuanto a la manera de enfocar la enseñanza, se consideraron las estrategias, actividades, materiales y otros recursos, así como la evaluación de los aprendizajes.

9.2. Cuestiones foco

Los interrogantes considerados para identificar y caracterizar la praxis docente, al inicio y durante el desarrollo de los cursos de Biología Celular y Genética General, fueron los siguientes:

- *¿Qué caracteriza el modelo de enseñanza que emplean los profesores al inicio de los cursos: Biología Celular y Genética General del IPC-UPEL?*
- *¿Qué caracteriza el modelo de enseñanza que emplean los profesores durante el desarrollo de los cursos: Biología Celular y Genética General del IPC-UPEL, como resultado de la intervención didáctica?*

Las hipótesis de trabajo planteadas fueron:

- La praxis docente al inicio de la IAP se caracteriza por elementos de diversos modelos didácticos: transmisor, empirista y constructivista.
- La praxis docente durante el desarrollo de los cursos seleccionados se caracteriza por el predominio de elementos de un modelo didáctico constructivo.

9.3. Metodología

9.3.1. Procedimiento/Técnicas/Instrumentos.

El estudio se centró fundamentalmente en la observación acerca de lo que sucede en el aula, se registraron elementos, que ha juicio de la investigadora, pudieran considerarse como característicos de la actuación de los docentes con respecto a la conducción de las clases, los materiales que se utilizan y aspectos de la evaluación de los aprendizajes y de la enseñanza.

La información registrada en el cuaderno de campo de la investigadora, durante el desarrollo de los cursos (BCC1, BCC2 y GGC1, GGC2), permitió identificar, en primer lugar, las características de la praxis previa a la intervención con los docentes y

donde se siguió la planificación establecida por cada una de las profesoras, al inicio de sus respectivos cursos. De igual modo, durante el desarrollo de las clases en la intervención con los docentes.

Las observaciones y su registro en cada clase se llevó a cabo, considerando los siguientes momentos:

- **INICIO.** Que permitiera identificar las acciones empleadas por cada docente al introducir el contenido, revisar los conocimientos previos.
- **DESARROLLO.** Con la finalidad de observar y registrar información acerca de:
 - Presentación y secuencia del contenido.
 - Recursos de apoyo a la enseñanza: mapas de conceptos, esquemas, lecturas, presentaciones audio-visuales, etc.
 - Organización y orientación de las actividades de la enseñanza (teóricas y de laboratorio).
 - Participación de los estudiantes (individual, grupal, en grupos de discusión, entre otros), intervenciones e interacciones con el profesor y sus pares.
- **CIERRE.** Para identificar:
 - El tipo de actividades, ejercicios, acciones considerados por cada profesora para facilitar la transferencia de lo aprendido a nuevas situaciones.
 - Características de tareas asignadas; lecturas señaladas para su análisis y discusión en próximas clases.

Las observaciones registradas se complementaron con fotografías tomadas en diferentes momentos, de las carteleras informativas que se encuentran en el aula, la disposición de los materiales de laboratorio la conducción del trabajo práctico; la manera de utilizar la pizarra, el empleo de láminas y otros materiales educativos, de parte del profesor, así como presentaciones electrónicas, fotografías y modelos didácticos que emplean los estudiantes en sus exposiciones.

Para el análisis e interpretación de la información que permitiera identificar posible(s) “modelo(s) didáctico(s)” asociados a la praxis docente, tanto al inicio de la IAP como en el desarrollo de los cursos (BCC1, BCC2 y GGC1, GGC2) se emplearon los elementos orientadores para la caracterización de la actuación de los profesores y su posible correspondencia con “modelos didácticos”, señalados por Andrés (2002, p.66), atendiendo dos dimensiones, la epistemológica y la psico-didáctica, con aspectos y criterios que se presentan en el cuadro 21.

Cuadro 21. Aspectos orientadores para caracterizar la praxis docente según diversos modelos didácticos.

Dimensión	Aspectos	Criterios
Epistemológica	Naturaleza de la Ciencia	Relacionista Empirista Post-positivista
	Naturaleza de la Ciencia Escolar	Relativista Acumulativa Objetiva Reproductiva Observación como base del conocimiento Redescubrimiento Análisis de problemas Trabajo colectivo
	Aprendizaje de la Ciencia	Apropiación de los conocimientos del profesor, de los libros, entre otros. Aprendizaje por memorización Asimilación de significados académicos Construcción de significados Aprendizaje de procedimientos y actitudes
Psico-didáctica	Enseñanza. Procedimiento	Exposición Ejercitación Práctica Experimentación Docente científico Variedad de experiencias y recursos Docente mediador
	Enseñanza. Finalidad	Presentar conocimientos Facilitar el aprendizaje de procesos o significados de la ciencia Construir significados Aprender destrezas cognitivas y motrices, actitudes y valores
	Enseñanza. Organización	Regido por el programa oficial Orientados por una forma de producir el conocimiento: Método científico. Contextual: relevante para el estudiante Enfoque CTS
	Enseñanza. Metodología	Transmisión verbal de conocimientos Ejercitación y repetición Actividades inductivas Manejo de instrumentos Investigación de problemas relevantes para el estudiante Construcción guiada en el aula
	Evaluación de aprendizajes	Medición a través de exámenes Productos A través del logro de objetivos

Dimensión	Aspectos	Criterios
		Centrada en procesos de la ciencia Cualitativa, cuantitativa y participativa Enfatiza en el proceso mas que en el producto
	Evaluación de la enseñanza	Evaluación de logros Enseñanza como hipótesis de trabajo a ser evaluada en forma sistemática durante el proceso Con fines para reorientar la enseñanza.

Tomado y adaptado de Andrés (2002).

La información registrada fue objeto de análisis, discusión y reflexión durante la intervención con los docentes, lo cual permitió a la investigadora considerar, seleccionar y orientar las actividades en la intervención con los estudiantes, fuera del aula.

9.4. Praxis docente al inicio de los cursos de Biología Celular y Genética General

Con el propósito de identificar la presencia de los aspectos señalados para caracterizar la praxis docente, al inicio de los cursos de Biología Celular (BCC1 y BCC2) y Genética General (GGC1) y (GGC2), se llevaron a cabo actividades de tipo investigativo, según se señala:

- Un primer momento de incorporación de la investigadora al aula con los estudiantes y profesores, con la finalidad de facilitar su aceptación en el grupo y tratar de disminuir, en lo posible, el efecto que pudiera ocasionar su presencia y de esta manera que no se afectara el normal desenvolvimiento del proceso de enseñanza llevado a cabo por las respectivas docentes. Esto facilitó su incorporación al grupo de estudio, así como la implicación en las actividades desarrolladas como parte de la intervención con estudiantes y profesores fuera del aula.
- La observación participante, en la cual la investigadora registra información a partir de hechos, sucesos, acontecimientos, actividades que se conducen en las clases, así como de las tareas desarrolladas por los estudiantes en el aula.

9.4.1. Resultados de la praxis docente en Biología Celular (BCC1 y BCC2).

El curso de Biología Celular, forma parte de las asignaturas obligatorias de la especialidad de Biología de la carrera docente, en el Instituto Pedagógico de Caracas, dicho curso es anterior al de Genética General, el mismo se presenta, dentro del perfil de la carrera de formación de profesores de Biología en la UPEL, entre el séptimo y octavo semestre. La profesora de la asignatura tiene formación inicial en el campo de la Biología con postgrado en enseñanza de la Biología y doctorado en Educación. Sus características profesionales permiten referirse a ella como una docente pro-activa, con preocupación hacia la formación de sus estudiantes, tanto en el campo de la disciplina

como de su enseñanza. El cuadro 22 muestra la organización de los cursos de Biología Celular y en los cuadros 23 y 24 los resultados de la praxis docente al inicio de BCC1 y BCC2, respectivamente.

Cuadro 22. Organización administrativa de los cursos de Biología Celular.

Asignatura	Curso	Profesor	Número de estudiantes	Sub-grupo	Código de estudiante	Semestre
Biología Celular	BCC1	P1	25	Ei	1 al 25	2006 I
	BCC2		25	Eii	26 al 50	2006 II
Total			50 estudiantes			

Cuadro 23. Resultados de la caracterización de la praxis docente al **inicio** de Biología Celular, (BCC1) (n=25).

Sesión	Contenido	Momento	Evidencias en diferentes momentos de la clase	Observaciones.
0	Inicio del curso		<u>Profesora:</u> Hace entrega del programa sinóptico, cronograma del curso. Se analiza su contenido, describe la distribución de las clases, y se establecen acuerdos sobre la manera de trabajar en el aula. Los estudiantes formulan preguntas acerca del curso y participan activamente durante la clase.	Entrega el programa sinóptico, acuerdan manera de trabajar, normas y asignaciones. El clima en el aula proactivo.
Clase 1	Estructura y función celular	Inicio	<u>Profesora:</u> Solicita a los estudiantes sus expectativas mediante la pregunta: ¿Por que estudiar Biología Celular? E3: <i>Para conocer sobre este nivel de organización biológico, no sólo por sus características, sino también por que las células forman parte de todos los seres y sus propiedades, funciones se cumplen en ellos o dependen de lo que ocurre a nivel de las células..</i> E4: <i>...porque a nivel celular ocurren las funciones fundamentales de todos los seres vivos: respiración, reproducción y con ella la transmisión de los caracteres hereditarios, la nutrición, la circulación o transporte, entre otras y en esta materia vamos a conocer sobre ellas de manera más profunda....</i>	Los estudiantes participan activamente, responden y plantean preguntas En las intervenciones de los estudiantes se hacen explícitos conocimientos previos sobre funciones celulares y organelos involucrados.
Clase 1	Estructura y función celular		<u>Profesora:</u> ¿Cuál es el objeto de estudio de la asignatura Biología Celular? E2: <i>La estructura y el funcionamiento</i>	

			<p>de las células.</p> <p>E9: <i>Las características de los sistemas celulares.</i></p> <p>E18: <i>La existencia de diversos tipos de células.</i></p> <p>E5: <i>Las diversas funciones de las células.</i></p> <p>E7: <i>Conocer a nivel de las células cómo la información que se encuentra en los genes dirige los procesos celulares</i></p>	
Clase 1	Estructura y función celular	Desarrollo	<p><u>Profesora:</u> ¿Qué funciones celulares y estructuras conocen?</p> <p>E6: <i>La respiración celular, asociada a las mitocondrias.</i></p> <p>E8: <i>La Fotosíntesis en las células vegetales, pues tienen en sus células cloroplastos</i></p> <p>E7: <i>Los cromosomas que se encuentran en el núcleo y que son los responsables de la transmisión de la herencia.</i></p> <p>E19: <i>Los genes que están en los cromosomas y que constituyen la información que se hereda.....</i></p> <p>E17: <i>Otras estructuras están en el citoplasma y tienen diversas funciones, por ejemplo el retículo endoplasmático, el aparato de Golgi, los ribosomas, el ARN y sus tipos.</i></p>	<p>La profesora formula preguntas y los estudiantes aportan sus respuestas.</p> <p>La profesora utiliza la pizarra para elaborar un esquema que relaciona organelos y sus funciones.</p>
Clase 2	Estructura y función celular	Inicio	<p><u>Profesora:</u> ¿Qué información proporciona estas representaciones?</p> <p>E19: <i>Diversos tipos de células.</i></p> <p>E13: <i>Según los diversos seres vivos: Células animales, de hongos, plantas, protistas...</i></p> <p>E1: <i>Una de las características de los seres pluricelulares es precisamente la variedad de células que conforman su cuerpo, por ejemplo de piel, células sanguíneas, musculares, óseas, epiteliales, nerviosas, sexuales, otras.</i></p> <p>E2: <i>...también hay seres unicelulares, sin embargo, en ellos también se cumplen funciones características de los seres vivos....</i></p> <p><u>Profesora:</u> ¿A qué funciones se refieren?</p> <p>E6: <i>Nutrición, respiración, circulación, reproducción....</i></p> <p>E18: <i>En células vegetales, pues tienen estructuras que no tienen otros organismos, por ejemplo cloroplastos los cuales están asociados a la fotosíntesis...</i></p> <p>E22: <i>la reproducción celular permite la formación de células similares a la</i></p>	<p>La profesora utiliza láminas de material visual donde se representan diversidad de células animales y de plantas. Plantea interrogantes iniciales donde los estudiantes expresen sus conocimientos.</p> <p>El desarrollo de la clase se caracteriza en un clima de aprendizaje y compartir significados.</p>

			<i>original.</i>	
Clase 2		Desarrollo	<p><u>Profesora:</u> Veamos las siguientes láminas, de organismos procariontes y eucariontes. ¿Que elementos celulares se pueden identificar en las células? E5: <i>La membrana, el citoplasma y el núcleo celular en los eucariontes, y en los procariontes la región nuclear.</i> E22: <i>En los seres procariontes y eucariontes la reproducción celular permite la formación de células similares a la original.</i> E5: <i>Membrana citoplasmática, Citoplasma, núcleo o región nuclear...</i> E16: <i>Esas células son de vegetales, pues tienen pared celular.</i> E22: <i>Cromosomas en células en división</i> E25: <i>Estas otras se refieren a organismos celulares, pues son bacterias, esa una ameba, un paramecium, si son seres unicelulares.</i> <u>Profesora:</u> Organiza la información de características de seres procariontes y eucariontes.</p>	<p>Profesor proyecta láminas material visual donde muestra diversidad de células eucariontes y procariontes.</p> <p>Muestra láminas donde se evidencian estructuras de células de eucariontes y de procariontes</p> <p>Los estudiantes toman nota de la explicación dada por la profesora quien informa acerca del próximo trabajo de laboratorio cuya finalidad es la observación de células.</p>
			<p><u>Profesora:</u> Orienta el trabajo de laboratorio para utilizar diferentes tipos de células, preparar muestras e identificar estructuras celulares. <u>Los estudiantes:</u> Seleccionan el material biológico, organizan el trabajo, preparan los materiales de laboratorio apropiados. El trabajo es conducido por los estudiantes, la decisión sobre el mismo implica consultar y buscar información, tanto del contenido como de posibles técnicas de laboratorio y se organizan en equipos.</p>	<p>El trabajo de laboratorio es organizado por los estudiantes, lo cual ofrece la oportunidad de buscar información, montar el trabajo para observar diferentes tipos de células y estructuras celulares. Para ello el profesor suministra los materiales que necesitan</p>

Cuadro 24. Resultados de la caracterización de la praxis de la docente al **inicio** de Biología Celular (BCC2).

Sesión	Contenido	Momento	Evidencias en diferentes momentos de la clase	Observaciones adicionales	
0	Inicio del curso.		<p><u>Profesora:</u> Hace entrega del programa sinóptico, cronograma del curso. Se analiza su contenido, la distribución de las clases indicando que las mismas serán teórico-prácticas, por lo que se establecen acuerdos sobre la manera de trabajar en el aula. Los estudiantes formulan preguntas acerca del curso, el cronograma y participan activamente durante la clase.</p>	<p>Entrega el programa sinóptico, acuerdan manera de trabajar, normas y asignaciones. El clima es proactivo donde se destaca la participación activa de los estudiantes.</p>	
		Clase 1	Estructura y función celular.	Inicio	<p><u>Profesora:</u> ¿Cuál es el objeto de estudio de Biología Celular? E30: <i>El estudio de la célula, sus características y las funciones que se cumplen en ella.</i> E34: <i>Entender cómo las funciones fundamentales de todos los seres vivos: respiración, reproducción y transmisión de los caracteres hereditarios, son funciones celulares.</i> E26: <i>Profundizar en las funciones celulares, sus procesos específicos.</i> E36: <i>Comprender los mecanismos celulares, por ejemplo, procesos como la síntesis proteica, la duplicación y transcripción de la información del ADN.</i> E38: <i>Conocer las características de diversos tipos de células, cómo se dividen y la manera en que los genes se transmiten de una a otra.</i> E50: <i>Profundizar sobre la reproducción celular y los procesos de transcripción y traducción de la información genética contenida en los genes.</i></p>
			Desarrollo	<p><u>Profesora:</u> Presenta el contenido del curso mediante un mapa de conceptos. Solicita a los estudiantes la formulación de preguntas, a partir de la información presentada. E27: <i>¿Qué diferencias hay entre seres eucariontes o células eucariotas y seres pluricelulares. Son sinónimos? Pues hasta ahora yo conocía organismos unicelulares y pluricelulares.</i> E37: <i>Son distintos los procesos celulares de seres eucariontes y procariontes?</i> E25: <i>¿Qué relación hay entre la teoría simbiótica y los planteamientos de la Teoría de coacervados de Oparin que estudiamos en Biología General?.</i></p>	<p>Proyecta en láminas el mapa de conceptos de la organización del contenido del curso. En este momento hace uso de algunos de los principios planteados por Moreira (2005) para facilitar el aprendizaje significativo crítico, tales como:</p>

			A partir de las intervenciones de los estudiantes se llegan a acuerdos. La profesora orienta la búsqueda de información en diversos medios (impresos y electrónicos) que facilite profundizar en el tema para satisfacer las interrogantes y compartir significados de la información en la siguiente clase.	organización secuencial y progresiva de la información, enseñar a formular preguntas, utiliza diferentes materiales educativos.
Clase 2	Estructura y función celular	Cierre	<p><u>Profesora:</u> A partir la proyección de microfotografías, pregunta: ¿Qué funciones celulares están asociadas a los organelos celulares que se muestran en las láminas?</p> <p>E36: <i>La respiración celular, asociada a las mitocondrias.</i></p> <p>E28: <i>La Fotosíntesis asociadas a los cloroplastos</i></p> <p>E47: <i>Los cromosomas con la transmisión de la herencia.</i></p> <p>E29: <i>Los genes que están en los cromosomas con las características físicas que se heredan entre los seres vivos de una familia.</i></p> <p>E27: <i>La síntesis de proteínas con los ribosoma y el ARN.</i></p> <p>E33. <i>La nutrición celular, a través del citoplasma, allí esta el aparato de golgi y el reticulo endoplasmático.</i></p> <p><u>Profesora:</u> ¿Qué estructuras celulares se identifican en los seres procariontes y eucariontes?</p> <p>E35: <i>La membrana el citoplasma y el núcleo celular en los eucariontes, y en los procariontes la región nuclear.</i></p> <p>E32: <i>En los seres procariontes y eucariontes la reproducción celular permite la formación de células similares a la original.</i></p>	Durante el cierre de la clase la docente utiliza representaciones en la forma de microfotografías que permiten la participación de los estudiantes del grupo de estudio.
Clase 3	Estructura y función celular	Inicio	<u>Profesora</u> solicita a los estudiantes presentar el resultado de las consultas realizadas en diversos materiales y compartir la información con integrantes del grupo acerca del significado de eucariontes y procariontes.	De esta manera, se retoma la discusión del contenido de clases anteriores y se permite la interacción social y compartir significados en grupo.
		Desarrollo	<p><u>Profesora:</u> Veamos las siguientes láminas, ¿Que elementos celulares se pueden identificar en las células y organismos celulares que se presentan?</p> <p>E 27: <i>La membrana citoplasmática, el citoplasma, núcleo son característicos de células eucariontes. Los procariontes carecen de núcleo delimitado por membrana, aunque si tienen región nuclear.</i></p>	Profesora proyecta láminas en un material visual donde se muestran representaciones gráficas de diversidad de células eucariontes y procariontes.

			<p>E39: <i>En el citoplasma se ubican la mayoría de los organelos celulares: Aparato de Golgy, Reticulo Endoplasmático.</i> E16: <i>En células de vegetales se identifica la pared celular y los cloroplastos.</i> E35: <i>Las células de animales y de plantas tienen mitocondrias.</i> E37: <i>Cromatina súper enrollada en células en división</i> Profesor: Muestra una presentación multimedia sobre la Teoría Celular, sus antecedentes y sustento actual.</p>	<p>A partir de este curso se incorporan elementos de la Historia y Desarrollo epistemológico de los contenidos tratados.</p>
		Cierre	<p>El Profesora Orienta acerca del propósito del trabajo de laboratorio. Los estudiantes seleccionan el material biológico, buscan información en diversas fuentes, organizan el trabajo, preparan el instrumental según el material biológico seleccionado. El propósito es utilizar diferentes tipos de células para identificar estructuras celulares, por lo que se requiere trabajar en equipo, llevar a cabo los procedimientos y protocolos, plantear el esquema del informe que deberán elaborar.</p>	<p>En el trabajo de laboratorio, es organizado por los estudiantes, lo cual ofrece la oportunidad de diseñar el trabajo para observar diferentes tipos de células y estructuras celulares.</p>

La información presentada en los cuadros 23 y 24, sobre aspectos didácticos registrados por la investigadora al **inicio** de las clases en Biología Celular en los dos semestres (BCC1 y BCC2) y que fueron conducidas por la misma docente, permite interpretar a partir de lo que sucede en el aula, el conocimiento vivencial y tácito de la profesora y de esta manera tener evidencias de posibles cambios una vez aplicada la intervención didáctica.

9.4.2. Resultados de la caracterización de la praxis docente en los cursos de Genética General (GGC1 y GGC2).

El curso de Genética General forma parte de las asignaturas obligatorias que deben aprobar los estudiantes de la carrera de formación de profesores de Biología en la UPEL- IPC de Venezuela. El curso es atendido por una profesora, que cuenta con el apoyo de dos estudiantes pasantes para la preparación y organización de los laboratorios, mantener cultivos y cruces de *Drosophyla melanogaster*.

La profesora de la asignatura, es especialista e investigadora en el campo de la Biología, con post grado en esta ciencia. Sus características personales y profesionales permiten describirla como una persona rigurosa con las normas y procedimientos del trabajo en el laboratorio, con protocolos y metodologías que utiliza en las clases de práctica con los estudiantes. La organización de espacios de trabajo en el laboratorio, representan una fortaleza para mantener las condiciones en el cultivo de material biológico. Las clases están organizadas en sesiones de teoría y de trabajo en el Laboratorio.

A continuación, en el cuadro 25, se presentan aspectos organizativos del estudio en Genética General; los estudiantes son los mismos para ambas asignaturas. Los estudiantes de Biología al cursar la asignatura de Genética General, tienen la oportunidad de aprender técnicas y procedimientos básicos del trabajo de laboratorio en esta área de la Biología y adquirir conocimientos específicos de la asignatura de Genética General.

Cuadro 25. Aspectos organizativos de Genética General.

Asignatura	Curso/símbolo	Profesor	Numero de estudiantes	Sub-grupo	Numeración	Semestre/ período académico
Genética General	GGC1	P2	25	Ei	1 al 25	2006 II
	GGC2		25	Eii	26 al 50	2007 I
Total			50			

En el seguimiento de las actividades, la investigadora es considerada como parte del grupo de estudio, ya que el trabajo se desarrolla como continuación del curso de Biología Celular. La información acerca de las características de la enseñanza, al inicio de GGC1 y GGC2 se presenta en los cuadros 26 y 27.

9.4.3. Análisis e interpretación de los resultados de la caracterización de la praxis docente al **inicio** de los cursos de Biología Celular (BCC1/BCC2) y de Genética General (GGC1/ GGC2).

La caracterización de la praxis docente al inicio de los curso de Biología Celular (BCC1 y BCC2) fue posible identificar aspectos epistemológicos en cuanto a la Naturaleza de la Ciencia, caracterizados por la presencia de criterios empiristas y en cuanto a la Ciencia Escolar el predominio de la observación como base del conocimiento, y una visión del aprendizaje de la Ciencia fundamentada en la asimilación de significados académicos.

En cuanto a los aspectos psicopedagógicos, al inicio de Biología Celular se identifican la exposición, el desempeño a partir de una variedad de actividades y recursos seleccionados por la docente que se incrementan durante el curso de BCC2. La finalidad de la enseñanza se caracteriza por facilitar el aprendizaje de significados de la ciencia, según lo previsto en la programación de la asignatura y cuya metodología se caracteriza por la transmisión verbal del conocimiento, la puesta en práctica de actividades inductivas y el manejo de instrumentos.

A partir de la información presentada en los cuadros 23 y 24, es posible señalar algunas variaciones en la caracterización de la enseñanza al inicio de la investigación, específicamente al comparar los registros en BCC2 con la información registrada en BCC1. Las mismas se podrían atribuir a las acciones llevadas a cabo como parte de la IAP, en particular la intervención con los docentes, pues es probable que incidiera en

la manera de conducir la enseñanza en el segundo curso de BC. La evaluación del aprendizaje, en las primeras sesiones de BC, está centrada en la consecución de objetivos.

Los cuadros 26 y 27 muestran resultados de la caracterización de la praxis docente durante el desarrollo de los cursos de Biología Celular (BCC1 y BCC2) y de Genética General (GGC1 y GGC2). Lo cual permite señalar que, en las primeras sesiones del curso de Genética General (GGC1) la praxis docente se caracteriza, en cuanto a los aspectos epistemológicos de la Naturaleza de la Ciencia, por una postura empirista y una visión de la naturaleza de la Ciencia Escolar basada en la observación como base del conocimiento. Además de una visión del aprendizaje de la Ciencia fundamentada en la adquisición de significados académicos.

Cuadro 26. Resultados de la caracterización de la praxis docente al **inicio** de Genética General. (GGC1) (n=25).

Sesión	Contenido	Momento	Evidencias registradas durante diferentes momentos de la clase	Observaciones adicionales registradas
0		Inicio	<u>Profesora:</u> Recibe a los estudiantes, explica el contenido del programa. Señala los aspectos que deben considerar los estudiantes para cada sesión de trabajo y su fiel cumplimiento. Organiza a los estudiantes en equipos de trabajo. Señala, según el horario, las actividades, lecturas básicas, cronograma de pruebas, entre otros.	La profesora entrega el programa sinóptico del curso, su cronograma y plan de evaluación. Recomienda a los estudiantes los libros que se van a consultar en las diferentes unidades.
Clase 1	Genes, Cromosomas y Herencia.	Inicio	<u>Profesora:</u> Señala el papel de los genes en la presencia de los rasgos entre los integrantes de grupos familiares que presenta en láminas y formula preguntas al respecto. ¿Cuál es el papel de los genes en estos ejemplos? E2: <i>La presencia de caracteres como color de los ojos, rasgos físicos, son ejemplos de la información hereditaria que se transmite y que forma parte de los genes.</i> E3: <i>Las personas de las láminas Tienen un parentesco o relación filial, lo cual se observa por ejemplo en sus rasgos físicos. Los genes son entonces los lugares específicos que contienen esa información.</i> E17: <i>Los genes son los que definen los caracteres entre ellos que son el resultado de su herencia biológica, por ejemplo el color de su piel, su aspecto físico.</i> E23: <i>la existencia de determinados genes señala la presencia de determinados caracteres.</i> <u>Profesor:</u> Proyecta láminas de grupos de animales. ¿Que determina la semejanza entre los organismos de una misma especie? E22: <i>Hay características comunes entre los individuos de una misma especie, como se presenta en esta lámina, que sin necesidad</i>	La profesora utiliza láminas en las que son proyectadas imágenes de diferentes grupos de animales y plantas, hongos y seres unicelulares donde se observan características presentes entre ellos. Las láminas visuales refieren caracteres hereditarios. Las mismas se refieren a personas, miembros de una familia.

Sesión	Contenido	Momento	Evidencias registradas durante diferentes momentos de la clase	Observaciones adicionales registradas
			<p><i>de ser miembros de una misma familia tienen características comunes y eso también está expresado como información biológica en los genes, ahora no de familiares sino entre organismos de una misma especie.</i></p> <p>E13: <i>Pero también hay diferencias entre ellos, aún siendo de la misma especie, no todos los individuos de ese grupo de animales o de ese tipo de plantas son exactamente iguales.</i></p>	
Clase 1	Genes, Cromosomas y Herencia.	Desarrollo	<p><u>Profesora:</u> Considera variaciones fenotípicas, entre los miembros de un grupo de peces. ¿Y ahora que podemos señalar a partir de estas imágenes?</p> <p>E1: <i>Bueno que además de existir rasgos comunes que se transmiten de una generación a otra también existen diferencias, entre ellos, las cuales se deben a la información genética que está en los genes de esos peces.</i></p> <p><u>Profesora:</u> ¿Qué significan los términos Herencia, Variación y Diversidad?</p> <p>E1: <i>La Herencia se refiere a los caracteres que se transmiten entre los miembros de una misma familia.</i></p> <p>E10: <i>Es decir es la manera de transmitir información, según ya sabemos son los genes que heredan los hijos de sus padres.</i></p> <p>E5: <i>Variación son diferencias entre los miembros de un grupo, por ejemplo entre los peces de esa lámina. Y Diversidad se refiere a la extensa diversidad de seres vivos.</i></p>	<p>La profesora emplea diversos ejemplos para presentar el concepto de Variación y Diversidad sobre la base del concepto de gen. Utiliza representaciones que muestra en láminas que proyecta.</p>
Clase 1		Cierre	<p><u>Profesora:</u> ¿Qué determina la posibilidad de que existan caracteres que se heredan? o la existencia de variaciones genéticas entre los miembros de una familia o de una especie determinada de plantas?</p> <p>E18: <i>La presencia de cromosomas.</i></p> <p>E23: <i>Más que ellos, es la información contenida en los cromosomas, es decir los genes.</i></p> <p><u>Profesora:</u> Señala lectura acerca de los cromosomas y recuerda la revisión de los aspectos y procedimientos para el trabajo en el laboratorio acerca de los cromosomas politenos en <i>Drosophyla melanogaster</i>,</p>	<p>La profesora conduce las conclusiones del trabajo y asigna lectura específica acerca de los cromosomas.</p>

Cuadro 27. Resultados de la caracterización de la praxis docente al inicio de Genética General (GGC2).

Sesión	Contenido	Momento	Evidencias registradas durante diferentes momentos de la clase	Observaciones adicionales registradas
0	Inicio del curso		<p><u>Profesora:</u> Recibe a los estudiantes, da explicaciones sobre el programa de la disciplina. Informa de los aspectos que deben considerar los estudiantes para cada sesión de trabajo y su fiel cumplimiento. Organiza a los estudiantes en equipos de trabajo. Acuerdan las actividades, lecturas básicas, cronograma de pruebas, entre otros.</p>	<p>La profesora entrega el programa sinóptico del curso, su cronograma y plan de evaluación. Recomienda a los estudiantes los libros que se van a consultar en las diferentes unidades.</p>
Clase 1	Herencia, Cromosomas y Genes.	Inicio	<p><u>Profesora:</u> Utiliza mapas de conceptos para presentar el contenido del curso. ¿Qué importancia que tiene conocer sobre dichos contenidos?</p> <p>E35: <i>Comprender sobre los aspectos específicos de la Herencia biológica.</i></p> <p>E39: <i>Ampliar nuestros conocimientos sobre la transmisión de los caracteres hereditarios.</i></p> <p>E48: <i>Conocer sobre el Genoma.</i></p> <p>E47: <i>Comprender sobre los procesos de transmisión de la información contenida en los genes tanto a nivel celular como de organismos y de poblaciones.</i></p> <p>E50: <i>Aprender técnicas de laboratorio para enseñar en educación Media, así cómo cultivar Drosophyllas</i></p>	<p>Las respuestas de los estudiantes ofrecen elementos para identificar conocimientos previos. La profesora proyecta en láminas los contenidos del curso en un mapa de conceptos.</p>
Clase 1		Desarrollo	<p><u>Profesora:</u> Proyecta láminas de miembros de una familia. Y solicita a los estudiantes formular preguntas considerando la información que en ellas se representa.</p> <p>E49: <i>¿Las semejanzas que se observan entre los miembros de esa familia podría estar relacionada con la herencia de caracteres, según Mendel?.</i></p> <p>E37: <i>¿Los rasgos físicos tienen relación con la información genética que se encuentra en las células de estos seres?</i></p> <p>E25: <i>¿Las diferencias fenotípicas entre los miembros de una misma familia tienen también origen en la información genética que comparten?</i></p> <p><u>Profesor:</u> Proyecta láminas de grupos de animales y de plantas ¿Que interrogantes se pueden plantear a partir de las semejanzas entre los organismos de una misma especie?</p> <p>E22: <i>¿Las características comunes entre animales de determinado grupo o de plantas debe a la información genética que comparten?</i></p>	<p>Proyecta láminas visuales donde se representan diferentes grupos de animales, plantas, hongos y seres unicelulares y sus características presentes. Se observa cómo las docentes inducen a los estudiantes a formular preguntas, lo que requiere de ellos un proceso de mayor complejidad para buscar elementos de sustento a sus preguntas.</p>

Sesión	Contenido	Momento	Evidencias registradas durante diferentes momentos de la clase	Observaciones adicionales registradas
Clase 1	Herencia, cromosomas y genes	Cierre	<p><u>Profesora:</u> Muestra fotografías de variaciones fenotípicas, entre los miembros de un grupo de animales. ¿Y ahora qué podemos señalar a partir de estas imágenes?</p> <p>E47: <i>Tienen rasgos comunes, que se transmiten entre los integrantes de ese grupo de peces, pero ¿hay diferencias, que se deben a la información genética que están en los genes de esos peces?</i></p> <p>E32: <i>¿Qué procesos celulares favorecen la presencia de esas diferencias entre los seres vivos aun entre los integrantes de una misma familia?</i></p> <p><u>Profesora:</u> ¿Qué significan los términos: Herencia, Diversidad y Variación?</p> <p>E 39: <i>Herencia es el mecanismo biológico por el que se transmiten los genes de padres a hijos</i></p> <p>E35: <i>Variaciones son las diferencias de un mismo rasgo entre los miembros de un mismo grupo.</i></p> <p>E37: <i>Diversidad se refiere a la extensa variedad de seres vivos.</i></p>	<p>La profesora emplea diversos ejemplos para presentar el concepto de Variación y Diversidad.</p> <p>Incorpora en la facilitación de la enseñanza: favorecer la formulación de interrogantes, compartir significados mediante la interacción social, uso de diversas estrategias y materiales de enseñanza,</p>
Clase 2	Cromosomas	Inicio	<p><u>Profesora:</u> Proyecta una lámina de esquema que muestra la compactación del ADN, cromatina, cromátidas en cromosomas de organismos eucariontes</p> <p>¿Qué información está representada en este esquema?</p> <p>E34. <i>La compactación del ADN en cromosomas</i></p> <p>Solicita a los estudiantes que formulen preguntas.</p> <p>E 23: <i>¿Cada cromosoma esta formado por el mismo ADN?</i></p> <p>E45 <i>¿Qué diferencia hay entre la cromatina y las cromátidas?</i></p> <p>E26 <i>¿Si en humanos existen 46 cromosomas, quiere decir que una célula tiene 46 moléculas de ADN?</i></p>	<p>La profesora orienta a los estudiantes para plantear preguntas en lugar de respuestas, en función del principio para facilitar el aprendizaje significativo crítico.</p>
		Desarrollo	<p><u>Profesora:</u> Presenta información acerca de la historia y el desarrollo epistemológico del progreso sobre el conocimiento de los genes.</p>	<p>Se incorpora como contenido a tratar aspectos de la historia y la epistemología.</p>

A partir de la información registrada, en los mismos se evidencian variaciones en la praxis docente al inicio de los cursos de Genética General, específicamente en lo que se refieren a la organización del contenido. El primer curso se inicia con los contenidos de genes y diversidad para finalmente llegar a la Herencia biológica, mientras que en el curso GGC2 la organización se plantea desde la Herencia, los cromosomas para llegar a los genes. Además, se utilizan mayor diversidad de recursos, como los mapas de conceptos para presentar la organización de la información; además, de utilizar una mayor diversidad de materiales de apoyo para los estudiantes,

los cuales fueron deliberadamente seleccionados como resultado de los procesos de reflexión entre la investigadora y la docente a partir de la IAP. La evaluación del aprendizaje está centrada en resultados del conocimiento a través de la aplicación de pruebas.

9.5. Praxis docente durante el desarrollo de los cursos de Biología Celular y Genética General

Para abordar el interrogante:

- *¿Qué caracteriza el modelo de enseñanza que emplean los profesores durante el desarrollo de los cursos: Biología Celular y Genética General del IPC-UPEL como resultado de la intervención didáctica?*

Se plantearon las siguientes hipótesis de trabajo.

- La praxis docente de parte de las profesoras durante el desarrollo de los cursos seleccionados se caracteriza elementos de un modelo didáctico constructivo.
- Las actividades de análisis, discusión y reflexión, de parte de la investigadora con las profesoras de ambos cursos, como parte de la intervención didáctica con los docentes, favorecen el desarrollo de actividades planificadas sobre los principios orientadores de la teoría de aprendizaje significativo crítico de Moreira (2005, 2006).

9.5.1. Resultados durante el desarrollo de los cursos de Biología Celular (BCC1 y BCC2) y Genética General (GGC1 y GGC2).

La información acerca de la praxis docente durante el desarrollo de los cursos de Biología Celular se presenta en el cuadro 28, lo cual permite caracterizar el modelo pedagógico que prevalece a partir de lo que sucede en el aula, así como interpretar su posible relación con la IAP.

En el cuadro 29 se presenta información acerca de la praxis docente durante el desarrollo de los cursos de Genética General y en el cuadro 30 se sintetiza la caracterización de la praxis docente en ambos cursos.

Cuadro 28. Caracterización de la praxis docente **durante** los cursos de Biología Celular (BCC1 y BCC2).

Sesión	CONTENIDO	MOMENTO	Evidencias registradas durante diferentes momentos de la clase	Observaciones adicionales registradas
Clase 3	Estructura y función celular	INICIO	<p>Los estudiantes, organizados en equipo, presentan el trabajo que van a desarrollar.</p> <p>Explican las funciones y tipos de células que han seleccionado, muestran el esquema del trabajo que conducirán y desarrollarán en el laboratorio.</p> <p>Explican las diferentes técnicas que cada grupo ha considerado utilizar, según la consulta en diferentes fuentes y de los materiales existentes en el laboratorio.</p>	Se lleva a cabo el trabajo de laboratorio, en el cual se aplican diversos protocolos para la selección de material biológico, instrumentos, etc.
		DESARROLLO	<p>Uno de los equipos trabaja la Reproducción celular.</p> <p>Los estudiantes del grupo 2 (E5, E7, E 18, E25) desarrollan un trabajo práctico, en el laboratorio, con células de cebolla en crecimiento.</p> <p>Montan las láminas microscópicas en las que se hace tinción del núcleo y de cromosomas.</p> <p>Discusión de las prácticas montadas por los grupos:</p> <p>Grupo 2</p> <p>E7: <i>Este es el núcleo celular, aquí está la cromatina (aún no esta condensada en cromatidas) ocupa todo el espacio dentro del núcleo.....En estas células la membrana "desaparece", se condensa la cromatina y se forman las cromatidas que tienen los genes.</i></p> <p>E5: <i>Aquí se observan los cromosomas ya esta condensada la cromatina. Fíjense que lo que se observa no es exactamente lo que se nos presenta en los dibujos de los libros, pues aquí se ven diferentes células en diferentes fases o momentos de división y no como si todas las células estuvieran en la misma fase a un tiempo, esto para mí es nuevo yo pensaba que.....</i></p> <p>E18: <i>Sabemos que en los cromosomas están los genes, pero aquí no se ven. Los genes son estructuras que no se ven con este tipo de microscopio, necesitamos otras técnicas y otros equipos para ver en detalle los cromosomas e identificar en ellos los genes.</i></p> <p>E25: <i>Para ver los genes se necesitaría el microscopio electrónico o quizás otro tipo,....</i></p> <p>Al presentar el trabajo a todo el grupo, el profesor hace preguntas, entre las cuales se seleccionaron las siguientes:</p> <p>Profesora: ¿ Han considerado qué diferencias hay entre cromatina</p>	<p>Cada grupo trabaja en el tema seleccionado</p> <p>Mientras se desarrolla el trabajo en este grupo se produce un proceso de interacción entre los estudiantes y de ellos con la profesora.</p>

Sesión	CONTENIDO	MOMENTO	Evidencias registradas durante diferentes momentos de la clase	Observaciones adicionales registradas
		DESARROLLO	<p>y cromátida?</p> <p>E50: <i>La cromatina es el ADN súper enrollado pero no compactado, se identifica así cuando la célula está en interfase y aún en profase, es decir no se ha compactado.</i></p> <p><u>Profesora:</u> Entonces, ¿qué tienen común?</p> <p>E32: <i>Tanto la cromatina como las cromátidas tienen la información biológica necesaria para que se transmitan los caracteres de padre a hijos; se pueden sintetizar determinadas proteínas y otras sustancias, se de el inicio al desarrollo embrionario, por ejemplo.</i></p> <p>E 45. <i>Uno de los estudiantes formula la siguiente pregunta al grupo: ¿en qué se diferencia la cromatina de las cromátidas?</i></p> <p>No hay respuestas.</p> <p>E35. <u>Continúa</u> mediante la formulación de la siguiente pregunta: <i>Si la cromatina, se observa durante la interfase, ¿qué sucede durante esta fase de la división celular, a nivel de la cromatina?</i></p> <p>E 21: <i>Sabemos que en la interfase es cuando se duplica el ADN, es decir la célula se está preparando para que luego en cada una de las células resultantes se tenga la información.</i></p> <p>E 25: <i>Ah, Claro, esa es la diferencia, la cromatina es el ADN de la célula progenitora y las cromátidas, se refiere al momento cuando ya se ha duplicado la información y se compacta para formar los cromosomas.</i></p> <p>E27: <u>Elabora una nueva pregunta.</u> <i>Entonces ¿ qué hay en las cromátidas?</i></p> <p><i>La información que está contenida en el ADN, ya duplicada y que se va a repartir en las células resultantes.</i></p> <p><u>Profesora:</u> Si la información biológica contenida en la cromatina se duplica y se condensa para formar parte de los cromosomas, ¿qué podríamos decir de ella?</p> <p>E12: <i>que es el ADN.</i></p> <p>E29: <i>Es cierto que está formada por ADN, pero ¿Son entonces los genes?</i></p> <p>E13: <i>¿Es posible decir entonces que los genes representan la información biológica, y que están en los cromosomas?</i></p> <p>E18: <i>Los genes se encuentran por pares y químicamente están formados por ADN.</i></p>	<p>El desarrollo de la interacción permite la formulación de preguntas de parte de algunos de los estudiantes.</p>
			<p><u>Profesora:</u> Observemos las siguientes microfotografías.</p> <p>E35: <i>Son células tratadas con técnicas especiales y donde se pueden identificar organelos dentro de las células que no</i></p>	<p>Proyecta láminas al microscopio electrónico donde se muestran organelos celulares. Células en división y sub-estructuras</p>

Sesión	CONTENIDO	MOMENTO	Evidencias registradas durante diferentes momentos de la clase	Observaciones adicionales registradas
Clase 3		CIERRE	<p>podemos observar con procedimientos simples.</p> <p>E24: En esas láminas se muestran estructuras que no se observan al microscopio óptico</p> <p>E23. Hay estructuras que se reconocen en esas láminas, si esos son cromosomas, allí están los genes, aunque no los veamos...</p> <p>E50: Los cromosomas se observan de diferentes formas, en ellos está la información genética, ella tiene que ver con la secuencia de nucleótidos del ADN.</p>	
Clase 4	<p>Ciclo celular: Núcleo interfásico, membrana nuclear, nucleolo, cromatina. Estructura de los cromosomas. Mitosis. Fases.</p>	INICIO	<p>Los estudiantes trabajan en grupo elaboran mapas de conceptos en los que incorporan contenidos acerca de: Ciclo celular. Núcleo interfásico: Membrana nuclear y nucleolo. Cromatina. Estructura de los cromosomas.</p> <p>Los estudiantes comparten significados en equipo explican sus mapas, realizan nuevas lecturas, acerca del Ciclo celular:</p> <p>E35: <i>En cada una de las células de un organismo, se cumplen una serie de procesos como parte del ciclo celular, que comienza con el proceso de la duplicación del ADN. Ello ocurre antes de fases de la mitosis (profase, metafase, anafase y telofase) tanto en células somáticas (2n) como en la meiosis en células reproductivas (n).</i></p> <p>E28: <i>La duplicación de la información biológica, asegura que la información contenida en el ADN de cada célula madre llegue a las células resultantes.</i></p> <p>E31: <i>Hasta mediados del siglo pasado la interfase se había considerado como un momento sin actividad celular, hoy se sabe que es tal vez uno de los momentos del ciclo celular de mayor actividad ya que allí se asegura la duplicación de la información que de la totalidad de los cromosomas.</i></p> <p>E26: <i>En el núcleo interfásico, la cromatina se duplica...</i></p> <p>E27: <i>La cromatina en la totalidad del ADN que tienen todas las células de un organismo. Si un organismo determinado tiene 46 cromosomas, la cromatina tiene 46 bandas de ADN</i></p>	<p>Estrategias de enseñanza que prevalecen en el aula.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Elaboración de Mapas de conceptos. ▪ Intercambio de opiniones entre los estudiantes. ▪ Exposición de los mapas a todo el grupo. ▪ Observación de láminas elaboradas para presentar los mapas de parte de cada uno de los estudiantes. <p>Los estudiantes analizan diferentes textos en diversas fuentes acerca de: el ciclo celular, el núcleo interfásico, La información registrada durante la clase permite a la investigadora considerar posibles actividades para la intervención con los estudiantes.</p>
		DESARROLLO	<p><u>Profesora</u> :¿Qué significado tiene el término División Celular?</p> <p>E6: <i>Es el proceso por el cual una célula se divide y da origen a otras células de igual característica</i></p> <p>E22: <i>Yo considero que el término división celular no es el mas adecuado, debemos hablar de reproducción celular, pues en él se duplican tanto los componentes estructurales de las células como la información biológica que está contenida en los cromosomas y al final del proceso las células resultantes (dos por cada célula</i></p>	<p>Emplea dibujos y otras representaciones externas donde muestra a los estudiantes las Fases de la MITOSIS.</p> <p>Los estudiantes utilizan láminas preparadas sobre las fases de la MEIOSIS. Este proceso es explicado por uno de los equipos, tema que fue asignado previamente. El profesor solicita al grupo completo que se señalen semejanzas y</p>

Sesión	CONTENIDO	MOMENTO	Evidencias registradas durante diferentes momentos de la clase	Observaciones adicionales registradas
			<p><i>somática 2n) tienen tanto sus estructuras como la información genética.</i></p> <p>Mitosis. La profesora presenta el contenido sobre la Mitosis, sus fases. Procesos y productos.</p> <p>Meiosis. El contenido acerca de la Meiosis es tratado a través de exposición preparada por un equipo de estudiantes.</p>	diferencias entre ambos procesos
Clase 5	Síntesis de ARN en procariontes y eucariontes. Procesamiento de los ARN. Estructura y función del ARN. Estructura y composición química de los ribosomas	DESARROLLO	<p><u>Profesora</u> presenta el contenido y formula preguntas al respecto. Los estudiantes participan respondiendo los planteamientos que sobre el tema hace el profesor o elaborando preguntas sobre dicho contenido.</p> <p>Profesora: ¿Qué elementos de la síntesis del ARN podemos señalar?</p> <p>E39: <i>La síntesis del ARN es un proceso que ocurre en el citoplasma celular, el mismo ocurre, a partir de cada una de las bandas del ADN, cuando se duplica.</i></p> <p>E35: <i>En la síntesis participan las enzimas necesarias (ARN sintetiza) este proceso se ha llamado transcripción de la información. Biológica y es previo a la síntesis de proteínas</i></p> <p>E42: <i>En el proceso de síntesis de proteínas, participan otros tipos de ARN, el ARN ribosomal y el ARN de transferencia, por ejemplo. El ARN mensajero tiene la información que fue copiada, por decirlo así del ADN en seres eucariontes.</i></p> <p><u>Profesora</u>: ¿Que información se transcribe del ADN al ARN?</p> <p>E27: <i>Lo que cada gen señale, es decir, si la información biológica esta contenida en los genes, entonces se transcriben los distintos tipos de genes: Intrones, exones y si nos referimos a sus funciones genes D y genes P.</i></p>	Utiliza láminas, proyecciones y material impreso como recursos para explicar y solicitar a los estudiantes el análisis y procesamiento de la información.
Clase 5	Código Genético. Propiedades y evidencia experimental. Síntesis proteica en procariontes y eucariontes. Importancia de los poli-ribosomas	DESARROLLO	<p><u>Profesora</u> solicita a los estudiantes, buscar información en diferentes fuentes acerca de historia de la Biología en cuanto al significado del código genético.</p> <p>Los estudiantes organizan diferentes maneras de presentar la información empleando la estrategia de seminario.</p> <p>E34: <i>El código genético es la manera como se encuentra la información en las secuencias de nucleótidos (tripletes) varios cientos de tripletes contienen los aminoácidos que formarán determinada proteína.</i></p>	Los estudiantes elaboran una línea del tiempo y señalan los diferentes aportes para llegar a establecer el significado del código genético Resaltan el trabajo de los científicos en su desciframiento.

Cuadro 29. Caracterización de la praxis docente **durante** los cursos de Genética General (GGC1 y GGC2).

Sesión	CONTENIDO	MOMENTO	Evidencias registradas durante diferentes momentos de la clase	Observaciones adicionales registradas
1		INICIO	<p><u>Profesora:</u> Muestra láminas, fotos y otras representaciones externas sobre Variaciones entre los miembros de una misma familia humana. Plantea, ¿Y ahora, qué podemos señalar de las observaciones de estas imágenes de miembros de una misma familia?</p> <p>E1: <i>Bueno que además de existir rasgos comunes que se transmiten de una generación a otra también existen diferencias, entre ellos, las cuales se deben a posibles cambios, como consecuencia de la interacción entre la información que se recibe de ambos progenitores</i></p> <p>E10: <i>Esa información , según ya sabemos son los genes</i></p> <p>E16: <i>Aunque muchas veces lo que determina la presencia de cierto rasgo tiene que ver además con el ambiente.</i></p>	<p>La profesora emplea diversidad de ejemplos en fotografías, que proyecta para comenzar la presentación del contenido.</p> <p>Las respuestas de los estudiantes y las explicaciones permiten a la profesora identificar conocimientos previos de los estudiantes y a la investigadora registrar elementos que pueden orientar sobre el significado del concepto de gen en este curso.</p>
2	Genes cromosomas y Herencia	DESARROLLO	<p><u>Profesora:</u> ¿Qué son los genes, y dónde se localizan?</p> <p>Hasta ahora hemos dicho que los genes son la información biológica, cuyo sustrato bioquímico es el ADN, en los seres eucariontes y el ARN en la mayoría de los procariontes. ¿Donde está aquí la información?</p> <p>E7: <i>En las células de los seres eucariontes, específicamente en las sexuales.</i></p> <p>E23: <i>Bueno, yo pienso que no sólo en las células sexuales, pues en las células somáticas también, es decir, la información esta en todas las células, tanto de seres unicelulares (procariontes) como de organismos pluricelulares (eucariontes)</i></p> <p>E19: <i>Los genes son segmentos del ADN que contienen la información biológica para permitir la herencia de caracteres específicos de padres a hijos.</i></p> <p><u>Profesora:</u> ¿Para qué funciones se requiere la información biológica contenida en los genes?</p>	<p>Las intervenciones de los estudiantes permitieron identificar conocimientos previos que pudieran ser obstáculos para la construcción de significados en este curso.</p> <p>La información registrada por la investigadora, se considera para organizar la intervención con los estudiantes, y la discusión con la docente en la intervención, objeto de la investigación</p>
2	Genes, cromosoma	DESARROLLO	<p>E32: <i>Para la herencia de caracteres fenotípicos.</i></p> <p>E46: <i>Para que se puedan cumplir determinados aspectos estructurales, es decir, lo que se señala en los genes D (del desarrollo).</i></p> <p><u>Profesora:</u> ¿Quiere decir que, hay diferentes tipos de genes?</p> <p>E1: <i>Existen genes dominantes, genes recesivos, genes intrones, genes exones, genes P, genes D, genes sin sentido, entre otros.</i></p> <p>E18: <i>Hay genes con información que es dominante y hay genes recesivos.</i></p>	<p>Se utilizan varios materiales impresos, con información que los estudiantes procesan de manera individual. Luego se organizan en parejas, para compartir significados, y elaborar mapas de conceptos que luego presentan al grupo completo.</p> <p>La información registrada por la</p>

Sesión	CONTENIDO	MOMENTO	Evidencias registradas durante diferentes momentos de la clase	Observaciones adicionales registradas
			<i>E6: Depende de las características biológicas a la cual nos estemos refiriendo, así hay genes que tienen que ver con la expresión fenotípica (genes P), hay genes que tienen información específica para, por ejemplo, ser la iniciación de ciertos procesos de formación de células específicas durante el desarrollo embrionario (Genes D). E8: Hay genes reguladores (no se transcriben). Genes estructurales (se transcriben, hay genes represores de cierta información.</i>	investigadora, fue considerada para organizar la intervención con los estudiantes y selección de actividades a llevar a las clases por parte de las docentes
3	Genes, cromosoma	CIERRE	Profesora: Da orientaciones a todo el grupo acerca del trabajo que se llevará a cabo en el Laboratorio, referido a la extracción y tinción de cromosomas de glándulas salivares de larvas de <i>Drosophyla melanogaster</i> .	La profesora señala y recuerda la lectura del material: Guía de trabajo del laboratorio, para observación de cromosomas politenos.
4	Genes Cromosoma	INICIO. DESARROLLO. CIERRE.	Los estudiantes dedican la sesión de clase al trabajo de extracción, tinción y la observación de cromosomas politenos de las glándulas salivares de la <i>Drosophyla melanogaster</i> . Elaboran el informe que deben presentar y discutir en la sesión siguiente.	El trabajo se desarrolla en equipos previamente organizados, dentro de cada grupo los estudiantes tienen actividades distribuidas para lograr la extracción, tinción y la observación de cromosomas de larvas de <i>D.m</i> .
5	Cromosoma Cromosomas	INICIO. DESARROLLO. DESARROLLO	Cada grupo organiza los materiales elaborados para exponer los informes del trabajo sobre los cromosomas politenos de las <i>D.m</i> . Los estudiantes presentan el informe de cada equipo. <u>Grupo 3.</u> E19: <i>El trabajo nos ha permitido extraer cromosomas de las glándulas salivares de las mosquitas de la fruta, en ellos se encuentran los genes.</i> E17: <i>La finalidad de dicha extracción es observar cromosomas a partir de materiales vivos. Para nosotros esta ha sido una actividad que no habíamos llevado a cabo antes, en ninguna otra asignatura y menos aún durante nuestros estudios de bachillerato...</i> E13: <i>En el cromosoma que hemos extraído se observan unas bandas de dos tonalidades, esas bandas contienen los genes.</i> <u>Grupo 2.</u> En el proceso del desarrollo del conocimiento biológico, E3: <i>En la Biología como ciencia. Una vez que se comprendió que el ADN alberga la información genética ha sido determinante cómo el ADN se organiza para contener la información que constituyen los genes y cómo se organizan los genes en los cromosomas.</i> E2: <i>Hoy la Biología está centrada en conocer cómo se organiza el</i>	La profesora atiende a las presentaciones de cada grupo, y registra los aspectos que al cierre de la actividad, serán objeto de la discusión grupal. Las observaciones registradas servirán de insumos para el trabajo con los estudiantes fuera del aula- La investigadora organiza la intervención con los estudiantes considerando los aspectos que se requieren analizar en profundidad para cada estudiante.

Sesión	CONTENIDO	MOMENTO	Evidencias registradas durante diferentes momentos de la clase	Observaciones adicionales registradas
		<p align="center">CIERRE</p>	<p><i>material genético en genomas de diferentes organismos biológicos.</i></p> <p><u>Grupo3</u> <i>Aunque la organización, significado de la información de los genes en los cromosomas, ha sido el objeto de la Genética, hoy se centran los estudios en determinar la secuencia de los genes en el Genoma, es decir de la información que hay en los organismos de diferentes especies.</i></p> <p><u>Profesora:</u> <i>¿Qué tipo de cromosoma es el de la larva de la D.m?</i> <i>¿A que responde esta estructura que es común entre los insectos?</i> E22: <i>Es un cromosoma politeno, es decir, puede observarse con relativa facilidad en el núcleo de las células en interfase, con el microscopio simple.</i> E24. <i>Un cromosoma politeno está formado por los homólogos apareados, de ahí que su tamaño y su apariencia se deben a que están constituidos por muchas cadenas de ADN que no se han separado aún.</i> E18: <i>El ADN de los homólogos apareados pasa por diversas rondas de replicación, pero sin que las bandas o cadenas de ADN se separen y sin que ocurra aún la división del citoplasma.</i> E13: <i>Un cromosoma de este tipo puede contener de 1.000 a 5.000 cadenas de ADN en paralelo.</i></p> <p><u>Profesora:</u> <i>¿Qué son las bandas que se identifican en un cromosoma politeno?</i> E6: <i>La serie lineal de bandas e interbandas alternadas a lo largo del politeno es específica de una especie determinada. Allí están los genes.</i></p> <p><u>Profesora:</u> <i>Las bandas se llaman cromómeros, ellas fueron inicialmente interpretadas como la manifestación visible de los genes concretos.</i> Sin embargo, hoy se considera que las mismas son lugares donde ocurre la desesperilización (pluffs) y no se tiene claro aún cuantos genes hay en cada banda.</p>	<p>La discusión se basa en las observaciones que se registraron durante la presentación de los trabajos por parte de los estudiantes de cada grupo.</p> <p>La profesora utiliza imágenes del tipo de esquemas donde se observan los pluffs y cómo están organizados.</p>

Sesión	CONTENIDO	MOMENTO	Evidencias registradas durante diferentes momentos de la clase	Observaciones adicionales registradas
6	MITOSIS	INICIO	<u>Profesora:</u> En eucariontes, el ADN y las proteínas histonas se organizan en cromosomas, los cuales se observan en determinadas fases de la mitosis y de la meiosis. Con la participación de los estudiantes se analizan cada una de las etapas o niveles de organización que conducen a la conformación de los cromosomas.	Profesora proyecta láminas de cromosomas. A partir de la microfotografías electrónicas, donde se señala nucleosomas, cromatina. Cromátidas, según las fases. Proyecta la representación gráfica del modelo general de asociación de histonas, ADN en nucleosoma.
		DESARROLLO	<u>Profesora:</u> Explica al grupo cada una de las Fases de la Mitosis. Durante su exposición solicita la intervención de los estudiantes, quienes evocan sus conocimientos adquiridos durante el curso de Biología celular.	Se proyectan imágenes de células en Mitosis y se contrastan con un esquema explicativo del tipo de Dibujos.
		CIERRE	Se asigna a los estudiantes, la organización de una clase para enseñar la Mitosis a estudiantes de educación Básica y de educación Media.	Los estudiantes se organizan en equipos para desarrollar la actividad.
7	MITOSIS Y MEIOSIS	INICIO	Los estudiantes presentan sus trabajos sobre la Mitosis.	Los estudiantes utilizan los recursos elaborados para ser utilizados con posibles estudiantes de educación Básica y educación Media.
		DESARROLLO	<u>Profesora:</u> Expone la Meiosis, sus fases, características.	Profesora, utiliza láminas de representaciones de fases de la meiosis. Los estudiantes atienden y registran información en sus cuadernos.
		DESARROLLO	<u>Profesora:</u> Solicita señalar semejanzas y diferencias entre ambos procesos de división celular: Mitosis y Meiosis. E1: <i>La mitosis ocurre en las células somáticas, mientras que en las células sexuales se lleva a cabo la meiosis.</i> E12: <i>Ambos procesos ocurren en las células de animales y plantas.</i> E15: <i>Las células resultantes de la meiosis son haploides (n) y en la</i>	La investigadora registra las repuestas de los estudiantes que participan de manera voluntaria. Entre las cuales identifica posibles obstáculos para ser considerados tanto en la intervención con estudiantes como con la docente.

Sesión	CONTENIDO	MOMENTO	Evidencias registradas durante diferentes momentos de la clase	Observaciones adicionales registradas
		DESARROLLO	<p><i>mitosis diploides (2n).</i></p> <p>E22: <i>Tanto en la mitosis como en la meiosis se llevan a cabo procesos de transmisión, recombinación de información que se transfiere de celulas madres a células hijas.</i></p> <p>E35: <i>En los procesos de división celular: mitosis y meiosis, se llevan a cabo etapas o fases (interfase, profase, metafase, anafase, telofase) sin embargo, en la meiosis se llevan a cabo dos procesos uno de duplicación de la información contenida en los genes y otra serie de fases que permiten el intercambio y recombinación de la misma con la reducción de numero diploide (2n) a número haploide (n.).</i></p> <p>E45: <i>La meiosis es el proceso de reproducción celular que se lleva a cabo en aquellos organismos que se reproducen sexualmente, es decir, que requieren la formación de gametos.</i></p> <p>E48: <i>La mitosis es el proceso de reproducción celular que tiene lugar en las células somáticas de todos los organismos eucariontes, no solo en animales y en plantas.</i></p> <p>E27: <i>En ambos procesos, el punto de partida es la duplicación de la información, es decir, antes de la división de las células, ello ocurre al duplicarse la cromatina. E43: En las especies unicelulares, como las bacterias y las levaduras, cada división de la célula produce un nuevo organismo. Es especies pluricelulares se requieren muchas secuencias de divisiones celulares para la formación de un nuevo individuo; la división celular también es necesaria en el cuerpo adulto para reemplazar las células perdidas por desgaste, deterioro o por muerte celular programada.</i></p> <p>Profesora: <i>¿Cómo podemos asociar ambos procesos con el ciclo celular?</i></p> <p>E47: <i>Ciclo celular es la serie de eventos que se llevan a cabo tanto para el crecimiento de la célula como para la división celular.</i></p> <p>E36: <i>La división celular, es parte del ciclo celular, es decir, dentro del ciclo celular se lleva a cabo la mitosis.</i></p> <p>E48: <i>Además de la mitosis y la meiosis, hay otras formas de división celular, por ejemplo la fisión binaria en las células de procariontes,</i></p>	<p>En el segundo grupo GGC2 (25 a 50) la discusión gira en torno a las características de los organismos en los cuales estos procesos ocurren y se identifican conocimientos, entre los estudiantes, que pudieran ser considerados ideas alternativas, tales como:</p> <p>-Asociar la mitosis y la meiosis de manera exclusiva a células de animales y de plantas, sólo algunos estudiantes señalan que son procesos que también ocurren en células de otros organismos tales como los hongos, las bacterias.</p> <p>-Asociar a la meiosis como proceso que ocurre solamente en la formación de gametos en humanos.</p> <p>-La tendencia, entre los estudiantes del grupo de estudio, por considerar a la meiosis y la mitosis como procesos de reproducción celular, asociados principalmente con la formación de nuevos seres a partir de la fecundación, sin llegar a establecer relación de la mitosis con procesos de crecimiento, reparación de tejidos, entre otros.</p> <p>Estos conocimientos identificados, entre algunos de los estudiantes seleccionar y conducir acciones específicas para la reflexión en las sesiones</p>

Sesión	CONTENIDO	MOMENTO	Evidencias registradas durante diferentes momentos de la clase	Observaciones adicionales registradas
			<p><i>allí también tiene que duplicarse la información contenida en genes.</i></p> <p><i>E27: Entonces, en células de organismos procariontes ocurren procesos de duplicación de la información contenida en los genes, igual que ocurre en los seres eucariontes donde los procesos de división celular característicos son la mitosis y la meiosis.</i></p> <p>Profesora: A pesar de las diferencias entre procariontes y eucariontes, existen elementos en común en los procesos de división celular de ambos tipos de organismos, los cuales se refieren a: la duplicación del ADN (como sustrato bioquímico de los genes); la separación del ADN inicial de su réplica y la separación de la célula resultante de su progenitora.</p>	<p>específicas fuera del aula.</p>

9.6. Interpretaciones finales

Como resultado del estudio, es posible señalar que al **inicio** de los cursos de Biología Celular y Genética General se presentan elementos de aspectos psico-didácticos y epistemológicos que señalan la combinación de “modelos didácticos”: transmisor y empirista, no encontrándose elementos de un enfoque constructivo de la enseñanza.

En la reflexión con los docentes y a partir del registro de las observaciones en el aula, durante las clases de Biología Celular (BCC1 y BCC2) y Genética General (GGC1 y GGC2) los docentes incorporaron diversos tipos de materiales educativos: materiales impresos, libros para la consulta, reportes de investigaciones; materiales visuales (láminas, fotografías, microfotografías electrónicas, esquemas, y dibujos), materiales electrónicos publicados en la *web*. Esta diversidad de materiales educativos, según señala Moreira (2005; 2006) son favorables a la adquisición del aprendizaje significativo crítico.

A partir de la IAP, se incorpora una diversidad de estrategias de enseñanza, por parte de los profesores lo cual enriquece los aspectos psico-didácticos de la enseñanza, sus procedimientos, finalidad y organización. El uso de mapas de conceptos con fines de enseñanza, y como recursos de aprendizaje y de evaluación del aprendizaje son parte de los medios y estrategias que se consideraron en el desarrollo de los cursos. Sin embargo, no se evidencia la incorporación de otros aspectos metodológicos que permitan señalar la adopción total de un modelo didáctico constructivo.

En el **desarrollo de ambos cursos** y como parte de la intervención didáctica construida a partir de la IAP, se incorporaron contenidos acerca del desarrollo histórico y epistemológico de la Biología que inicialmente no formaban parte del contenido establecido en los programas de estudio de ambas asignaturas, además, se condujeron sesiones de análisis sobre los actuales desafíos a los cuales se enfrenta el significado del concepto de gen predominante por más de un siglo.

Esta manera de considerar contenidos acerca de la historia y epistemología de la ciencia, muestra una visión distinta sobre la ciencia, la actividad científica y el papel de los científicos, que según Andrés (2005) requiere mayor atención entre los docentes de ciencias. Como herramienta para organizar y secuenciar el contenido, las docentes incorporaron el uso de mapas de conceptos para la jerarquización, diferenciación progresiva y diferenciación reconciliadora de la información, lo cual permite organizar una enseñanza potencialmente significativa de los contenidos asociados al concepto de gen, según los principios señalados por Ausubel (2002).

Durante el desarrollo y al final de los cursos se identifica un significado de aprendizaje de la ciencia, fundamentado en la adquisición de significados académicos, y del aprendizaje de procedimientos y actitudes, lo cual se corresponde con elementos de “modelos didácticos”, tanto de tipo empirista y como constructivista. En el curso de Biología Celular, predomina una metodología de enseñanza contextual relevante para los estudiantes considerando el enfoque: Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS). En el

curso de Biología Celular, al igual que en Genética General, se considera la presentación de conocimientos científicos y la ejercitación, lo cual señala una metodología de enseñanza que combina elementos de diversos “modelos didácticos”.

En cuanto a la evaluación de los aprendizajes, en ambos cursos, se consideraron tanto los productos, a través de los mapas de conceptos, las representaciones gráficas, las respuestas a situaciones específicas y de las pruebas escritas del tipo de pruebas de conocimiento, como la evaluación de los procesos que siguen los estudiantes a lo largo de los cursos. Se emplearon actividades evaluativas de tipo cualitativo, cuantitativo y participativo, los cuales se corresponden con elementos de los “modelos didácticos” transmisor y constructivista. La evaluación de la enseñanza, en ambos cursos, fue planteada por las docentes como hipótesis de trabajo, lo cual permitió en diferentes momentos reconsiderar la manera de reorganizar las clases, tomar decisiones sobre los materiales educativos, entre otros.

Los aspectos identificados en la organización, forma de secuenciar la información, y manera de conducir las actividades de los cursos para ambas asignaturas proporcionan información esencial para interpretar los procesos de enseñanza y de aprendizaje durante la evolución de significados del concepto de gen, entre estudiantes de educación superior de la carrera docente de Biología en la UPEL-IPC de Venezuela.

Es posible señalar que las actividades de análisis, discusión y reflexión, por parte de la investigadora con ambas profesoras, como parte de la intervención didáctica con las docentes, favoreció el desarrollo de actividades de enseñanza, que fueron planificadas según los principios orientadores de la teoría de aprendizaje significativo crítico de Moreira (2005; 2006).

Cuadro 30. Síntesis de la caracterización de la praxis docente durante los cursos de Biología Celular y Genética General.

DOCENTE	Dimensión epistemológica		Dimensión Psico-didáctica	
		Resultado		Resultado
Profesora de Biología Celular (BCC1 y BCC2).	Naturaleza de la Ciencia	Post-Positivista	Enseñanza-Procedimiento	Exposición Ejercitación Experimentación Variedad de recursos y procedimientos(a) Docente Mediador(a)
	Naturaleza de la ciencia escolar	Observación Análisis de Problemas Trabajo colectivo	Enseñanza-Finalidad	Facilitar el aprendizaje de procesos y significados de la ciencia
		Asimilación de significados académicos	Enseñanza Organización	Contextual Enfoque CTS
		Aprendizaje de procedimientos	Enseñanza	Transmisión verbal de los contenidos

DOCENTE	Dimensión epistemológica		Dimensión Psico-didáctica	
		Resultado		Resultado
	Aprendizaje de la Ciencia	y actitudes	Metodología	Actividades inductivas Investigación de problemas relevantes para el estudiante.
		Evaluación	Del aprendizaje	Medida de productos a través de exámenes, Cualitativa, cuantitativa y participativa
			De la enseñanza	Enseñanza como hipótesis de trabajo a ser evaluada en forma sistemática durante el proceso. Para reorientar la enseñanza.
Profesora de Genética General (GGC1 y GGC2)	Naturaleza de la Ciencia	Racionalista	Enseñanza Procedimiento	Exposición Ejercitación y Práctica Variedad de recursos y procedimientos (b) Docente Científico.
	Naturaleza de la Ciencia Escolar	Análisis de Problemas Trabajo Colectivo (b).	Enseñanza Finalidad.	Presentar conocimiento. Facilitar el aprendizaje de procesos y significados de la ciencia.
	Aprendizaje de la ciencia	Asimilación de significados Académicos Aprendizaje de procedimientos y actitudes (b). Evaluación.	Enseñanza Organización.	Transmisión verbal de los contenidos. Actividades Inductivas. Manejo de Instrumentos.
			Del aprendizaje.	Medición de productos a través de exámenes Cualitativa, cuantitativa y participativa.
			De la Enseñanza.	Enseñanza como hipótesis de trabajo a ser evaluada en forma sistemática durante el proceso (b) .

(a) Aspecto surgido durante BCC2
(b) Aspecto surgido durante GGC2

A partir de la información del cuadro anterior, es posible señalar la existencia de evolución en la praxis de las docentes, a partir de la intervención didáctica aplicada con las profesoras de ambos cursos

CAPITULO 10

EVOLUCIÓN DE SIGNIFICADOS DEL CONCEPTO DE GEN ENTRE ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN SUPERIOR DE LA CARRERA DOCENTE DE BIOLOGÍA EN LA UPEL-IPC DE VENEZUELA

CAPITULO 10

EVOLUCIÓN DE SIGNIFICADOS DEL CONCEPTO DE GEN ENTRE ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN SUPERIOR DE LA CARRERA DOCENTE DE BIOLOGÍA EN LA UPEL-IPC DE VENEZUELA

En este capítulo se refiere el estudio llevado a cabo con la intención de identificar significados del concepto de gen que tienen inicialmente y el que construyen los estudiantes de educación Superior de la carrera de formación de docentes de Biología, en la Universidad Pedagógica Experimental Libertados (UPEL) en el Instituto Pedagógico de Caracas en Venezuela, durante el desarrollo de los cursos de Biología Celular y Genética General, a partir de la intervención llevada a cabo con estudiantes y profesores, como parte de la Investigación Acción Participativa (IAP), que fue conducida durante dos semestres consecutivos. En el mismo se presenta la metodología utilizada, procedimientos, instrumentos, resultados y su interpretación a la luz de los referentes teóricos seleccionados.

10.1. Introducción

En el campo de la Biología, la epistemología del concepto de gen muestra, en primer término, una vinculación de su significado con el conocimiento de la herencia biológica al tratar de comprender cómo se transmiten los caracteres externos (fenotipo) de padres a hijos, de ahí que su significado se relacione inicialmente con la posibilidad de explicar regularidades y patrones asociados a la misma, lo cual, condujo al desarrollo de la Genética clásica hacia finales del siglo XIX y a los avances de la biotecnología durante la primera parte del siglo XX. Las investigaciones en estos campos de la Biología permitieron identificar y profundizar sobre las estructuras celulares y sus funciones específicas en los sistemas vivientes y, especialmente, sobre el núcleo celular y los cromosomas, fortaleciendo el campo de la Biología Celular.

Como parte de este dinámico proceso de desarrollo del conocimiento científico, durante la mayor parte del siglo XX, en el campo de la Genética, la Biología Molecular y la Biología Celular, se vincula el concepto de gen, como “información biológica” contenida en los ácidos nucleicos (ADN y ARN), lo cual condujo a profundizar en el estudio de éstas bio-moléculas y en la formulación del modelo estructural del ADN. En el campo de la Biología Molecular, el significado del concepto de gen se asocia con los procesos celulares y mecanismos de duplicación, transcripción y traducción de la información contenida en el ADN, formación del ARN y procesos de síntesis proteica. En este sentido, su epistemología está asociada al desciframiento del código genético, la identificación y secuenciación de los genes, al desciframiento del Genoma y sus implicaciones biotecnológicas.

Actualmente el conocimiento biológico aceptado sobre el concepto de gen, si bien se considera como “información biológica” que se transcribe y traduce en una variedad de proteínas, también se asocia a diversos procesos y funciones que tienen lugar en los sistemas vivos, lo que ha llevado a los científicos, a plantear la revisión de su significado, como producto de la existencia de una variedad de genes con multiplicidad de posibilidades de expresión, más allá de sus implicaciones en la transmisión de caracteres hereditarios y la síntesis de proteínas específicas, para dar apertura a una postura de mayor amplitud en cuanto a sus significados iniciales.

La epistemológica del concepto de gen y su consideración como “información biológica” con diversas posibilidades de expresión, requiere en el campo educativo, considerar una posición distinta y reflexiva con respecto a su conocimiento e introducir cambios en la manera de conducir su enseñanza, que facilite su comprensión como conocimiento en construcción y considerar a la ciencia como actividad humana que intenta comprender diversos fenómenos asociados con la Biología, la tecnología y sus implicaciones sociales.

En este sentido se considera importante, en la formación de los profesores de Biología, incluir en los programas de estudio contenidos que les permita comprender acerca de la evolución de los significados del concepto de gen, sus implicaciones en la construcción del conocimiento, así como conocer los principios para organizar y orientar una enseñanza potencialmente significativa y crítica de este concepto, para favorecer aprendizajes significativos críticos entre estudiantes de los niveles de educación Básica y Media, con los cuales deberá desempeñarse en su labor docente.

10.2. Cuestiones foco

Con la finalidad de conocer acerca de la evolución progresiva del concepto de gen entre estudiantes de Biología, se llevó a cabo un proceso de Investigación Acción Participativa, que forma parte de la segunda fase del trabajo que se expone en ésta Tesis Doctoral. La investigación fue realizada durante dos cursos consecutivos en las asignaturas de Biología Celular y Genética General (BCC1/GGC1 y BCC2/GGC2), en las que participan como actores cincuenta estudiantes regulares de los cursos, durante los semestres académicos (2006 I / 2006 II y 2006 II/ 2007 I), así como las docentes de dichos cursos y la investigadora.

El estudio pretendió identificar e interpretar los significados del concepto de gen que tienen los estudiantes al inicio de los cursos (significados previos) y aquellos que se construyen durante el desarrollo de los mismos (evolución de significados del concepto de gen).

Los interrogantes formulados fueron:

- ¿Qué significados, acerca del gen, tienen los estudiantes del IPC-UPEL al inicio del desarrollo de los cursos de Biología Celular y Genética General?
- ¿Qué significados del concepto de gen construyen los estudiantes universitarios de la carrera docente de Biología del IPC?, y ¿cómo evolucionan durante el desarrollo de los cursos de Biología Celular y Genética General?
- ¿Qué incidencia puede tener la intervención didáctica construida, sobre la base de la investigación acción participativa (IAP) en la progresiva evolución del concepto de gen, entre los estudiantes de ambos cursos?

Los cuales condujeron a plantear las siguientes hipótesis de trabajo:

- Los significados del concepto de gen, que construyen los estudiantes de educación Superior de la carrera docente de Biología, se relaciona con la intervención didáctica construida durante la IAP, de acuerdo a los principios del aprendizaje significativo (Ausubel, 2002), las orientaciones para facilitar el aprendizaje significativo crítico de Moreira (2005) y la interrelación de los elementos del acto educativo considerados por Novak (1981; 1992).
- Los significados del concepto de gen, que construyen los estudiantes de educación Superior, se corresponden con los conocimientos biológicos aceptados actualmente por la ciencia (CBA).
- Las acciones surgidas durante la Investigación Acción Participativa con estudiantes y profesores podrían favorecer una evolución de los significados del concepto de gen en los estudiantes aproximándose a la concepción reconocida actualmente por la comunidad científica (CBA).
- La construcción de una propuesta de enseñanza fundamentada en los principios del aprendizaje significativo crítico del concepto de gen, es posible obtenerla como resultado del proceso constructivo en la Investigación Acción Participativa.

Los objetivos formulados para ello fueron:

- Identificar los significados iniciales que tienen los estudiantes universitarios de la carrera docente de Biología del IPC sobre el concepto de gen y cómo los mismos evolucionan durante el desarrollo de cursos consecutivos de Biología Celular (BCC1/BCC2) y Genética General (GGC1/GGC2).
- Indagar sobre posibles obstáculos y elementos facilitadores en la comprensión, adquisición y dominio del concepto de gen entre los estudiantes.

- Estudiar la progresiva evolución del concepto de gen construido por los estudiantes, a través de una diversidad de instrumentos y situaciones de enseñanza con niveles de complejidad diversos.
- Identificar criterios orientadores para la propuesta de tareas de aprendizaje pertinentes para promover el desarrollo de nuevos esquemas de acción en los estudiantes.

10.3. Metodología

En consideración al paradigma metodológico que sustenta la Investigación Acción Participativa (IAP), la investigadora participa en la búsqueda de elementos concretos que faciliten conocer y analizar críticamente los significados acerca del concepto de gen entre los estudiantes del grupo de estudio, en cada momento y en el contexto, así como proponer acciones didácticas con los estudiantes y los profesores, que permitan facilitar el aprendizaje significativo crítico de este conocimiento fundamental de la Biología.

Según los planteamientos de Scribano (2008), se consideró la IAP como una estrategia de investigación interpretativa cualitativa. Su aplicación permitió observar a los estudiantes durante su participación en el aula y fuera de ella, identificar conocimientos previos, los elementos para la caracterización de estilos de enseñanza de las profesoras, identificar los materiales educativos y contenidos considerados en los programas de estudio, actividades de enseñanza desarrolladas en cada uno de los cursos, respuestas y actividades de los estudiantes, en consideración de los elementos del acto educativo y sus interacciones planteados por Novak (1992). De esta manera, fue posible construir una imagen lo más realista posible de los hechos, reflexionar críticamente sobre los mismos e intervenir en el proceso, según se describió en capítulo anterior de esta Tesis.

El registro y análisis de las observaciones y resultados de la aplicación del cuestionario inicial, acerca del significado del concepto de gen, su importancia para la vida y como conocimiento biológico, permitió seleccionar y llevar a cabo con los estudiantes una serie de actividades didácticas con materiales educativos específicos, en espacios y momentos fuera del aula. A partir de las cuales, se tomaron decisiones que condujeron a planificar la intervención con las profesoras de ambos cursos.

La participación de la investigadora, junto a las profesoras de los cursos, permitió identificar, describir, indagar e intervenir para tratar de comprender sobre el significado del concepto de gen y su evolución, entre los estudiantes de Biología de

educación Superior del Instituto Pedagógico de Caracas, en la Universidad Pedagógica Experimental Libertador de Venezuela.

10.3.1. Grupo de estudio.

El grupo total estuvo conformado por cincuenta estudiantes, distribuidos en dos subgrupos (Ei y Eii) con 25 estudiantes cada uno. Los participantes cursan entre el 7° y el 9° semestre de la carrera, por eso, su situación de estudiantes próximos a graduarse. Previamente a la realización de la investigación se les informó acerca del propósito de la misma, sus objetivos y actividades previstas, ante lo cual expresaron formalmente su aceptación a participar.

Seguidamente, en el cuadro 31, se presentan los aspectos organizativos acerca de los cursos, los profesores, los subgrupos de estudiantes, y los semestres en los que se llevó a cabo la investigación.

Cuadro 31. Aspectos organizativos, profesores y estudiantes que integran los subgrupos de cada curso.

Cursos	Código	Profesor	Numero de estudiantes	Sub. grupo	Numeración	Semestre/ período académico
Biología Celular	BCC1	P1	25	Ei	1 al 25	2006 I
	BCC2		25	Eii	26 al 50	2006 II
Genética General	GGC1	P2	25	Ei	1 al 25	2006 II
	GGC2		25	Eii	26 al 50	2007 I
Total de estudiantes			50			

Tal y como se observa en el cuadro anterior, el subgrupo (Ei) estuvo conformado por veinticinco estudiantes identificados del 1 al 25, quienes cursaron la asignatura de Biología Celular en el semestre 2006 I y que fueron promovidos al segundo curso, es decir, Genética General en el semestre 2006 II.

El subgrupo (Eii) estuvo constituido por veinticinco estudiantes identificados del 26 al 50, quienes cursaron Biología Celular en el semestre 2006 II y fueron promovidos al curso de Genética General en el semestre 2007 I.

Los estudiantes son jóvenes de ambos sexos con edades comprendidas entre 23 y 27 años de edad, la mayoría son trabajadores (78 %), tanto en el campo de la educación como en otras actividades laborales. En cuanto al estrato socio económico el promedio del grupo se puede considerar bajo, tomando los indicadores económicos y otros elementos de las características, según el Método Graffar para la población venezolana (Méndez-Castellanos, 1997). Su lugar de residencia está situado fuera del perímetro del IPC, específicamente en ciudades satélites localizadas en los Valles del Tuy, en el estado Miranda, La Guaira, estado Vargas, las cuales distan de aproximadamente 40 Km del centro educativo y se requiere aproximadamente dos

horas de viaje para llegar. Los estudiantes que viven en el área Metropolitana de Caracas habitan en zonas del sur y oeste de la ciudad Capital.

10.3.2 Técnicas e Instrumentos.

Con la finalidad de recoger la información acerca del significado del concepto de gen se empleó:

- **Cuestionario** escrito elaborado con fines investigativos, que consta de dos partes. La **primera** con preguntas abiertas referidas al concepto de gen, contenidos asociados, valoración de este conocimiento e importancia que tiene como conocimiento de la Biología. En el mismo se incorporaron ítems acerca de la elaboración de mapas de conceptos y de representaciones gráficas.

La estructura del cuestionario y aspectos a evaluar se presentan a continuación, en el cuadro 32.

Cuadro 32. Aspectos a evaluar e ítems del cuestionario.

Parte del cuestionario	Aspecto a evaluar	Ítems
Primera	Significado(s) del concepto de gen	1. ¿Qué significado(s) tiene(n) el concepto de gen?
		2. ¿Qué son, para usted, los genes?
		3. ¿Con qué procesos biológicos asocias a los genes?
		4. ¿Qué contenidos consideras están asociados el concepto de gen.
		5. ¿Qué tipos de genes conoces?
	Valoración de este conocimiento para la vida	6. ¿Qué importancia tiene conocer acerca del concepto de gen?
		7. ¿En qué situaciones o aspectos de la vida personal este conocimiento de la Biología ha sido importante?
	Importancia del concepto de gen en la Biología	8. ¿Con qué áreas de la Biología relacionas el concepto de gen?
		9. ¿Con qué aspectos biotecnológicos relacionas el concepto de gen?
		10. ¿Qué implicaciones sociales tiene el conocimiento acerca de los genes?
		11. ¿Qué aspectos éticos están relacionados con el conocimiento acerca de los genes?
		12. ¿Qué aplicaciones en el área de la salud tiene el conocimiento acerca de los genes?
		13. ¿En qué nuevas áreas de la Biología, este conocimiento es determinante?
Segunda	Representaciones externas	14. Representa gráficamente el concepto de gen. (Dibujo, esquema u otra forma de representación externa).
		15. Elabora un mapa de conceptos acerca del gen, como conocimiento biológico.

- **Entrevista**, conducida por la investigadora con el uso de un guión semiestructurado, que contiene preguntas comunes para todos los participantes y aspectos específicos establecidos a partir de las respuestas al cuestionario. La entrevista se realizó con la finalidad de profundizar sobre los significados del concepto de gen mediante la explicación que hacen de la representación gráfica y del mapa de conceptos elaborado por cada estudiante. La sesión de la entrevista individual fue grabada en audio para su posterior análisis.
- **Registro de observaciones**, por parte de la investigadora durante la intervención fuera del aula, así como las observaciones registradas durante la conducción de las clases, por parte de cada una de las docentes de ambos cursos.

10.3.3. Procedimiento.

Para **recoger y registrar información**, se consideró principalmente la observación participante, aplicación de cuestionarios y entrevistas, para lo cual se procedió a:

- Construcción y validación del cuestionario, mediante el juicio de expertos en el área y en la elaboración de instrumentos. La consistencia interna se determinó mediante la prueba Alfa de Cronbach.
- Aplicación del cuestionario al inicio de los cursos, para identificar significados iniciales del concepto de gen. Durante el desarrollo de los cursos de BC y GG se incorporaron para ello ítems en las pruebas de conocimiento regulares que fueron aplicadas por cada profesora.
- Entrevistas, a partir de un guión de preguntas, con ítems **comunes** para la totalidad de los estudiantes, con la finalidad de profundizar en las respuestas acerca del significado del concepto de gen incorporadas en el cuestionario. Así como de información verbal del contenido de las representaciones gráficas y los mapas de conceptos elaborados por cada uno de los estudiantes.
- Sistematización del registro de las observaciones, en el cuaderno de campo de la investigadora.

Para identificar los significados del concepto de gen, su valoración e importancia se consideraron tres momentos:

- a. Al **inicio** de los cursos consecutivos, a través del cuestionario aplicado en Biología Celular (BBC1 y BCC2) y Genética General (GGC1 y GGC2).
- b. Durante el **desarrollo de los cursos** a través de:
 - Entrevistas individuales, fuera del aula, llevadas a cabo durante el desarrollo de los cursos BCC1/BCC2 y GGC1 / GGC2.
 - Sesiones de intervención con los estudiantes fuera del aula, considerando los contenidos de cada asignatura y en la que se llevó a cabo la aplicación de situaciones didácticas, del tipo de actividades, y el planteamiento de problemas sobre los contenidos que forman parte de ambos cursos.

c. Al **final** del curso de Genética General, incorporando para ello ítems en las pruebas de conocimientos regulares del curso.

Para el **análisis de la información** se consideró:

- **La triangulación** de la información aportada por los integrantes del grupo de estudio como respuestas a los ítems del cuestionario, los aportes verbales registrados durante el desarrollo de las entrevistas y en las intervenciones con estudiantes fuera del aula, así como de las observaciones registradas por la investigadora en el desarrollo de las clases. La triangulación de la información ofreció elementos clave para organizar, interpretar los resultados y planificar los momentos sucesivos. Ello permite asegurar la confiabilidad y validez de los resultados.
- El **acopio de documentación** escrita en el cuaderno de campo, grabaciones de audio y registros visuales sobre el contexto donde se lleva a cabo el estudio.
- **Análisis y reflexión crítica** de la información entre las profesoras de los cursos y la investigadora, para planificar, evaluar y tomar decisiones de manera consensuada.

El registro de observaciones de la interacción entre los estudiantes con la profesora, en momentos específicos durante el desarrollo de las clases, y la información aportada por las evaluaciones, fue analizada e interpretada a partir de los referentes teóricos: Teoría de Aprendizaje Significativo de Ausubel (2002) y principios orientadores de Moreira (2005; 2006) para conducir una enseñanza potencialmente significativa y crítica; así como de la interacción permanente entre los elementos del acto educativo señalados por Novak (1981; 1992) como parte de su Teoría de la Educación.

El procedimiento de análisis de la información, para identificar **significados del concepto de gen**, se fundamentó en procesos inductivos y deductivos según se señala a continuación:

- Consideración de la totalidad de las respuestas a los ítems (1 a 5) del **cuestionario** e información procedente del ítem 14, que fueron grabadas en audio durante la entrevista para todos y cada uno de los estudiantes (n=50).
- Establecimiento de Unidades de Análisis (UA), a partir de frases, oraciones e ideas expresadas en las respuestas al cuestionario y de las respuestas verbales aportadas durante la entrevista.
- Construcción de posibles categorías acerca del significado del concepto de gen, a partir de las respuestas de los estudiantes (inductivamente) y su contrastación con el conocimiento biológico actualmente aceptado por la comunidad científica (CBA) (deductivamente).
- Localización de las UA en las categorías establecidas.

- Validación con especialistas en contenido, tanto de las categorías como de la identificación de las UA en ellas.
- Formulación de la categorización final y la concreción en ellas de las UA.

Las categorías del significado del concepto de gen, que se decidieron, se presentan a continuación.

1. Unidad física (estructural) de la herencia que se transmite de un organismo a sus descendientes.

2. Información en la secuencia de nucleótidos del ADN, en forma de código específico, bien sea formando parte de los cromosomas (en eucariontes) o en el ARN/ADN de los procariontes, asociada a la síntesis de proteínas.

3. Información biológica o unidad de transcripción que puede expresarse en diversos procesos biológicos, en los sistemas vivientes.

La decisión para asignar las respuestas a los ítems 1 a 5 y del ítem 14 en las categorías señaladas, acerca de los diferentes significados del concepto de gen, se fundamentó en la presencia de elementos característicos o afines a cada uno de los significados del concepto de gen considerado.

El procedimiento de análisis de la información acerca de la **valoración** que hacen los estudiantes **de este conocimiento para la vida** se fundamentó en un proceso deductivo, a partir de las respuestas, a los siguientes ítems:

Ítems 4. ¿Qué importancia tiene conocer acerca del concepto de gen?

Ítems 5. ¿En qué situaciones o aspectos de la vida personal este conocimiento de la Biología ha sido importante?

Las respuestas dadas, por la totalidad de los estudiantes, para estos ítems, permitió organizarlas en torno a:

- Comprender la herencia de enfermedades de origen genético.
- Entender la herencia de caracteres entre los miembros de una familia, generalmente la propia.
- Identificar implicaciones del genotipo en el fenotipo.
- Conocer sus aplicaciones para mejorar la calidad de los alimentos, de los cultivos, en la producción animal, en el diagnóstico de enfermedades, la elaboración de fármacos, en terapia génica, entre otras.

Para el análisis de la información acerca de la **Importancia del concepto de gen en la Biología** se fundamentó en las respuestas de los estudiantes a los siguientes ítems:

Item 8. ¿Con qué áreas de la Biología relacionas el concepto de gen?

Item 9. ¿Con qué aspectos biotecnológicos relacionas al concepto de gen?

Item 10. ¿Qué implicaciones sociales tiene el conocimiento acerca de los genes?

Item 11. ¿Qué aspectos éticos están relacionados con el conocimiento acerca de los genes?

Item 12. ¿Qué aplicaciones en el área de la salud tiene el conocimiento acerca de los genes?

Item 13. ¿En qué nuevas áreas de la Biología, este conocimiento es determinante?

El análisis de las respuestas dadas por la totalidad de los estudiantes, para estos ítems, permitió su organización en torno a:

- Estudiar fenotipos y genotipos.
- Comprender variaciones, entre individuos de una misma especie, inclusive entre miembros de una misma familia.
- Considerar posibles aplicaciones de este conocimiento biológico y llevar a cabo investigaciones.
- Estudiar y comprender el Genoma.
- Estudiar adaptaciones evolutivas.
- Para el propio desarrollo y avance del conocimiento biológico.
- Para la comprensión de procesos biológicos que tienen que ver con la transmisión de información.

10.4. Análisis e interpretación de información registrada a partir del cuestionario y de la entrevista

A continuación se presentan los resultados acerca de los significados del concepto de gen, valoración de este conocimiento para la vida, por parte de los estudiantes, y su importancia para la Biología, los cuales fueron registrados en el cuestionario e información aportada durante la entrevista.

10.4.1. Significado inicial del concepto de gen, valoración de este conocimiento para la vida e importancia de dicho conocimiento biológico.

A partir de las respuestas se organizaron:

a. Las categorías para el significado del concepto de gen:

1. **Unidad física** (estructural) **de la herencia**, que se transmite de un organismo a sus descendientes.

2. **Información contenida en la secuencia de nucleótidos del ADN**, en forma de código específico, bien sea formando parte de los cromosomas (en seres eucariontes) como en el ADN/ARN de los procariontes, y asociada a la síntesis de proteínas.

3. **Información biológica o unidad de transcripción** que puede expresarse en diversos procesos biológicos en los distintos sistemas vivientes.

b. Presencia de términos y conceptos específicos, en las representaciones gráficas elaboradas por los estudiantes (dibujos) y en los mapas de conceptos, lo cual permitió a la investigadora interpretar el significado del concepto de gen incorporado en las mismas.

Cuadro 33. Significado inicial del concepto de gen, a partir de los ítems (1 a 5 y 14) incorporados en el cuestionario y el guión de entrevista (n=50).

Curso	Estudiante Código	Significado global inicial asignado al concepto de gen	Significado por Ítem del cuestionario y la entrevista.					
			<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>14</u>
BIOLOGÍA CELULAR BCC1	E1	1; 2	1	1	2	2	1	2
	E2	1; 3	1	3	1	1	3	3
	E3	1; 3	3	1	3	3	1	1
	E4	2	2	2	2	2	2	2
	E5	1	1	1	1	1	1	1
	E6	1	1	1	1	1	1	1
	E7	2	2	2	1	1	2	2

EVOLUCIÓN SIGNIFICADO GEN

Curso	Estudiante Código	Significado global inicial asignado al concepto de gen	Significado por Ítem del cuestionario y la entrevista.					
			<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>14</u>
	E8	1	1	1	2	1	1	1
	E9	1	1	1	1	1	1	1
	E10	1	1	1	1			1
	E11	3	3	3	3	1	2	3
	E12	2; 3	2	3	2	2	3	3
	E13	1	1	1	1	1	1	2
	E14	1	1	1	1	2	1	2
	E15	1; 3	1	3	1	1	3	3
	E16	3	3	3	1	1	3	3
	E17	3	3	3	3	1	1	3
	E18	1	1	1	1	1	1	2
	E19	1	1	1	1	1	1	1
	E20	1	1	1	1	1	1	1
	E21	1	1	1	1	1	1	2
	E22	1	1	1	1	1	1	2
	E23	1	1	1	1	1	2	2
	E24	1	1	1	1	2	1	2
	E25	3	3	3	3	1	3	2
BIOLOGÍA CELULAR BCC2	E26	1	1	1	1	1	1	2
	E27	2	2	2	1	2	2	2
	E28	2	2	2	2	1	2	2
	E29	1; 3	1	3	1	1	3	3
	E30	2	2	2	1	2	2	2
	E31	1	1	1	1	1	1	1
	E32	1; 3	1	3	1	1	3	3
	E33	2	2	2	1	2	2	2
	E34	1	1	1	1	1	1	2
	E35	1	1	1	1	1	1	1
	E36	2	2	2	2	2	2	2
	E37	3	3	3	3	3	3	2
	E38	3	3	3	3	3	3	2
	E39	1	1	1	1	1	1	2
	E40	1; 2	1	2	1	2	1	2
	E41	2	1	2	2	2	2	2

EVOLUCIÓN SIGNIFICADO GEN

Curso	Estudiante Código	Significado global inicial asignado al concepto de gen	Significado por Ítem del cuestionario y la entrevista.					
			<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>14</u>
	E42	2	2	2	2	2	2	2
	E43	2	2	2	2	2	2	2
	E44	2	2	2	2	2	2	2
	E45	1; 2	1	2	1	1	2	2
	E46	1; 2	1	2	1	1	2	2
	E47	1; 2	1	2	1	1	2	2
	E48	1	1	1	1	1	1	2
	E49	1	1	1	1	1	1	2
	E50	1	1	1	1	1	2	2

Significado de Gen: 1.- Unidad física (estructura) de la herencia: 2.- Información en la Secuencia de nucleótidos de ADN en forma de código asociada a síntesis de determinadas proteínas.3.- Información biológica o unidad de transcripción que se puede expresar en diversos procesos biológicos.

La escala que se muestra a continuación, en el cuadro 34, permite estimar entre muy baja y total la correspondencia, del significado del concepto de gen, considerando el conocimiento aceptado actualmente en el campo de la Biología (CBA).

Cuadro 34. Escala valorativa de la correspondencia del significado del concepto de gen con el conocimiento científico actualmente aceptado CBA.

Categoría / descripción	Correspondencia
(3). Información biológica o unidad de transcripción contenida en el ADN, ARN, cromosomas, la cual puede expresarse para llevar a cabo diversas funciones en los sistemas vivientes.	1 Total
Combinación de significados de las categorías 1, 2, 3. Combinación de significados de las categorías 2, 3. Combinación de significados de las categorías 1 y 3:	0,75 Alta
(2). Información contenida en la secuencia de nucleótidos del ADN , en forma de código específico y en los cromosomas que permite llevar a cabo la síntesis de determinadas proteínas y la transmisión de caracteres. Combinación de significados de las categorías 1 y 2.	0,50 Media
(1). Unidad física (estructural) de la herencia que se transmite de un organismo a sus descendientes.	0,25 Baja

La información sintetizada, acerca de significados iniciales del concepto de gen entre los estudiantes del grupo de estudio, se presenta en el cuadro 35.

Cuadro 35. Significados iniciales del concepto de gen (n =50).

Significado de gen	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)	Correspondencia con el CBA
1.Unidad física (estructural) de la Herencia	22	44	0,25 Baja
2. Información en la secuencia de nucleótidos del ADN asociado a la síntesis proteica.	11	22	0,50 Media
3. Información biológica o unidad de transcripción que puede expresarse para llevar a cabo diversas funciones en los sistemas vivientes.	6	12	1 Total
1; 2. Combinación	5	10	0,25 Media
1; 3. Combinación	5	10	0,75 Alta
2; 3. Combinación	1	2	0,75 Alta
1,2,3. Combinación	0	0	0,75 Alta
TOTAL	50	100 %	

Según se observa en el cuadro anterior, el 44% de los estudiantes considera inicialmente al concepto de gen: como estructura física asociada a la herencia biológica, lo cual, se corresponde con el enfoque que predomina en los programas de estudio y en el contenido de libros de texto de Biología analizados en el estudio llevado a cabo como parte de la Tesis Doctoral y que se presentó en el capítulo 6 del presente informe, así como en estudio previo acerca del análisis de contenidos en libros y otros materiales de apoyo que utilizan con frecuencia los docentes y estudiantes de educación Básica y Media en Venezuela (Diez y Caballero, 2004).

Este enfoque estructuralista del significado del concepto de gen ha sido reportado como predominante en estudios previos llevados a cabo en el nivel preuniversitario en otros países (Lazarowitz y Penso, 1992; Banet y Ayuso, 1995; Lock y Miles, 1993; Ramos y Prieto, 1996; Taras, et. al., 1999; Kindfield, 1991; Pashley, 1994; Ayuso, et, al., 1996; Ayuso y Banet, 1998; Banet y Ayuso, 1998, entre otros).

Según el planteamiento de diversos autores, el significado del concepto de gen como estructura física, asociado únicamente con la herencia de caracteres pudiera ser un obstáculo para el aprendizaje y la comprensión del concepto de gen como “información biológica” que puede ser transcrita y expresarse en diversas funciones en los sistemas vivientes.

En consideración con el conocimiento actualmente aceptado por la comunidad científica (CBA), el significado del concepto de gen como estructura física expresado por gran parte de los estudiantes de educación Superior, al inicio de la investigación,

tiene **baja** correspondencia con el significado actualmente planteado a partir del estudio del Genoma.

Este significado del concepto de gen de tipo **estructuralista** puede evidenciarse a través de las respuestas de los estudiantes E5, E6, E8, E9, E10, E13, E14, E18, E19, E20, E21, E22, E23, E24, E26, E31, E34, E35, E39, E48, E 49, y E50 para quienes el concepto de gen se corresponde con “estructura física de la herencia”, las evidencias de respuestas dadas en el cuestionario inicial y en la entrevista que avalan la interpretación se presentan a continuación:

E5: *Los genes son unidades físicas de la herencia, ubicadas en los cromosomas, y que son encargadas de la transmisión de los caracteres hereditarios. Los tipos de genes son dominantes, recesivos.*

E6: *..porción o segmento de los cromosomas, es decir hay varios genes en cada par de cromosomas, cuando ocurre la fecundación el nuevo ser recibe de cada padre un número específico de cromosomas y con ellos sus genes. Según los caracteres, los genes dominantes y genes recesivos determinan la expresión.*

E8: *Están en los cromosomas, y se les considera las unidades de la herencia que permiten que una característica determinada se transmita de padres a hijos...las características que se transmiten a partir de genes dominantes son las que se evidencian en el fenotipo. Las características de genes recesivos se expresan sólo si son homocigas.*

E9: *Cuando un determinado carácter se hereda, es porque se transmiten los genes de los padres al hijo, de allí que se considera al gen como la unidad física y funcional de la herencia. En cuanto a tipos de genes, existen genes asociados a caracteres dominantes, a caracteres recesivos.*

E10: *Son las unidades de la herencia, por ejemplo, el color de los ojos de una persona se debe a la expresión visible de un par de genes que se heredan de sus padres (ambos). Los ojos azules son la expresión de la presencia de ambos genes pues se refieren a un carácter recesiv*

E13: *Las características genéticas de una planta, un animal, una persona, u otro ser vivo son producto de la herencia, es decir, está determinada por sus genes. Por ello que al gen se le considera unidad estructural y funcional de la herencia. Existen genes de tipo P es decir aquellos que se expresan en el fenotipo.*

E14: *Son unidades de la herencia, en las mosquitas de la fruta los ojos rojos dependen de la presencia de un par de genes localizados en un lugar de un par de sus cromosomas, en ellas los genes que definen el color de los ojos rojos son dominantes. Mientras que los ojos blancos se expresan por la presencia homociga de los genes recesivos.*

E18: *Son estructuras físicas ubicadas en los cromosomas y se encuentran por pares para cada carácter. Los genes alelos, que en la fecundación (unión del ovulo y el espermatozoides), cada progenitor aporta un numero haploide de cromosomas y con ellos los genes que cada padre aporta al nuevo ser.*

E19: *Unidad estructural y funcional de la herencia, que en seres pluricelulares esta en los cromosomas y en los unicelulares directamente en el ADN. Un gen esta asociado con un número y composición de nucleótidos determinados. Hay genes para el color de la piel, genes para el color de los ojos, genes para el grupo sanguíneo, genes para determinadas enfermedades que se transmiten a la descendencia.*

E20: *Los genes son estructuras físicas ubicadas en los cromosomas. Un par de genes determina un carácter hereditario, de allí que se les considere unidades de la herencia. Si el carácter es dominante es por que los genes son dominantes. Si el carácter es recesivo, los genes son recesivos.*

E21: *El gen es la estructura ubicada en determinado lugar de un cromosoma, es decir, el locus y que cumple con la función de favorecer que un rasgo determinado se herede a la descendencia....Si los genes se expresan solamente de manera homociga es que la característica es recesiva, pero también hay genes dominantes que se expresan cuando solo hay uno de ellos (heterocigos), entonces son dominantes.*

E22: *Estructura cuyo sustento bioquímico es el ADN y se encarga de transmitir de padres a hijos la herencia de caracteres determinados...Hay genes específicos para el grupo sanguíneo en los humanos, el color y tipo del pelaje en los animales, o el color de las flores en las plantas, etc.*

E23: *Los genes contienen la carga genética de un individuo, lo que se conoce como su genotipo. Están ubicados generalmente en los cromosomas, en el núcleo celular y se les responsabiliza de la herencia de los caracteres. Hay organismos que no poseen cromosomas como tales (por ejemplo las bacterias) y en ellos se ubica en filamentos del ADN o del ARN. Los tipos de genes están asociados al tipo de pelo, coloración de los ojos, grupo sanguíneo, presencia de ciertas enfermedades como la hemofilia, el daltonismo, y en las bacterias la resistencia a determinado antibiótico, etc.*

E24: *Unidad física y funcional de la herencia, lo que significa que son los responsables de la transmisión de caracteres hereditarios. Existen tantos tipos de genes como caracteres hay en los seres vivos a los cuales se refiera uno.*

E26: *En los cromosomas están los genes, ellos son segmentos de ADN con la información específica del carácter que se va a heredar. Los genes se disponen por pares en los cromosomas homólogos. Hay genes dominantes y genes recesivos.*

E31: *Son la unidad estructural y funcional que se trasmite por herencia desde un organismo a sus descendientes, entre individuos de una especie. Los tipos de genes se refieren al tipo de carácter fenotípico y a su implicación genotípica.*

E34: *Tienen una ubicación específica en los cromosomas, en ellos son los encargados de la herencia de los caracteres, existen genes dominantes y genes recesivos, hay genes con dominancia incompleta.*

E35: *La herencia de los caracteres ocurre gracias a los genes, un gen contiene información determinada para un carácter, cada carácter por ejemplo el tipo de pelaje de un conejo requiere de la existencia de un par de genes, los cuales se heredan en el momento de la fecundación y cada progenitor aporta uno de ellos. Por lo tanto existen genes para cada carácter.*

E39: *La carga genética de un individuo de cualquier grupo (animales, vegetales, hongos, protistas, maneras) esta contenida en sus genes. Para cada carácter existe un par de genes, ellos son la unidad de la herencia...*

E48: *Los genes están en los cromosomas, en un lugar llamado locus, y están compuestos por ADN compactado...cada par de genes se relaciona con un carácter que se hereda, de ahí que existan tantos tipos de genes como características en los seres vivos.*

E49: *Es la unidad física y funcional de la herencia, es decir, son ellos los que se transmiten de padres a hijos. Hay genes dominantes y genes recesivos,*

E50: *Se dice que es la unidad estructural y funcional de la herencia por que en ellos esta la información que se transmite a los descendientes .Los tipos de genes dependen de los organismos a los cuales se haga referencia hay genes comunes a los humanos, hay genes específicos para cada grupo animal, etc.*

Como se aprecia de las expresiones anteriores, el significado del concepto de gen, los tipos de genes, las funciones y conocimientos asociados que se registraron, permiten interpretar que, el significado del concepto de gen de dichos estudiantes, se refiere a unidades físicas relacionadas con la herencia y, en consecuencia, con una **baja** correspondencia con el conocimiento actualmente aceptado entre la comunidad de biólogos.

Para el 22 % de los estudiantes (E4; E7; E27; E28; E30; E33; E36; E41; E42; E43; E44) el significado inicial acerca del concepto de gen se corresponde con el enfoque de la Biología Molecular, cuando consideran que los genes están constituidos por ADN y / o ARN y cuya función está relacionada con la síntesis de proteínas específicas, lo que en consecuencia permite señalar una correspondencia media con el conocimiento actualmente aceptado en la comunidad de Biólogos (CBA).

El 12% de los estudiantes (E11; E16; E17; E25; E37y E38); señaló inicialmente el concepto de gen como información biológica o unidades de transcripción. Dicha información está contenida en el ADN formando parte de los cromosomas, o en el ARN/ ADN para organismos procariontes. Para este grupo de estudiantes los genes están implicados en diversos procesos biológicos, lo cual es muestra de **total** correspondencia con el significado de los genes en la Biología actual (CBA).

Para los estudiantes E1, E40, E45, E46, E47 el significado del concepto de gen tiene una correspondencia media con el CBA, al considerarlos tanto estructuras físicas asociadas a la herencia como secuencias específicas de nucleótidos de los ácidos nucleicos (ADN o ARN), cuya función es la síntesis de proteínas específicas (combinación de 1,2).

Algunas evidencias de las respuestas de los estudiantes, que sustentan esta interpretación se transcriben a continuación.

E 1: *Se refieren a unidades de la herencia que forman parte de la carga hereditaria de un individuo; un gen está formado por la secuencia de nucleótidos del ADN, para llevar a cabo la síntesis de proteínas, la herencia de caracteres. Existen genes de iniciación de la información, genes supresores, genes de terminación, etc.*

E40: *Son las unidades de la herencia que están ubicadas en los cromosomas... conformados por secuencias de nucleótidos del ADN y que tienen como función la síntesis de proteínas específicas. Los tipos de genes dependen de la proteína en cuestión, hay genes que contienen la información de activación para la diferenciación celular, por ejemplo.*

E45: *Son unidades que forman parte de los cromosomas y están constituidos por segmentos de ADN...encargados de sintetizar las proteínas. Hay genes de iniciación de la síntesis, genes con la información a ser transcrita y genes de terminación.*

E46: *Son estructuras que se ubican en los cromosomas, están formadas por ADN y tienen la función de participar en la síntesis de proteínas y en la transmisión de los caracteres de padres a hijos. En la herencia hay genes para caracteres fenotípicos como el color de la piel, de los ojos, etc. En la síntesis de proteínas hay genes de iniciación y terminación.*

E47: *Están formados por ADN y se transcribe en ARN, y por ello participan en la síntesis de proteínas y en la herencia de padres a hijos...Por lo tanto hay genes para permitir la traducción de la información.*

De igual manera, un 10% de los estudiantes (E2, E3 E15, E29, E32) señalaron una combinación de los significados del concepto de gen (1, 3), al considerarlos como **información biológica o unidad de transcripción** contenida en el ADN o ARN (3), y como estructuras físicas (1) que se encuentran en los cromosomas de los seres eucariontes, la cual puede expresarse para llevar a cabo diversas funciones en los sistemas vivientes, entre ellos, la transmisión de caracteres. Se considera que este significado tiene una **alta** correspondencia con el CBA.

Las transcripciones de las respuestas de los estudiantes, se presentan a continuación:

E2: *Se le considera como unidad de información ubicada en los cromosomas que permite cumplir con diversas funciones en los seres vivos, entre las cuales están: la síntesis de proteínas, la herencia de caracteres, otros [...]. Los tipos de genes entonces tienen que ver con los procesos biológicos en cuestión.*

E3: *Está ubicada en los cromosomas, donde se almacena la información que se transmite por herencia, de padres a hijos, pero también en la formación de células y tejidos y de otras funciones biológicas en individuos de una especie y también de las células de un organismo determinado [...]. Existen tantos tipos de genes como características de los seres vivos.*

E15: *Se refieren a la unidad física y fundamental de la herencia, ubicada en los cromosomas cuya información se transmite de padres a hijo. Estas unidades contienen la información biológica que permite llevar a cabo diferentes procesos a nivel celular y de los organismos. Es por ello que para señalar los tipos de genes es necesario referirse a los procesos en los que están involucrados.*

Los estudiantes E29 y E32 atribuyen como primera propiedad de los genes el considerarlos *información biológica* y lo complementan señalando, *que forman parte de los cromosomas, como estructuras del núcleo celular, o en otras donde se les ubica.*

E29: *Es la información biológica o unidad física de transcripción ubicada en los cromosomas del núcleo celular y que se traduce en un producto funcional además de las características fenotípicas de un individuo...*

E32: *Son las unidades de información que se transmiten de padres a hijos, están ubicados en los cromosomas en el núcleo de las células y también se les asocia con otros procesos biológicos.*

El estudiante **E12**, (2%) al expresar su significado, acerca del concepto de gen, lo señala como información biológica, que depende de la secuencia de nucleótidos (ADN, ARN) y se transcribe para permitir las funciones de síntesis de proteínas, el desarrollo embrionario y otros procesos en los sistemas vivientes (2,3), lo que también se considera como **alta** correspondencia con el CBA. La respuesta dada por dicho estudiante se transcribe a continuación:

E12: *Los genes se refieren a la información contenida en la secuencia de nucleótidos de la molécula de ADN, y para algunos seres en el ARN, la misma se hereda y se expresa de distintas formas, por ejemplo, en el color del cabello como*

también a nivel de los procesos celulares, la síntesis de enzimas, el desarrollo embrionario. Para señalar tipos de genes se requiere entonces referir al proceso en cuestión, al tipo de organismos vivientes y al campo de la biología. Hay genes P (fenotipo) y genes D (desarrollo embrionario), genes represores, genes de transcripción, entre otros.

A partir de las respuestas anteriores, puede señalarse que los estudiantes E2, E3, E15, E29 y E32, refieren el significado del concepto de gen como información biológica, sin embargo, sólo el estudiante E12 hace mención de ello considerando a los seres procariontes.

En relación a los **significados del concepto de gen**, identificados, a partir de la información anterior, es posible indicar que existe una diversidad de significados iniciales entre los estudiantes del grupo de estudio, lo cual se corresponde con los resultados de trabajos de otros autores como Stotz y otros (2004) con especialistas en Biología y, quienes señalan que, aún entre los biólogos, se presentan diferentes significados del concepto de gen, los cuales varían desde considerarlos como unidades de la herencia en correspondencia con los conocimientos de la Genética mendeliana, pasando por los conocimientos de la Biología Molecular, donde se refiere su constitución bioquímica y funciones relacionadas, hasta llegar a aquellos que lo consideran como información que regula los procesos biológicos, en correspondencia con su enfoque actual de “*unidades de información*” que pueden ser transcritas, según la Genómica.

De acuerdo a diversos autores, entre los cuales se encuentra El-Hani (2005), el significado del concepto de gen identificado entre los estudiantes como unidad física o factores asociados a la herencia mendeliana representa uno de los obstáculos epistemológicos que afectan a la comprensión del concepto de gen en el estudio de los diferentes genomas.

De acuerdo a Bachelard (1971), en relación al desarrollo epistemológico del conocimiento científico, un obstáculo epistemológico:

.. “impide el avance del conocimiento científico, y no se refiere a que los fenómenos sean complejos o a limitaciones técnicas para su estudio. Los obstáculos epistemológicos tienen un carácter más subjetivo, porque son confusiones o entorpecimientos que se dan en el acto mismo de conocer y que actúan como causa de inercia impidiendo el desarrollo del conocimiento” (ibíd., p. 178).

Los obstáculos epistemológicos, según Bachelard (1938) pueden estudiarse en historia de las ciencias y en educación, en el primer caso, señala: *para los epistemólogos, cuando en una época histórica se interpreta un hecho erradamente, éste se considera un obstáculo*, y para referirse a la educación plantea: *aquel hecho mal interpretado sigue transmitiéndose de generación en generación, lo cual actúa como impedimento* (ibid, p. 178), este puede incidir en la construcción, progresión de la evolución del conocimiento.

En el campo de la enseñanza, como parte de los contenidos de aprendizaje, resulta relevante incluir la epistemología e historia de la ciencia con el propósito de presentar al conocimiento científico como no “definitivo y exacto”, así como la consideración de la ciencia como actividad humana sujeta a cambios y evolución. De ahí que, para la formación de los estudiantes universitarios y futuros educadores del campo de la Biología, se considera importante incorporar espacios de aprendizaje que favorezcan la reflexión en cuanto al significado que cada quien atribuye al concepto de gen. Además de presentar la nueva información y contenidos sobre los significados de dicho conocimiento a través de la historia y su desarrollo epistemológico, considerando los diversos campos de la Biología.

Además del significado inicial del concepto de gen, entre los estudiantes del grupo de estudio, tanto en el cuestionario como en la entrevista se indagó sobre la **valoración de este conocimiento**. Las opiniones iniciales fueron organizadas a partir de las respuestas de los estudiantes.

A continuación en el cuadro 36 se presentan respuestas tipo, los estudiantes que las señalaron y su ubicación en las categorías. Como producto del análisis de las mismas, es posible señalar que, el 44% de los estudiantes del grupo de estudio considera que este conocimiento le permite comprender la herencia de enfermedades genéticas. Un 36% indicó que le permite entender la herencia de caracteres entre los miembros de su familia; el 10 % planteó que este conocimiento le permite conocer como el genotipo determina el fenotipo y el 24% señaló que lo considera importante para entender sobre las aplicaciones de la Genética, tales como: mejorar la calidad de los alimentos, cultivos y producción de animales, así como para el diagnóstico de enfermedades, la elaboración de fármacos, en la terapia génica, entre otras.

Estos resultados ponen en evidencia la tendencia a asociar al gen con la herencia de caracteres, lo cual reconfirma el significado del concepto de gen expresado inicialmente por una parte de los estudiantes. Considerar a este conocimiento como necesario para comprender la herencia de caracteres de padres a hijos, se corresponde con el enfoque de los programas educativos del nivel pre-universitario.

Cuadro 36. Importancia del conocimiento del concepto de gen para la vida, al inicio de la investigación.

Categorías	Respuesta tipo	Código / Estudiante
(1).Comprender la herencia de enfermedades de origen genético.	<i>“Permite comprender cómo y por qué se heredan enfermedades genéticas como la hemofilia, el daltonismo, la distrofia muscular, la diabetes, entre otras.”.</i>	E1, E5, E13, E36, E37, E38, E39, E44, E45, E46, E48, E49, E50.
	<i>“Prever la posibilidad de transmitir alguna enfermedad genética a nuestros hijos”.</i>	E2, E3, E4, E7, E8.
	<i>“Conocer si existe la posibilidad de sufrir determinada enfermedad hereditaria hay en mi familia”.</i>	E17, E25, E29, E11.
(2). Entender la herencia de caracteres entre los miembros de una familia, generalmente la propia.	<i>“Conocer posibles caracteres hereditarios en nuestros futuros hijos”.</i>	E1, E3, E15, E16, E21, E26, E27, E31, E32, E40, E41, E42, E43.
	<i>“Entender por que poseemos rasgos que heredamos de nuestros padres”.</i>	E12, E13, E14, E20, E22, E33.
(3). Identificar implicaciones del genotipo en el fenotipo	<i>“mis hijos tienen el pelo liso porque heredaron los genes de su padre”.</i>	E8.
	<i>“Yo herede los ojos azules de mi papá, pero se que mi mamá, a pesar de tenerlos marrones, ella tiene genes para los ojos azules de manera recesiva, si no yo no los podría tener azules”.</i>	E10.
	<i>En mi familia el color de la piel es morena porque hay genes que determinan ese color”.</i>	E13.
	<i>“Uno puede saber a partir de los caracteres visibles de una persona, como es el genotipo”.</i>	E17, E23, E34, E47.
(4). Conocer sus aplicaciones para mejorar la calidad de alimentos, cultivos, producción animal, en el diagnóstico de enfermedades, la elaboración de fármacos, en terapia génica, entre otras,	<i>“La producción de alimentos transgénicos como las verdura ha sido posible por de aplicaciones de la genética”.</i>	E2, E6, E9.
	<i>“Conociendo los genes que producen ciertas enfermedades es posible conocer formas para producir medicamentos”</i>	E10, E13, E18, E19, E24, E28, E30, E35, E39.

En cuanto a la **Importancia de este concepto para la Biología**, las respuestas tipos señaladas por los estudiantes acerca de la importancia del concepto de gen para la Biología como ciencia (ítems 8 a 13) y su organización en categorías se presentan seguidamente en el cuadro 37.

Cuadro 37. Importancia del concepto de gen para la Biología como ciencia (n=50).

Categoría	Respuestas tipo	Código / Estudiantes
(1). Estudiar fenotipos y genotipos.	<i>“Conocer los genes de una determinada población biológica (su genotipo) permite interpretar las características de determinado fenotipo”.</i>	E10, E11, E24.
	<i>“En genética, por ejemplo, conocer sobre el fenotipo de determinada especie, lleva a considerar el estudio de su genotipo”.</i>	E8, E9, E33, E42.
	<i>“El estudio de los genes (genotipo) ayuda a comprender su expresión(fenotipo)</i>	E19.
(2). Comprender variaciones entre individuos de una misma especie, inclusive entre miembros de una misma familia.	<i>“El estudio de los genes permite conocer a qué obedecen las variaciones entre individuos de una misma especie, inclusive entre los miembros de una misma familia”.</i>	E13, E31, E32, E43.
	<i>“ Las características genéticas de una especie biológica se determina gracias al estudio de sus genes”</i>	E1, E16, E26, E48.
(3). Considerar posibles aplicaciones de este conocimiento biológico y llevar a cabo investigaciones.	<i>“El avance de hoy sobre el conocimiento de los genes permite realizar investigaciones para mejorar la calidad de vida de las personas.</i>	E2, E5, E18, E23, E44.
	<i>“La cura o tratamiento de enfermedades genéticas tiene fundamentos en las investigaciones en el campo de la genética”.</i>	E3, E15, E28, E34, E35, E36, E49.
(4). Estudiar y comprender el Genoma.	<i>“Hoy en día ha quedado demostrado que el concepto de gen es determinante, de allí los estudios que han conducido al proyecto genoma”.</i>	E4, E40, E41, E45.
	<i>“En la época del genoma, este concepto es clave pues ayuda a descifrar su significado”.</i>	E16, E29, E30, E46, E47, E50.
(5). Estudiar adaptaciones evolutivas.	<i>“El conocimiento sobre los genes ha sido determinante para estudiar la diversidad biológica, la evolución y especiación”.</i>	E1, E25, E30, E39.
(6). Para el propio desarrollo y avance del conocimiento biológico.	<i>“la comprensión sobre los genes ha sido clave en el desarrollo de la Biología actual y plantear nuevas investigaciones.”.</i>	E6, E7, E40, E41, E45, E46, E47.
	<i>“ La Biología de hoy en día ha evolucionado en función de los conocimientos que se tienen de los genes”.</i>	E20, E27, E28.
	<i>“ La Genética moderna se fundamenta en los avances a partir del estudio de los genes del proyecto genoma”</i>	E37, E38.
(7) Comprender procesos biológicos que tienen que ver con la transmisión de información.	<i>“El conocimiento actual sobre los genes, su identificación y ubicación en el genoma permiten comprender cómo dicha información se expresa o cómo se podría bloquear para prevenir enfermedades”.</i>	E12, E14, E17, E21, E22.

El 24% de los estudiantes señaló la importancia de este conocimiento en investigaciones y aplicaciones en diversos campos. Un 24% indica el avance en el

conocimiento de la Biología actual sobre el conocimiento de los genes. El 16% indicó que permite el estudio de fenotipos y genotipos. El 20% señaló que el gen es importante por sus implicaciones en la Genómica. Para el 10% de los estudiantes, este conocimiento es necesario para comprender procesos biológicos relacionados con la transmisión de la información. Un 16% lo considera importante para la comprensión de las variaciones entre individuos de una misma especie e inclusive entre miembros de una misma familia y un 8 % consideró que es importante para el estudio de los procesos de evolución.

10.5. Planificación de acciones didácticas con estudiantes y participación de los docentes

Para responder al interrogante:

- ¿Qué elementos orientadores de actividades de aprendizaje son pertinentes para promover el aprendizaje significativo crítico del concepto de gen, entre estudiantes de la carrera de formación de docentes de Biología?

Se consideró el análisis de la información registrada acerca de significados iniciales del concepto de gen, la valoración que dan los estudiantes y su importancia como conocimiento biológico. La misma, conjuntamente con la información registrada durante la observación en el aula, de parte de la investigadora, sirvió de insumo para diseñar acciones didácticas aplicadas en la intervención con los estudiantes y de análisis y reflexión en las sesiones llevadas a cabo con las profesoras durante las sesiones fuera del aula.

A continuación se presentan observaciones tipo registradas durante el desarrollo de las clases que permitieron a la observadora identificar dificultades, errores conceptuales, conocimientos previos de los estudiantes.

1. Ante información presentada por la docente durante el desarrollo de las clases, tales como:

El material genético, es decir el ADN está conformado por millones de nucleótidos; el ADN en las células procariotas se encuentra disperso en el nucleóide, estructura que carece de membrana limitante para separarlo del citoplasma, por lo que no se requiere mecanismos de compactación. Mientras que en las células de eucariontes, el material genético se encuentra en el núcleo que se limita por la nuclear y se llevan a cabo procesos de organización y compactación muy específicos.

¿Qué es posible visualizar en las siguientes representaciones de células procariontes y eucariontes en división?

Algunas de las respuestas tipo dadas por los estudiantes, se presentan a continuación:

- *Cromosomas que contienen la información hereditaria.*
- *Cromatina o cromátidas que son maneras de organizarse el ADN en las células de procariontes y eucariontes.*
- *Estructuras celulares, como el núcleo, donde se ubica el ADN en la forma de genes.*
- *Los genes están formados por ADN tanto en procariontes como en eucariontes.*
- *EL ARN es producto de la transcripción del ADN, por ello en ninguna de las células que se muestran se puede señalar su presencia.*
- *Las células que se presentan son células sexuales, donde se pueden identificar cromosomas.*

2. Ante la solicitud, de parte la docente, los estudiantes señalan diferencias entre cromosomas, cromátidas, cromatina.

Algunas respuestas tipo de los estudiantes fueron:

- *La Cromatina y las cromátidas son formas de compactación del ADN, en las células sexuales o gametos de seres eucariontes*
- *Todo el ADN de un organismo se fragmenta en segmentos que se compactan en la forma de cromosomas.*
- *El ADN de organismos procariontes o de eucariontes se organiza en la forma de cromatina. Cuando la cromatina se ha duplicado como parte de lo que sucede en la interfase durante la división celular, se compacta primero en cromátidas para luego constituir los cromosomas, en eucariontes.*
- *En organismos eucariontes también hay ADN en las mitocondrias y en los cloroplastos, pero solo se les asocia a funciones específicas de mantenimiento estructural de los mismos.*

3. Durante la proyección de láminas que representan, de manera esquemática, la compactación del ADN en cromatina, cromátidas y cromosomas en los organismos eucariontes, se formulan preguntas tales como:

- *¿Cada uno de los cromosomas de una célula determinada tiene el mismo tipo y cantidad de ADN?*
- *¿Qué diferencia hay entre la cromatina y las cromátidas?*
- *¿Si en las células de humanos existen 46 cromosomas, quiere decir que una célula tiene 46 moléculas de ADN?*
- *¿La información genética se encuentra en células somáticas y en células sexuales?*

A partir del registro de las intervenciones, formulación de preguntas y respuestas de los estudiantes, es posible señalar:

- La existencia de concepciones, en los estudiantes, que no se corresponden con el conocimiento aceptado por la comunidad científica en cuanto a la caracterización del material genético en células de organismos procariontes (bacterias) y en células de seres eucariontes (animales, plantas, protistas, hongos).
- Dificultades al reconocer la presencia de los genes, como información biológica, tanto en células somáticas como en células sexuales para los organismos eucariontes.
- Considerar el ARN, principalmente, como producto de la transcripción del ADN, lo cual evidencia el desconocimiento del mismo como material genético de seres procariontes.

Dichas dificultades coinciden con las encontradas en estudios previos realizados por Banet y Ayuso (2003; 2000^a; 2000^b; 1998; 1995), entre otros investigadores en el campo de la enseñanza de la Biología.

A partir del registro de lo que acontece en las aulas, de las respuestas de los estudiantes, las preguntas que formulan, entre otros aspectos, se diseñaron las acciones didácticas como el producto de un proceso constructivo y reflexivo durante la Investigación Acción Participante. Dichas acciones están orientadas por la Teoría del Aprendizaje Significativo (Ausubel, 2002), los principios orientadores del aprendizaje significativo crítico señalados por Moreira (2005) y los elementos del acto educativo de Novak (1992). Ante la presencia en una mayoría de los estudiantes del significado del concepto de gen, como estructura física asociada a la herencia, se seleccionaron materiales educativos que permitieron, al propio estudiante, reflexionar sobre su significado y a partir de las mismas construir su conocimiento.

10.5.1. Planificación de acciones didácticas llevadas a cabo por la investigadora durante la intervención fuera del aula con los estudiantes.

A continuación, en los cuadros 38 y 39 se sintetizan las informaciones acerca de la organización de las acciones didácticas utilizadas por la investigadora con los estudiantes, en los cursos consecutivos de Biología Celular y Genética General; éstas se diseñaron considerando los principios señalados por Moreira (2005) para favorecer el aprendizaje significativo crítico del concepto de gen entre los estudiantes del grupo de estudio.

Cuadro 38. Acciones didácticas de la intervención con estudiantes, fuera del aula, en Biología Celular BBC1 /BCC2.

Presentación de la información	Acciones didácticas.	Planteamientos/Cuestiones
Interpretación de información acerca de los genes en situaciones específicas, a partir de representaciones gráficas.	Observación e interpretación de láminas sobre cariotipos humanos seleccionados.	¿Que información es posible obtener de la representación? ¿A qué tipos de células se refieren?
	Observación de representación del genoma del arroz	¿Qué aspectos son comunes con la anterior? ¿A qué se refiere esta representación?
	Observación e interpretación de la representación del genoma humano.	¿Qué información se obtiene de la representación gráfica del genoma de los humanos?
	Observación e interpretación de representaciones del ADN / ARN bacterial y de virus.	¿Qué elementos están presentes en los procariontes de éstas representaciones? ¿ Podrías señalar en ellas los genes?
Interpretación de la información a partir de textos escritos	Lectura y análisis de información de resultados de investigaciones sobre genes asociados al cáncer de mamas y de próstata en determinada población humana.	Comentarios de la información de parte del estudiante mientras lee la información contenida en los textos. Formulación de interrogantes por los estudiantes sobre el contenido.
Interpretación de información a partir de simulaciones multimedia y otros tipos de materiales seleccionados.	Análisis y discusión de la información que se presenta en los materiales multimedia acerca del ADN, procesos de duplicación, transcripción, traducción de la información.	¿Qué funciones biológicas están relacionadas con la información biológica que está contenida en los genes? ¿En qué campos de la Biología se requiere comprender acerca del concepto de gen?
	Interpretación de información sobre el estudio del Genoma	¿Qué elementos diferencian el estudio de los genes, en el campo de la Genética clásica con los desarrollos de la Genómica?
	Análisis y reflexiones acerca de algunas aplicaciones biotecnológicas, a partir de la Genómica	¿Qué implicaciones éticas y legales del desarrollo biotecnológico podrías señalar, a partir de la Genómica?
Búsqueda de información, en diversas fuentes, acerca de elementos de la Historia de la Biología asociadas con el concepto de gen	Presentación y análisis crítico de la información por	¿Qué aspectos del conocimiento de la historia de la Biología y permiten entender el desarrollo epistemológico del concepto de gen?
		¿Qué elementos de la tecnología están asociados al desarrollo epistemológico del concepto de gen?
		¿Que elementos del contexto social y cultural se evidencian en la historia del conocimiento acerca del concepto de gen?
Análisis crítico de la información acerca del concepto de gen en los materiales educativos	Presentación de conclusiones acerca de la información contenida en los materiales educativos acerca del concepto de gen	¿Qué aspectos de la información acerca de los genes se transmiten en los libros y otros materiales educativos e informativos?

Cuadro 39. Acciones didácticas de la intervención con estudiantes, fuera del aula, en Genética General (GGC1 / GGC2).

Presentación de la Información	Acciones didácticas	Planteamientos/Cuestiones
Interpretación de representaciones gráficas acerca de genes en cromosomas y su disposición en genomas de eucariontes.	Diferencias y elementos comunes en estos tipos de representaciones	¿Que información es posible obtener de las siguientes representaciones? ¿Qué elementos diferencian la información que se representa en ambas?
	Observación de representación de genomas de diversos organismos biológicos como por ejemplo: genoma del arroz, genoma del ratón, de drosóphilas, entre otros.	¿Cuáles son los interrogantes o preguntas que pudiera usted formular, a partir de la información que se representa en la gráfica sobre el Genoma del arroz? ¿Qué significados del concepto de gen se pueden interpretar en: representaciones de: 1.- Cariotipos. 2.- Genomas
	Observación e interpretación del genoma humano	¿Qué elementos comunes se pueden identificar entre el genoma del arroz y la representación del genoma humano en el cromosoma 18?
Interpretación de la información a partir de textos escritos	Lectura y análisis de información acerca del desarrollo del conocimiento sobre los genes? reporte de trabajos.	Señale significados acerca del concepto de gen, según: Genética clásica. Genética moderna. Biología Molecular clásica Genómica, Post Genómica o Proteómica.
Interpretación de Información a partir de simulaciones multimedia y otros tipos de materiales seleccionados.	Observación, Interpretación y Análisis del contenido	¿Qué tipos de genes son considerados en la simulación multimedia? Señale diferencias y semejanzas en la terminología: Genes Intrones, Genes Exones, Genes P y Genes D
	Análisis e interpretación de la información representada	¿Qué papel se atribuye a los genes exones? ¿Que significado y función tienen los genes Intrones? ¿Qué diferencias y similitudes, a partir del genoma, se pueden señalar para el Genoma humano y el Genoma del ratón común?
Búsqueda de información , en diversas fuentes, acerca de elementos de la Historia de la Biología asociadas con el concepto de gen	Análisis de información y elaboración de línea del tiempo que relacione el desarrollo del conocimiento biológico y el desarrollo tecnológico en el estudio de los genes.	Elabore un mapa de conceptos donde represente información sobre el ADN recombinante, la clonación y la Terapia génica
		Presente a sus compañeros de equipo una síntesis de su consulta acerca del momento actual en el estudio de los genes.
		Elabore una síntesis, acerca de las implicaciones éticas, sociales y económicas a partir del conocimiento acerca de los genes.
Análisis crítico de la información acerca del concepto de gen en los materiales educativos	Presentación de conclusiones acerca de la información contenida en los materiales educativos.	Presente al grupo el producto de sus reflexiones acerca de la información que se presenta a los estudiantes de educación Básica y educación Media sobre el concepto de gen en los libros y otros materiales de difusión de la información.

10.5.2. Acciones llevadas a cabo durante la intervención con las docentes.

A partir de las observaciones registradas por la investigadora, en las sesiones de clases conducidas por cada una de las profesoras, se construyó la intervención con las docentes de los cursos de Biología Celular y Genética General, las cuales se llevaron de manera consecutiva durante los semestres 2006 I, 2006 II y 2007 I. El esquema general se presenta a continuación.

- Presentación, en las sesiones fuera del aula, de la información registrada durante el desarrollo de las clases, en las que se identificaron “concepciones no científicas”, dificultades específicas para algunos estudiantes y otros elementos de interés, con la finalidad de considerarlas a fin de facilitar una enseñanza potencialmente significativa y crítica del concepto de gen.
- Reflexión sobre la información registrada, como punto de partida para la organización de actividades que las docentes realizaron en sus clases.
- Análisis de la información de los mapas de conceptos y otras formas de representación que elaboran los estudiantes en las clases.
- Interpretación de resultados de la evaluación de los aprendizajes e incorporación de estrategias para la identificación y discusión de posibles “errores” y logros.

10.6. Evolución de significados del concepto de gen, valoración de este conocimiento e importancia para la Biología

Para atender al interrogante:

- ¿Qué significados del concepto de gen construyen los estudiantes universitarios de la carrera docente de Biología del IPC?, y ¿cómo los mismos evolucionan en el transcurso de los cursos de Biología Celular y Genética General?

Se analizaron las respuestas de los estudiantes a los ítems (1 a 5 y 14) del **cuestionario**, aplicado durante el desarrollo del curso de Biología Celular y como parte del cuestionario final del curso de Genética General, además de la información registrada durante entrevistas individuales en las sesiones de **intervención fuera del aula** dirigidas por la investigadora con cada uno de los estudiantes. Para interpretar las respuestas a los ítems, así como la información registrada, se consideró la correspondencia de las mismas a la luz de los conocimientos actualmente aceptados por la comunidad científica (CBA), para ello, se empleó la valoración señalada anteriormente en el cuadro 34 de la página 207 del presente informe.

Para identificar una posible evolución de los significados iniciales del concepto de gen, durante el transcurso de los cursos de BC y GG, se siguieron los mismos procedimientos empleados para el momento inicial del estudio. La decisión para asignar las respuestas (UA) a los ítems 1, 2, 3, 4, 5, y 14, a las categorías señaladas para caracterizar los diferentes significados del concepto de gen, se consideraron

aquellos elementos característicos o afines a cada uno de los significados del concepto de gen previamente establecidos.

El concepto de gen forma parte del contenido para ambos cursos, considerando la jerarquización de la información desde lo más general a lo específico. Los contenidos desarrollados en el curso de Biología Celular refieren al ADN como información biológica, cuyo sustrato bioquímico es la molécula de ADN en seres eucariontes y de ADN/ ARN en las células de organismos procariontes. Como parte de la información específica acerca de la célula su estructura y funcionamiento, se presenta información acerca del núcleo celular o región nuclear, según sea el caso, y sus características en distintos tipos de organismos. Se señalan los procesos de compactación de los ácidos nucleicos en cromosomas y se estudian características de la cromatina y las cromátidas; se tratan los procesos de transcripción y traducción de la información, destacando los procesos de síntesis proteica. De igual manera, se estudian los procesos celulares de Mitosis y Meiosis y se plantea el papel de los genes como “información” que se transcribe y traduce en diversos procesos celulares.

En Genética General, el concepto de gen se presenta con mayor especificidad, de ahí que forme parte de los contenidos desarrollados como “información biológica” fundamental para comprender los mecanismos de herencia biológica. Se profundiza en la estructura de los cromosomas, procesos de compactación en organismos eucariontes y su diferenciación en células de organismos procariontes. Se señalan diferencias y semejanzas entre los procesos de Mitosis y Meiosis.

El mapa de conceptos, elaborado por la investigadora que se muestra en la figura 9, representa los contenidos de los cursos.

EVOLUCIÓN SIGNIFICADO GEN

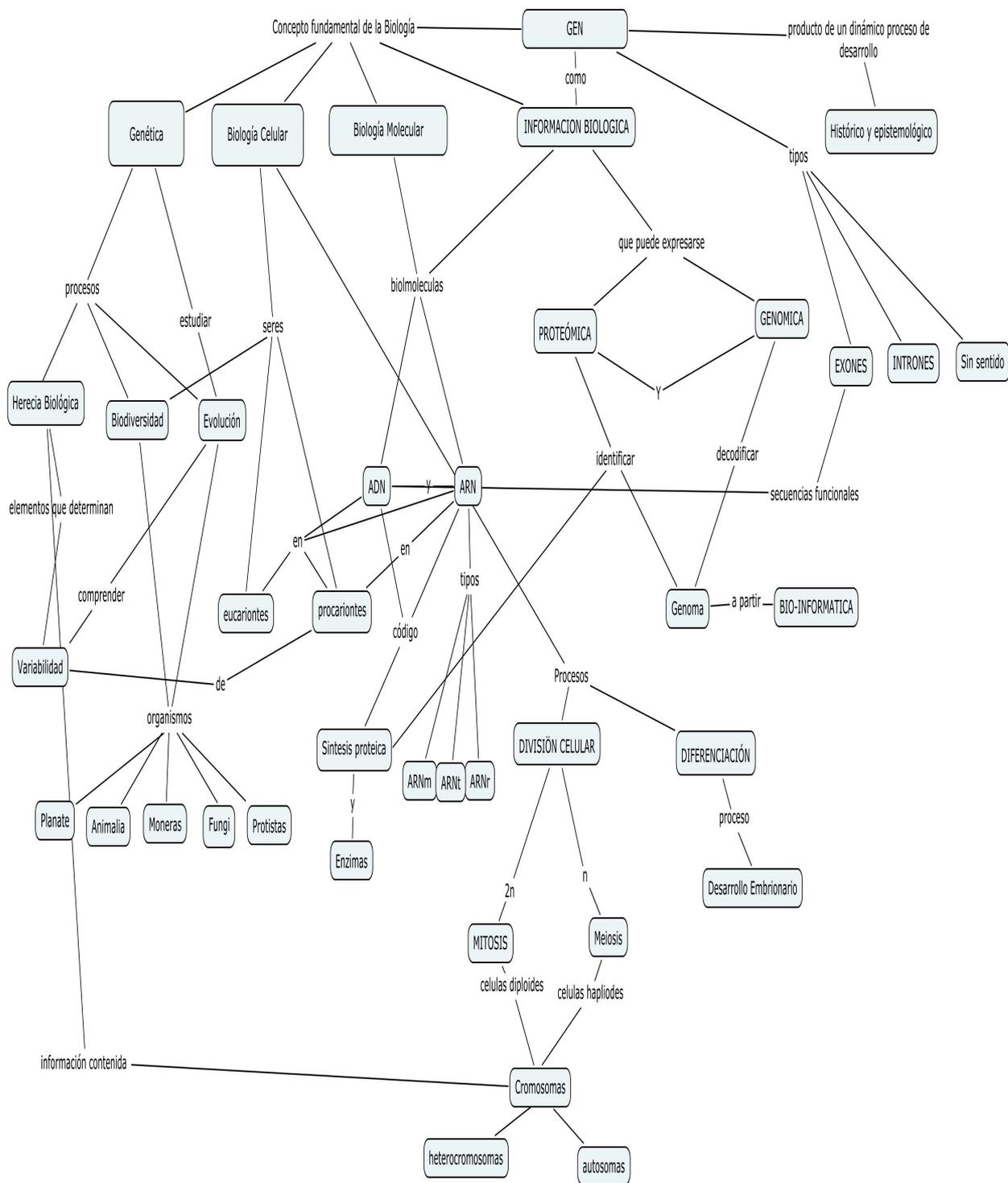


Figura 9. Mapa de conceptos sobre contenidos de Biología Celular y Genética General elaborado por la autora (2009).

10.6.1. Resultados de los significados del concepto de gen, en cursos de Biología Celular.

A continuación, en el cuadro 40 se presenta información acerca del significado del concepto de gen para cada estudiante, a partir de los elementos característicos de las respuestas a los ítems del cuestionario y explicaciones dadas por los mismos durante las entrevistas en los mapas de conceptos y representaciones gráficas elaboradas por ellos.

Cuadro 40. Significados del concepto de gen entre los estudiantes a partir del cuestionario y la entrevista en los cursos de Biología Celular.

Curso	Estudiante / Código	Significado global asignado al concepto de gen	Ítems del cuestionario y la entrevista					
			<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>14</u>
Biología Celular BCC1	E1	2	1	2	2	2	1	2
	E2	2	1	2	2	2	2	1
	E3	1	1	1	1	1	1	2
	E4	2	2	2	2	2	2	2
	E5	1	1	1	1	1	1	1
	E6	2	2	2	2	2	2	2
	E7	2	2	2	1	1	2	2
	E8	2	2	2	2	1	1	2
	E9	2	2	2	2	1	2	2
	E10	1,2	1	2	1	2	2	1
	E11	1	1	1	1	1	1	1
	E12	2; 3	2	3	2	2	3	3
	E13	2	2	2	2	1	1	2
	E14	3	3	3	3	3	1	2
	E15	2	2	2	2	2	3	2
	E16	3	3	3	1	1	3	3
	E17	1	1	1	1	1	1	1
	E18	1	1	1	1	1	1	2
	E19	2	2	2	2	1	1	2
	E20	2	2	2	2	1	1	2
	E21	1	1	1	1	1	1	1
	E22	1	1	1	1	1	1	2

EVOLUCIÓN SIGNIFICADO GEN

Curso	Estudiante / Código	Significado global asignado al concepto de gen	Ítems del cuestionario y la entrevista					
			<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>14</u>
	E23	2	2	2	2	2	2	2
	E24	2	2	2	2	2	1	2
	E25	2	2	2	2	2	2	2
Biología Celular	E26	2	2	2	2	2	2	2
	E27	2	2	2	1	2	2	2
	E28	2	2	2	2	1	2	2
	E29	3	1	3	1	3	3	3
	E30	2	2	2	1	2	2	2
	E31	2	2	2	1	1	2	2
	E32	2	2	2	1	1	2	2
BCC2	E33	2	2	2	1	2	2	2
	E34	1; 2	1	2	1	1	2	2
	E35	2	2	2	2	1	1	2
	E36	2	2	2	2	2	2	2
	E37	1	1	1	1	1	1	1
	E38	1	1	1	1	1	1	1
	E39	1; 2	1	2	2	1	1	2
	E40	1; 2; 3	1	2	3	2	1	3
	E41	1	1	1	1	1	1	1
	E42	1	1	1	1	1	1	1
	E43	3	3	3	3	2	3	2
	E44	2; 3	2	3	2	3	3	2
	E45	3	3	2	3	3	3	2
	E46	2	1	2	2	1	2	2
	E47	2	1	2	1	2	2	2
	E48	2; 3	2	3	3	3	2	2
	E49	2	2	2	1	2	2	2
	E50	2	2	2	1	1	2	2

La síntesis de los significados del concepto de gen, en el curso de Biología Celular y su correspondencia con el CBA, se presentan a continuación en el cuadro 41.

Cuadro 41. Síntesis de los significados del concepto de gen en Biología Celular (n=50).

Significado de gen	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)	Correspondencia con el CBA
1.Unidad física de la Herencia	11	22	0,25 Baja
2. Información en la secuencia de nucleótidos del ADN asociado a la síntesis proteica.	27	54	0,50 Media
3. Información biológica o unidad de transcripción que puede expresarse para llevar a cabo diversas funciones en los sistemas vivientes.	5	10	1 Total
1; 2. Combinación	3	6	0,25 Media
1,2,3. Combinación	1	2	0,75 Alta
1; 3. Combinación	0	0	0,75 Alta
2; 3. Combinación	3	6	0,75 Alta
TOTAL	50	100 %	

El 54% de los estudiantes (E1, E2, E4, E6, E7, E8, E9, E13, E15, E19, E20, E23, E24, E25, E26, E27, E28, E30, E31, E32, E33, E35, E36, E46, E47, E49, E50) consideró los genes como determinadas secuencias de nucleótidos del ADN o, en el caso de virus y procariontes, como secuencia de nucleótidos del ARN y cuya información permite sintetizar proteínas específicas. Ello señala una correspondencia media del significado de gen a partir de los CBA.

El 22 % (E3, E5, E11, E17, E18, E21, E22, E37, E38, E40, E41; E 42) consideró los genes como unidad física o estructural, generalmente situada en los cromosomas de seres eucariontes, donde se encuentra la carga genética de un individuo o de una especie biológica y que se trasmite por herencia de un organismo a sus descendientes y entre individuos de una especie. El significado de gen de este grupo de estudiantes tiene una **baja** correspondencia con el CBA, teniendo en cuenta los contenidos tratados en el desarrollo del curso de Biología Celular.

Solamente un 10 % (E14, E16, E29, E43, E45) muestra una **total** correspondencia entre el significado del concepto de gen que expresan los estudiantes

y el conocimiento científicamente aceptado en el contexto de la Biología, donde el concepto de gen es entendido como *información biológica o unidad de transcripción* contenida en el ADN de los cromosomas de eucariontes o en el ARN, en el caso de seres procariontes. Dicha información puede expresarse en diferentes funciones para los sistemas vivientes, además de la transmisión de caracteres hereditarios y la síntesis de proteínas determinadas.

El 6% (E10, E34, E39); el 2% (E 40) y el 6% (E44, E48, E12) señalaron la combinación de varios significados para referirse al concepto de gen. Los estudiantes: E10, E34, E39 lo consideraron tanto unidades físicas de la herencia como secuencia o segmentos de nucleótidos asociados a la síntesis de proteínas, lo cual se considera como una correspondencia media con el CBA. Los estudiantes: E12, E44, E48 hacen referencia al gen como información biológica contenida en la secuencia de nucleótidos tanto para la síntesis de proteínas como otros procesos biológicos, en seres procariontes y eucariontes, lo cual, es considerado como **alta** correspondencia. Solamente el estudiante E40 (2%) lo considera como información biológica cuyo sustrato bioquímico es la secuencia de nucleótidos que señala el tipo de proteínas; dicha información puede o no expresarse y ser transcrita para diversos procesos biológicos, lo que tiene una alta correspondencia con el CBA.

Al comparar los resultados acerca del significado del concepto de gen, por parte del 45% de los estudiantes en el curso de Biología Celular, con el significado sobre el concepto de gen de mayor frecuencia identificado al inicio de la investigación, se evidencia un incremento en el número de los estudiantes que lo consideran como información biológica contenida en la secuencia de nucleótidos y que permite llevar a cabo diferentes funciones en los sistemas vivos. La información registrada a partir del desarrollo de la intervención didáctica, se relaciona con los contenidos de enseñanza establecidos en el curso de Biología Celular, donde se incluye información sobre las moléculas de ADN y ARN; el ciclo celular, y el núcleo interfásico con contenidos específicos sobre la estructura de los cromosomas, los procesos de división celular (mitosis y meiosis), la síntesis de ARN en procariontes y eucariontes, Además del procesamiento de los ARN, el estudio de la estructura y función del ARN; estructura y composición química de los ribosomas y el código genético.

Ello podría considerarse una evolución de los significados del concepto de gen entre los estudiantes a partir de la IAP y de la asimilación de los contenidos que forman parte del curso de Biología Celular.

10.6.2. Resultados de significados del concepto de gen en Genética General.

Con la finalidad de indagar e interpretar significados del concepto de gen de los estudiantes y su posible evolución en el curso de **Genética General**, se analizaron las respuestas a los ítems 1 a 5 del cuestionario, los cuales se incorporaron a la prueba de conocimientos final del curso de Genética General. Dicha información fue analizada

conjuntamente con la registrada durante las sesiones llevadas a cabo en la intervención con los estudiantes fuera del aula y de las entrevistas individuales en las que explicaron el contenido de mapas de conceptos y representaciones gráficas acerca del concepto de gen elaboradas por los estudiantes (ítem 14).

A continuación, se presenta en el cuadro 42, la información acerca del significado del concepto de gen para cada estudiante en los cursos de Genética General.

Cuadro 42. Significados del concepto de gen a partir del cuestionario y la entrevista aplicada en el curso Genética General.

Curso.	Estudiante/ Código.	Significado globalizado asignado al concepto de gen.	Ítems del cuestionario y respuestas durante la entrevista.					
			<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>14</u>
Genética General. GGC1	E1	1; 2	1	2	2	1	1	2
	E2	3	3	3	2	3	3	3
	E3	1; 2; 3	2	1	2	1	3	3
	E4	2	2	2	2	2	2	2
	E5	2	2	2	2	2	2	2
	E6	3	3	3	3	3	3	3
	E7	2	2	2	1	1	2	2
	E8	2	2	2	2	1	1	2
	E9	3	3	3	3	3	3	3
	E10	3	3	3	3	3	3	3
	E11	2;3	2	3	2	3	2	3
	E12	2; 3	2	3	2	2	3	3
	E13	2	2	2	2	2	2	2
	E14	3	3	3	3	3	2	2
	E15	2	2	2	2	2	2	2
	E16	3	3	3	3	3	3	3
	E17	1	1	1	1	1	1	1
	E18	3	3	3	3	3	3	2
	E19	3	3	3	3	3	3	3
	E20	2	2	2	2	1	1	2
	E21	1	1	1	1	1	1	1

EVOLUCIÓN SIGNIFICADO GEN

Curso.	Estudiante/ Código.	Significado globalizado asignado al concepto de gen.	Ítems del cuestionario y respuestas durante la entrevista.					
			<u>1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>14</u>
	E22	3	3	3	3	3	3	2
	E23	3	3	3	3	3	3	3
	E24	3	3	3	3	3	3	2
	E25	3	3	3	3	3	3	3
Genética General GGCC2	E26	3	3	3	3	3	3	3
	E27	3	3	3	3	3	3	3
	E28	3	3	3	3	3	3	3
	E29	3	1	3	1	3	3	3
	E30	3	3	3	3	3	3	3
	E31	3	3	3	3	3	3	3
	E32	3	3	3	3	3	3	3
	E33	3	3	3	3	3	3	3
	E34	1; 3	1	3	1	1	3	3
	E35	2; 3	2	3	3	3	3	2
	E36	2; 3	3	2	3	2	3	2
	E37	3	3	3	3	3	3	3
	E38	1; 2; 3	2	3	1	1	2	2
	E39	3	3	3	3	3	3	3
	E40	2; 3	3	2	3	2	2	3
	E41	1; 2; 3	3	3	1	2	1	2
	E42	1; 2	1	2	1	2	1	2
	E43	2; 3	2	3	3	2	3	2
	E44	3	3	3	3	3	3	2
	E45	3	3	2	3	3	3	2
E46	3	3	2	3	3	3	3	
E47	3	3	2	3	3	3	3	
E48	3	3	3	3	3	2	3	
E49	3	3	3	3	3	3	3	
E50	3	3	3	3	3	3	3	

La información sintetizada, acerca de significados del concepto de gen y su correspondencia con el CBA, se describe en el cuadro 43.

Cuadro 43. Síntesis de significados del concepto de gen en Genética General (n=50).

Significado de gen	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)	Correspondencia con el CBA
1.Unidad física de la Herencia	2	4	0,25 Baja
2. Información en la secuencia de nucleótidos del ADN asociado a la síntesis proteica.	7	14	0,50 Media
3. Información biológica o unidad de transcripción que puede expresarse para llevar a cabo diversas funciones en los sistemas vivientes.	29	58	1 Total
1; 2. Combinación.	2	4	0,25 Media
1, 2, 3. Combinación.	3	6	0,75 Alta
1; 3. Combinación.	1	2	0,75 Alta
2; 3. Combinación.	6	12	0,75 Alta
TOTAL	50	100 %	

A partir de la información precedente, es posible señalar que:

El 58% (E2, E6, E9, E10, E14, E16, E18, E19, E22, E23, E24, E25, E26, E27, E28, E29, E30, E31, E32, E33, E37, E39, E44, E45, E46, E47, E48, E49, E50) muestra una **total** correspondencia del significado del concepto de gen como información biológica o unidad de transcripción que puede expresarse en diversas funciones de los sistemas vivos, ya sean eucariontes o procariontes. Dicha información esta contenida en el ADN / ARN, formando parte de la cromatina o de los cromosomas, según sea el caso, y se transcribe en el ARN a fin de expresarse en diversos procesos biológicos. Ello significa un incremento considerable en el número de estudiantes cuyo significado del concepto de gen se aproxima al CBA, como parte de las acciones llevadas a cabo durante la intervención didáctica con docentes y estudiantes en el curso de GG a partir de la IAP.

El 12% (E11, E12, E35, E36, E40 y E43) señaló al gen como información biológica contenida en la secuencia de nucleótidos de ADN y / o ARN, la cual está relacionada con la síntesis de proteínas, además de la herencia de caracteres. Lo cual es considerado como **alta** correspondencia con los CBA, considerando los contenidos

tratados en GG que profundiza en los procesos en los cuales este concepto está involucrado y la diversidad de los sistemas vivos.

El 24% de los estudiantes señalaron combinaciones de significados (E1, E3, E11, E12, E34, E35; E36, E38; E40; E41; E42; y E43), que se corresponden con baja, media y alta correspondencia del significado del concepto de gen con el CBA, según se señala:

- 4% (E1 y E42), con correspondencia media con el CBA.
- 12% (E11, E12, E35, E36, E40, E43), presentan una alta correspondencia con el CBA.
- 2% (E34) señalan al concepto de gen como unidades de información, con una alta correspondencia con el CBA.
- 6% (E3, E38, E41) también se considera tener una correspondencia media con el CBA.

Algunas respuestas seleccionadas de aquellos estudiantes que consideramos representativas de los señalamientos previos se transcriben a continuación:

E1 y E42: Lo señalan como *unidad física y funcional de la herencia constituida por la secuencia de nucleótidos que conforman el ADN / ARN y se transcribe en ARN y que permite llevar a cabo diferentes funciones biológicas.*

E34: *Son estructuras que contienen información y se localizan en los cromosomas de seres eucariontes, en organismos procariontes y en los virus, dicha información esta contenida en el ADN y ARN según sea el caso.*

E3: *Al pensar sobre lo que es el gen me vienen a la mente varias ideas, si estoy resolviendo un ejercicio de Genética donde debo tratar de resolver cual serian las posibles características de la descendencia en un cruce, pienso en el gen como determinado carácter a heredarse...*

Si tengo que interpretar la síntesis de determinada proteína se que la información contenida en la secuencia de nucleótidos señala cuales aminoácidos serán los que se van a requerir y esa información esta contenida en determinado gen...

Para identificar una determinada especie de Drosophyla, además de las características de su fenotipo, uno debe considerar la información de su genotipo....

E38: *Dependiendo de lo que uno deba hacer, por ejemplo en el árbol genealógico para identificar la existencia de determinada enfermedad hereditaria en una familia, uno puede seguirle la pista a la presencia de determinado gen, por ejemplo en el caso de la distrofia muscular...*

Si se debe identificar la presencia o no de ciertos caracteres en un cruce, se deben conocer los genes para determinado carácter....

En la síntesis proteica la información necesaria está en la secuencia de nucleótidos y esta información está en los genes...

Cuando estudiamos la meiosis vimos como los genes ubicados en determinados segmentos de los cromosomas se entrecruzan...

E41: *Yo pensaba que los genes tenían solamente relación con la herencia de los caracteres genéticos de padres a hijos, por ser las unidades de la herencia, pero ahora además los asocio con otros procesos, como la síntesis de proteínas y para ello es necesario entender que la información contenida en el ADN y en el ARN y que se expresan o no son genes.*

En las respuestas de estos estudiantes se aprecia que, dependiendo de la tarea, o del campo de la Biología ante la cual se enfrentan y requieren del concepto de gen, son capaces de hacer uso de sus significados.

E11. *Una determinada secuencia de nucleótidos contiene la información que se requiere para sintetizar determinada proteína, esa información es un gen.*

E12. *Hay distintos tipos de genes, hay genes que señalan que proteína se debe sintetizar... Hay genes que aún no se conoce cual es su función, otros genes son responsables de la señal de inicio de la diferenciación celular, o especialización de las células. Toda la información contenida en el ADN y que forma los genes se hereda...*

E35. *La manera más sencilla de decir que es un gen es referirse a la información contenida en el ADN*

E36. *La presencia o no de determinada enzima necesaria para un determinado proceso esta contenida en los genes, por ello yo entiendo al gen como la información biológica que esta presente en todas las células de un organismo o en el caso de seres unicelulares o en los virus en la molécula de ADN según sea el caso.*

E40. *Considero que es un concepto que tiene varios significados, depende del proceso del cual estemos hablando. En síntesis de proteínas, los genes son la secuencia de nucleótidos necesarios para ello. Por ello entiendo que la información necesaria para que se lleven a cabo diversos procesos además de la herencia de caracteres está contenida en los genes...*

E43. *Cuando se habla de gen lo primero que me viene a la mente son los caracteres que se heredan de padres a hijos y ellos están contenidos en los cromosomas de seres eucariontes o en el acido nucleico si hablamos de procariontes y de virus Por ello considero que los genes son información biológica que puede o no ser transcrita.*

Las respuestas de estos estudiantes, en Genética General, muestran una tendencia a considerar al gen dependiendo de la tarea o campo de la Biología a la cual se hace referencia. Ello podría considerarse como evidencia de evolución de significados para el concepto de gen, lo cual se relaciona con el aprendizaje logrado a partir de la intervención didáctica, construida como parte de la IAP, y aplicada, en ambos cursos, por la investigadora con los estudiantes fuera del aula, y durante las clases conducidas por la profesora. El cuadro 44 sintetiza la información acerca de los diferentes significados del concepto de gen para la totalidad de los estudiantes, a lo largo del estudio, considerando su correspondencia con los significados científicamente aceptados (CBA).

Cuadro 44. Síntesis de la evolución de significados del concepto de gen y su correspondencia con el CBA (inicial, BC y GG, n=50).

Código/ Estudiante	SIGNIFICADOS DEL CONCEPTO DE GEN Y CORRESPONDENCIA CON EL CBA		
	INICIAL	BIOLOGÍA CELULAR	GENÉTICA GENERAL
E1	1; 2 Media	2 Media	1; 2 Media
E2	1; 3 Alta	2 Media	3 Total
E3	1; 3 Baja	1 Baja	1; 2; 3 Alta
E4	2 Media	2Media	2 Media
E5	1 Baja	1 Baja	2 Media
E6	1 Baja	2 Media	3 Total
E7	2 Media	2 Media	2 Media
E8	1 Baja	2 Media	2 Media
E9	1 Baja	2 Media	3 Total
E10	1 Baja	1,2 Media	3 Total
E11	3 Total	1 Baja	2; 3 Alta
E12	2; 3 Alta	2; 3 Alta	2; 3 Alta
E13	1 Baja	2 Media	2 Media
E14	1 Baja	3 Total	3 Total
E15	1; 3 Alta	2 Media	2 Media
E16	3 Total	3 Total	3 Total
E17	3 Total	1 Baja	1 Baja
E18	1 Baja	1 Baja	3 Total
E19	1 Baja	2 Media	3 Total
E20	1 Baja	2 Media	2 Media
E21	1 Baja	1 Baja	1 Baja

EVOLUCIÓN SIGNIFICADO GEN

Código/ Estudiante	SIGNIFICADOS DEL CONCEPTO DE GEN Y CORRESPONDENCIA CON EL CBA		
	INICIAL	BIOLOGÍA CELULAR	GENÉTICA GENERAL
E22	1 Baja	1 Baja	3 Total
E23	1 Baja	2 Media	3 Total
E24	1 Baja	2 Media	3 Total
E25	3 Total	2 Media	3 Total
E26	1 Baja	2 Media	3 Total
E27	2 Media	2 Media	3 Total
E28	2 Media	2 Media	3 Total
E29	1; 3 Alta	3 Total	3 Total
E30	2 Media	2 Media	3 Total
E31	1 Baja	2 Media	3 Total
E32	1;3 Alta	2 Media	3 Total
E33	2 Media	2 Media	3 Total
E34	1 Baja	1,2 Media	1; 3 Alta
E35	1 Baja	2 Media	2, 3 Alta
E36	2 Media	2 Media	2, 3 Alta
E37	3 Total	1 Baja	3 Total
E38	3 Total	1 Baja	1; 2; 3 Alta
E39	1 Baja	1; 2 Media	3 Total
E40	1; 2 Media	1; 2,3 Alta	2; 3 Alta
E41	2 Media	1 Baja	1; 2; 3 Alta
E42	2 Media	1 Baja	1; 2 Media
E43	2 Media	3 Total	2; 3 Alta
E44	2 Media	2,3 Alta	3 Total
E45	1; 2 Media	3 Total	3 Total
E46	1; 2 Media	2 Media	3 Total
E47	1; 2 Media	2 Media	3 Total
E48	1 Baja	2; 3 Alta	3 Total
E49	1 Baja	2 Media	3 Total
E50	1 Baja	2 Media	3 Total

10.6.3. Valoración que tienen los estudiantes del concepto de gen, en los cursos de BC y GG.

Como parte de la indagación que se hizo con la totalidad de los estudiantes del grupo de estudio, se consideró la valoración que hacen del conocimiento para su vida personal y familiar. La información registrada durante las sesiones de intervención con los estudiantes fuera del aula se presenta a continuación:

En cuanto a la importancia que tiene este conocimiento biológico para la vida, **en Biología Celular**, el 48% señaló que el mismo es importante para comprender la herencia de enfermedades de origen genético; un 22 % indicó que este conocimiento le permite conocer la herencia de caracteres entre los miembros de su familia; 14 % señaló que este conocimiento permite identificar implicaciones del genotipo en el fenotipo. Un 26% planteó que este conocimiento lo ayuda a comprender acerca de sus aplicaciones para mejorar la calidad de alimentos, mejoras en los cultivos, y la producción animal; el diagnóstico de enfermedades, la elaboración de fármacos, terapia génica, entre otras.

Al comparar las respuestas de los estudiantes a los ítems 6 y 7 en Biología Celular con las respuestas dadas sobre este mismo aspecto al inicio de la investigación, es posible señalar que existe una marcada tendencia a reconocer que este conocimiento les permite comprender la herencia, fundamentalmente de enfermedades genéticas y otros caracteres hereditarios, así como en la producción de alimentos, medicamentos, en el diagnóstico de enfermedades. Los resultados permiten señalar que las respuestas dadas durante el transcurso de la intervención con los estudiantes se corresponden con significados del concepto de gen identificados en el curso de BC.

En el curso de **Genética General**, durante las sesiones de intervención con los estudiantes fuera del aula expresaron sus opiniones sobre la importancia que tiene este conocimiento, tanto para su vida personal, como para su desenvolvimiento en la sociedad. Los porcentajes de las respuestas fueron los siguientes:

- (40%). Aspectos biotecnológicos asociados a mejorar la salud personal y familiar.
- (30 %) Aspectos de la Genética (Caracteres hereditarios, enfermedades genéticas, entre otros).
- (20%). Posiciones críticas ante las implicaciones éticas de la manipulación genética, patente de genes, clonación de humanos, etc.
- (10%). Elementos para la protección de la Biodiversidad.

Al comparar estos resultados con los obtenidos al inicio y en el curso de Biología Celular, se observa una mayor diversidad y amplitud de las respuestas, incorporando a las mismas elementos relacionados con aplicaciones de dicho conocimiento en el tratamiento y prevención de enfermedades, producción de alimentos por manipulación de genes, protección de la biodiversidad y de aspectos éticos.

10.6.4. Importancia del concepto de gen como conocimiento de la Biología en los cursos de Biología Celular y Genética General.

En el curso de **Biología Celular**, el 28 % de los estudiantes considera el conocimiento del concepto de gen importante por sus aplicaciones en investigaciones en el campo de la propia Biología; 32% lo consideró importante para el estudio y comprensión del Genoma; el 14% señaló el estudio de adaptaciones evolutivas; 20% en el desarrollo y avance del conocimiento en Biología y el 20% para la comprensión de procesos que tienen que ver con la transmisión de información.

Los estudiantes expresaron diversas razones por las cuales consideran que este concepto es importante para la Biología, algunas de las cuales se señalan a continuación:

E1. Su importancia tiene que ver con el estudio del fenotipo y genotipo, en el estudio de las variaciones entre individuos de una misma especie y entre miembros de una familia, además de la comprensión de procesos biológicos que tienen que ver con la transmisión de información.

E4. Este conocimiento es importante por las aplicaciones que tiene en campos como la salud, para las investigaciones que se llevan a cabo en la producción de alimentos y en general para la comprensión de los diferentes procesos biológicos que tienen que ver con la transmisión de información.

E11. El gen es un concepto importante para la Biología pues permite comprender sobre los procesos que tienen que ver con la transmisión de información, de allí su aplicación para llevar a cabo las actuales investigaciones sobre el genoma y que permiten descifrar cuáles genes están presentes en los diferentes grupos de organismos vivos.

Los estudiantes E14, E 29 y E12 señalaron que el gen es importante para la Biología pues:

E 14. Su conocimiento permite el estudio de los caracteres externos (fenotipos) y genotipos de los diferentes seres y de esta manera entender las variaciones entre los individuos de una misma especie, inclusive entre miembros de una misma familia...

E29. El estudio sobre los genes es importante para comprender la Biodiversidad, (fenotipos y genotipos) entre los individuos de los diferentes grupos taxonómicos, así como también entre los integrantes de un grupo familiar...

E12. Gen es un conocimiento importante sobre el cual se ha logrado el actual desarrollo y avance de la Biología, en especial lo que tiene que ver con la

comprensión de los procesos relacionados con la transmisión de información...

El estudiante E12 señaló su importancia para comprender los diversos procesos de transmisión de información en los sistemas vivientes:

Para los estudiantes E13, E16, E19 y E 21, encontramos las siguientes manifestaciones,

E13. *El conocimiento actual sobre el gen es importante por sus aplicaciones para llevar a cabo investigaciones además del desarrollo y avance que este conocimiento le ha dado a la Biología como ciencia.*

E16. *Para la Biología actual, el gen es uno de los conocimientos de mayor importancia en las investigaciones a favor de mejoras en la producción de alimentos, la búsqueda de cura a enfermedades por lo que cada vez mas sus aplicaciones e investigaciones van a favor del avance de la propia Biología.*

E19. *Uno de los conocimientos de mayor importancia hoy para la Biología son los estudios sobre las aplicaciones e investigaciones con genes*

E21. *El conocimiento que hoy en día se tiene sobre los genes es el resultado de sus aplicaciones e investigaciones en diversos campos, lo cual a su vez ha incidido en el desarrollo de la propia biología...*

Los estudiantes E25 y E 27 señalaron, acerca de la importancia de este conocimiento para la Biología, que:

E25 *Conocer acerca del gen facilita el estudio de fenotipos y genotipos de diversas especies y para entender acerca de las variaciones que existen entre los individuos de un mismo grupo taxonómico.*

E27 *Entre los especialistas que estudian la Biodiversidad, el conocimiento sobre los genes son herramientas clave para conocer los fenotipos y genotipos, además de los procesos de evolución.*

Mientras que los estudiantes E15 y E20 se expresan en los siguientes términos:

E20. *Es un conocimiento importante por sus aplicaciones en diversas investigaciones de tipo biotecnológico y en el estudio y comprensión de sus significados en el genoma.*

E15. *Las aplicaciones de este conocimiento es importante en diversos campos: industrial, producción de fármacos, producción de alimentos, prevención y tratamiento de enfermedades genéticas así como las en investigaciones para el estudio y comprensión del genoma y procesos biológicos que tienen que ver con la transmisión de información.*

Al comparar las respuestas de los estudiantes acerca de la valoración de este conocimiento desde el punto de vista de la Biología, durante el desarrollo del curso de Biología Celular, con las señaladas al inicio de la investigación, se muestra una mayor diversidad, así como un enriquecimiento de las opiniones. Aunque persiste una tendencia a asociar a los genes con conocimientos de la herencia biológica, su frecuencia es menor que en el momento inicial, posiblemente a partir de la nueva información del curso y la intervención durante la IAP, lo cual podría ser indicador de una posible evolución en los significados construidos por los estudiantes del grupo de estudio.

En el curso de **Genética General**, como parte de los planteamientos considerados durante las sesiones de intervención fuera del aula con los estudiantes, la investigadora registró información acerca de la importancia de este conocimiento para la Biología actual. El análisis de la información permite señalar que los estudiantes consideran importante el concepto de gen:

- Por sus implicaciones en el desarrollo de la Biología como ciencia (40%).
- Para realizar investigaciones aplicadas a otros campos (40%).
- En el desarrollo de la Genómica y Proteómica (20%).

Estos resultados evidencian la incorporación de la información considerada como parte de los contenidos incorporados en el curso, así como de conocimientos sobre la historia y epistemología del concepto de gen.

10.7. Síntesis de la evolución de significados del concepto de gen

En consideración a las respuestas expresadas por los estudiantes acerca del significado del concepto de gen, según los diferentes instrumentos y técnicas empleadas durante la IAP (cuestionario, entrevistas, reflexiones registradas durante la intervención con los estudiantes y respuestas en pruebas de cada curso) es posible señalar que:

- Existen diferentes significados para el concepto de gen, entre los estudiantes del grupo de estudio, a lo largo de la investigación, con elementos orientadores de una evolución de su significado durante el desarrollo de los cursos.
- Considerando la Teoría, de aprendizaje significativo de Ausubel (2002), se interpreta que el aprendizaje de conceptos abstractos, como es el concepto de gen, tiene muy poca posibilidad de aprenderse de manera mecánica o por repetición, ya que necesariamente deben relacionarse “*con los sistemas ideáticos existentes en la estructura cognoscitiva*” (Ausubel y otros, 1983, p. 130). Según señalan estos autores, el aprendizaje de conceptos abstractos, se asimilan por inclusión correlativa y no por inclusión derivativa como ocurre con los conceptos fácticos:

En la inclusión correlativa, la nueva información Y es vinculada a la idea X, pero es una extensión, modificación o limitación de X. Los

atributos de criterio del concepto incluido pueden ser extendidos o modificados con la nueva inclusión correlativa (p. 71).

De acuerdo con los planteamientos ausubelianos, el proceso de asimilación del concepto de gen requiere, que ocurra en la estructura cognitiva de los estudiantes, un proceso de inclusión correlativa donde la nueva información se relacione con lo que ya saben, y a partir de ello el conocimiento puede modificarse, ampliarse y/o diferenciarse de manera progresiva. Ello permite que el significado inicial que tienen sobre el concepto de gen sea aclarado, en la medida que se discrimina y se recombina, permitiendo la adquisición de nuevos significados.

Con fines de favorecer el aprendizaje significativo y crítico del concepto de gen, es necesario identificar los significados del concepto de gen que tienen los estudiantes, para a partir de ellos, organizar la enseñanza que permita presentar la nueva información de manera progresiva, facilitando actividades que favorezcan la reflexión y adquisición de nuevos conocimientos y su aplicación en diferentes situaciones.

Asumimos con Caballero (2003) que el proceso de aprendizaje significativo de conceptos abstractos requiere de tiempo, ante lo cual señala: *“los procesos cognitivos que influyen en el aprendizaje significativo de conceptos son progresivos y se requiere de tiempo hasta que los nuevos conceptos adquieren significados denotativos y connotativos en la estructura cognitiva humana”* (p. 138).

Además, y aceptando los planteamientos de Moreira (2000), el aprendizaje ocurre en el marco de un continuo entre un aprendizaje mecánico o repetitivo y un aprendizaje significativo, lo que explica las diferencias encontradas entre los estudiantes que diferencialmente progresaron en la comprensión del gen.

La modificación de la estructura cognitiva, la capacidad para resolver problemas y la retención, son algunas de las diversas evidencias de aprendizaje significativo planteadas por Ausubel (1983). Para tratar de indagar e interpretar acerca de la estructura cognitiva y su modificación, como producto del aprendizaje, es necesario emplear variados instrumentos que sean apropiados para ello, entre los cuales se considera la elaboración de mapas de conceptos y de representaciones gráficas, ya que dichas representaciones podrían permitir identificar e interpretar la evolución de los significados del concepto de gen en el proceso de su aprendizaje. En este sentido, Gowin señala: que *“pensamos con conceptos... el pensamiento cambia en la medida que los conceptos cambian. (Gowin, 2005, p. 16).*

A partir de la información aportada por los estudiantes a lo largo de la IAP es posible señalar que una parte de los estudiantes mantienen el significado del concepto de gen en las diversas oportunidades, por ejemplo, los estudiantes E11, E16 para quienes el gen tiene el significado de unidad informacional y el estudiante E21 lo considera como unidad física y funcional de la herencia durante diferentes ocasiones.

Los estudiantes E12 y E17 expresan en las diferentes oportunidades que el gen es *la información genética contenida en la secuencia de nucleótidos que conforman el ADN y/o ARN*. Esto permite mostrar que no siempre es posible identificar progresiones en el significado que tienen los estudiantes en tan corto periodo de tiempo (14 a 16 semanas) y que posiblemente se requiere mayor tiempo que el transcurrido entre uno y otro momento de la investigación, además de la importancia de colocar al estudiante ante nuevas situaciones donde necesite hacer uso de los conocimientos que posee.

En las respuestas de algunos estudiantes, durante las sesiones de la intervención didáctica en el aula y fuera de ella, se identificaron conocimientos que no están de acuerdo con el conocimiento aceptado, tal es el caso del estudiante E15, quien asocia al gen con un nucleótido o una base nitrogenada, en las diferentes situaciones y momentos durante la IAP, y que además se mantienen en representaciones gráficas que elabora. Este tipo de conocimiento, aprendido de manera significativa por los estudiantes, puede considerarse obstáculos para la comprensión del significado del concepto de gen aceptado actualmente por la comunidad científica.

Desde la historia y desarrollo epistemológico del conocimiento, además de considerar el significado del concepto de gen en correspondencia con la: Genética, Biología Molecular, Biología Celular, Evolución, por ejemplo, se plantean varios significados relacionados con funciones específicas. Lo cual permite señalar que, los significados que los estudiantes expresan durante los diferentes momentos de la investigación están asociados, en primer lugar, al poder explicativo que les ofrece para abordar y tratar de comprender las diversas situaciones y problemas durante el desarrollo de los cursos. Y en segundo lugar, su significado está asociado a los diferentes campos de la Biología, ante lo cual Tineo (2005) expresa:

... en Evolución es la unidad básica de mutación; en Genética es la unidad básica de la Herencia o unidad básica de recombinación: o bien es la unidad mínima que se puede heredar. En Biología Celular y Molecular: Gen puede considerarse como unidad funcional, es decir, fragmento de ADN/ ARN que contiene la información necesaria para la síntesis de un polipéptido... ”.

En resumen, a partir de las respuestas de los estudiantes acerca del significado del concepto de gen durante el desarrollo de los cursos se evidencian diferencias desde considerarlos inicialmente estructuras físicas con funciones relacionadas con la herencia de caracteres hasta entenderlos como unidades de información, lo cual se corresponde con el proceso de desarrollo histórico y epistemológico de este concepto y además relacionando sus respuestas con el contexto de los contenidos de cada asignatura en cuestión.

Considerando a Keller (2005), a partir del siglo XIX, el concepto de gen ha evolucionado hasta su concepción actual como “*unidades funcionales de información*”. Esto ha estado acompañado de avances tecnológicos cuyas aportaciones han hecho posible conocer con mayor precisión acerca de su composición, ubicación,

10.7.1. Nivel de significancia de los resultados. Funciones, además de la aplicación de este conocimiento científico para el bienestar individual y social de la humanidad, con repercusión en el campo de las ciencias de la Salud, Agricultura, Biotecnología y en el avance del propio desarrollo de la Biología como ciencia. Sin embargo, a medida que el concepto de gen ha evolucionado, se mantienen aspectos fundamentales de su significado como conceptos clave de la Biología (op. cit. pp. 3 - 10).

Con la finalidad de determinar diferencias significativas entre los resultados en los tres momentos: Inicial, Biología Celular y Genética General se utilizó la prueba de los rangos de signo de Wilcoxon (Wayne, 1988, p. 400), la cual se considera una prueba no paramétrica que facilita la comparación y permite obtener diferencias comparando pares de observaciones entre dos o más muestras relacionadas.

Con la finalidad de analizar la evolución de significados se establecieron los siguientes indicadores:

1. Existencia de *cambios positivos*, determinados por la presencia de significados del concepto de gen desde unidades físicas (criterio 1) o baja correspondencia, hasta considerar al gen como información biológica (criterio 4) con total correspondencia con los CBA.
2. Ausencia o también llamado *sin cambio*, al considerar que se mantiene el significado del concepto de gen que expresan los estudiantes en las diversas oportunidades y ante diferentes acciones durante la IAP.
3. Presencia de *cambios negativos*, cuando el significado del concepto de gen, en determinado momento, regresa desde uno considerado de mayor nivel a otro considerado de menor nivel de correspondencia.

A continuación, en el cuadro 45, se presentan elementos indicadores de la posible evolución significados del concepto de gen, considerando el momento inicial, en Biología Celular y en Genética General.

Cuadro 45. Evolución de significados el concepto de gen.

Indicadores de Cambio	De Inicial a Biología Celular		De Biología Celular a Genética General	
	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)
Cambios positivos	29	58	36	72
Sin cambio	12	24	10	20
Cambios negativos	9	18	4	8

Los valores de la prueba de los rangos con signos de Wilcoxon, para el significado identificado al inicio de la investigación y el significado del concepto de gen identificado durante el curso de Biología Celular, se muestra en el cuadro 46.

Cuadro 46. Significados del concepto de gen al inicio y durante los cursos de Biología Celular

Significado	Rangos	N	Rango promedio	Suma de Rangos
Inicial				
Biología Celular	Rangos positivos	9 ^b	26,28	236,50
	Rangos negativos	29 ^a	17,40	504,50
	Sin Cambios	12 ^c		
	Total	50		

a Significado inicial <Significado de Biología Celular

b Significado inicial > Significado Biología Celular

c Biología Celular = Significado de Inicial.

A partir del estadístico de contraste, es posible señalar que existen diferencias significativas de evolución entre los significados iniciales del concepto de gen de los estudiantes y el registrado en Biología Celular, los valores de significancia de los significados iniciales y los identificados en el curso de Biología Celular fue de -1,977 y un significado bilateral de 0,048. La intervención didáctica llevada a cabo en los cursos de Biología Celular con sesiones de trabajo en el aula y fuera de ella, así como las sesiones de trabajo con la docente favoreció entre los estudiantes la evolución de significados del concepto de gen hacia los actualmente aceptados en la Biología.

Las actividades de aprendizaje llevadas a cabo durante el desarrollo de la intervención didáctica con los estudiantes dentro y fuera del aula, fundamentada en los principios planteados por Moreira (2005) para facilitar el aprendizaje significativo crítico del concepto de gen, permitieron compartir significados en grupo, reflexionar ante situaciones concretas donde se ponen de manifiesto dichos significados y realizar actividades que permitieron exponer sus interpretaciones, a la luz del CBA, lo cual puede considerarse como elementos de una enseñanza potencialmente significativa que favorece el proceso de evolución de significados del concepto de gen entre los estudiantes.

De la misma manera, entre el significado del concepto de gen expresado por los estudiantes en el curso de Biología Celular y el expresado en el curso de Genética General, la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon señala la existencia de diferencias altamente significativas, la información relacionada se presenta en el cuadro 47.

Cuadro 47. Valores de Rangos con signo de Wilcoxon de los significados del concepto de gen en Biología Celular y Genética General.

Significado	Rangos	Número de sujetos (N)	Rango promedio	Suma de Rangos
Biología Celular - Genética General	Rangos positivos	36 ^b	21,33	52,00
	Rangos negativos	4 ^a	13,00	768,00
	Sin Cambios	10 ^c		
	Total	50		

^a Significado Genética General < Significado de Biología Celular

^b Genética General > Significado Biología Celular

^c Biología Celular = Significado de Inicial.

A partir del estadístico de contraste, es posible señalar que existen diferencias altamente significativas a favor de la evolución de los significados iniciales sobre el concepto de gen expresado por los estudiantes al comenzar la investigación y aquellos manifestados durante el curso de Biología Celular.

Los valores de significancia del estadístico aplicado, permiten señalar que las diferencias entre los significados iniciales y los identificados en Biología Celular y Genética General fue Z: - 4,985.

Dichos valores confirman la existencia de elementos a favor de la evolución de significados del concepto de gen en los estudiantes a lo largo de los cursos consecutivos de Biología Celular y Genética General-

10. 8. Análisis e interpretación de significados del concepto de gen a partir de mapas de conceptos elaborados por los estudiantes en los cursos de Biología Celular y Genética General

Con la intención de verificar la interpretación acerca del significado del concepto de gen manifestadas por los estudiantes del grupo de estudio, se consideró la información procedente de los mapas de conceptos y representaciones graficas elaboradas por los estudiantes en los cursos de BC y GG. Conscientes de la importancia de considerar diversos instrumentos para obtener información que permitan contrastar las respuestas de los estudiantes en diversas oportunidades y hacer interpretaciones lo más cercana posible a los significados que se construyen durante el desarrollo de los cursos, se empleó la elaboración de mapas de conceptos.

Esta convicción es coincidente con la idea de Moreira (2006), al señalar que:

”Los mapas conceptuales son potencialmente útiles en la enseñanza, en la evaluación del aprendizaje y para el análisis del contenido curricular. Son diagramas que indican relaciones entre conceptos y pueden ser interpretados como diagramas jerárquicos que permiten la organización conceptual de un cuerpo de conocimientos o parte de él”. (op cit., p. 9)

Los mapas de conceptos, entre otras posibilidades, permiten:

- Mostrar las relaciones jerárquicas que establecen los estudiantes entre los conceptos y al investigador explorar explícitamente dichas relaciones, obtener información sobre el tipo de estructura que el estudiante ve en un conjunto dado de conceptos.
- Identificar lo que el estudiante sabe en términos conceptuales, es decir, cómo estructura, jerarquiza, diferencia, relaciona, discrimina e integra los conceptos (Moreira, 2006, p 10).
- Evaluar, lo mejor posible el conocimiento, ya que en este tipo de representación el estudiante puede exteriorizar lo que sabe y a su vez permite visualizar la representación del conocimiento que tiene o una aproximación al mismo.

En cuanto a sus dimensiones espaciales, es posible identificar mapas de conceptos que generalmente se refieren a listas de conceptos, con tendencia a percibirse como una representación lineal, pero también hay mapas bidimensionales que permiten una representación más completa de las relaciones entre los conceptos y hacen posible incluir otros factores que afectan a la estructura conceptual.

Por este motivo, pueden considerarse como auxiliares para indagar sobre el conocimiento que construyen en los cursos con la finalidad de investigar posibles progresiones en la estructura cognitiva durante IAP. En la investigación se solicitó su elaboración en dos oportunidades formando parte del cuestionario ya referido, la primera en Biología Celular y la segunda en Genética General.

Para analizar los mapas de conceptos se establecieron categorías que se corresponden con los principios ausubelianos de jerarquización, que resalta la importancia de desglosar los conceptos por orden jerárquico, la incorporación de relaciones cruzadas de los conceptos subordinados con los principales y del uso de palabras o conectores entre los conceptos, además de la incorporación de ejemplos.

Según Moreira (1987), esto significa que, *aunque de acuerdo con el abordaje ausubeliano se debe comenzar por los conceptos más generales, es necesario que se muestre luego como los conceptos subordinados a ellos están relacionados (relaciones cruzadas) y entonces, se vuelva a nuevos significados para los conceptos de orden más alto en la jerarquía* (Moreira, 1987, p. 9).

De acuerdo con los planteamientos de Novak y Gowin (1988), la elaboración de mapas de conceptos permiten identificar conocimientos de los estudiantes, los conceptos que ponen en práctica en diversas situaciones de aprendizaje, señalar las relaciones entre los conceptos que tienen y los que incorporan durante la intervención didáctica. En este sentido, dichos autores expresan:

..."puesto que los mapas conceptuales constituyen una manifestación explícita y manifiesta de los conceptos y proposiciones que posee una persona, permiten a los profesores y a los alumnos intercambiar sus puntos de vista sobre la validez de un vínculo proposicional determinado, o darse cuenta de las conexiones que faltan entre los conceptos y sugieren la necesidad de un nuevo aprendizaje". (op cit., p 33)

Durante la entrevista individual, en cada uno de los cursos, los estudiantes expresaron su significado del concepto de gen, las relaciones con otros conceptos biológicos y la incorporación de conceptos, términos, ejemplos relacionados con el concepto de gen, como parte de los contenidos desarrollados.

10.8.1. Procedimiento para el análisis de los Mapas de Conceptos.

Los estudiantes del grupo de estudio ya habían elaborado mapas de conceptos con diferentes finalidades en cursos precedentes, además de haberse considerado, al inicio de la investigación la contrastación del conocimiento sobre los mismos y su elaboración.

Las orientaciones dadas para elaborar los mapas de conceptos se refirieron a:

1. Considerar los contenidos conceptuales tratados en los curso y que se señalan a continuación :

Biología Celular. Características del núcleo y/ o región nuclear en células de procariontes y eucariontes. Los ácidos nucleicos como sustrato bioquímico de la información biológica; modelo de la estructura de la molécula del ADN. La cromatina y su compactación en cromosomas. Procesos de duplicación, transcripción y traducción del ADN. Síntesis del ARN en procariontes y eucariontes. Procesamiento de los ARN, estructura y función del ARN. Desciframiento del Código Genético. Propiedades y evidencia experimental. Síntesis proteica en procariontes y eucariontes. Procesos de división celular.

Genética General. Genes, cromosomas y Herencia. Procesos de división celular: Mitosis y Meiosis. Genética Mendeliana. Ampliaciones de la Genética mendeliana. Cartografía Cromosómica en eucariontes. Análisis Genético y mapas genéticos. ADN: estructura y análisis. Replicación y recombinación del ADN. La ordenación del ADN en cromosomas. Expresión y regulación de la información genética: El código genético y la transcripción, traducción y proteínas; Mutación génica, reparación del ADN y transposición. Regulación de la expresión génica en procariontes y en eucariontes, Regulación del ciclo celular y el cáncer.

2. Organizar la información de manera jerárquica con adecuado arreglo espacial, para lo cual se presentó a los estudiantes el programa computarizado Cmap Tools y se realizaron ejercicios.

3. Elaborar mapas de conceptos de manera individual, empleando los símbolos correspondientes y convencionalmente aceptados.

Para evaluar los MC se consideró el siguiente listado de criterios:

1. Jerarquía.
2. Presencia de términos, conceptos relevantes y pertinentes.
3. Uso de proposiciones y palabras o conectores.
4. Uso de relaciones cruzadas.
5. Incorporación de ramificaciones.
6. Incorporación de ejemplos.
7. Dimensionalidad.

Para la puntuación se consideraron los planteamientos de Novak y Gowin (1988), por lo que se otorgó un punto a cada componente encontrado de manera válida. El puntaje total (7 puntos), corresponde a la sumatoria, lo cual se considera como parámetro de calidad.

En la determinación del nivel de existencia para cada uno de los criterios antes señalados se empleó la escala de valoración que se presenta en el cuadro 48.

Cuadro 48. Escala para ponderar la presencia de los criterios.

Aspectos a considerar	Valoración
Ausencia de elementos definatorios.	0
Presencia de algunos de los elementos definatorios.	0,25
Presencia satisfactoria de al menos el 50% de los elementos definatorios.	0,50
Presencia satisfactoria de al menos el 75% de los elementos definatorios.	0,75
Presencia de la totalidad de los elementos definatorios.	1,00

A continuación en el cuadro 49 se presenta la escala empleada para evaluar la calidad de los mapas de conceptos, desde baja a alta calidad de los mismos.

Cuadro 49. Escala para evaluar la calidad de los mapas de conceptos en ambos cursos.

Puntaje	Calidad
1- 3	Baja
3,10 - 5	Media
5,10- 7	Alta

A continuación, el cuadro 50 presenta la valoración de la calidad de los mapas de conceptos en Biología Celular, en el mismo se señalan los puntajes a partir de los elementos considerados para analizar los mapas de conceptos elaborados por la totalidad de los estudiantes del grupo de estudio.

Cuadro 50. Calidad de los MC elaborados por los estudiantes en Biología Celular.

Código/ Estudiante	Jerarquía	Conceptos relevantes	Conectores	Relaciones cruzadas	Ramificaciones	Ejemplos.	Dimensio- nalidad	Puntaje/ Calidad
E1	0,75	0,5	0,75	0	0,25	0	0,5	2,75/Baja
E2	0,25	0,25	0	0	0,25		0,5	1,25/Baja
E3	0,5	0,25	0,75	0,25	0	0	0,5	2,25/Baja
E4	1	0,25	0,75	0	0	0	0,5	2,5/Baja
E5	1	1	1	0,75	1	0	0,75	5,5/Alta
E6	0,5	0,25	0,5	0	0	0	0,5	1,75/Baja
E7	0,5	0,25	0,5	0	0	0	0,5	1,75/Baja
E8	0,75	0,5	0,5	0	0	0	0,5	2,25/Baja
E9	0,25	0,5	0,5	0	0	0	0,5	1,75/Baja
E10	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0,5	2/Baja
E11	0,75	0,75	0,75	0	1	0	0,5	3,75/Media
E12	1	1	0,75	0,75	0,75	0,25	0,75	5,25/Alta
E13	1	1	1	0	0,25	0,5	0,75	4,5/Media
E14	0,75	0,75	0,75	0	0	0	0,5	2,75/Baja
E15	0,75	0,5	0,5	0	0	0	0,5	2,25/Baja
E16	0,75	0,75	0,75	0	0	0	0,75	3,0/Baja
E17	1	1	0,75	1	1	0	0,75	5,5/Alta
E18	0,75	0,25	0,75	0	0,5	0	0,5	2,75/Baja
E19	0,75	0,75	0,75	0	0,5	0	0,75	3,5/Media
E20	0,5	0,25	0,25	1	0,25	0	0,5	2,75/Baja
E21	0,75	1	0,5	0	0,25	0	0,5	3,0/Baja
E22	0,5	0,25	0,25	0	0	0	0,5	1,5/Baja
E23	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25	0	0,25	1,75/Baja
E24	0,75	0,25	0,75	0,25	0	0	0,5	2,5/Baja
E25	0,75	0,25	0,5	0,25	0	0	0,5	2,25/Baja
E26	1	0,75	0,75	0,75	0,5	0	0,5	4,25/Media
E27	1	0,75	0,75	0,75	0,5	0	0,75	4,5/Media
E28	0,75	0,75	0,75	1	1	0	1	5,25/Alta
E29	0,75	0,75	0,75	0	0,5	0	0,5	3,25/Media
E30	0,75	0,75	0,75	0,5	0	0	0,25	3,5/Media
E31	0,5	0,75	0,5	1	1	0	0,25	4/Media
E32	0,75	0,75	0,75	0	0,5	0	0,25	3/Baja
E33	0,75	0,75	0,75	0,5	0	0	0,5	3,25/Media
E34	0,5	0,5	0,75	0,75	0,75	0	0,5	3,75/Media
E35	0,5	0,25	0,75	0	0	0	0,5	2,5/Baja
E36	0,5	0,75	0,75	0,75	0	0	0,5	3,25/Media

EVOLUCIÓN SIGNIFICADO GEN

Código/ Estudiante	Jerarquía	Conceptos relevantes	Conectores	Relaciones cruzadas	Ramificaciones	Ejemplos.	Dimensio- nalidad	Puntaje/ Calidad
E37	9,75	0,25	0,25	0	0	0	0,5	1,75/Baja
E38	0,75	0,75	0,5	0	0	0	0,5	2,5/Baja
E38	9,75	0,75	0,5	0	0	0	0,5	2,5/Baja
E40	0,75	0,75	0,75	0,75	0	0	0,75	3,75/Media
E41	0,5	0,25	0,25	0	0	0	0,5	1,5/Baja
E42	0,75	0,75	0,75	1	0	0	0,5	4,25/Media
E43	1	1	1	1	0	0	1	5/Media
E44	1	1	1	1	0	0	1	5/Media
E45	1	1	1	0	1	0	1	5/Media
E46	0,5	0,75	0,75	0,75	0	0	1	3,75/Media
E47	0,75	0,5	0,75	0,75	0	0	1	3,25/Media
E48	0,75	1	0,75	0,5	0,75	0	1	4,75/Media
E49	0,75	1	0,75	0	1	0	0,5	4/Media
E50	0,75	1	0,75	0	1	0	0,5	5,5/Alta

Seguidamente, en el cuadro 51 se presenta la información de la calidad de los mapas elaborados por los estudiantes durante el desarrollo de la asignatura de Genética General.

Cuadro 51. Calidad de los mapas de conceptos elaborados por los estudiantes en Genética General.

Código. Estudiante	Jerarquía	Conceptos relevantes	Conectores	Relaciones cruzadas	Ramificaciones	Ejemplos	Dimensio- nalidad.	Puntaje Total/ Calidad
E1	1	1	1	0,75	0,75	0	0,5	5/ Media
E2	0,5	1	0	0	0,5	0	0,5	2,5/ Baja
E3	0,5	0,5	0,75	0	0	0	0,5	2,25 /Baja
E4	0,5	0,75	0,75	0	0	0	0,5	2,5/ Baja
E5	1	1	1	1	1	0	1	6/Alta
E6	0,75	0,75	0,75	0,75	0	0	1	4/ Media
E7	1	0,75	0,75	0	0	0	1	3,5/ Media
E8	1	1	0	0	1	0	0,5	3,5/ Media
E9	1	0,75	0,75	0	0	0	0,5	3/ Baja
E10	0,75	0,75	0,75	1	0	0	0,5	3,75/ Media
E11	0,75	1	0,75	0	1	0	1	4,5/ Media
E12	0,75	1	0,75	0,75	1	0	1	5,25/ Alta
E13	1	1	1	0,75	0,5	0,25	0,75	5,25/ Alta
E14	0,75	1	1	0,75	0,75	0,25	0,75	5,25/ Alta
E15	0,5	0,75	0,5	0	0,5	0	0,5	2,75/ Baja
E16	0,75	1	0	0	0,75	0,25	0,75	3,50/ Media

EVOLUCIÓN SIGNIFICADO GEN

Código. Estudiante	Jerarquía	Conceptos relevantes	Conectores	Relaciones cruzadas	Ramificaciones	Ejemplos	Dimensión- nidad.	Puntaje Total/ Calidad
E17	0,75	1	0,75	0,75	0,75	0	0,75	4,75/ Media
E18	0,75	1	0,5	0	1	0	0,75	4,0/ Media
E19	0,75	1	1	0,75	1	0	0,75	5,25/ Alta
E20	0,75	0,5	0,75	0,75	0,75	0	0,75	4,25/ Media
E21	0,75	0,5	0,75	0,25	0,75	0	0,75	3,75/ Media
E22	0,75	0,75	0,75	0,5	0,75	0	0,5	4/ Media
E23	0,75	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,5	3,25/ Media
E24	1	0,75	0,75	1	1	0	0,5	5/ Media
E25	1	0,75	0,25	0	1	0	0,75	3,75/ Media
E26	1	0,75	0,75	0,75	0,75	0	0,75	4,75/ Media
E27	1	0,75	0,75	0,75	0,75	0	0,75	4,75/ Media
E28	1	1	1°	1	1	0	1	6/Alta
E29	0,75	0,75	0,75	0	0,5	0	0,5	3,25/ Media
E30	0,75	0,75	0,75	0	1	0	0,75	4/ Media
E31	0,75	0,75	0,75	0	0,75	0	0,5	4/ Media
E32	1	0,75	0,25	0	1	0	0,25	3,25/ Media
E33	1	1	0	0	0,75	0,25	0,5	3,5/ Media
E34	0,75	1	0,5	0	1	0,5	0,25	4/ Media
E35	0,75	1	0,75	0,75	0,75	0	0,5	4,5/ Media
E36	0,75	1	1	0	0,75	0	0,75	4,25/ Media
E37	0,75	0,25	0,25	1	0	0,25	0,5	3/Baja
E38	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0	0,5	4,25/ Media
E38	0,75	0,75	0,75	1	1	0	0,75	5/ Media
E40	0,75	0,75	0,75	1	1	0	0,75	5/ Media
E41	0,75	0,75	0,75	1	0	0	0,75	4/ Media
E42	1	1	1	0	1	0,25	0,75	5/ Media
E43	1	1	1	1	0	0	1	5/ Media
E44	1	1	1	1	0	0	1	5/ Media
E45	1	1	1	1	0	0	1	5/ Media
E46	0,5	0,75	0,75	0,75	0	0	1	3,75/ Media
E47	0,75	0,25	0,75	0,75	0	0	1	3,5/ Media
E48	0,75	1	0,75	0,5	0,5	0,25	1	4,75/ Media

Código. Estudiante	Jerarquía	Conceptos relevantes	Conectores	Relaciones cruzadas	Ramificaciones	Ejemplos	Dimensión- nalidad.	Puntaje Total/ Calidad
								Media
E49	0,75	1	1	0,75	0,75	0	0,75	5/ Media
E50	1	0,75	0,75	1	0,75	0	0,75	5/ Media

La Síntesis de la calidad de los mapas de conceptos elaborados por los estudiantes en los cursos de BC y GG, se presenta a continuación en el cuadro 52.

Cuadro 52. Síntesis de calidad de los mapas de conceptos elaborados en los cursos de BC y GG.

Calidad de contenido	Mapa conceptual contenido BC		Mapa conceptual contenido GG	
	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)	Frecuencia Absoluta	Frecuencia relativa (%)
Baja	25	50	6	12
Media	20	40	38	76
Alta	5	10	6	12

A partir de los datos precedentes es posible señalar que, en el curso de GG, la mayoría de los estudiantes (88%) logra una importante mejora en la calidad de los mapas de conceptos (media y alta calidad) en comparación con lo identificado en el curso de BC (50%), con una importante disminución de la baja calidad, de 50% a 12 %, según se observa en el cuadro anterior.

10.8.2. Valoración interpretativa de los Mapas de Conceptos.

A continuación se presentan una serie de mapas de conceptos, que fueron seleccionados por la investigadora, a partir de la totalidad elaborados por los estudiantes en los cursos de Biología Celular y Genética General, con la finalidad de mostrar evidencias de los elementos que fueron antes señalados para el análisis de la calidad de los mismos.

A continuación se presentan copias de Mapas de Conceptos seleccionados por la investigadora como ejemplos de casos acerca de la evolución de significados del concepto de gen, entre los estudiantes del grupo de estudio. Los mismos fueron elaborados por los estudiantes empleando la herramienta Cmaps Tools

Caso Estudiante 1. E1

A continuación, las figuras 10 y 11 representan los mapas de conceptos elaborados por este estudiante en dos momentos diferentes del desarrollo de la investigación.

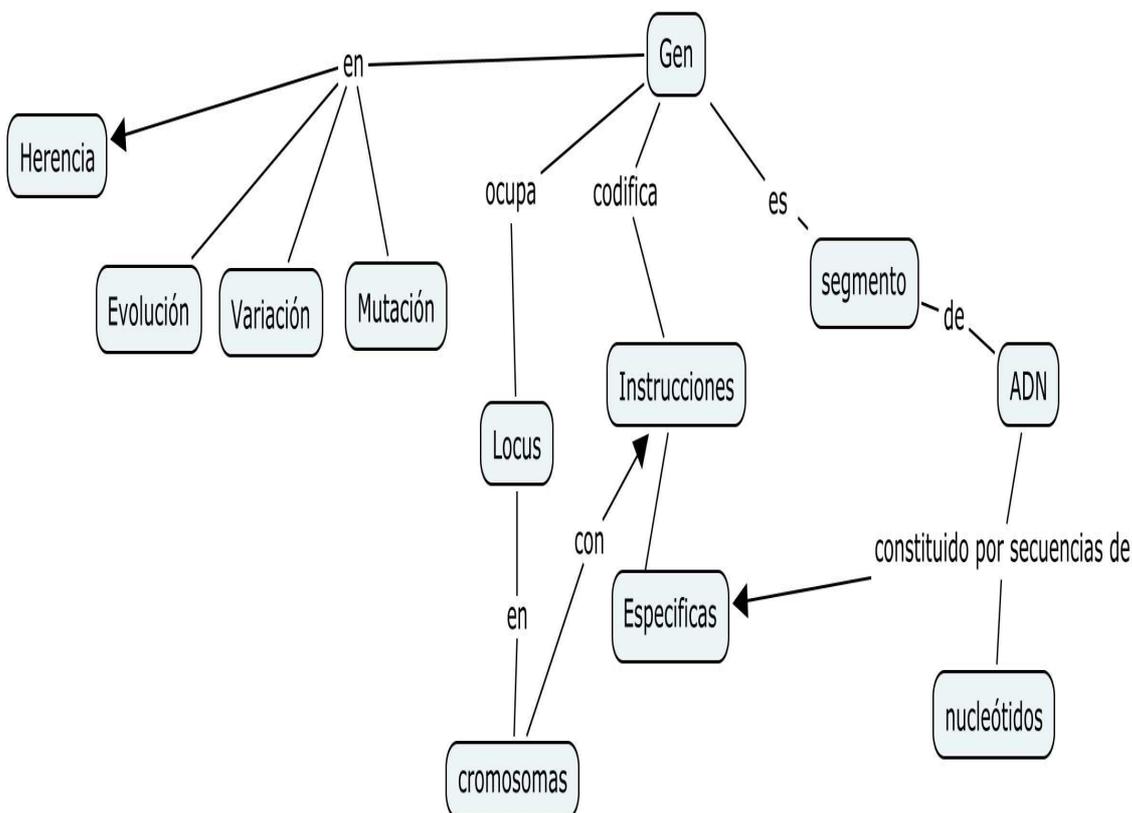


Figura. 10. Mapa de Conceptos 1 del estudiante E1 (Baja Calidad y Correspondencia con el CBA).

En el primer mapa, el estudiante E1, señala al gen como *segmento de ADN constituido por una secuencia particular de nucleótidos, ubicado en un lugar determinado del cromosoma (locus) y que contiene determinada instrucción (biológica)*. Para este estudiante, tiene el significado de estructura física, que además permite explicar la herencia, variaciones, mutaciones y la evolución. Estos significados, puestos de manifiesto en este primer mapa de conceptos, son consecuentes con el significado que el mismo estudiante señaló de manera oral y escrita en el cuestionario y la entrevista. Con respecto a los conceptos y términos incorporados en el mismo, se puede decir que son pertinentes, sin embargo, no muestran una plena correspondencia con los conocimientos actualmente aceptados por la comunidad de biólogos.

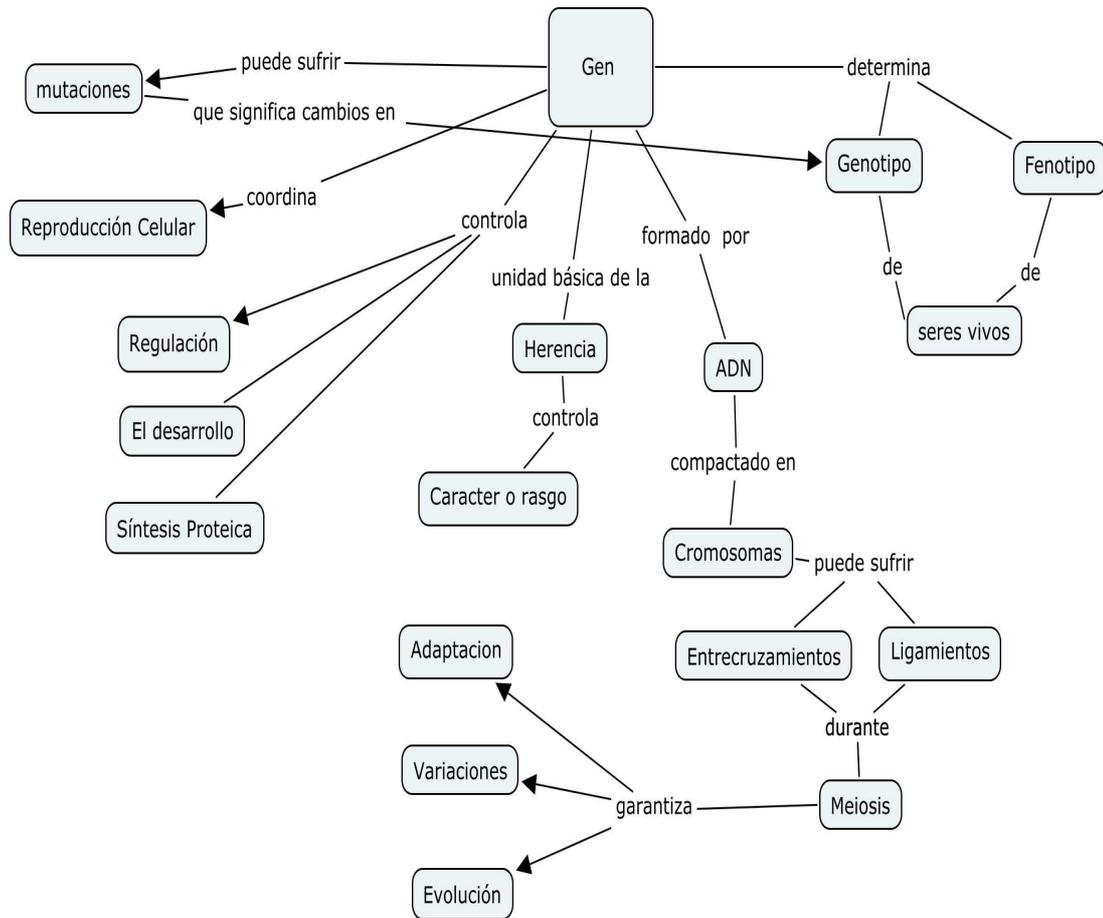


Figura 11. Mapa de Conceptos 2 del estudiante E1 (Alta Correspondencia y Calidad).

En el segundo mapa de conceptos, el estudiante E1 incorpora un mayor número de conceptos relevantes, además de un mayor número de relaciones entre los conceptos y de conectores o proposiciones entre ellos, lo cual pudiera ser interpretado como indicador de evolución del significado del concepto de gen, a partir de la intervención didáctica construida en la IAP durante el curso de Genética General, y evidenciar una mejor calidad del mapa 2 con respecto al mapa 1.

Sin embargo, en ambos mapas de conceptos (1 y 2) del estudiante E1 se muestra una débil conexión y relación entre los conceptos, debido a que las conexiones que usa son generalmente de una palabra, lo cual estaría indicando una baja atribución de significados y, por tanto, un deficiente aprendizaje significativo crítico. Es posible señalar entonces, que en el curso de GG, el estudiante incorpora un mayor número de proposiciones en comparación con el mapa 1, por lo que se muestra, como una representación con mayor número de relaciones entre los conceptos. Este elemento pudiera considerarse como una progresividad hacia la relación, aunque afectada por el

tipo de conectores de una palabra. Todo ello permite señalar que, aun cuando se evidencia progresión con respecto al mapa anterior, la atribución de significados es baja y aún existe un deficiente aprendizaje significativo.

En cuanto a la dimensionalidad de la representación, y considerando a Moreira (2006), el mapa de conceptos 1, se refiere a un diagrama unidimensional, de conexiones lineales, mientras que en el mapa 2, se muestran con elementos de bidimensional y que desde el punto de vista ausubeliano, dan idea de un mayor desglose de los conceptos, según el orden jerárquico (diferenciación progresiva), así como del principio de reconciliación integradora.

Considerando a Moreira (2006), los mapas de conceptos no sólo deberán facilitar el desglose conceptual unidireccional (de arriba hacia abajo), sino también deben mostrar la relación de los conceptos subordinados con los principales. Ante lo cual, el mapa 1 elaborado por el estudiante E1, señala: *variaciones, mutaciones, la evolución,*”, mientras que, en el Mapa 2, la relación entre “gen y herencia” es algo más explícita cuando dice: *“el gen es la unidad básica de la herencia”*, además relaciona el concepto de gen con otros procesos biológicos como *“reproducción celular, regulación, desarrollo y la síntesis proteica*, ello muestra una diferencia importante puesto que, en este segundo mapa, se explicitan otros procesos, además de la herencia. Con relación a las proposiciones, y tomando en consideración los planteamientos de Moreira (2006), cuanto mayor es el número de proposiciones que se establecen entre los conceptos, mayor será el grado de significatividad. Ante lo cual expresa:

"aunque de acuerdo con el abordaje ausubeliano se debe comenzar por los conceptos más generales, es necesario que se muestre luego como los conceptos subordinados a ellos están relacionados y, entonces, se vuelva a través de ejemplos, a nuevos significados para los conceptos de orden más alto en la jerarquía" (op cit., p. 9).

En síntesis, el segundo mapa de conceptos muestra un grado de mayor nivel de conceptualización de parte del estudiante, con respecto al primer mapa, así como una posible evolución del significado de gen desde un nivel fundamentalmente de estructura física a un significado de funcionalidad en diversos procesos y campos de la Biología.

Caso Estudiante E22.

A continuación, las figuras 12y 13 representan los mapas de conceptos elaborados por este estudiante en dos momentos diferentes del desarrollo de la investigación.

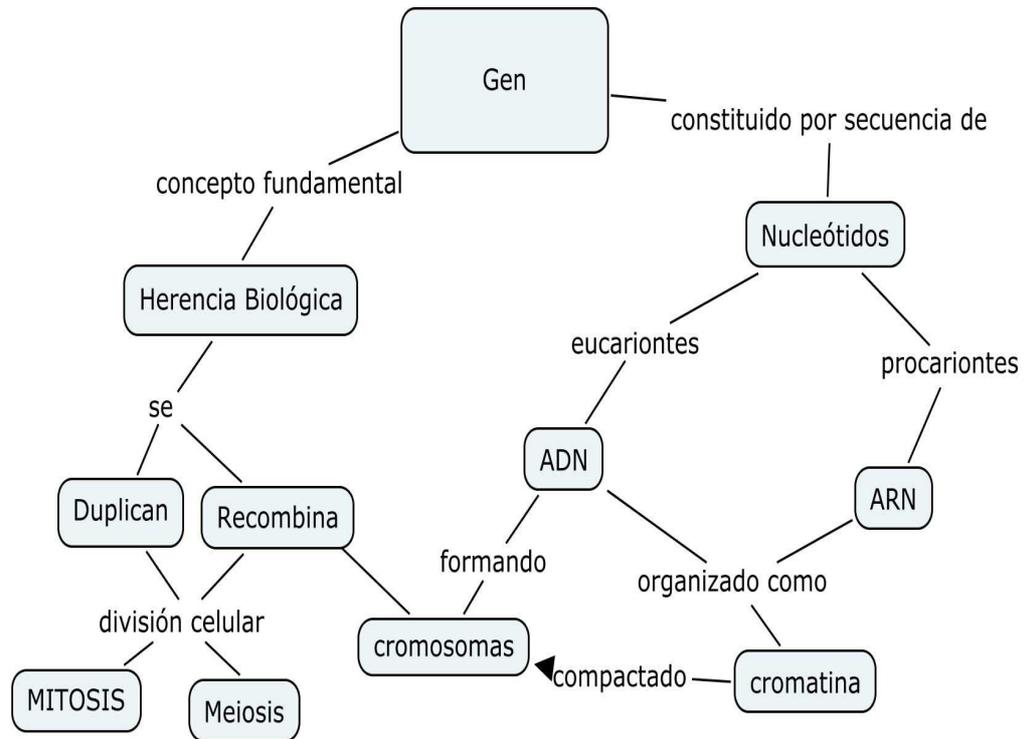


Figura. 12 Caso Estudiante E22. Mapa 1 (Baja Calidad y Correspondencia con el CBA).

En el primer mapa de conceptos elaborado durante el curso de Biología Celular, el estudiante E22, señala al gen como constituido por secuencia de nucleótidos tanto en seres procariontes como eucariontes. Lo que se corresponde con su expresión oral cuando señala:

...estructura cuyo sustento bioquímico es el ADN en seres eucariontes y se encarga de transmitir de padres a hijos la herencia de caracteres determinados... Significado que se mantiene cuando agrega: Hay genes específicos para el grupo sanguíneo en los humanos, el color y tipo del pelaje en los animales, o el color de las flores en las plantas.

En este mapa, se muestra una débil conexión y relación entre conceptos, debido a que las conexiones que usa son generalmente de una palabra, lo cual estaría indicando una baja atribución de significados y, por tanto, una débil atribución de significados. En cuanto a la dimensionalidad de la representación, se refiere a un diagrama unidimensional, de conexiones lineales, que permiten identificar un débil desglose de los conceptos según el orden jerárquico (diferenciación progresiva), y escasa presencia del principio de reconciliación integradora.

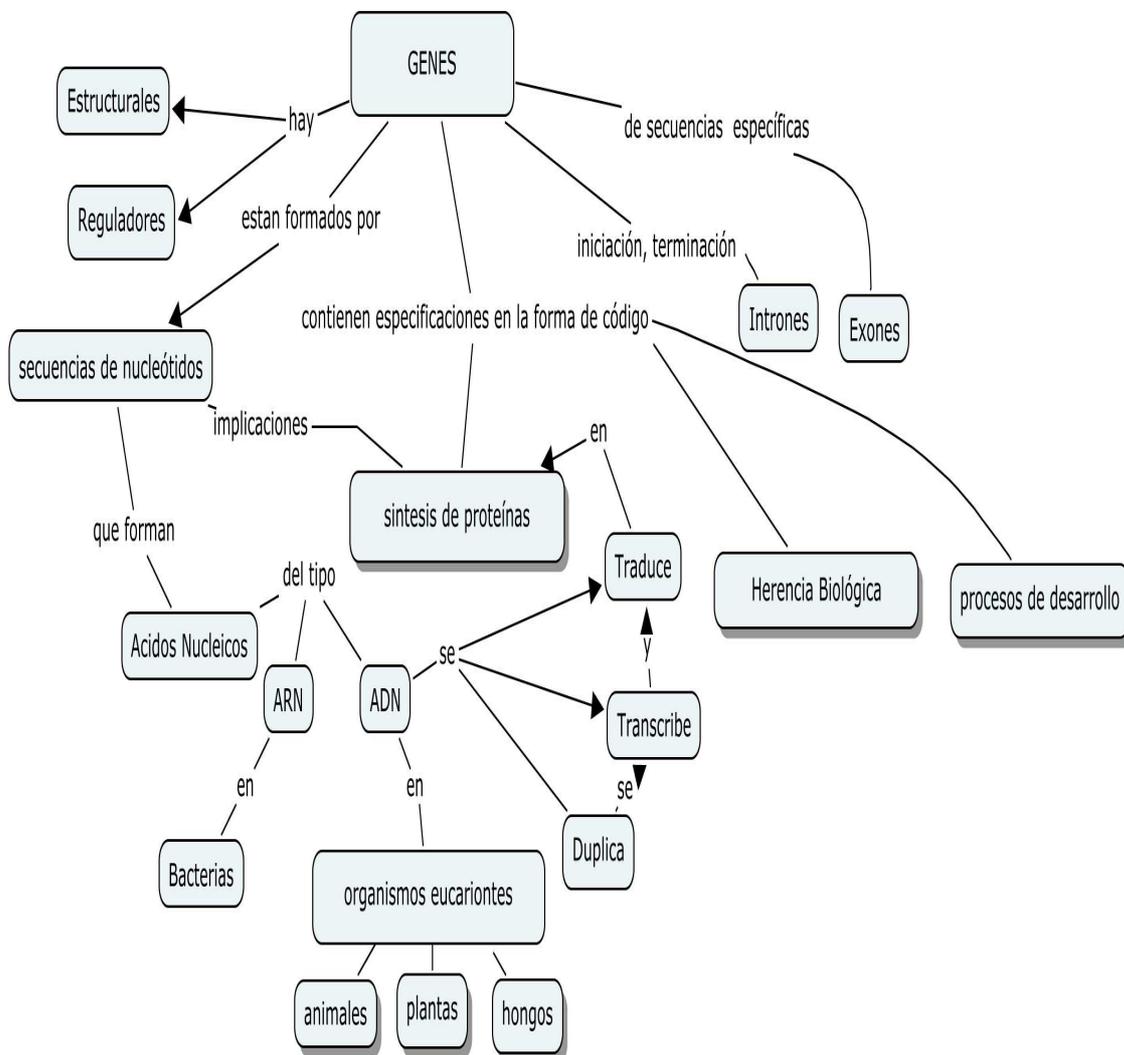


Figura 13. Caso Estudiante E22. Mapa 2 (Calidad y Correspondencia Media)

En el Mapa 2, el estudiante E22 expresa un significado del concepto de gen como *información, asociada fundamentalmente a la síntesis de proteínas específicas*, con mención a procesos de transmisión de caracteres hereditarios y a procesos de desarrollo en los sistemas vivientes. Es el mapa 2, incorpora mayor número de conceptos y términos relevantes, que forman parte del contenido del curso de Genética General, lo cual puede ser interpretado como indicador de evolución del significado del concepto de gen, a partir del desarrollo de la intervención como parte de la IAP.

Ambos mapas de conceptos elaborados por el estudiante E22 muestran una débil conexión y relación entre conceptos, debido a que las conexiones que usa son generalmente de una palabra, lo cual indica una baja atribución de significados y por

tanto una débil conceptualización. Con relación a las proposiciones que incorpora en el mapa 2, puede ser considerado como mayor significatividad de dicho concepto para este estudiante.

Es posible señalar entonces que, después del curso de BC, en el curso de GG, incorpora proposiciones que señalan mayor número de relaciones entre los conceptos, lo que pudiera considerarse como un aspecto a favor de la progresividad en la conceptualización.

En cuanto a la dimensionalidad de la representación el mapa 1, se refiere a un diagrama unidimensional, de conexiones lineales, mientras que el mapa 2, se presenta un gráfico con elementos bidimensionales y relaciones cruzadas, lo que, desde el punto de vista ausubeliano, da idea de un mayor desglose de los conceptos en orden jerárquico (diferenciación progresiva), así como del principio de reconciliación integradora. La calidad del segundo mapa de conceptos es mayor que el mapa 1, aunque su correspondencia con el CBA es considerado como media debido a que se mantienen significados de una funcionalidad asociada a la síntesis de proteínas específicas.

Caso Estudiante E12.

A continuación, las figuras 14 y 15 se refieren a los mapas de conceptos elaborados por este estudiante en dos momentos diferentes del desarrollo de la investigación.

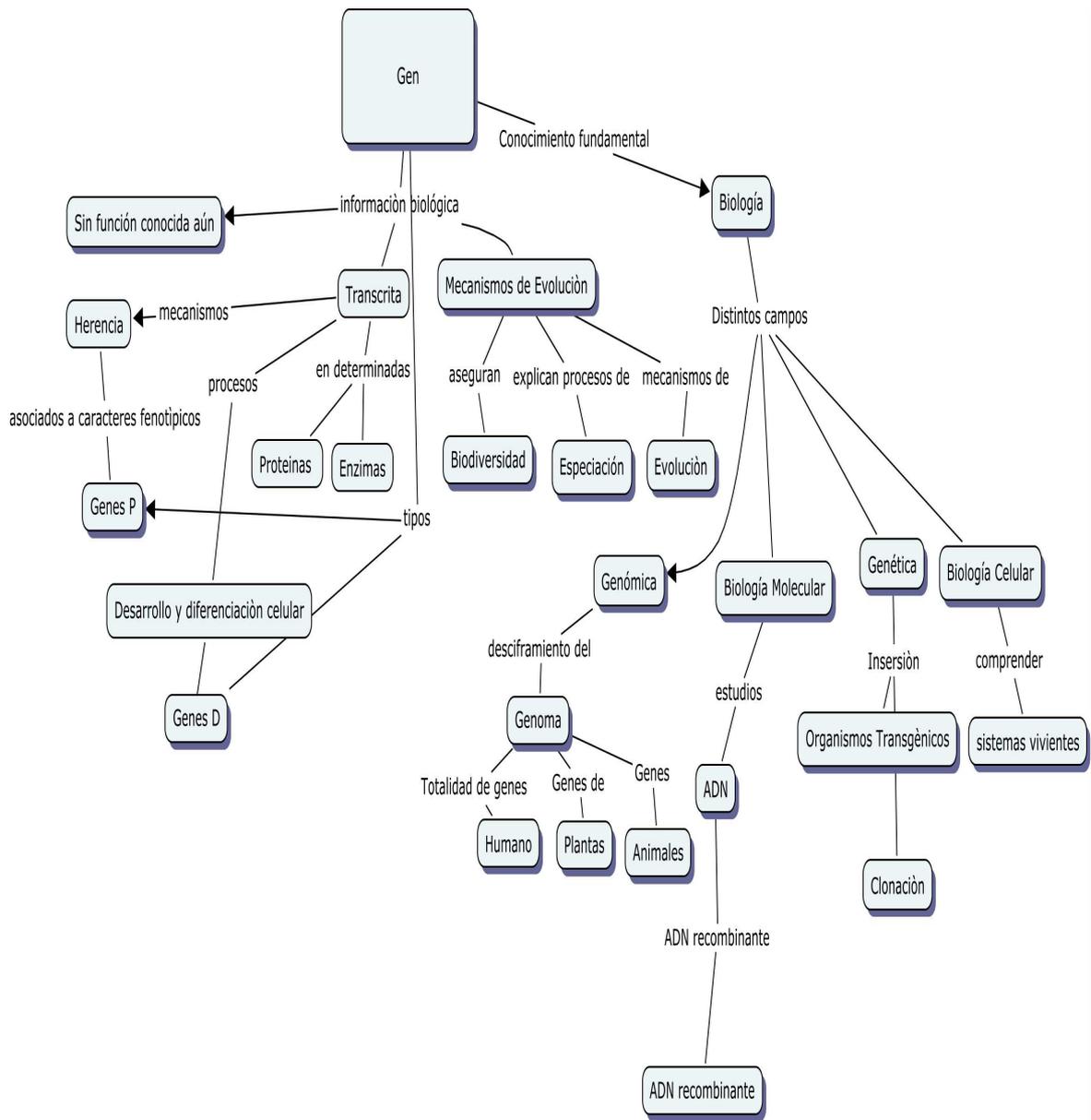


Figura. 14. Caso Estudiante E 12. Mapa 1 (Alta Calidad y Correspondencia con el CBA).

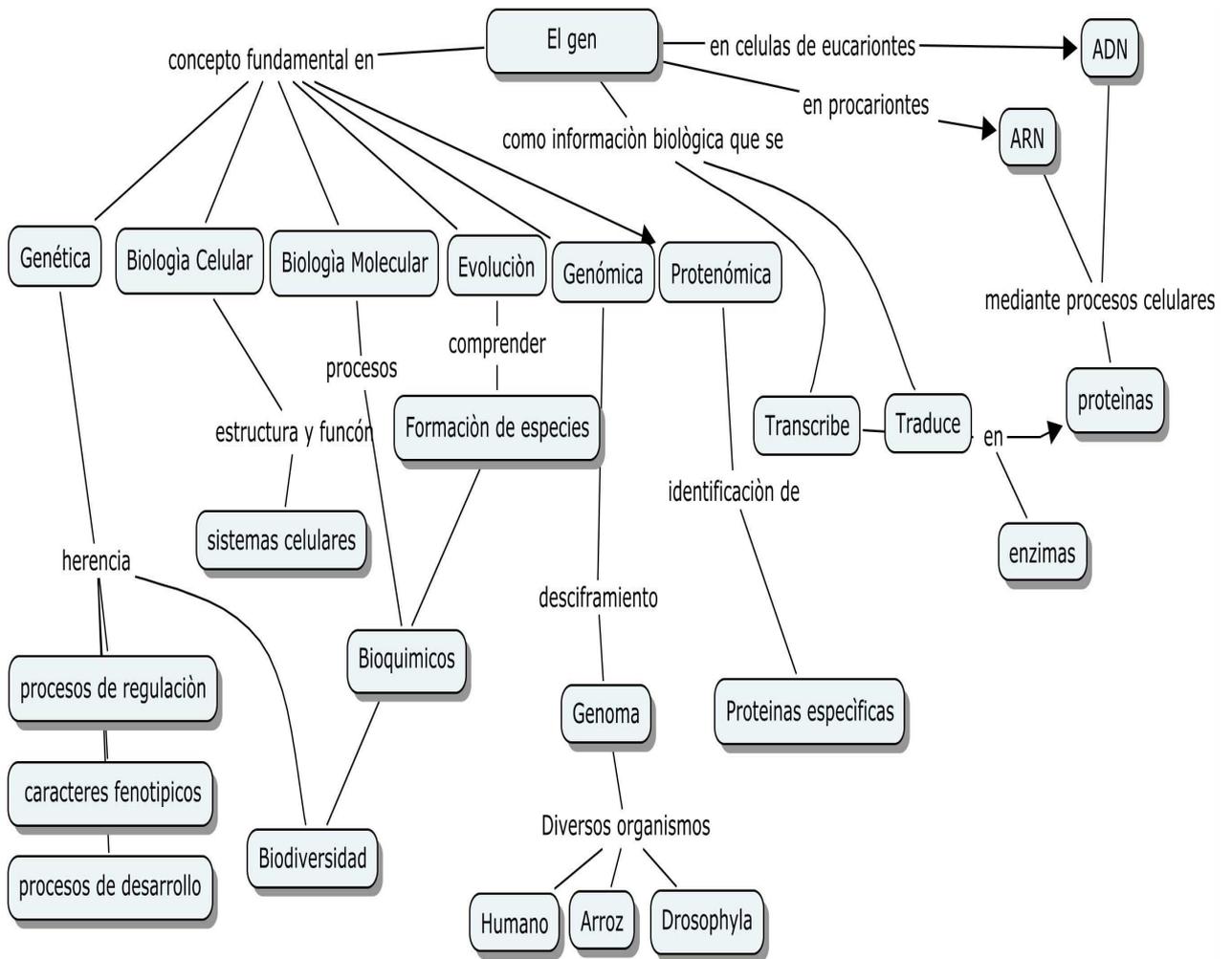


Figura 15. Caso Estudiante E 12. Mapa 2 (Alta Calidad y Correspondencia con el CBA)

En ambos mapas de conceptos elaborados por el estudiante E12 se muestra un significado del concepto de gen como información biológica asociada a diversos procesos y en diferentes campos de la Biología.

Caso Estudiante E5.

A continuación, las figuras 16 y 17 se refieren a los mapas de conceptos elaborados por este estudiante en dos momentos diferentes del desarrollo de la investigación.

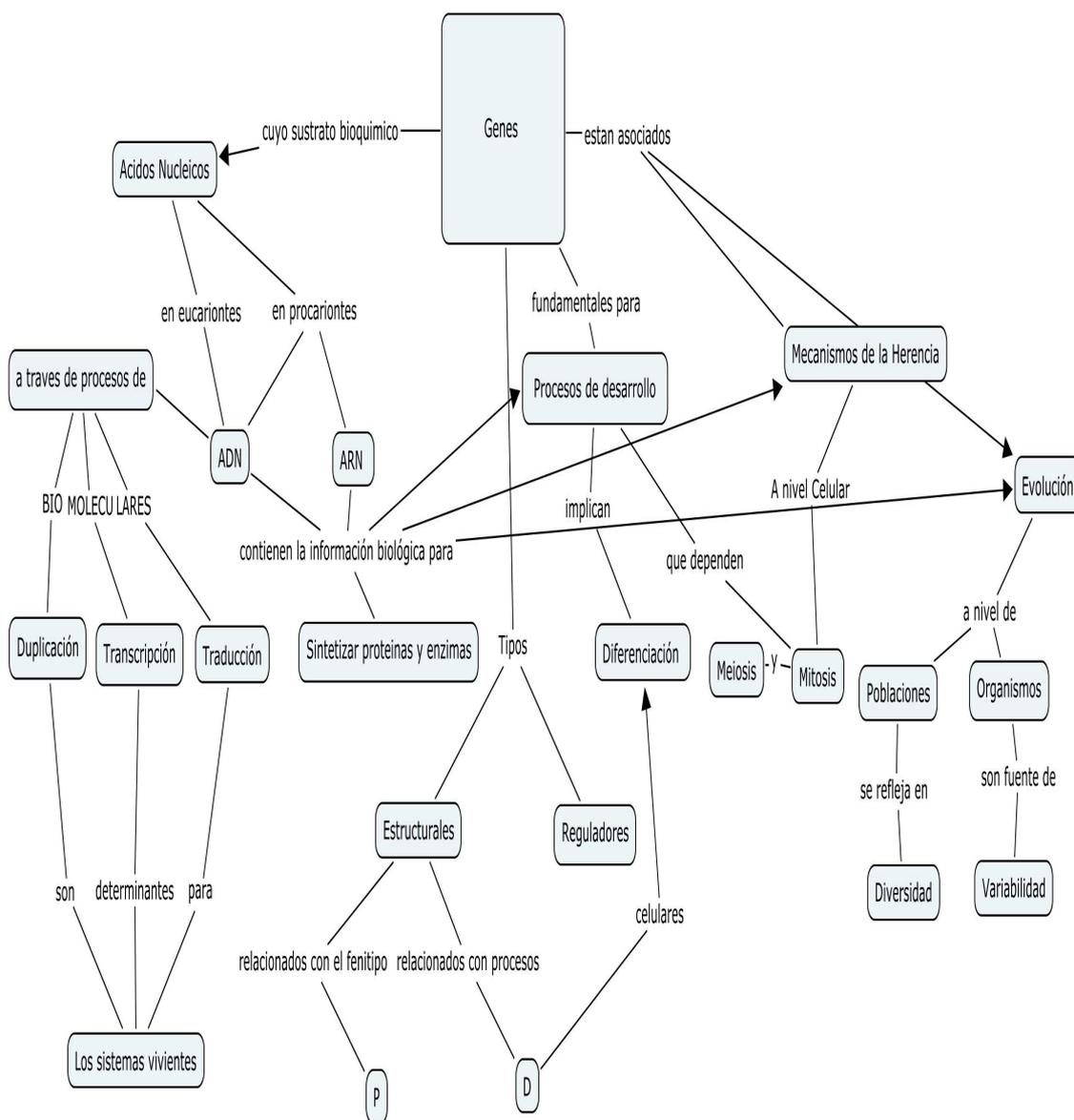


Figura 16. Caso estudiante E5. Mapa 1 (Alta Calidad y Correspondencia con el CBA).

En el primer mapa de conceptos, el estudiante E5, señala al concepto de gen con significados asociados a diversos procesos en los sistemas vivos, incorpora términos y conceptos adquiridos durante el curso de Biología Celular. Para este

estudiante, el concepto de gen tiene el significado de información biológica, asociado tanto a la herencia biológica, variaciones, diversidad, mutaciones, como a procesos de desarrollo. El significado del concepto de gen, que expresa en el mapa 1, difiere del significado que el mismo estudiante señaló de manera oral y escrita en el cuestionario y la entrevista, donde lo consideraba inicialmente como estructura física asociada a la transmisión de caracteres hereditarios. Los conceptos y términos utilizados son relevantes, pertinentes y están en correspondencia con el conocimiento biológico aceptado actualmente y con los contenidos que forman parte del curso.

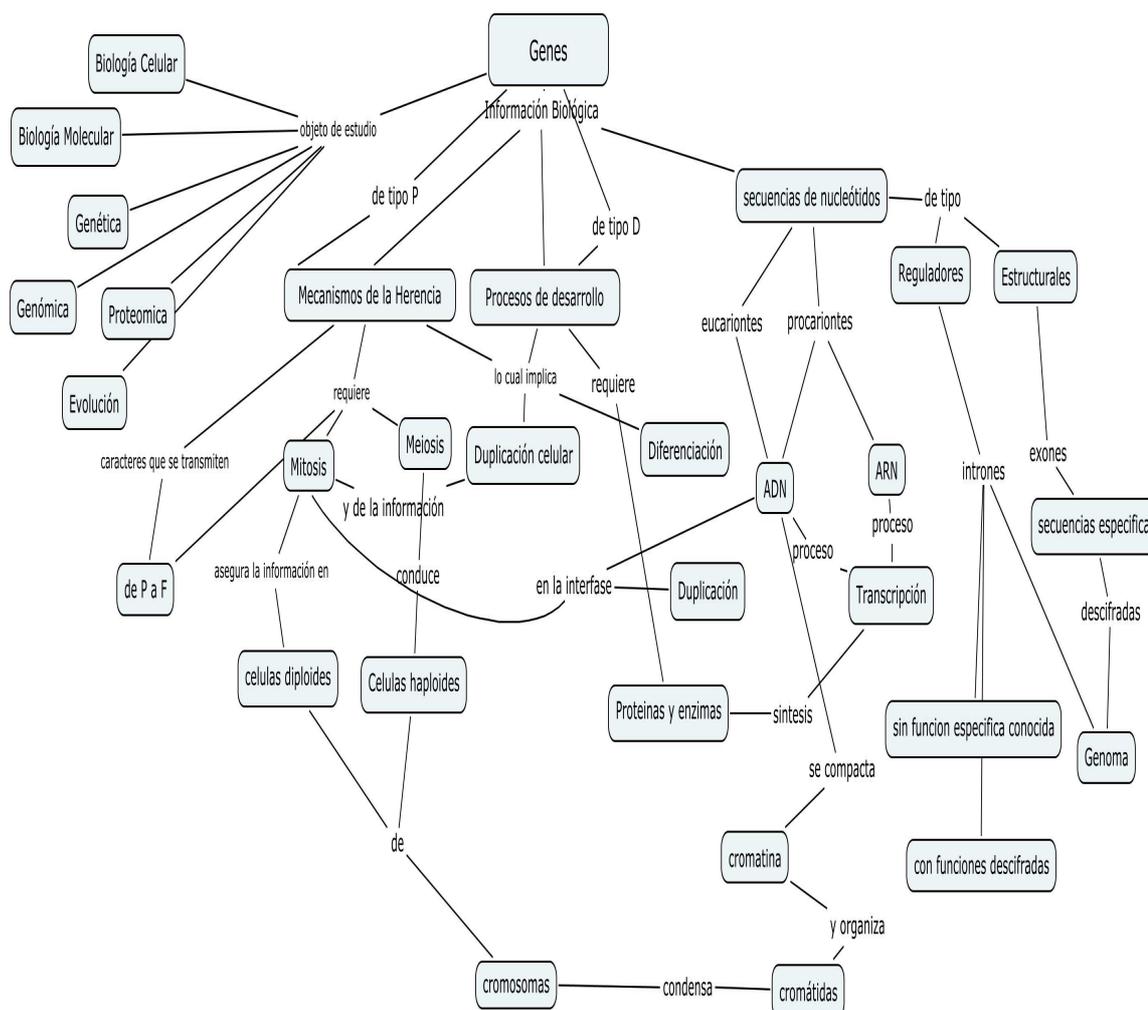


Figura 17. Caso estudiante E5. Mapa 2 (Alta Calidad y Correspondencia)

En el segundo mapa el estudiante E5 incorpora a la representación mayor número conceptos relevantes, lo cual puede ser interpretado como indicador de evolución del significado del concepto de gen a partir del desarrollo de la IAP, como

parte de la intervención didáctica en el curso de Genética General. Sin embargo en ambos se considera una alta correspondencia del contenido con el CBA.

Los mapas elaborados por el estudiante E5 en BC y en GG muestran una importante relación entre los conceptos, haciendo uso de conectores y relaciones cruzadas. El uso de proposiciones permite señalar un alto grado de significatividad del concepto de gen, por parte del estudiante, y que aunque ambos tienen una alta correspondencia con el CBA, en el segundo mapa el estudiante E5 incorpora un mayor número de proposiciones y conceptos asociados, lo que pudiera considerarse, como una progresividad en la adquisición de conocimientos, durante el curso de Genética General.

En cuanto a la dimensionalidad, ambos mapas de conceptos se refieren a gráficos con elementos de bidimensional lo que, desde el punto de vista ausubelianos, dan idea de un mayor desglose de los conceptos según el orden jerárquico (diferenciación progresiva), así como del principio de reconciliación integradora.

Caso del Estudiante E31

Las figuras 18 y 19 muestran los mapas de conceptos elaborados por dicho estudiante en dos momentos diferentes del desarrollo de la investigación.

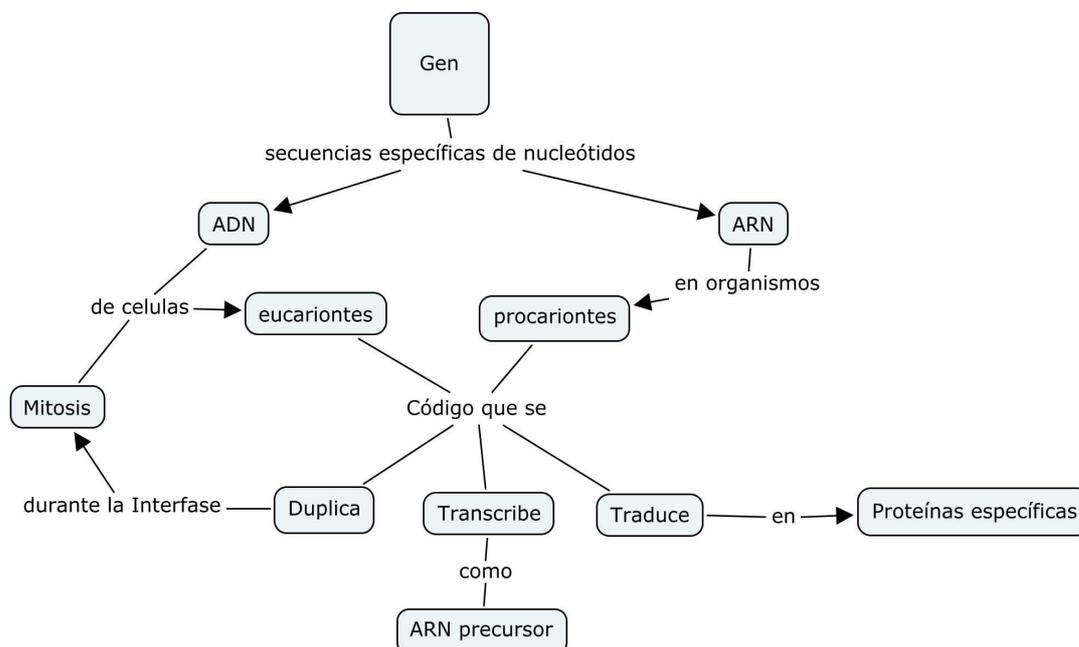


Figura 18. Caso estudiante E31. Mapa 1 (Baja Calidad y Correspondencia Media)

En cuanto al significado del concepto de gen que presenta el estudiante E31 en el mapa de conceptos 1, elaborado en el curso de BC, se muestra al concepto de gen con *secuencias de nucleótidos contenidos en el ADN para eucariontes y de ARN en seres procariontes y que en la forma de código permite llevarse a cabo la síntesis de*

proteínas... lo que muestra diferencias con el significado inicial expresado por el mismo estudiante en el cuestionario en donde se refirió al gen como: ... unidad estructural y funcional que se trasmite por herencia desde un organismo a sus descendientes, entre individuos de una especie. Los tipos de genes se refieren al tipo de carácter fenotípico y a sus implicaciones genotípicas.

En relación a la calidad constructiva del mapa de conceptos, se muestra una débil conexión y relación entre los conceptos, con escasas conexiones, generalmente de una palabra, lo cual puede considerarse como una baja atribución de significados y por tanto una débil conceptualización.

En cuanto a la dimensionalidad de la representación, y considerando a Moreira (2006), el primer mapa de conceptos elaborado por este estudiante, se refiere a un diagrama unidimensional, de conexiones lineales con escaso número y desglose de los conceptos, según el orden jerárquico (diferenciación progresiva) y ausencia del principio de reconciliación integradora.

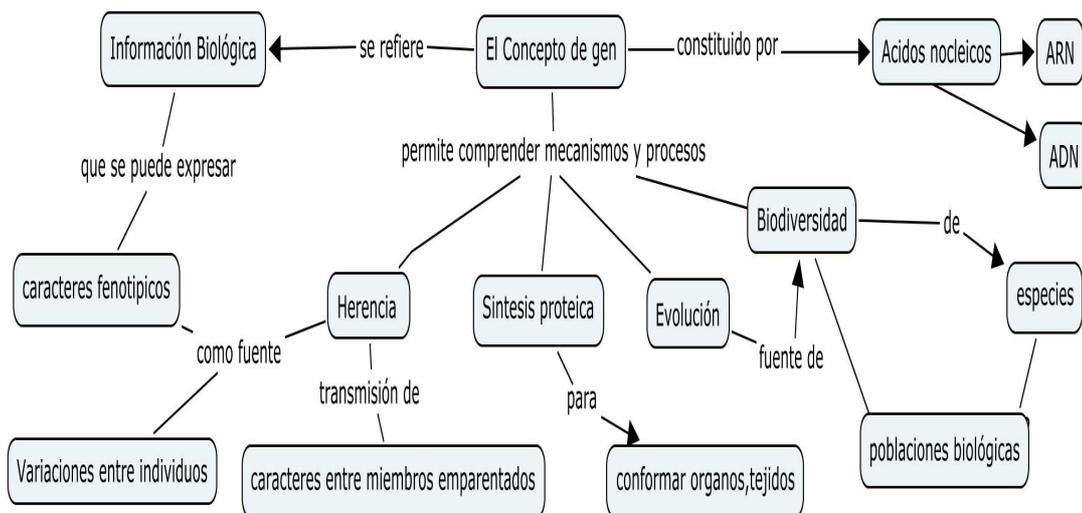


Figura 19. Caso Estudiante E31. Mapa 2 (Calidad y Correspondencia Media con el CBA).

En cuanto al segundo mapa de conceptos, elaborado por el estudiante E31 en el curso de GG, se observa la incorporación de un mayor número de conceptos y proposiciones en comparación con el mapa 1, aunque sigue siendo una representación con escasas relaciones cruzadas y conectores de una sola palabra, por lo que, si bien es una representación de mayor complejidad que la anterior, sigue demostrando una baja conceptualización de parte del estudiante.

La dimensionalidad de la representación del mapa de conceptos 2, se refiere a un gráfico con muy pocos elementos de bidimensional y que desde el punto de vista ausubeliano, señala un escaso desglose de los conceptos, según el orden jerárquico

(diferenciación progresiva) así como del principio de reconciliación integradora. En cuanto a una posible evolución de significados del concepto de gen, en el mapa 2 se hace referencia a diversos procesos biológicos, tales como: Biodiversidad, Evolución, síntesis de proteínas, herencia biológica, los cuales se incorporan en el segundo mapa.

10.8.3. Síntesis de la valoración de los significados del concepto de gen en los mapas de conceptos elaborados por la totalidad de los estudiantes en los cursos de Biología Celular y Genética General.

Con la finalidad de comparar los significados del concepto de gen, a partir de los mapas de conceptos elaborados por los estudiantes, en ambos cursos, en el cuadro 53 se presenta la interpretación de los mismos en función a su correspondencia con el conocimiento actualmente aceptado por la comunidad científica, para lo que se empleó la valoración considerada para el análisis de los significados del concepto de gen para las respuestas al cuestionario y a lo expresado de manera verbal durante la entrevista.

Cuadro 53. Síntesis de los significados del concepto de gen identificados en los mapas de conceptos elaborados por los estudiantes en BC y GG (n=50).

Significados del concepto de gen.	Valoración/ correspondencia con el CBA.	Mapa de Conceptos curso de Biología Celular		Mapa de Conceptos curso de Genética General	
		Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)	Frecuencia absoluta.	Frecuencia relativa (%)
1. Unidad física de la Herencia	Baja/ 0,25	11	22	2	4
2. Información en la secuencia de nucleótidos del ADN /ARN asociado a la síntesis proteica.	Media/ 0,5	7	14	0	0
3. Información biológica o unidad de transcripción que puede expresarse para llevar a cabo diversas funciones en los sistemas vivientes.	Total / 1,0	11	22	22	44
1,2. Combinación.	Media/ 0,5	2	4	4	8
1, 2, 3. Combinación.	Alta/ 0,75	0	0	0	0
1,3. Combinación.	Alta/0,75	0	0	0	0
2,3. Combinación.	Alta/ 0,75	19	38	22	44
TOTAL		50	100%	50	100%

Como se evidencia en el cuadro anterior, los significados del concepto de gen identificados a partir de los mapas de conceptos elaborados por los estudiantes en el curso de Biología Celular, señalan que, un 22% de los estudiantes expresan un significado del concepto de gen con **baja** correspondencia con el CBA, al considerarlos como estructuras físicas relacionadas con la herencia biológica (1); mientras que el 18 % muestra una correspondencia **media** al considerarlos como información biológica contenida en el ADN y asociado a la síntesis de proteínas (2) o su combinación de significados (1,2). Un 38% muestra una **alta** correspondencia al

referir en los mapas una combinación de significados como información biológica contenida en el ADN/ ARN asociada a la síntesis de proteínas y a otras funciones en los sistemas celulares (3; 2,3). Un 22% muestran una **total** correspondencia de los significados expresados acerca del concepto de gen con el CBA, al considerarlos como información biológica que se relaciona con diversos procesos en los sistemas vivos (3).

En Genética General, un 4% de los mapas de conceptos elaborados por los estudiantes mantienen una **baja** correspondencia, como unidades físicas relacionadas principalmente con la herencia de caracteres hereditarios (1); el 44% muestra una **alta** correspondencia en los significados del concepto de gen con el CBA (2,3) y en un 44% de los mapas de conceptos se identificaron significados del concepto de gen con **total** correspondencia, al considerarlos como información biológica que se relaciona con diversos procesos en los sistemas vivos. (3).

La interpretación de dichos resultados permite señalar una evolución de los significados acerca del concepto de gen, entre los estudiantes del grupo de estudio, hacia significados aceptados actualmente por la comunidad científica de Biología.

10.9. Análisis e interpretación de significados del concepto de gen a partir de las representaciones gráficas elaboradas por los estudiantes en Biología Celular y Genética General

De acuerdo con Serio (1997), es posible que los mapas de conceptos utilizados con la finalidad de interpretar e identificar elementos de la estructura cognitiva no representen la totalidad de las relaciones entre los conceptos de una persona, pero si es posible a partir de ellos, identificar algunos elementos presentes en la estructura cognitiva que se construyen durante el aprendizaje.

Si además, se considera la elaboración de representaciones externas del tipo de dibujos, esquemas, entre otras, como instrumentos para indagar acerca de los significados que tienen y construyen los estudiantes sobre el concepto de gen, es posible que la interpretación del significado del concepto de gen que construyen los estudiantes sea lo más cercana posible.

En este sentido, adicionalmente al uso de mapas de conceptos (MC) se consideró la elaboración de representaciones gráficas, en forma de dibujos (D1 y D2) en los cursos de Biología Celular y Genética General. Al igual que para los mapas de conceptos, las representaciones gráficas elaboradas por los estudiantes fueron consideradas como instrumentos para obtener información, que permitan contrastar las respuestas de los estudiantes, en diversas oportunidades y hacer interpretaciones más fiables y acordes con la realidad (Validez y Confiabilidad) de los significados que construyen durante los cursos.

10.9.1. Procedimiento.

El contenido de cada una de las representaciones gráficas elaboradas (D1 y D2) por la totalidad de los estudiantes (n=50) fue analizado con la información que cada estudiante verbalizó durante la entrevista.

Como representaciones externas, los estudiantes elaboraron: esquemas, esquemas apoyados con dibujos, dibujos en los cuales se especifican o escriben términos, nombres, procesos relacionados con la información que ellos representan, o simplemente dibujos sin ninguna explicación adicional.

Para el análisis de la información se consideraron los siguientes criterios:

1. Incorporación de conceptos relevantes y/ o científicamente aceptados, (número y pertinencia) desde la Biología como ciencia.
2. Categorías de significados del concepto de gen y su correspondencia con el CBA.

Para identificar la correspondencia del significado del concepto de gen con el conocimiento aceptado por la comunidad de biólogos (CBA) se emplearon las categorías y criterios considerados previamente para el análisis del significado del concepto de gen, tanto en los mapas de conceptos como en las respuestas a los ítems del cuestionario y en las entrevistas individuales, y que se describen a continuación:

- (1). **Unidad física (estructural) de la herencia** que se transmite de un organismo a sus descendientes. Valoración Baja (0,25).
- (2). **Información contenida en la secuencia de nucleótidos del ADN**, en forma de código específico y en los cromosomas que permite llevar a cabo la síntesis de determinadas proteínas y la transmisión de caracteres. Valoración Media (0,50).
- (3). **Información biológica o unidad de transcripción** contenida en el ADN, ARN, cromosomas, la cual puede expresarse para llevar a cabo diversas funciones en los sistemas vivientes. Valoración Total (1)
- (1,2). Combinación de significados de las categorías. Valoración Media (0,50).
- (1, 2, 3). Combinación de significados de las categorías. Valoración Alta (0,75)
- (2,3). Combinación de significados de las categorías. Valoración Alta(0,75)
- (1,3). Combinación de significados de las categorías. Valoración Alta(0,75)

10.9.2 Resultados de la interpretación del significado del concepto de gen de las representaciones elaboradas por los estudiantes en los cursos de Biología Celular y Genética General.

El cuadro 54 sintetiza los significados integrados del concepto de gen, a partir de las representaciones gráficas elaboradas por totalidad de los estudiantes en los cursos de Biología Celular y Genética General.

Cuadro 54. Síntesis de la valoración de la correspondencia del significado del concepto de gen con el CBA en las representaciones gráficas elaboradas por los estudiantes en los cursos de BC y GG.

Significados	Correspondencia con el CBA.	Representación gráfica elaborada en el curso de Biología Celular		Representación gráfica elaborada en el curso de Genética General	
		Frecuencia absoluta.	Frecuencia relativa (%).	Frecuencia absoluta.	Frecuencia relativa (%).
1	Baja	13	26	1	2
2 ; 1,2	Media	25	50	15	30
2, 3	Alta	11	22	26	52
3	Total	1	2	8	16
TOTAL		50	100%	50	100%

Significados de Gen:

- 1.- Unidad física (estructural) de la herencia:
- 2.- Información en la Secuencia de nucleótidos de ADN en forma de código asociada a síntesis de determinadas proteínas.
- 3.- Información biológica o unidad de transcripción que se puede expresar en diversos procesos biológicos.

A partir de la información precedente, es posible señalar que existe una evolución de significados del concepto de gen, entre los estudiantes según se ha identificado en las representaciones gráficas elaboradas, en los cursos consecutivos, lo cual pudiera ser atribuido al proceso de la intervención didáctica con los estudiantes dentro y fuera del aula.

Los datos señalan un incremento del número de los estudiantes de 24% a 78% quienes muestran una **alta y total** (2, 3 y 3) correspondencia del significado del concepto de gen con el conocimiento actualmente aceptado por la comunidad científica.

Dichos resultados se corresponden con los señalados anteriormente para los mapas de conceptos elaborados por los estudiantes en los cursos de Biología Celular y Genética General. Lo que nos permiten referir la validez de los mismos en cuanto a una evolución de los significados del concepto de gen,

entre los estudiantes del grupo de estudio, hacia conocimientos actualmente aceptados por la comunidad científica.

A continuación se incorporan una selección de las copias de las representaciones gráficas elaboradas por los estudiantes, en ellas se incorporan elementos considerados para analizar los significados del concepto de gen, los contenidos asociados y se establece la valoración correspondiente, según lo previamente establecido.

Caso Estudiante E3

La figura 20 muestra las representaciones gráficas elaboradas por el estudiante E3 en los cursos de Biología Celular y Genética General, durante la intervención didáctica, así como su correspondencia con el significado de gen aceptado actualmente entre la comunidad de biólogos.

Estudiante	BIOLOGÍA CELULAR. DIBUJO 1	GENÉTICA GENERAL. DIBUJO 2
E 3	Correspondencia Baja 0,25	Correspondencia Media 0,5

Para el estudiante E3, el dibujo 1 muestra un significado del concepto de gen asociado a estructuras físicas situadas en los cromosomas, en el mismo, el estudiante señala que los genes están formados por la secuencia de nucleótidos del ADN, lo cual se ha considerado como **Baja** correspondencia con el conocimiento actualmente aceptado.

En el dibujo 2, este mismo estudiante incorpora una serie de conceptos tales como: información biológica que es transcrita mediante el proceso de síntesis de proteínas, lo cual señala una correspondencia **Media** del significado de gen con el significado actual.

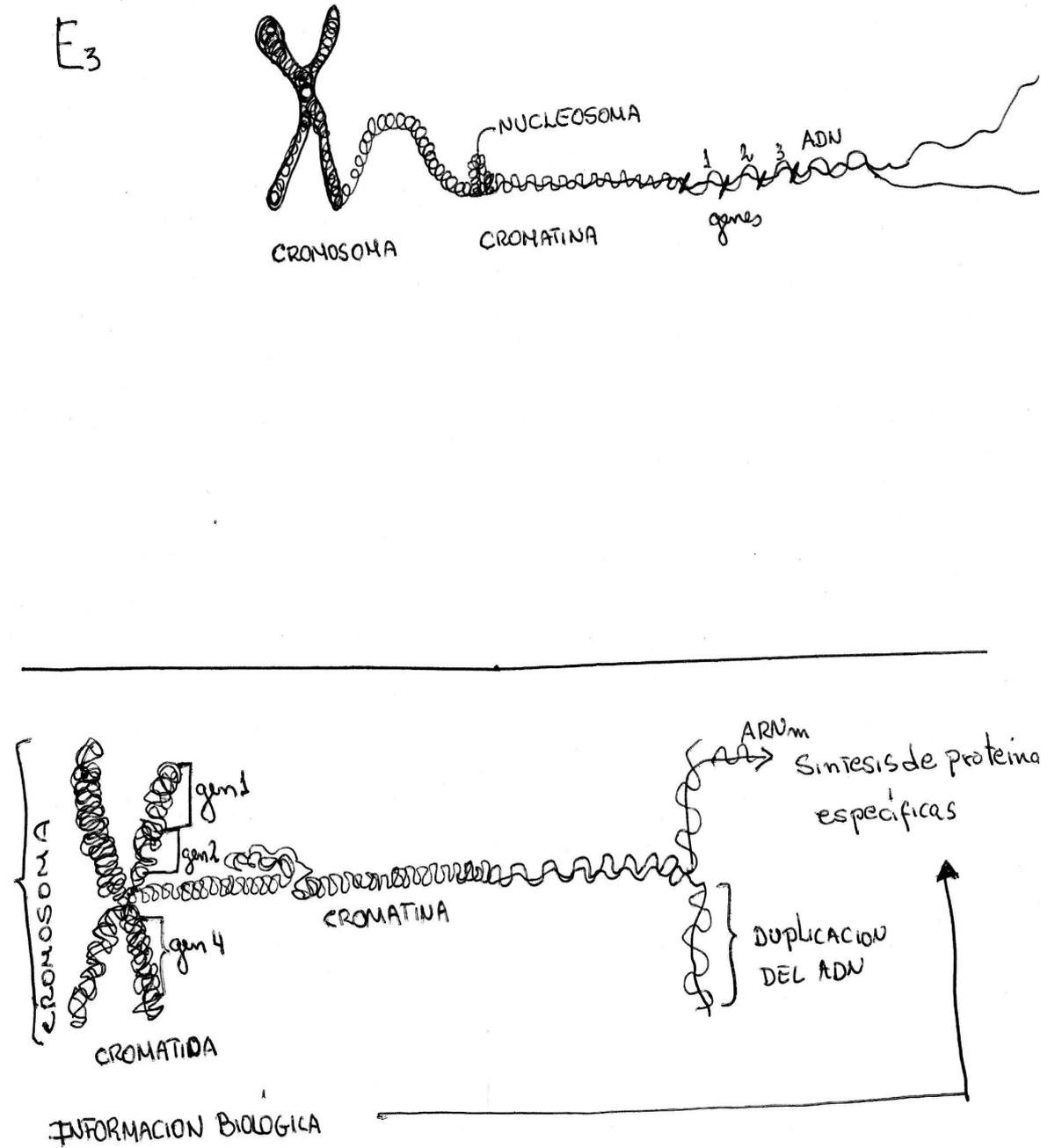


Figura 20. Dibujo 1/ Dibujo 2 de E3

Caso Estudiante E5

El análisis de las representaciones elaboradas por el estudiante E5 durante el desarrollo de los cursos de Biología Celular y Genética General se presenta a continuación:

Estudiante	BIOLOGÍA CELULAR DIBUJO 1	GENÉTICA GENERAL DIBUJO 2
E5	Correspondencia Alta 0,75	Correspondencia Total 1

Durante el desarrollo del curso de Biología Celular, el estudiante E5 expresó, a través del dibujo 1, un significado del concepto de gen como información biológica, tanto para seres procariontes y eucariontes, además de relacionarlos con diversos procesos biológicos, lo cual es considerado como **Alta** correspondencia con el conocimiento actual sobre el concepto de gen.

En el dibujo 2, el estudiante E5 mantiene el significado para los genes como información biológica e incorpora términos: genes intrones y genes exones asociados a procesos de regulación (genes reguladores) así como genes estructurales, de allí que sea considerada como correspondencia **Total** con el conocimiento actualmente aceptado entre los biólogos (CBA).

En el Dibujo 2 incorpora información de los procesos biológicos con los cuales asocia al concepto de gen.

A continuación la figura 21 muestra ambos dibujos

E5

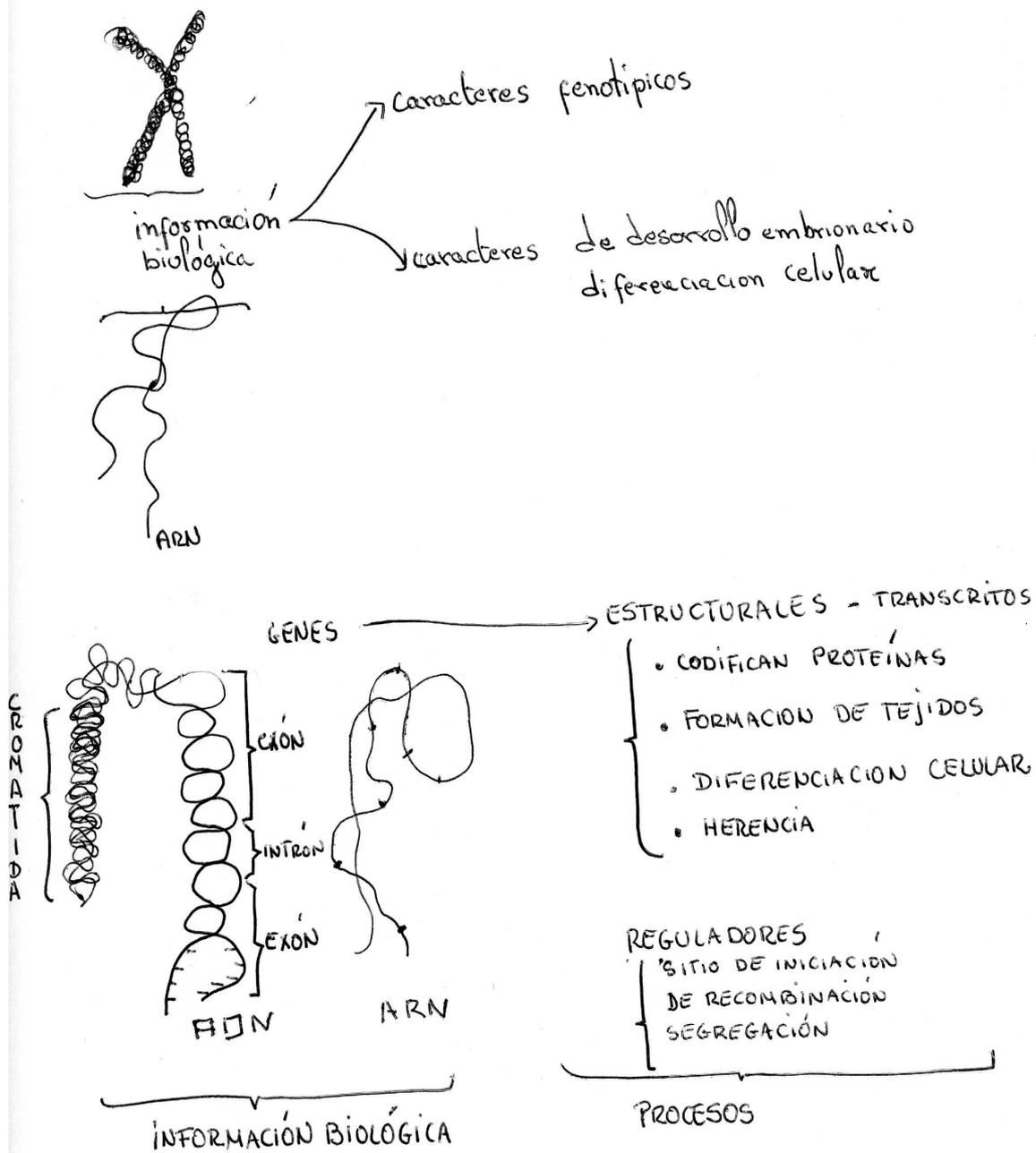


Figura 21. Dibujo 1/ Dibujo 2. E5

Caso estudiante E7

El análisis e interpretación de las representaciones gráficas elaboradas por el estudiante E7, acerca del significado del concepto de gen, en los cursos de Biología Celular y Genética General, se presenta a continuación:

Estudiante 7 E7	BIOLOGÍA CELULAR. DIBUJO 1	GENÉTICA GENERAL. DIBUJO 2
	Correspondencia Media 0,5	Correspondencia Alta 0,75

El estudiante E7 expresa, a través del dibujo 1, un significado del concepto de gen como secuencia de nucleótidos asociados a la síntesis de proteínas específicas, aunque incorpora términos para referir tipos de genes, tales como exones e intrones, es considerado con una correspondencia **Media** con el significado del concepto de gen actualmente aceptado.

En el dibujo 2 muestra un significado de genes como información biológica e incorpora información sobre genes estructurales y genes reguladores, tanto en seres eucariontes como procariontes y las diversas funciones relacionadas a ellos, por lo que se considera que el significado del concepto de gen tiene una **Alta** correspondencia con el significado actual del concepto de gen.

A continuación la figura 22 presenta ambos dibujos elaborados por este estudiante.

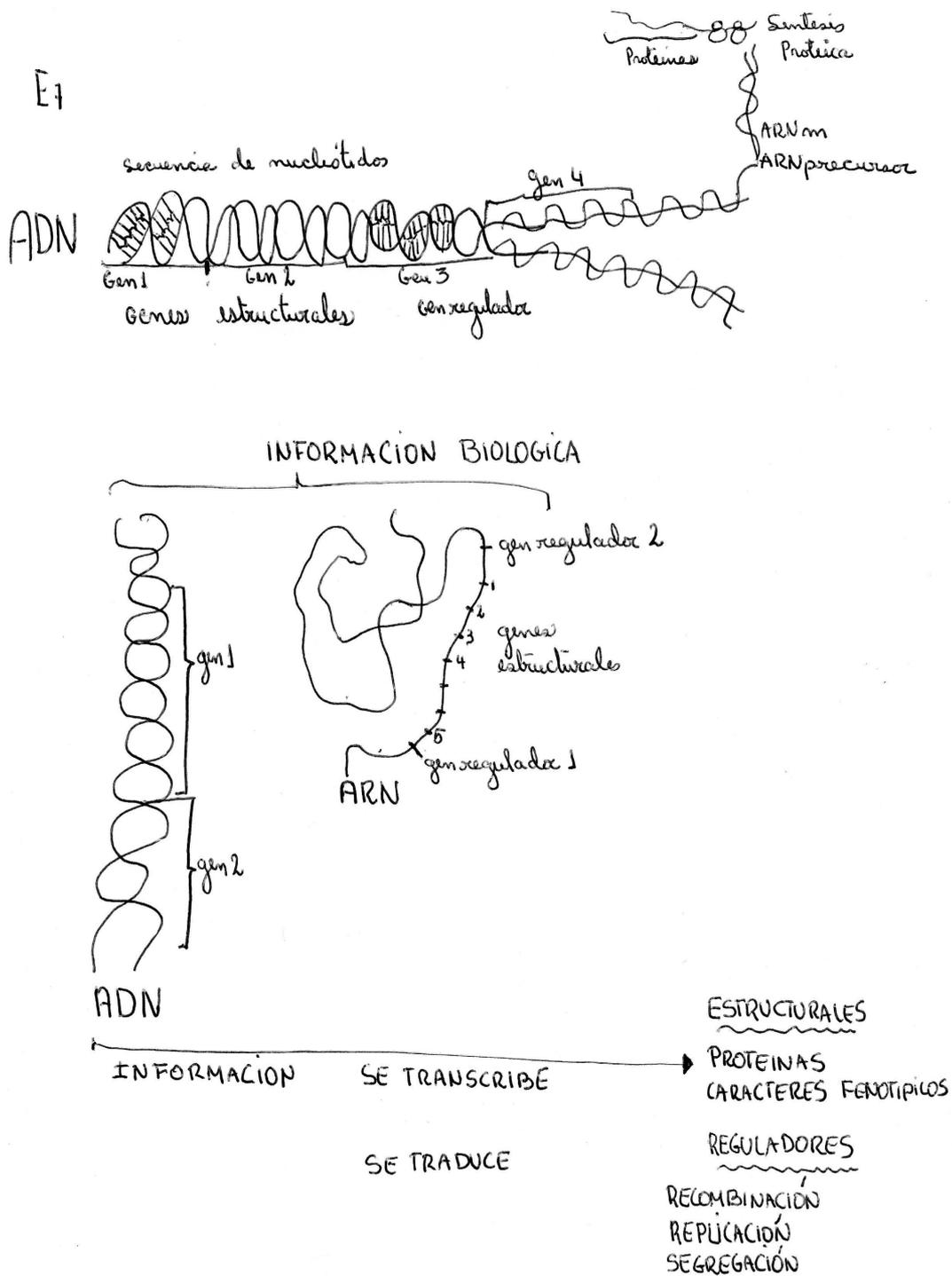


Figura 22. Dibujo 1/ Dibujo 2. E7

Caso estudiante E10.

El análisis de las representaciones gráficas elaboradas por el estudiante E10, acerca del significado del concepto de gen, en el desarrollo de los cursos de Biología Celular y Genética General, se muestra en la figura 23.

Este caso ha sido seleccionado, como ejemplo de aquellos estudiantes en los cuales no se identifica, a partir de los dibujos, una evolución del significado del concepto de gen.

Estudiante E10	BIOLOGÍA CELULAR. DIBUJO 1	GENÉTICA GENERAL. DIBUJO 2
	Correspondencia Baja 0,25	Correspondencia Baja 0,25

El análisis de las representaciones elaboradas por estudiante E10, en los cursos de Biología Celular y Genética General permite señalar que, en ambas representaciones, el estudiante considera a los genes como estructuras físicas asociadas a la herencia de caracteres.

En el primer dibujo, señala a los genes como estructuras físicas asociadas a caracteres hereditarios, indicando la ubicación de los mismos en los cromosomas de seres eucariontes.

En segundo dibujo, representa el significado del concepto de gen como estructuras ubicadas en el ARN de organismos procariontes, y los relaciona con caracteres hereditarios específicos. De esta manera, es posible interpretar que el significado del concepto de gen, expresado por dicho estudiante en ambas representaciones gráficas tiene una **Baja** correspondencia con el significado actualmente aceptado para este concepto.

E 10

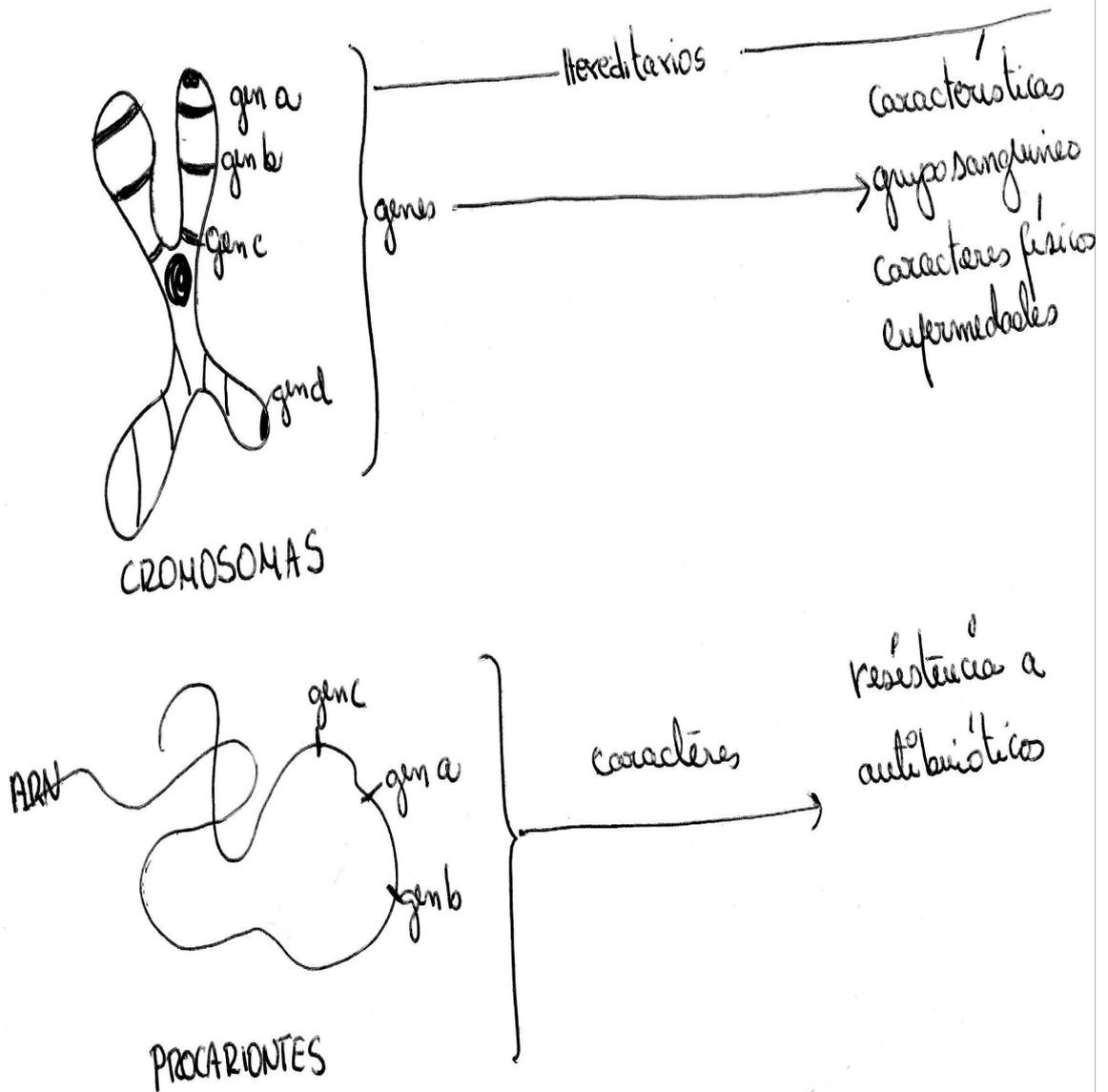


Figura 23. Dibujo 1/ Dibujo 2. E10

Caso estudiante E17.

El análisis de las representaciones gráficas elaboradas por el estudiante E17, acerca del significado del concepto de gen se muestra en la figura 24.

Estudiante	BIOLOGÍA CELULAR DIBUJO 1	GENÉTICA GENERAL DIBUJO 2
E17	Correspondencia Total 1	Correspondencia Total 1

En ambas representaciones (dibujo 1 y dibujo 2) elaboradas por el estudiante E17 se evidencia un significado del concepto de gen como información biológica relacionada con diversos procesos en los sistemas vivientes, lo que es considerado como **total** correspondencia con el significado actualmente aceptado del concepto de gen.

En el dibujo 2, el estudiante E17 incorpora información acerca de tipos de genes estructurales y reguladores, así como diversas funciones biológicas.

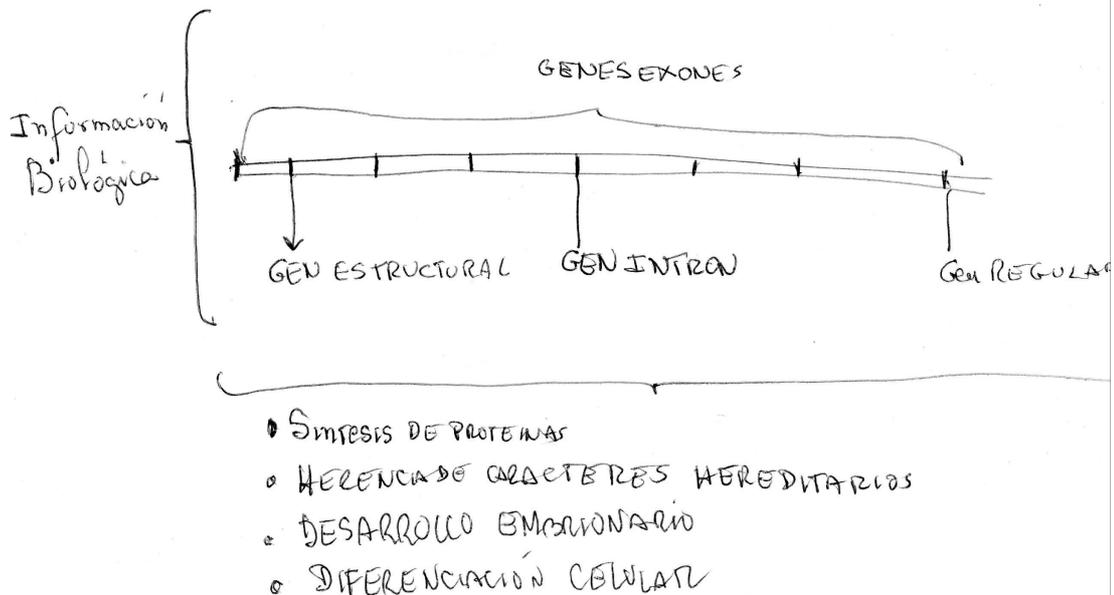
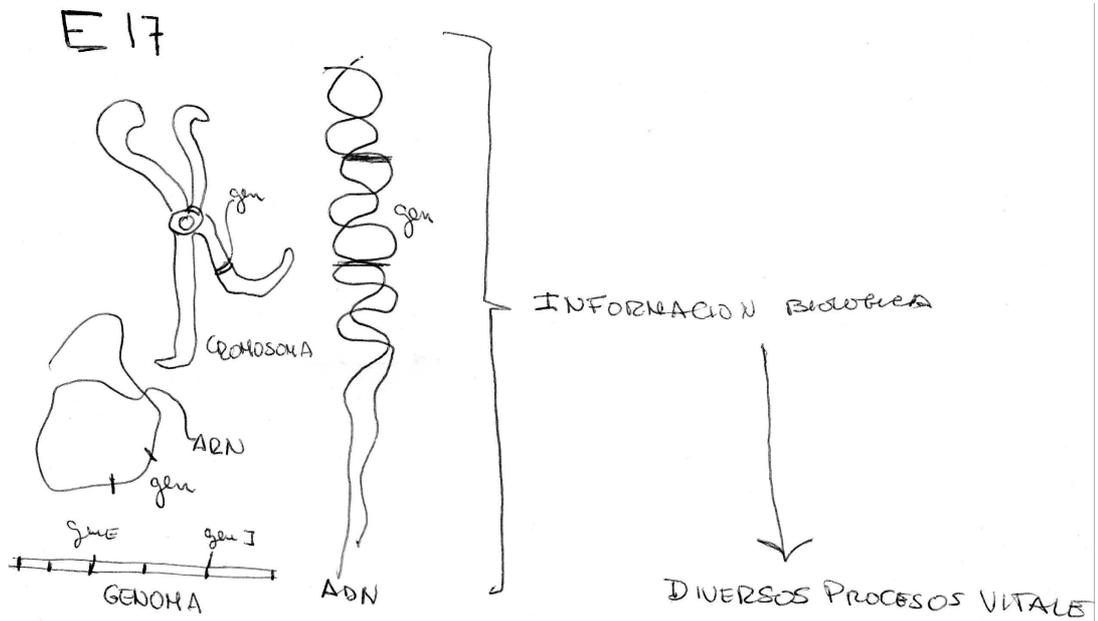


Figura 24. Dibujo 1/ Dibujo 2. E17

Caso Estudiante E21

Las representaciones gráficas elaboradas por el estudiante E21, se presentan en la figura 25.

Estudiante E 21	BIOLOGÍA CELULAR DIBUJO 1	GENÉTICA GENERAL DIBUJO 2
	Correspondencia Media 0,5	Correspondencia Media 0,5

El análisis de las representaciones elaboradas por este estudiante, en los cursos de Biología Celular y Genética General, permite señalar una correspondencia **Media** del significado del concepto de gen con el conocimiento actualmente aceptado en Biología.

El estudiante E21 expresa en el dibujo 1 un significado de gen como secuencia de nucleótidos asociados directamente a la síntesis de proteínas.

En el dibujo 2, incorpora términos tales como genes estructurales y genes reguladores, sin embargo, no señala otras funciones relacionadas con ellos. Lo que permite considerar que mantiene el significado de gen asociado principalmente a la síntesis de proteínas específicas, con una correspondencia **Media** al compararlo con el significado del concepto de gen aceptado actualmente por la comunidad de biólogos.

E21

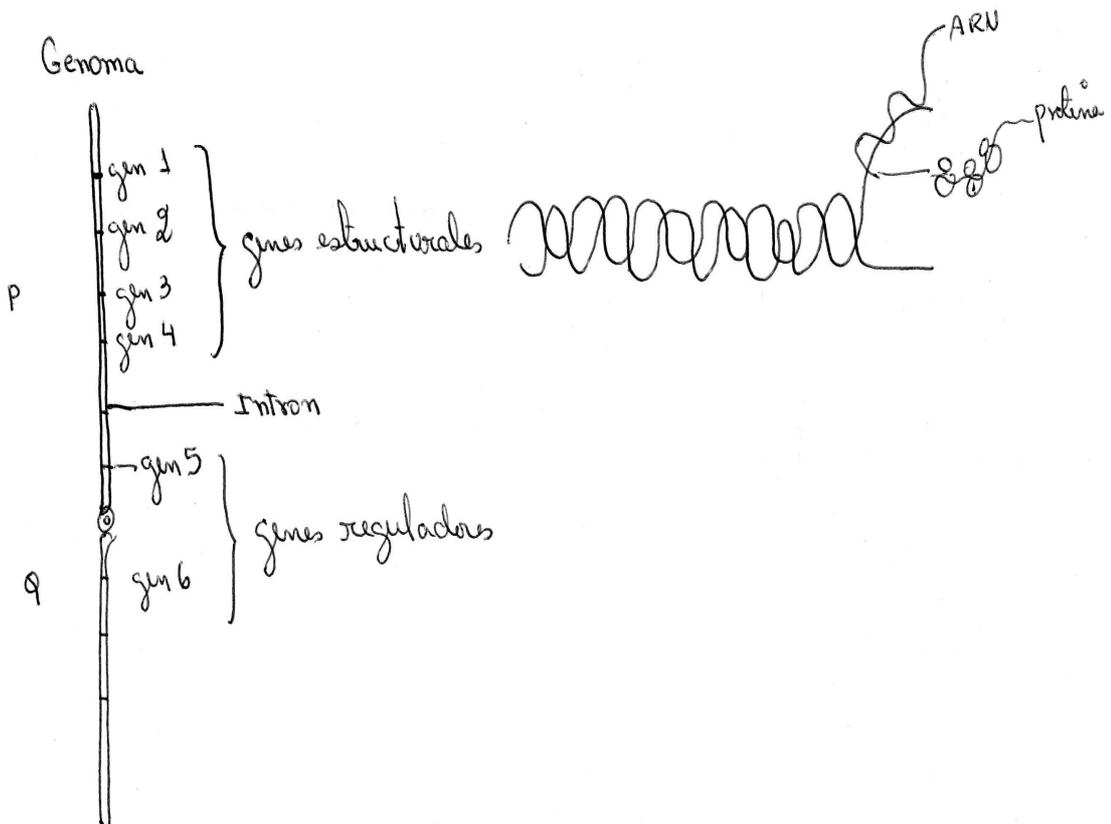
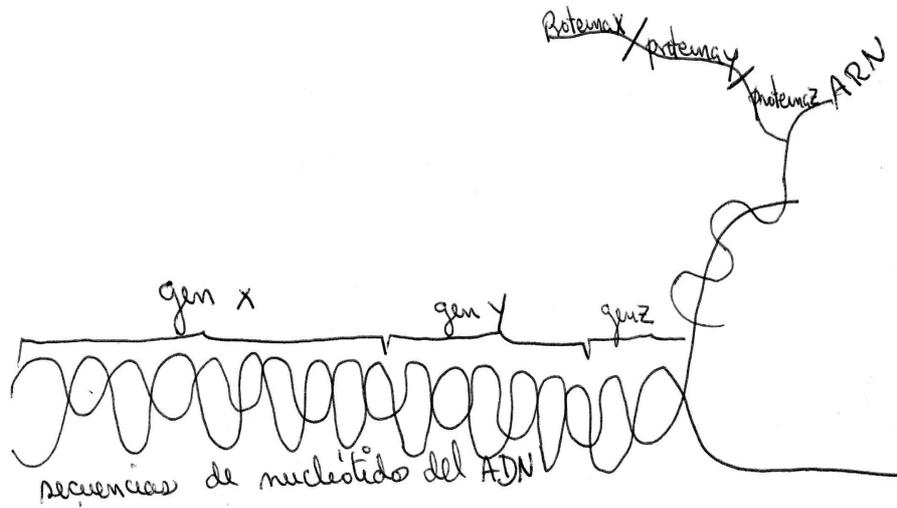


Figura 25. Dibujo 1/ Dibujo 2. E21

Caso estudiante E 43.

Las representaciones gráficas elaboradas por el estudiante E43, durante la intervención didáctica en el desarrollo de los cursos de Biología Celular y Genética General, se muestran en la figura 26.

Estudiante	BIOLOGÍA CELULAR DIBUJO 1	GENÉTICA GENERAL DIBUJO 2
E 43	Correspondencia Alta 0,75	Correspondencia Alta 0,75

Al analizar las representaciones elaboradas por el estudiante E43, es posible señalar, en ambas, un significado del concepto de gen como información biológica.

En el primer dibujo hace referencia a genes exones y tipos de genes estructurales y reguladores, así como el proceso de replicación de la información, a partir de la división celular.

En el segundo dibujo, mantiene el significado del concepto de gen como información biológica, y hace referencia a las diversas funciones que están asociados en los sistemas biológicos.

De allí que se considere al significado del concepto de gen expresado por el estudiante E43 en las representaciones gráficas elaboradas en ambos cursos con **Alta** correspondencia con el significado de gen aceptado actualmente en Biología.

E 43

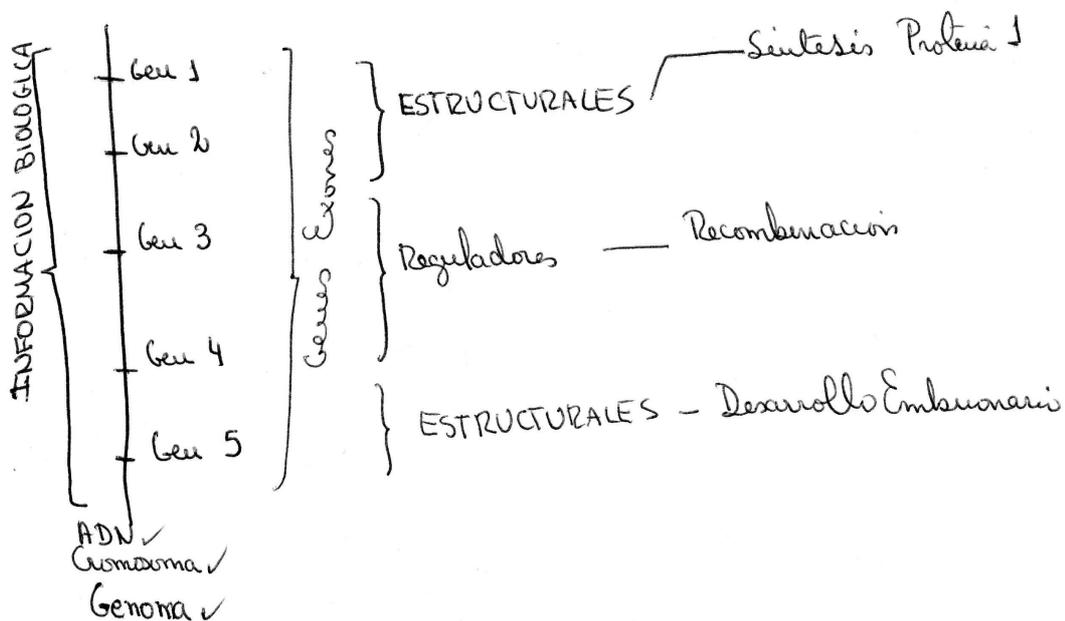
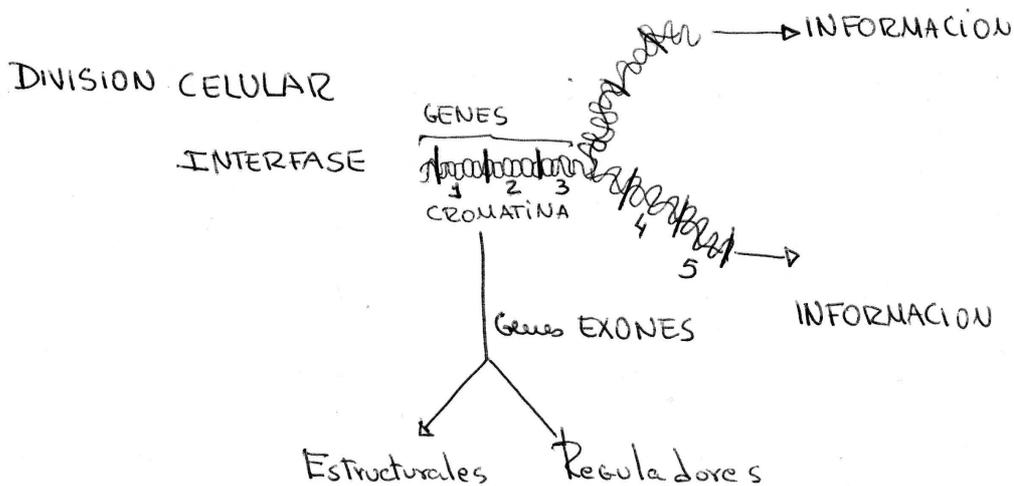


Figura 26. Dibujo 1/ Dibujo 2.E43

En síntesis, las representaciones gráficas del tipo de dibujos elaborados por los estudiantes, permiten interpretar los significados del concepto de gen que construyen durante la intervención didáctica.

10.9.3 Integración de la interpretación de significados del concepto de gen a partir de la información registrada en diferentes momentos del estudio.

Con la finalidad de señalar la evolución de significados del concepto de gen entre los estudiantes del grupo de estudio, en los cursos consecutivos de Biología Celular y Genética General, se presenta en el cuadro 35 información de manera integrada, que ha sido obtenida mediante la aplicación de los diversos instrumentos utilizados en la investigación: ítems incorporados a cuestionarios, preguntas que formaron parte del guión de entrevistas, mapas de conceptos y representaciones gráficas elaboradas por los estudiantes.

Cuadro 55. Síntesis de la integración de la información, acerca de la evolución de significados del concepto de gen a lo largo de la IAP (n = 50).

Significados del concepto de gen.	Valoración/ Correspondencia Con el CBA.	Inicial Global (%).	Verbal (%).		Mapas de Conceptos (%).		Representaciones Gráficas (%).	
			BC	GG	BC	GG	BC	GG
1. Unidad física de la Herencia.	Baja/ 0,25	44	22	4	22	4	26	5
2. Información en la secuencia de nucleótidos del ADN /ARN asociado a la síntesis proteica.	Media/ 0,5	22	54	14	14	0	38	20
1, 2. Combinación.	Media/ 0,5	10	6	4	4	8	14	8
1, 2, 3. Combinación.	Alta/ 0,75	0	2	6	0	0	0	0
1, 3. Combinación.	Alta/0,75	10	0	2	0	0	0	0
2, 3. Combinación.	Alta/ 0,75	2	6	12	40	44	20	50
3. Información biológica o unidad de transcripción que puede expresarse para llevar a cabo diversas funciones en los sistemas vivientes.	Total /1,0	12	10	58	20	44	2	20
TOTAL		100	100	100	100	100	100	100

A partir de la información del cuadro anterior, se evidencia un proceso de evolución no lineal de los significados sobre el concepto de gen entre los estudiantes del grupo de estudio.

Al inicio de la investigación, el significado del concepto de gen, como unidad física de la herencia (1) fue identificado en el 44% de los estudiantes del grupo de estudio, a través de sus respuestas al cuestionario inicial y en las entrevistas. En el curso de

Biología Celular, este significado del concepto de gen se identificó en las respuestas del 22% de los estudiantes. En los mapas de conceptos elaborados, el 22% de los estudiantes consideran al concepto de gen como estructuras físicas, al igual que el 26% de los estudiantes lo señalan en las representaciones gráficas que elaboran.

En el curso de Genética General, el significado del concepto de gen, como estructura física asociada a la herencia, se identifica en las respuestas verbales del 4% de los estudiantes, al igual que en los mapas de conceptos elaborados por el 4% y en las representaciones gráficas elaboradas por el 5% de los estudiantes. La persistencia de significados del concepto de gen considerados como de **Baja** correspondencia (como unidad física relacionada con la transmisión de caracteres hereditarios) entre algunos de los estudiantes, permite señalar que, aprender de manera significativa y crítica el concepto de gen requiere de tiempo para favorecer la conceptualización, así como para transferir lo aprendido a nuevas situaciones y en otros contextos.

Con respecto al significado del concepto de gen, como información contenida en los ácidos nucleicos (ADN/ARN) (2) y como estructuras físicas asociadas a la herencia biológica (1,2) fue expresado inicialmente por el 32% de los estudiantes, en el curso de Biología Celular, fue considerado como correspondencia **Media** e identificado en las respuestas verbales del 60% de los estudiantes, de igual manera, se identificó en los mapas de conceptos elaborados por el 18% de los estudiantes y en los dibujos elaborados por el 52 % de los estudiantes.

En el curso de Genética General, este significado, con correspondencia **Media** con el CBA (2; 1,2), fue identificado en las respuestas verbales del 18% de los estudiantes, mientras que en los mapas de conceptos y representaciones gráficas aparece para el 8% y 28% de los estudiantes respectivamente.

En relación al significado del concepto de gen, como combinación de significados, para una **Alta** correspondencia con el CBA (1, 2, 3; 1, 2; 2, 3) fue expresado inicialmente por el 12% de los estudiantes, mientras que en el curso de Biología Celular, el 8% de los estudiantes lo incorpora en sus respuestas verbales. El 40% lo incorpora en los mapas de conceptos, y 20% lo incorpora en las representaciones gráficas que fueron elaboradas por los estudiantes. En el curso de Genética General, este significado del concepto de gen es expresado por el 20% de los estudiantes, a través de sus expresiones verbales, mientras que el 44 % lo señala en los mapas de conceptos y el 50% en las representaciones gráficas.

Para referir el significado del concepto de gen con **Total** correspondencia con el CBA, donde es considerado como información biológica que se expresa en diversas funciones de los sistemas vivos (3), el mismo fue señalado inicialmente por el 12% de los estudiantes. En el curso de Biología Celular, dicho significado fue expresado de manera verbal por el 10 % de los estudiantes e identificado en los mapas de conceptos del 20% y en las representaciones gráficas elaboradas por el 2 % de los estudiantes. En genética General, el 58% de los estudiantes se refieren a este significado en las

expresiones verbales, el 44% lo incorpora como contenido en los mapas de conceptos y el 20% de los estudiantes lo incorpora en las representaciones gráficas que elabora.

Estos resultados permiten señalar que, si bien se evidencia una evolución del significado del concepto de gen entre los estudiantes del grupo de estudio a partir de la intervención didáctica, la misma no ocurre de la misma manera para la totalidad de los estudiantes.

10.10. Consideraciones finales

El estudio permitió identificar los significados iniciales del concepto de gen, entre los estudiantes de educación Superior que conformaron el grupo de estudio, así como el que construyen durante el desarrollo de los dos cursos consecutivos de Biología Celular y Genética General. Dicha evolución, se corresponde con la intervención didáctica que se construyó durante la investigación acción participativa (IAP) con los estudiantes fuera del aula, así como las acciones llevadas a cabo por la investigadora con las docentes de ambos cursos.

La información procedente de la aplicación de los diversos instrumentos en la intervención con los estudiantes fuera y dentro del aula, permiten señalar la existencia de diversos significados del concepto de gen entre los estudiantes, lo cual se corresponde con los resultados reportados en estudios previos con estudiantes y profesionales de la Biología en otros contextos y a los que se hace referencia en el capítulo 4, del presente informe.

Para algunos estudiantes se mantienen los significados del concepto de gen, considerados como de baja y media correspondencia con el CBA, durante el desarrollo de la IAP, lo que señala que el aprendizaje significativo es un proceso complejo que requiere de tiempo para incorporar los conocimientos en la estructura cognitiva del estudiante.

Ello pone en evidencia, la importancia de organizar la enseñanza de manera de hacerla potencialmente significativa, ofreciendo a los estudiantes espacios de aprendizaje que les permita reflexionar sobre el contenido y su propio aprendizaje. La enseñanza de conceptos abstractos requiere ser mediada de manera deliberada, presentando el conocimiento científico con una visión crítica y reflexiva de su epistemología

La intervención didáctica, construida y conducida durante la IAP, estuvo fundamentada en los principios del aprendizaje significativo (Ausubel, 2002) y los principios orientadores señalados por Moreira (2005), para favorecer el aprendizaje significativo crítico, lo que permitió, en la mayoría de los estudiantes del grupo de estudios, la evolución de conocimientos hacia significados del concepto de gen con una alta correspondencia con conocimientos actualmente aceptados por la comunidad científica.

Para facilitar el proceso de construcción del aprendizaje significativo crítico del concepto de gen, se requiere considerar los conocimientos previos de los estudiantes e identificar posibles obstáculos para su aprendizaje, así como los elementos facilitadores para su comprensión, adquisición y dominio. Para a partir de ellos, planificar y ofrecer una enseñanza potencialmente significativa y crítica de conceptos fundamentales, abstractos y de considerable complejidad, como es el concepto de gen para la Biología.

Para llevar a cabo estudios acerca de la evolución de significados de conocimientos científicos, tal y como se procedió sobre el concepto de gen, es necesario emplear una diversidad de instrumentos que permitan indagar, en diferentes momentos, sobre la construcción de los conocimientos en los estudiantes. En este sentido, los mapas de conceptos y la elaboración de representaciones gráficas pueden ser considerados efectivos, pues ofrecen, tanto a los educadores como a los propios estudiantes, información sobre su aprendizaje, reflexionar acerca del conocimiento que se construye, y a los docentes reorganizar la enseñanza.

La organización de una enseñanza potencialmente significativa, orientada a facilitar el proceso de aprendizaje significativo crítico de contenidos de científicos complejos y de dificultad entre los estudiantes, requiere de tiempo, además de la importancia de considerar de manera deliberada los diversos elementos intervinientes en el acto educativo, señalados por Novak (1992), y sus interacciones (docente, estudiantes, contenido, evaluación y contexto). En este proceso juega un papel importante la selección de diferentes estrategias didácticas y actividades de aprendizaje; disponer de diversos recursos educativos, que permitan identificar el conocimiento que tienen y construyen los estudiantes, su motivación e interés. Utilizar actividades que permitan a los estudiantes aprender a partir del error y conducir la enseñanza de manera particular. En el contenido a enseñar es determinante incorporar aquellos conocimientos que, según el nivel de los estudiantes, permitan la interacción específica de la nueva información con los conocimientos existentes en su estructura cognitiva, considerar su calidad, actualidad, epistemología, entre otros, como posibles condiciones que favorecerán un aprendizaje significativo y crítico.

Los elementos para organizar la enseñanza, señalados por Moreira (2005) como principios para favorecer una enseñanza potencialmente significativa y crítica permiten al estudiante formular preguntas, en lugar de sólo dar respuestas ante las cuestiones que se le planteen; compartir significados con el docente y con los demás estudiantes, reflexionar acerca de su comprensión, utilizar el lenguaje apropiado, analizar la información a partir de diversas fuentes, representar su conocimiento, aplicar lo aprendido a otros contextos.

La investigación en el aula, a partir de necesidades sentidas y compartidas por estudiantes y docentes, en las que son actores de la misma, ofrece vías para construir fundamentos metodológicos y teóricos en el campo de la investigación en enseñanza de la Biología

CAPITULO 11

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPITULO 11

CONCLUSIONES, Y RECOMENDACIONES

Este capítulo refiere un cuerpo de conclusiones elaboradas, a partir de los interrogantes planteados en el capítulo 1, que sirvieron para focalizar la atención, el planteamiento de objetivos específicos, decisiones acerca de instrumentos y procedimientos que permitieron llevar a cabo el desarrollo del trabajo de investigación, en dos fases, con una serie de sus estudios. Las conclusiones se fundamentan en el análisis de los resultados de cada estudio, presentados en los respectivos capítulos de la Memoria de la investigación. Su intención es ofrecer una síntesis reflexiva del trabajo realizado, destacando el papel de la propuesta didáctica desarrollada a partir de la Investigación Acción Participativa, así como posibles trabajos futuros..

Ante el problema de investigación:

Comprender el proceso de aprendizaje significativo del concepto de gen, entre los estudiantes universitarios de la carrera docente de Biología en la Universidad Pedagógica Experimental Libertador- IPC de Venezuela, durante el desarrollo de los cursos de Biología Celular y Genética General, y a partir de ello organizar y llevar a cabo una propuesta de enseñanza potencialmente significativa orientada a facilitar el aprendizaje significativo crítico de este concepto fundamental de Biología.

Se formuló el siguiente objetivo general:

- Profundizar el análisis de las características del proceso de evolución de significados sobre el concepto de gen en estudiantes universitarios, durante la intervención didáctica, hacia significados acordes con la Biología actual.

Dicho objetivo, condujo a considerar una serie de interrogantes o cuestiones foco que sirvieron de orientación en la investigación acción participativa, y que se abordaron a partir de una serie de estudios, organizados en dos fases, como parte del presente trabajo de Tesis Doctoral.

Para tratar de dar respuesta al siguiente interrogante:

- *¿Qué características y significados tienen los contenidos sobre el concepto de gen, en los libros de Biología de educación Básica y Media (12 a 18 años) y de educación Superior en Venezuela?*

Se analizaron los contenidos de un grupo de libros utilizados por profesores de Biología de educación Secundaria (Básica y Media) y Superior en Venezuela, lo cual permitió identificar el enfoque, la calidad de la información y el tratamiento que en ellos se da al concepto de gen y otros contenidos biológicos asociados. Dicho análisis nos permite señalar que, en la mayoría de los libros seleccionados, se incorpora

información acerca del concepto de gen con una baja y media correspondencia con los conocimientos actualmente aceptados por la comunidad científica (CBA), así como una deficiente presentación de aspectos pedagógicos, históricos y epistemológicos para facilitar una enseñanza potencialmente significativa.

En cuanto al significado del concepto de gen, a partir del análisis de los libros es posible señalar que:

- En los primeros niveles de la educación formal, predomina un significado del concepto de gen como “estructuras físicas” cuya función está asociada de manera específica a la herencia de caracteres hereditarios, lo cual se corresponde con el significado inicial identificado en las respuestas de los estudiantes de educación Superior, en el cuestionario e información registrada durante la entrevista individual. Este significado pudiera ser considerado un obstáculo para el aprendizaje del concepto de gen, como “información biológica” que puede expresarse en diversos procesos biológicos, así como la existencia de funciones desconocidas aún, según los actuales conocimientos a partir de los estudios de la Genómica y la Post-genómica.
- Para educación Básica y Media, en Venezuela, se presenta a los estudiantes el concepto de gen como un conocimiento “exacto”, asociado fundamentalmente a la herencia biológica. Ello señala un enfoque distorsionado, de dicho conocimiento, y que coincide con el expresado por los estudiantes al inicio de la investigación. Ello nos lleva a resaltar la importancia que tiene incorporar información de calidad en los libros, como elementos para facilitar y conducir una enseñanza potencialmente significativa y crítica del conocimiento científico. El aprendizaje significativo y crítico del concepto de gen, con significados actuales y sobre su desarrollo, es determinante para la construcción y evolución del conocimiento en cursos posteriores.
- En educación Superior, se incorporan contenidos que muestran diversos significados de este concepto, en atención a los diferentes campos de la Biología, así como su relación con diversos procesos biológicos en los sistemas vivientes. Sin embargo, desde el punto de vista de su epistemología, sólo algunos lo abordan como conocimiento científico en construcción, haciendo referencia a su historia, retos y desafíos actuales.

Ello permite concluir que, dada la importancia que tienen los libros para facilitar el aprendizaje significativo crítico, es necesario revisar en ellos el significado del concepto de gen que se proporciona a los estudiantes. De manera que, actualizar su significado como “información biológica que puede o no expresarse”, además de su papel en los diferentes procesos de los diversos sistemas vivos, permitiría a los estudiantes acercarse a los significados del concepto de gen que se plantean en la era Post- genómica, para facilitar su comprensión, como concepto en evolución.

La incorporación de información, acerca de su epistemología, ayudaría a tener una postura crítica y reflexiva hacia el conocimiento científico, el papel de la ciencia, sus implicaciones éticas y aplicaciones sociales. Los actuales desafíos del concepto de gen, la existencia de diferentes tipos de genes, muchos de ellos sin funciones conocidas aún, y los recientes trabajos para comprender los procesos de traducción y transcripción de la información en diferentes sistemas vivientes, deben formar parte de la información que se presenta a los estudiantes, tanto en los libros de educación pre-universitaria como de educación Superior, con la finalidad de considerar, a través de este contenido, una visión epistemológica crítica y distinta a la actualmente forma parte de la mayoría de los libros analizados.

Conscientes del papel del profesor para facilitar el aprendizaje significativo crítico del concepto de gen, sus decisiones en la organización del contenido, en la selección apropiada de materiales de enseñanza, el empleo de variadas estrategias, así como la importancia de considerar los conocimientos previos que tienen los estudiantes (Novak, 1981; 1992) se planteó, como parte **de la primera fase** del trabajo indagar acerca de los significados que tienen sobre el concepto de gen los docentes de educación Básica y Media en Venezuela, ya que dicha información podría ofrecer insumos para acercarse a la interpretación de los significados del concepto de gen entre los estudiantes de educación Superior y de ésta manera preveer posibles maneras de intervención en el aula para conducir una enseñanza potencialmente significativa y crítica del concepto de gen.

De esta manera, en el estudio con un grupo de docentes de Biología que se desempeñan en los niveles de educación Básica y Media en Venezuela, se consideraron los siguientes interrogantes:

- *¿Qué significados del concepto de gen tienen dichos profesores?*
- *¿Qué elementos caracterizan la manera de organizar y conducir la enseñanza?*

Para identificar los significados que tienen, sobre el concepto de gen, así como de las acciones que caracterizan su praxis pedagógica, se emplearon diversos instrumentos, que permitieron registrar y analizar la información. A partir de dicho análisis es posible señalar que:

- Los docentes de educación Básica y Media del grupo de estudio, refieren diversos significados del concepto de gen, lo cual se corresponde con estudios previos llevados a cabo, en otros lugares con Biólogos y profesores de Biología (Stoz, et. al 2004). Sin embargo, al referirse a los procesos biológicos y contenidos de esta ciencia, con los cuales asocian a este conocimiento, refieren un significado del concepto de gen como estructuras físicas asociadas a la herencia y a la síntesis proteica, significado que ha predominado en la Biología Molecular y la Genética clásica durante mas de un siglo.
- Los resultados de este estudio se corresponden con un trabajo previo llevado a cabo con docentes de educación Superior en Venezuela por Diez et al (2006)

donde se identificó una deficiente incorporación, por parte de los profesores universitarios de los elementos señalados por Ausubel (2002), para facilitar una enseñanza potencialmente significativa del concepto de gen.

- En cuanto a los aspectos pedagógicos y los principios señalados por Ausubel (2002) para facilitar una enseñanza potencialmente significativa, los participantes del estudio señalaron organizar el contenido de manera lineal partiendo de la definición del concepto de gen, sin considerar los principios de diferenciación progresiva y reconciliación integradora, que permiten facilitar entre los estudiantes la asimilación de la nueva información y su aprendizaje significativo. Lo cual puede considerarse un procedimiento poco favorecedor del aprendizaje significativo entre los estudiantes de sus cursos.
- Del mismo modo, los participantes no hacen referencia al uso de estrategias que permitan atender las diferencias individuales y los conocimientos previos de sus estudiantes. A través de la información que aportan, es posible considerar que, en su praxis pedagógica, predominan elementos de un modelo didáctico fundamentalmente orientado a la “transmisión de información”.

En relación a la utilización de los principios orientadores (Moreira, 2005) para facilitar un aprendizaje significativo crítico, los participantes del estudio consideran:

- Al trabajo en equipo como elemento que permite la interacción social y el cuestionamiento, sin embargo, se evidenció una escasa atención para fomentar entre los estudiantes la formulación de preguntas, por el contrario se auspicia entre ellos responder de manera “correcta” a las preguntas y planteamientos formulados, lo cual muestra una débil consideración del principio: **Enseñar/ Aprender a través de preguntas en lugar de respuestas (principio de la interacción social y el cuestionamiento)**.
- De importancia utilizar **diversos materiales educativos**, como vía para facilitar entre sus estudiantes el análisis, establecer relaciones entre los contenidos, aplicar los conocimientos adquiridos, entre otros, por lo que informan utilizar diversos medios para la enseñanza del concepto de gen y otros conocimientos asociados.
- La importancia que tiene el conocimiento del lenguaje propio de la ciencia en la comprensión del concepto de gen y contenidos asociados, según el principio: **Aprender que el lenguaje está totalmente involucrado en todos los intentos humanos de percibir la realidad** (Principio del conocimiento como lenguaje).
- El papel de las actividades seleccionadas de manera deliberada para permitir a los estudiantes pensar sobre lo que han aprendido y sobre el significado de los contenidos que aprenden, según el principio: **Aprender que el significado está en las personas** (principio de la conciencia semántica).

Sin embargo, a pesar de reconocer el valor que tiene:

- **Aprender a que somos perceptores y representantes del mundo** (principio del aprendiz como perceptor / representante).
- **Aprender a partir del error**
- **Aprender a desaprender, a no usar los conceptos y estrategias irrelevantes para la sobrevivencia** (principio del des-aprendizaje).
- **Aprender que las preguntas son instrumentos de percepción y que las definiciones y metáforas son instrumentos para pensar** (Principio de la incertidumbre del conocimiento).

Los docentes de educación Básica y Media del mencionado estudio mostraron una escasa consideración de los mismos, posiblemente por desconocer la manera de propiciar su aplicación durante la organización y conducción de sus clases.

A pesar de haberse identificado, entre los participantes, la presencia de significados actuales del concepto de gen (informacionista, post-genómico y combinatorio), predomina entre ellos una visión de la ciencia como conocimiento “acabado”, lo cual, incide en el modo de organizar y conducir de manera orgánica los diferentes principios planteados por Moreira (2005) para propiciar un aprendizaje significativo crítico del concepto de gen.

Como parte de la **segunda fase del trabajo**, cuyo propósito fue conocer la evolución de significados del concepto de gen entre los estudiantes de Biología de la carrera de formación de docentes de la UPEL- IPC de Venezuela, la investigación estuvo caracterizada por los elementos de una Investigación Acción Participativa (IAP), que permitió identificar elementos resaltantes de la praxis docente, entre las profesoras de las asignaturas de Biología Celular y Genética General, para a partir de los que sucede en el aula, identificar los “modelos didácticos” que prevalecen entre ellas.

Los interrogantes formulados o cuestiones foco que orientaron el estudio fueron:

- *¿Qué caracteriza el modelo de enseñanza que emplean los profesores al inicio de los cursos: Biología Celular y Genética General del IPC-UPEL?*
- *¿Qué caracteriza el modelo de enseñanza que emplean los profesores durante el desarrollo de los cursos: Biología Celular y Genética General del IPC-UPEL como resultado de la intervención didáctica?*

A partir del análisis e interpretación de los resultados registrados en los cursos de Biología Celular (BCC1, BCC2) y Genética General (GGC1, GGC2), es posible señalar que:

- Inicialmente, en el curso de Biología Celular (BCC1) la praxis docente estuvo caracterizada por una visión epistemológica de la Naturaleza de la Ciencia de tipo empirista. En cuanto a la Ciencia Escolar predomina la observación como base del

conocimiento, así como una visión del aprendizaje de la Ciencia fundamentado en la adquisición de significados académicos. Mientras que en el curso de Biología Celular (BCC2), si bien se mantiene una visión empírica de la Naturaleza de la Ciencia, en cuanto a la Ciencia Escolar se identificaron elementos de una evolución donde se consideran la indagación, el análisis, el cuestionamiento, como bases del conocimiento.

- Al inicio del curso de Biología Celular la ejercitación y la exposición predomina en la conducción de las clases, por lo que la enseñanza se caracterizó por facilitar el aprendizaje de significados de la ciencia, según lo previsto en la programación de la asignatura, fundamentalmente sustentada en la transmisión verbal del conocimiento, la puesta en práctica de actividades inductivas y el manejo de instrumentos.
- Durante el desarrollo de los cursos de Biología Celular (BCC1 y BCC2), se registraron variaciones en la caracterización de la enseñanza, con mayor presencia de diversos recursos educativos y actividades de los estudiantes, lo que se podría atribuir a las acciones llevadas como parte de la intervención didáctica desarrollada a partir de la IAP, en particular como resultado de las acciones reflexivas con la docente durante la intervención fuera del aula. En cuanto a la evaluación del aprendizaje, se registraron cambios desde una evaluación inicialmente basada en el logro de objetivos, hacia una evaluación en BCC2 donde se consideran indicadores de procesos de aprendizaje y, por parte de la docente, se plantea evaluar la enseñanza como una hipótesis de su trabajo.
- Al inicio de los cursos de Genética General (GGC1 y GGC2), la praxis docente estuvo caracterizada por una postura empirista de la Naturaleza de la Ciencia, una visión de la Ciencia Escolar basada en la observación como fuente del conocimiento. Además de una visión del aprendizaje de la Ciencia fundamentada en la asimilación de significados académicos. La evaluación del aprendizaje estuvo centrada en la medición del conocimiento, a través de la aplicación de pruebas. En el desarrollo del curso GGC2 se produjeron variaciones en la organización del contenido, la incorporación de mapas de conceptos para presentar y secuenciar la información, así como la incorporación de una diversidad de materiales de apoyo, como resultado de los procesos de reflexión de la profesora con la investigadora a partir de la IAP.
- En síntesis, inicialmente en ambos cursos, Biología Celular (BCC1/ BCC2) y Genética General (GGC1/GGC2) se identificaron elementos psico-didácticos y epistemológicos característicos de los “modelos didácticos” transmisor y empirista. Mientras que, en la medida que se llevó a cabo la intervención didáctica con los estudiantes y las profesoras de ambos cursos, se incorporaron algunos aspectos de tipo constructivista, sin llevar a ser definitivo la adopción de este modelo.

La puesta en práctica de la intervención didáctica, durante el desarrollo de los cursos de Biología Celular (BCC1 y BCC2) y Genética General (GGC1 y GGC) permiten concluir que:

- Como resultado de la IAP, donde prevalecieron actividades de acción y reflexión por parte de la investigadora con las docentes de ambos cursos y del trabajo con los estudiantes: i) se incorporaron diversos tipos de materiales educativos (materiales impresos, de libros para la consulta, reportes de investigaciones, fotografías, microfotografías electrónicas, esquemas, y dibujos, materiales electrónicos publicados en la *web*); ii) se utilizaron estrategias de enseñanza adaptadas a las necesidades de los estudiantes; iii) se condujo la evaluación fundamentada en los procesos de aprendizaje, con inclusión de actividades que permiten a los estudiantes considerar el “error” y a partir del mismo construir nuevos aprendizajes; iv) se facilitaron espacios de aprendizaje para reflexionar sobre significados del concepto de gen, su historia y epistemología; v) se consideró el papel de la ciencia y su enseñanza en la formación integral de los ciudadanos, entre otros. Ello señala la presencia de elementos de una enseñanza potencialmente significativa para favorecer la adquisición del aprendizaje significativo crítico (Moreira, 2005).
- De igual manera, con el propósito de jerarquizar la información, organizar y secuenciar los contenidos, atendiendo a los principios de diferenciación progresiva y reconciliación integradora señalados por Ausubel (2002), como elementos que se requieren considerar para facilitar el aprendizaje significativo, las docentes de ambos cursos incorporaron mapas de conceptos.
- Como parte de la intervención didáctica, en ambos cursos se incorporaron contenidos acerca del desarrollo histórico y epistemológico de la Biología que inicialmente no formaban parte de lo considerado en los programas de estudio de ambas asignaturas.
- Durante el desarrollo y al final de ambos cursos, entre las docentes de ambos cursos se identificaron elementos que permiten señalar la persistencia de un significado del aprendizaje de la ciencia fundamentado en la asimilación de significados académicos, la presencia de elementos sobre el aprendizaje de procedimientos y actitudes, que son características de los “modelos didácticos” de tipo empirista y constructivista. En el desarrollo del curso de Biología Celular, la docente incorpora elementos metodológicos relevantes para los estudiantes fundamentados en el enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS).
- Las docentes de ambos cursos incorporaron actividades evaluativas de tipo cualitativo, cuantitativo y participativo tanto para considerar el aprendizaje estudiantil como para reconsiderar la enseñanza, seleccionar actividades de aprendizaje, entre otros recursos.

- Los aspectos identificados en la organización, forma de secuenciar la información, y manera de conducir las actividades, en ambos cursos, proporcionan información esencial para interpretar los procesos de enseñanza y aprendizaje durante la evolución de significados del concepto de gen, entre estudiantes de educación Superior de la carrera docente de Biología en el IPC- UPEL de Venezuela.
- Las actividades de análisis, discusión y reflexión, por parte de la investigadora con las profesoras de ambos cursos, favoreció el desarrollo de actividades de enseñanza planificadas de manera deliberada considerando los principios orientadores de la teoría de aprendizaje significativo crítico de Moreira (2005, 2006), tales como: *i.-* considerar los significados del concepto de gen identificados entre los estudiantes; *ii.-* al plantear situaciones en las cuales se requiere considerar al concepto de gen como información que puede ser transcrita para llevarse a cabo diversos procesos en los sistemas vivos; *iii.-* conducir actividades de reflexión individual y grupal, por parte de los estudiantes, sobre “errores” en respuestas a cuestionarios y en la solución de los ejercicios; *iv.-* emplear diversos materiales (electrónicos, informes de investigaciones recientes sobre el genoma humano y de otros seres vivos, uso de materiales impresos con representaciones de cariotipos, genomas, etc.) y estrategias adaptadas a los contenidos de cada curso; *v.-* orientar a los estudiantes para formular preguntas, en lugar de respuestas, mediante el planteamiento de trabajos prácticos de laboratorio, entre otras actividades.
- Como producto de la intervención didáctica construida a partir de la IAP, las docentes incorporan elementos didácticos que señalan una evolución del modelo “transmisor” predominante al inicio del estudio hacia la incorporación de elementos de un modelo didáctico constructivo.

Un segundo estudio, como parte de la **segunda fase** de la investigación, permitido identificar los significados del concepto de gen entre los estudiantes, en diferentes momentos y a lo largo de los dos cursos consecutivos ya mencionados, con la intención de indagar sobre la evolución de significados del concepto de gen, entre los estudiantes de educación Superior.

Ante los interrogantes orientadores del estudio:

- *¿Qué significados acerca del gen tienen los estudiantes del IPC-UPEL al inicio del desarrollo de los cursos de Biología Celular y Genética General?*
- *¿Qué significados del concepto de gen construyen los estudiantes universitarios de la carrera docente de Biología del IPC?, y ¿cómo evolucionan durante el desarrollo de los cursos de Biología Celular y Genética General?*
- *¿Qué incidencia puede tener la intervención didáctica construida, sobre la base de la investigación acción participativa (IAP) en la evolución del concepto de gen, entre los estudiantes de ambos cursos?*

En relación a **significados del concepto de gen**, se identificaron inicialmente una diversidad de significados entre los estudiantes del grupo de estudio, lo cual se corresponde con resultados de estudios previos (Stotz et. al., 2004) y que varían desde considerarlos como unidades de la herencia en correspondencia con los conocimientos de la Genética mendeliana, pasando por los conocimientos de la Biología Molecular, donde se considera fundamentalmente su constitución bioquímica y funciones relacionadas con la síntesis proteica, hasta llegar a aquellos que consideran al concepto de gen como elemento de información que regula diversos procesos biológicos, en correspondencia con su enfoque actual, a partir de recientes aportes de la Genómica.

Los diversos significados iniciales del concepto de gen identificados entre estudiantes fueron:

- Estructura física ubicada en los cromosomas y asociada fundamentalmente a la herencia biológica, lo cual se corresponde con el enfoque que predomina en los programas de estudio y en el contenido de libros de Biología de educación Básica y Media analizados. Este enfoque estructuralista corresponde con estudios llevados a cabo en el nivel preuniversitario en otros países. El significado del concepto de gen como estructura física, asociada fundamentalmente a la herencia de caracteres pudiera ser un obstáculo para el aprendizaje y la comprensión del concepto de gen como “información biológica” que puede ser transcrita y expresarse en diversas funciones en los sistemas vivientes. De allí la **baja** correspondencia del mismo con el que es actualmente aceptado por la comunidad de biólogos (CBA).
- Genes constituidos por ADN y / o ARN y cuya función está relacionada con la síntesis de proteínas específicas, cuyo significado se corresponde con lo planteado en la Biología Molecular clásica y que en consecuencia permite señalar una correspondencia **media** del significado del concepto de gen con el CBA.
- Combinación de significados, que varía desde considerarlos unidades estructurales y funcionales (correspondencia media) hasta aquellos en los cuales predomina la idea de información biológica, constitución bioquímica y procesos en los cuales está involucrado, con una **alta** correspondencia con el CBA.
- Información biológica o unidades de transcripción contenida en el ADN, formando parte de los cromosomas en células de seres eucariontes, o en el ARN para organismos procariontes, y cuya expresión está implicada en diversos procesos biológicos conocidos y otros sin conocer aún, lo cual es muestra de **total** correspondencia con el significado en la Biología actual (CBA).

Los significados iniciales del concepto de gen, identificados entre los estudiantes se corresponde con la **valoración que dan a este conocimiento**, asociado con la posibilidad de: comprender la herencia de enfermedades genéticas; entender la herencia de caracteres entre los miembros de su familia; entender sobre sus aplicaciones para mejorar la calidad de los alimentos, cultivos y la producción animal,

así como para el diagnóstico de enfermedades, la elaboración de fármacos, terapia génica, entre otras.

La tendencia de asociar al concepto de gen con la herencia de caracteres reconfirma el significado inicial, expresado por una importante de los estudiantes. El considerar a este conocimiento como necesario para comprender la herencia de caracteres de padres a hijos, se corresponde con el enfoque de los programas educativos del nivel pre-universitario en Venezuela.

En cuanto a la **Importancia de este concepto para la Biología**, los estudiantes señalaron su valor en: investigaciones y aplicaciones en diversos campos; en el avance en el conocimiento actual; el estudio de fenotipos y genotipos; en el campo de la Genómica; para comprender los procesos biológicos relacionados con la transmisión de la información, las variaciones entre individuos de una especie e inclusive entre miembros de una misma familia y para el estudio de los procesos de evolución.

Con la finalidad de identificar posibles acciones didácticas que permitieran el proceso de evolución de significados del concepto de gen hacia un conocimiento aceptado actualmente por la comunidad de biólogos (CBA), se planteó el siguiente interrogante:

- *¿Qué elementos orientadores de actividades de aprendizaje son pertinentes para promover el aprendizaje significativo crítico del concepto de gen, entre estudiantes de la carrera de formación de docentes de Biología?*

Para lo cual se consideró el análisis de la información registrada acerca de significados iniciales del concepto de gen, la valoración que los estudiantes dan a este conocimiento y su importancia como conocimiento biológico. Lo que conjuntamente con la información registrada durante la observación en el aula, sirvió de insumo para diseñar acciones didácticas aplicadas en la intervención con los estudiantes y para ser consideradas en las sesiones llevadas a cabo con las profesoras fuera del aula.

La interpretación de los resultados registrados durante las clases, en los cursos de BCC1/ BCC2 y GGC1/GGC2 permitieron identificar, al inicio de la investigación, la existencia de algunas dificultades entre los estudiantes tales como:

- No diferenciar características del material genético en células de organismos procariontes (bacterias) y en células de seres eucariontes (animales, plantas, hongos).
- No reconocer la presencia de los genes como información biológica, tanto en células somáticas como en células sexuales, para los organismos eucariontes.
- Considerar al ARN principalmente como producto de la transcripción del ADN, y su desconocimiento como material genético en seres procariontes.

Dichas dificultades coinciden con las reportadas en estudios previos llevados a cabo por Banet y Ayuso (2003; 2000a; 2000b; 1998; 1995), a partir de las cuales y de los significados del concepto de gen identificados entre los estudiantes, se procedió a desarrollar la intervención didáctica construida a partir de un proceso de análisis crítico y reflexivo durante la Investigación Acción Participativa. En la cual se consideraron los elementos teóricos de la Teoría del Aprendizaje Significativo (Ausubel, 2002), los principios orientadores para facilitar el aprendizaje significativo crítico de Moreira (2005) y la interacción de los elementos del acto educativo de Novak (1992).

En este sentido, entre los elementos orientadores de actividades de aprendizaje para promover entre los estudiantes el aprendizaje significativo crítico del concepto de gen, se propone:

- Incorporar actividades para facilitar la interacción social entre estudiantes y docentes, mediante sesiones adicionales a las previamente establecidas en la programación de los cursos. Para lo cual se diseñaron y llevaron a cabo actividades fuera del aula, donde la investigadora facilitó entre los estudiantes, de manera individual y grupal la formulación de preguntas, compartir significados, cuestionar sus interpretaciones ante situaciones en las que se evidenciaron dificultades sobre el concepto de gen.
- Analizar y cuestionar la información que se presenta en diversos medios, tales como materiales electrónicos en *Internet*, libros de educación Básica y Media, material de divulgación científica, reportes de investigadores en el campo de la Genética, Genómica, Bioinformática; interpretar la información de representaciones acerca de los genes, significados de la información de diferentes genomas.
- Incorporar diversos materiales educativos, que favorezcan entre los estudiantes representar sus conocimientos, para lo cual se consideraron el uso de mapas de conceptos y de representaciones gráficas, y para lo cual se llevaron a cabo sesiones de trabajo individual y grupal donde los estudiantes representaron su conocimiento y elaboraron explicaciones sobre el contenido de los mismos.
- Ofrecer espacios de aprendizaje en los cuales los estudiantes elaboraron, a través del uso del lenguaje oral y escrito, ensayos, informes, así como su participación en foros, seminarios.
- Considerar actividades que permitan a los estudiantes comprender que el significado está en las personas, o lo que denomina Moreira (2005) la conciencia semántica, mediante sesiones donde los estudiantes analizan los significados del concepto de gen “aceptados” a través de la historia de la Biología, sus connotaciones y significados denotativos.
- Incorporar espacios de aprendizaje donde los estudiantes aprenden a partir del error, mediante actividades para analizar sus respuestas en cuestionarios, ejercicios de aplicación, pruebas de conocimientos. Así como de actividades para identificar hechos, sucesos, que evidencien el desarrollo epistemológico y la evolución de significados del concepto de gen a través de la historia de la Biología.

- Propiciar, según cada caso, la posibilidad de desaprender, mediante actividades en las cuales los estudiantes requieren considerar el significado que tienen sobre el concepto de gen, considerar el significado actualmente aceptado en Biología y su posibilidad de evolución como conocimiento científico.
- Favorecer espacios de aprendizaje donde se considere la incertidumbre del conocimiento, que permita a los estudiantes valorar las definiciones, metáforas y preguntas como recursos para construir el conocimiento, así como reflexionar sobre su conocimiento y aprendizaje.
- Utilizar diversidad de estrategias de enseñanza que promuevan una enseñanza centrada en el estudiante, favorezcan una mayor interacción entre los estudiantes y con el profesor. Para ello se consideraron actividades colaborativas y de trabajo en equipo para participar en foros, seminarios y trabajos en el laboratorio.

Para atender el siguiente interrogante:

- *¿Qué significados del concepto de gen construyen los estudiantes universitarios de la carrera docente de Biología del IPC y cómo los mismos evolucionan en el transcurso de los cursos de Biología Celular y Genética General?*

Se analizó la información registrada, a través de diversos instrumentos, aplicados en los cursos de Biología Celular y Genética General, para identificar la evolución de significados, lo cual permite señalar que:

- A lo largo del estudio, se identificaron diversos significados del concepto de gen, inicialmente considerado por parte de los estudiantes como estructuras físicas relacionadas fundamentalmente a la herencia de caracteres, como secuencia de nucleótidos ubicados en los ácidos nucleicos cuya función específica es la síntesis de proteínas determinadas, hasta evolucionar hacia considerar a los genes como información biológica que puede transcribirse en diversos procesos biológicos.
- Al comparar los significados del concepto de gen, en el curso de Biología Celular, con el significado identificado al inicio de la investigación, se evidencia un incremento en el número de los estudiantes que lo consideran como información biológica contenida en la secuencia de nucleótidos para llevar a cabo diferentes funciones en la diversidad de seres vivos, Lo que evidencia una evolución del significado del concepto de gen, en correspondencia con los contenidos tratados en Biología Celular, a partir de la intervención didáctica construida durante la IAP.

En cuanto a los significados del concepto de gen identificados entre los estudiantes, en el curso de Genética General y su posible evolución, la información registrada a través de diversos instrumentos permiten señalar que:

- Al final de los cursos de Genética General, la mayor parte de los estudiantes consideran al concepto de gen como información biológica o unidad de transcripción que puede expresarse en diversas funciones de los sistemas vivos.

Dicha información, en los seres eucariontes esta contenida en el ADN formando parte de los cromosomas y se transcribe en el ARN a fin de expresarse en diversos procesos biológicos. En los seres procariontes, dicha información se localiza en ADN / ARN, con iguales implicaciones en la diversidad de funciones de los sistemas vivos. El incremento del número de estudiantes cuyo significado del concepto de gen se aproxima al CBA, evidencia una evolución de significados como parte de las acciones llevadas a cabo durante la intervención didáctica con docentes y estudiantes en el curso de GG a partir de la IAP.

- Algunos estudiantes mantienen el significado del concepto como secuencia de nucleótidos de ADN / ARN, y relacionada con la síntesis de proteínas específicas, además de la herencia de caracteres. Lo que permite señalar que no se evidenció una evolución del significado del concepto de gen. De igual forma, se identificaron combinaciones de significados del concepto de gen, entre un grupo de estudiantes.
- Como parte de la intervención didáctica, la mayoría de los estudiantes se refieren al concepto de gen, dependiendo de la tarea o campo de la Biología a la cual se hace referencia. Ello podría considerarse como evidencia de evolución de significados logrados en ambos cursos.

En cuanto a la **valoración** que hacen del conocimiento acerca de los genes para su vida personal y familiar, los estudiantes:

- Reconocen la importancia de este conocimiento para comprender la herencia, fundamentalmente de enfermedades genéticas y otros caracteres hereditarios, así como en la producción de alimentos, medicamentos, en el diagnóstico de enfermedades.
- Evidencian una mayor diversidad y amplitud de las respuestas, incorporando elementos relacionados con la Biotecnología y la Bioética.

Con respecto a la importancia que dan al concepto de gen, como conocimiento de la Biología, los estudiantes señalaron sus aplicaciones en investigaciones en el campo de la propia Biología; el estudio y comprensión del Genoma; el estudio de adaptaciones evolutivas; el desarrollo y avance del conocimiento en Biología y procesos que tienen que ver con la transmisión de información.

Al comparar las respuestas de los estudiantes, acerca de la valoración de este conocimiento desde el punto de vista de la Biología, con las señaladas al inicio de la investigación, se muestra una mayor diversidad, así como un enriquecimiento de las opiniones. Aunque persiste una tendencia entre algunos estudiantes por asociar a los genes con conocimientos de la herencia biológica, su frecuencia es menor que en el momento inicial, posiblemente a partir de la nueva información del curso y como resultado de la intervención didáctica, lo cual podría ser indicador de evolución de significados del concepto de gen entre la mayor parte de los estudiantes del grupo de estudio.

En cuanto a la importancia de este conocimiento para la Biología actual, señalaron implicaciones en el desarrollo de la Biología como ciencia, las investigaciones aplicadas a otros campos y el desarrollo de la Genómica y Proteómica. Estos resultados evidencian la incorporación de la información considerada como parte de los contenidos en el curso, así como de conocimientos sobre la historia y epistemología del concepto de gen.

Considerando a la Teoría, de aprendizaje significativo de Ausubel (2002), se interpreta que el aprendizaje de conceptos abstractos, como es el concepto de gen, tiene muy poca posibilidad de aprenderse de manera mecánica o por repetición. De igual manera, se concluye sobre la importancia de identificar los conocimientos previos, y a partir de ello, presentar la nueva información con actividades que favorezcan la reflexión y adquisición de nuevos conocimientos y la aplicación en diferentes actividades.

Compartimos con Caballero (2003) el considerar que el proceso de aprendizaje significativo de conceptos abstractos requiere de tiempo, y que según Moreira (2000), ocurre en el marco de un continuo entre un aprendizaje mecánico o repetitivo y un aprendizaje significativo, lo que explica las diferencias encontradas entre los estudiantes, quienes diferencialmente progresaron en la comprensión del concepto de gen.

Desde la historia y desarrollo epistemológico del conocimiento, además de considerar el significado del concepto de gen en correspondencia con la: Genética, Biología Molecular, Biología Celular, Evolución, por ejemplo, se plantean varios significados relacionados con funciones específicas. Lo cual permite señalar que, el significado que los estudiantes expresan durante los diferentes momentos de la investigación están asociados, en primer lugar, al poder explicativo que les ofrece para abordar y tratar de comprender las diversas situaciones y problemas durante el desarrollo de los cursos. Y en segundo lugar, su significado esta asociado a los diferentes campos de la Biología.

Las actividades de aprendizaje, fundamentadas en los principios planteados por Moreira (2005) para facilitar el aprendizaje significativo critico del concepto de gen, permitieron compartir significados en grupo, reflexionar ante situaciones concretas donde se ponen de manifiesto dichos significados y realizar actividades que permitieron exponer sus interpretaciones, a la luz del CBA, lo cual puede considerarse como elementos de una enseñanza potencialmente significativa, que favorece el proceso de evolución de significados entre los estudiantes.

A partir del análisis de los mapas de conceptos y representaciones gráficas que elaboraron los estudiantes, durante el desarrollo de los cursos de Biología Celular y Genética General, es posible señalar una evolución de significados del concepto de gen, en atención al proceso de intervención dentro y fuera del aula, ya que un mayor número de estudiantes muestran al final de los cursos una alta y total correspondencia

del significado del concepto de gen con el conocimiento actualmente aceptado por la comunidad científica.

La intervención didáctica construida y conducida durante la IAP, fundamentada en los principios del aprendizaje significativo (Ausubel, 2002) y los principios orientadores señalados por Moreira (2005), para favorecer el aprendizaje significativo crítico, permitió en la mayoría de los estudiantes participantes de la investigación, la evolución de sus conocimientos hacia significados del concepto de gen con una alta correspondencia con los conocimientos actualmente aceptados por la comunidad científica.

La construcción de una propuesta de enseñanza fundamentada sobre los principios del aprendizaje significativo crítico del concepto de gen, como resultado del proceso de la Investigación Acción Participativa en el aula, favorece entre los estudiantes la reflexión sobre sus propios conocimientos y la adquisición de significados de conceptos científicos de manera crítica.

Para facilitar el proceso de construcción del aprendizaje significativo crítico del concepto de gen, se requiere considerar los conocimientos previos de los estudiantes e identificar posibles obstáculos para su aprendizaje, así como los elementos facilitadores para su comprensión, adquisición y dominio. A partir de ellos, se puede planificar y ofrecer una enseñanza potencialmente significativa y crítica de conceptos fundamentales, abstractos y de considerable complejidad, como es el concepto de gen para la Biología.

El estudio de la evolución de significados de conocimientos científicos, tal y como se procedió sobre el concepto de gen, requiere emplear una diversidad de instrumentos que permitan considerar, en diferentes momentos, los conocimientos de los estudiantes. Entre los cuales los mapas de conceptos y la elaboración de representaciones gráficas pueden ser considerados en la investigación en enseñanza de la Biología.

Al investigar en el campo de la enseñanza y el aprendizaje de la Biología, es necesario considerar como objetos de indagación, la búsqueda e interpretación de información, los elementos del acto educativo (docente, estudiantes, materiales educativos, estrategias de enseñanza, evaluación del aprendizaje y de la enseñanza) con miras a comprender sobre el aprendizaje de conceptos fundamentales de esta ciencia. La información procedente del análisis de los contenidos en los libros y otros materiales educativos, de los significados del concepto de gen entre los docentes y sobre los aspectos epistemológicos, psicopedagógicos y didácticos que predominan, según los diferentes “modelos didácticos” pueden ofrecer elementos a considerar en la manera de organizar y conducir una enseñanza potencialmente significativa de la Biología, y en este caso, facilitar el aprendizaje significativo crítico del concepto de gen entre estudiantes de educación Superior.

En base al trabajo desarrollado, es posible señalar algunos lineamientos para una propuesta didáctica fundamentada en la Teoría de aprendizaje significativo crítico, los cuales se señalan a continuación:

- Organizar la enseñanza a partir de los conocimientos iniciales de los estudiantes, no solo aquellos que se identifican a través de instrumentos elaborados con la intención de obtener información de lo que “saben” o de los denominados “prerrequisitos” que deberían tener, según determinado diseño curricular.
- Organizar y secuenciar deliberadamente el contenido de enseñanza, empleando para ello los principios de diferenciación progresiva y reconciliación integradora, señalados por Ausubel (2002) como los procesos que se llevan a cabo en el aprendizaje significativo y que según plantea Moreira (2005) deben ser considerados al planificar y conducir una enseñanza potencialmente significativa de contenidos de ciencias.
- Propiciar, desde el inicio y a lo largo de todo el proceso de enseñanza, actividades y ambientes de aprendizaje que permitan a los estudiantes reflexionar sobre el significado de los conocimientos que tienen y que construyen, su correspondencia con el conocimiento aceptado por la comunidad científica (CBA), su desarrollo, epistemología e importancia. Tales como: realizar lecturas, previamente seleccionadas, acerca de los avances que se han logrado en la comprensión de la información descifrada en segmentos del genoma humano; analizar e interpretar la información proveniente de diversas fuentes; elaborar resúmenes, esquemas, mapas de conceptos que permitan al estudiante considerar su conocimiento y compararlo con la nueva información procesada.
- Seleccionar y utilizar diversos materiales educativos (audio-visuales, impresos, electrónicos, concretos, modelos, otros) que permita a los estudiantes procesar información actualizada y de calidad en su contenido, adquirir conocimientos, contrastar ideas, asimilar la información a partir de diferentes vías y ser crítico y reflexivo ante la misma.
- Diseñar y conducir actividades que requieran, por parte de los estudiantes la formulación de preguntas, cuestionamiento de la información, en lugar de buscar o de ofrecer las respuestas y soluciones a las mismas. En las cuales se considere, de manera deliberada, el aprendizaje apropiado del lenguaje de la ciencia, en este caso de la Biología y específicamente sobre el concepto de gen en los diversos campos de la Biología (Anexo 3).
- Organizar y conducir una secuencia de enseñanza que considere las diferencias individuales, los estilos de enseñanza y de aprendizaje, y que permitan al que aprende comprender que el significado está en las personas, de allí la importancia de permitirle identificar sus significados y correspondencia con los conocimientos que al respecto ofrece la comunidad científica.

- Favorecer actividades y utilizar estrategias que permitan a los estudiantes identificar, conocer y comprender la razón de sus “errores”, para aprender de ellos o a partir de ellos. Así como, llegado el momento, desaprender, no emplear estrategias irrelevantes considerando su aprendizaje (Anexos 3 y 4)
- Incorporar elementos para reflexionar, aprender y considerar a las preguntas como instrumentos de percepción y a las definiciones y metáforas como instrumentos para pensar.

El trabajo desarrollado, con la finalidad de organizar y conducir una enseñanza potencialmente significativa y crítica del concepto de gen y conocimientos asociados, en los cursos de Biología Celular y Genética General de la carrera de formación de profesores de Biología en el IPC- UPEL de Venezuela permite señalar que.

- La propuesta didáctica construida a partir de la Investigación Acción Participativa se caracteriza fundamentalmente por considerar, como elemento de partida, lo que los estudiantes conocen acerca del concepto de gen, el significado que atribuyen a dicho concepto, su valoración e importancia como conocimiento biológico.
- La identificación, entre los estudiantes, de los significados iniciales del concepto de gen permite seleccionar y organizar actividades diferenciadas que atiendan, de manera específica, los conocimientos que al respecto tienen los estudiantes y a partir de ello organizar y secuenciar actividades que permitan la construcción de significados con una total correspondencia con los conocimientos actualmente aceptados por la ciencia.
- Se requiere incorporar, como parte de los contenidos programáticos de ambas asignaturas, información acerca del desarrollo histórico y epistemológico del concepto de gen y de conocimientos asociados, según los contenidos específicos de cada curso. Así como un tratamiento epistemológico crítico y reflexivo acerca de dicho conocimiento, de la naturaleza de la Ciencia y de sus aplicaciones al tratar problemas sociales y éticos.
- Revisar y evitar repeticiones de contenidos, con igual nivel de profundidad, en los programas actuales de ambos cursos, y establecer una secuencia orgánica y progresiva desde el curso de Biología Celular hasta el curso de Genética General, donde se plantee la relación que tiene el concepto de gen con diversos procesos en los sistemas vivientes, y diferentes campos de la Biología.
- Considerar en el desarrollo de ambos cursos los principios ausubelianos del aprendizaje significativo y de los elementos facilitadores del aprendizaje significativo crítico de Moreira (2005).
- Incorporar en la evaluación de los aprendizajes actividades que permitan a los estudiantes aprender a partir del error, considerar la evaluación de procesos y productos.

Recomendaciones y estudios futuros

A partir de la información reportada en los estudios identificados, como parte de la revisión de investigaciones y que forma parte del capítulo 4 del trabajo de Tesis Doctoral, es posible señalar la importancia de conducir investigaciones en enseñanza

de la Biología, específicamente con estudiantes de educación Superior de la carrera de formación de los profesores que permitan comprender sobre el aprendizaje de contenidos de esta ciencia, para lo cual la Investigación Acción Participativa ofrece elementos de acción e interpretación en situaciones de aula..

Considerando dicha recomendación, se propone llevar a cabo estudios sobre el aprendizaje de contenidos biológicos complejos y conceptos abstractos, tales como el concepto de gen, de manera de investigar sobre el proceso de aprendizaje y a partir de ello plantear una enseñanza potencialmente significativa y crítica que permita favorecer la adquisición del conocimiento y una postura epistemológica distinta a la que se lleva a acabo en la mayoría de las aulas de la universidad.

Como próximos estudios, dentro de la línea de la investigación en enseñanza de la Biología del Centro de Investigaciones en Ciencias Naturales “Manuel Ángel González Sponga” de esta universidad, la investigadora asesora trabajos en los cuales se plantea la manera de planificar, conducir y evaluar el conocimiento de contenidos biológicos asociados al concepto de gen, con estudiantes de educación Básica y Media y cuyos docentes participaron en el grupo de estudio del presente trabajo de Tesis Doctoral.

De igual forma, a partir del trabajo desarrollado se inician estudios que permitan conocer posibles incidencias en el desempeño de la labor docente entre algunos de los participantes de la presente investigación, quienes se desempeñan como profesores de Biología en educación Media en Venezuela.

A nivel de asesoría de investigaciones conducidas por estudiantes de postgrado, la autora dirige trabajos de grado en la maestría de Tecnología Educativa y Desarrollo de la Instrucción, donde se desarrollan propuestas didácticas fundamentadas en la teoría del Aprendizaje significativo de Ausubel (2002), la teoría del Aprendizaje Significativo crítico de Moreira (2005) y de los elementos del acto educativo de Novak (1992) en contenidos de aprendizaje relacionados con las áreas de interés de sus autores.

A continuación, la figura 27 refiere a una V de Gowin donde se representa el proceso de investigación llevado a cabo para conocer sobre la evolución del concepto de gen entre estudiantes de la carrera docente de Biología de la UPEL-IPC, Venezuela.

ASPECTOS TEÓRICOS

FILOSOFÍA

-El concepto de gen es un conocimiento abstracto y fundamental en Biología, que según filósofos e historiadores esta en tensión para el siglo XXI.
 -Su significado actual ha sido producto de un dinámico proceso epistemológico.
 Entre los estudiantes y docentes se identifican significados del concepto de gen que se consideran obstáculos epistemológicos según Bachelard (1938).

TEORÍAS

Aprendizaje Significativo Ausubel (2002).
 Aprendizaje Significativo crítico, Moreira (2005);
 elementos del acto educativo de Novak (1981, 1992).

PRINCIPIOS

-Para facilitar su comprensión es necesario identificar los significados iniciales, posibles obstáculos y elementos facilitadores de la comprensión, adquisición y dominio del concepto de gen.

-En Biología Celular, Genética, Biotecnología, Biodiversidad, Evolución, Clonación, Bioética, Bioinformática, Genómica, Bio-medicina, Proteómica, es esencial para entender la relación entre el conocimiento científico, el desarrollo de la tecnología y su repercusión en la sociedad.

-Investigaciones educativas, por más de dos décadas señalan la existencia de dificultades para lograr su comprensión y evidencian la importancia de investigar considerando aportes de la psicología cognitiva.

-Principios para la facilitación de aprendizaje significativo crítico de conceptos.

CONCEPTOS

-Genes, información biológica, ácidos nucleicos, procesos biológicos, seres eucariontes y procariontes, síntesis de proteínas, tipos de genes: exones e intrones, estructurales, reguladores, genes P genes D, otros tipos de genes, genoma, aprendizaje significativo, aprendizaje significativo crítico; conceptos biológicos asociados al concepto de gen.

CUESTIONES FOCO

¿Cuáles significados, sobre el concepto de gen, se presenta en libros de Biología de educación Básica, Media y Superior en Venezuela?

¿Qué significados del concepto de gen tienen profesores de educación Básica y Media? y ¿Qué caracterizan su enseñanza?

¿Qué caracteriza la praxis docentes de las profesoras de los cursos de Biología Celular y Genética General del IPC-UPEL?

¿Cómo es el proceso de evolución de significados del concepto de gen, entre los estudiantes de dos cursos consecutivos de BC y GG?

¿Cuáles elementos de la intervención didáctica construida favorecen el aprendizaje significativo crítico del concepto de gen y de otros conocimientos asociados, entre los estudiantes de los cursos de Biología Celular y Genética General?.



EVENTO Cursos consecutivos de Biología Celular y Genética General de la carrera de formación de profesores de Biología en la UPEL IPC de Venezuela, semestres 2006 I / 2006II y 2007 I

ASPECTOS METODOLÓGICOS

AFIRMACIONES DE VALOR.

Entre los estudiantes: Aprender de manera significativa y crítica sobre el concepto de gen permite valorar su papel en diferentes campos de la Biología, sus implicaciones éticas, sociales, económicas. Conocer sobre la historia y epistemología de este conocimiento permite comprender sobre la ciencia y la actividad científica.

Entender a los genes como información biológica asociada a diversas funciones en los sistemas vivientes, amplía la visión inicial de considerarlos estructuras físicas compartida inicialmente por los estudiantes e identificada en libros y en las respuestas de los docentes del estudio.

Como proceso de investigación La IAP, ofrece una posibilidad de investigar sobre el aprendizaje en el aula atendiendo intereses, necesidades y expectativas de todos los actores.

AFIRMACIONES DE CONOCIMIENTO.

En libros y docentes se identificaron diversos significados de concepto de gen (Estructuralista, Funcionalista, Informacionista ; combinaciones de significados).

En libros Básica se presenta como estructuras físicas. Además d inexactitudes sobre su epistemología. En educación Superior, s presenta al gen en diversos campos de la Biología.

El modelo didáctico transmisor es característico de los profesores d Media y Básica.

Las docentes de Biología Celular y Genética General incorporan elementos constructivistas en su modelo didáctico durante e desarrollo de la IAP.

La intervención didáctica organizada a partir de los principio orientadores de Moreira (2005) favoreció la evolución del significado del concepto de gen entre los estudiantes

La evolución de significados no es lineal ni ocurre de la misma manera para todos los estudiantes.

TRANSFORMACIONES:

Análisis interpretativo de la información (libros, profesores d media y superior, respuestas de los estudiantes en diverso instrumentos durante los cursos consecutivos); registro d observaciones sobre la manera de organizar la enseñanza de part de docentes de media y superior; análisis, interpretación y reflexión de la información como procesos de la IAP.

REGISTROS Y DATOS:

-Cuestionarios, entrevistas, registro de observaciones en cuaderno campo, grabaciones en audio, fotografías. Elaboración de mapas conceptos y representaciones graficas; transcripciones de entrevistas grabadas en audio.

Figura 27. Diagrama V de Gowin. Evolución del concepto de gen entre estudiantes de la carrera docente de Biología UPEL-IPC. (Diez, 2009)

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRIL, A., MUELA, F. y QUIJANO, R. (2002). Herencia y Genética: Concepciones y Conocimientos. *XX Encuentros Didácticos de las Ciencias experimentales*. La Laguna, España.
- ALLEN, R., y MOLL, M. (1982). A Realistic Approach to teaching Mendelian Genetics. *The American Biology Teacher*, 48 (4), pp. 227 – 230.
- ALLENDE, J. (2000). Análisis de prospectivas de la educación en la región de América Latina y el Caribe. El Impacto Del Avance De Las Ciencias Sobre La Sociedad En Las Primeras Décadas Del Siglo XXI. El Contexto Para La Educación. http://www.unesco.cl/medios/biblioteca/documentos/analisis_prospectivas_lac_esp.pdf. 23 Consulta en línea 25 de agosto de 2008.
- ALLCHIN, D. (2000). Mending Mendelism. *The American Biology Teacher*, 62(9), pp. 633-639.
- ALOMÁ, E., y MALAVER, M. (2007). Análisis del concepto de energía, calor, trabajo y del teorema de Carnot en libros de termodinámica. *Enseñanza de las ciencias. Revista de Investigación y experiencias didácticas*. 25 (3) pp. 387-397
- ALVES, S. y CALDEIRA, A. M. (2005). Biología e ética: Um Studio sobre compreensão e atitudes de alunos do ensino médio frente ao tema genoma. *Revista em línea, Ensaio Pesq. Educ. Ciênc.* 7(1), pp.1-11. Disponible: www.fae.ufmg.br [Consulta: Julio 2006].
- ANDRES, Ma. M. (2005). Diseño del trabajo de laboratorio con bases epistemológicas y cognitivas: Caso carrera de profesorado de Física. Tesis Doctoral Universidad de Burgos, España.
- ANDRÉS, Ma. M. (2002). Caracterización profesional y modelo didáctico de los docentes de ciencias básicas como fundamento para su perfeccionamiento profesional. Informe Académico final presentado al FONACIT. Caracas, Venezuela.
- AUSUBEL, D. (2002). *Adquisición y retención del Conocimiento. Una perspectiva Cognitiva*. México: Piados.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J., D. Y HANESIAN, H. (1978). *Educational Psychology: a cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston. Pp. 733
- AUSUBEL, D. P. (1976). *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. México: Edit. Trillas.
- AUSUBEL, D. P. (1968). *Educational psychology: a cognitive view*. New Cork, Holt, Rinehart and Winston.
- AUSUBEL, D. P. (1963). *The Psychology of meaningful verbal learning*. New York: grume and Stratton. p. 685.
- AUSUBEL, D.; NOVAK, J. y HANESIAN, H. (1983). *Psicología evolutiva: un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas. P. 623.
- AYUSO, E. y BANET, E. (2002). Alternativas a la enseñanza de la Genética en educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (1), pp.133-157.
- AYUSO, E. y BANET, E. (1998). Relaciones entre Genética y Evolución en la educación Secundaria, concepciones de los alumnos y actividades de Enseñanza en el marco del Constructivismo. *Resúmenes de Investigaciones. Investigación e innovaciones en enseñanza de las Ciencias*, Vol. II. Coord. Banet y Pro. Primera edición Lérida. España.

-
- AYUSO, E. y BANET, E. (1996). Dificultades de los estudiantes de educación secundaria para resolver problemas sobre la herencia biológica. *XVII Encuentros de Didácticas de las Ciencias experimentales*. Cuaderno de resúmenes. La Rábida, España.
- AYUSO, E., BANET, E. y ABELLÁN, T. (1996). Introducción a la Genética en la enseñanza secundaria y bachillerato. *Revista de Investigación y experiencias didácticas*, 14 (2), 127- 142.
- AZNAR, V. (2000). ¿Qué sabemos sobre biotecnología? *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*. Julio-Septiembre, VII (25), pp.9-14.
- BACHELARD, G (1938). *La formación del espíritu científico*. México: Siglo XXI. Trad. castellano, 1948.
- BACHELARD, G (1971). *La formación del espíritu científico*. 3 ed. México: Siglo veintiuno editores, S. A.
- BANET, E. y AYUSO, E. (2003). Teaching of Biological inheritance and evolution of living beings in secondary school. *Journal Science Education*, 25 (3), pp. 373-407.
- BANET, E. y AYUSO, E. (2000a). Introducción a la Genética en la enseñanza secundaria y bachillerato. Resolución de problemas o realización de ejercicios. *Enseñanza de las ciencias*, 14 (2).
- BANET, E. y AYUSO, E. (2000b). Teaching genetic at Secondary Scholl: A strategy of teaching about the localization of inheritance information. *Science Education*, 84 (3), pp.313-335.
- BANET, E. y AYUSO, E. (1998). La herencia biológica en la educación secundaria: Reflexiones sobre los programas y estrategias de enseñanza. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, Abril V (16), pp. 21-31.
- BANET, E., Y AYUSO, E. (1995). Introducción a la Genética en la enseñanza secundaria y bachillerato. Contenidos de enseñanza y conocimiento de los alumnos. *Revista de Investigación y experiencias didácticas*, 13 (2), pp. 137-153.
- BAKER, W. y LAWSON, A. (2001). *Research on the acquisition of science knowledge Epistemological foundations of cognitions*. In D. L. Gabel (ed), *Handbook of research on science teaching and learning*, N.Y.: Macmillan.
- BARBOZA, D. y DIEZ de T. (1996). Educación Nutricional. Comunicación y Difusión de las guías de Alimentación en la Escuela. *Anales de Nutrición*, (7). pp. 18-24.
- BARBOZA, D.; DIEZ de T., D. y DEHOLLAIN, P.(1992). Diagnóstico sobre la enseñanza de la alimentación y nutrición en educación Básica. Un estudio de opinión de docentes en relación a sus necesidades e intereses. *Anales Venezolanos de Nutrición*, (4), pp. 11-15.
- BARRAGUÉS, F.; IGNACIO, J., y GUIASOLA-ARRANZABAL, J. (2006). La introducción de los conceptos relativos al azar y la probabilidad en libros de texto universitarios. *Enseñanza de las ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*. 24 (2), pp.241-255.
- BARRIGA, I. (2006). *Breve Historia de la Genética*. Disponible: <http://docencia.izt.uam.mx/ibs/Gen%20ticaMendeliana.pdf>. [Consulta: Mayo 2007].
- BIRNEY, E. (2007). Identification and analysis of functional elements in 1% of the human genome by the ENCODE pilot project. *Nature*. (447). doi: 10.1038/e 05874. pp. 799-915
- BEURTON, P., FALK, R. y RHEINENBERG, H. (2000). *The concept to the gen. Development and Evolution*. Cambridge: University Pres.

-
- BRANDNER, D. (2002). Detection of Genetically modified food. Has your food been genetically modified? *The American Biology Teacher*, 64 (6), pp. 433- 442.
- BROWNING, M. y LEHMAN, J. D. (1988). Identification of misconceptions students in Genetic Problem solving via computer program. *Journal of Research in Science Teaching*, 25 (9), 747-761.
- BUGALLO RODRÍGUEZ, A. (1995). La didáctica de la Genética: Revisión Bibliográfica *Enseñanza de las ciencias. Investigación y experiencias didácticas*, 13 (3), pp. 379-385.
- BUGALLO, R. A. (1994). Revisión Bibliográfica de investigaciones sobre Genética. *Enseñanza de las ciencias*, 12 (3), 150-163.
- BUXEDA, R. y MOORE-RUSSO, D. (2003). Enhancing Biology Instruction. UIT the Human Genome Project. *The American Biology Teacher*, 65 (9), pp. 664-668.
- CABALLERO, C. (2004). La progresividad del aprendizaje significativo de conceptos. En Moreira, Caballero y Rodríguez. *Aprendizaje significativo: interacción personal, progresividad y lenguaje*. Universidad de Burgos .Servicio de Publicaciones, Burgos, España. pp. 47-66.
- CABALLERO, C. (2003). La progresividad del aprendizaje significativo de conceptos. *Actas del PIDECE*, 5, 137-154.
- CABALLERO-ARMENTA, M. (2008). Algunas ideas del alumnado de secundaria sobre conceptos básicos de Genética. *Enseñanza de las Ciencias*. 26 (6) p.227.
- CABRERA, F., y MELO, C. (2007). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas en los libros de texto de Genética y Física. Tecne. Episteme y Didaxis TED. *Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología*. Universidad Pedagógica Nacional. Número extraordinario. Tercer Congreso Internacional.
- CARVAHO Dos Santos, V. y EL-HANI, C. N. (2007). Idéias Sobre Genes Em Livros Didáticos De Biologia Do Ensino Médio Publicados No Brasil. *Publicado em Atas do VI ENPEC*.
- CARRERO, Y. y REYES, L. (2000). *Robot Genético*. Caracas: CENAMEC.
- CARTIER, J. y STEWART, J. (2000). Teaching the Nature of Inquiry. Further Developments in High School Genetics Curriculum. *Science and Education*, 9, pp. 247-267.
- CASADO, D. (2008). Desarrollo de un material multimedia para la resolución de problemas y habilidades del pensamiento en el área de Biología en Educación Básica. Tesis de Maestría en Educación no publicada. Universidad Católica Andrés Bello, Venezuela.
- CATLEY, K. (2006). Darwin's Missing Link—A novel Paradigm for evolution education. *Science Education*, 90, p p.767-783.
- CENTENO, N., VILLÁ FREIXA, F. y OLIVA, B. (2003). Teaching Structural Bioinformatics at the Undergraduate Level. *Bioch. and Molec. Biol. Educ.*, 31 (6), p p.386-391.
- CONTRERAS, O., OLIVARES, M. y PÉREZ, A. (1990). *Necesidades técnico cognoscitivas en el área de Ciencias de Docentes en ejercicio*. Caracas: CENAMEC.
- CHEVASSUS, N .L. (2002). Dieciocho facetas de un mismo concepto. *Mundo científico*, 231. p p. 70-77.
- CHIN, C. y CHÍA, L. (2006). Problem-based learning: Using III Structured Problems in Biology: Project work. *Science Education*. 90. pp. 44-67.

-
- CHIN CHUNG, T. y CHAO MING, H. (2002). Exploring student's cognitive structures in learning science: A review of relevant methods. *Journal Biological Education*, 36 (4), PP.163-169.
- CID, M. y NETO, A. (2005). Dificuldades de Aprendizagem e conhecimento pedagógico do conteúdo: O caso da Genética. *Enseñanza de las Ciências. N° extra, VII Congreso*, pp. 1-5.
- COLLINS, A., y STEWAR, J. (1989). The Knowledge Structure of Mendelian Genetics. *The American Biology Teacher*, 51 (3), pp. 143-149.
- DA SILVA-CARNEIRO, M. H. (1999). As imagens no livro didático *Atas do II encontro Nacional de Pesquisa em ensino de ciências*. pp. 366-373. Brasil.
- DAVIES, G. (2005). Stories, fun and games: Teaching genetics in primary school. *Journal of Biological Education* 40 (1).p. 31.
- DAVSON, V. y TAYLOR, P. (2000). Do adolescents bioethical decisions differ from those of experts?. *Journal Biological Education*, 34 (4) pp.184-187.
- DIEZ, D., CABALLERO, C. y RODRÍGUEZ PALMERO, M. L. (2007). Los significados del concepto de gen en Biología y sus implicaciones para la enseñanza. Diagnóstico con expertos científicos y biólogos. *INDIVISA. Boletín de Estudios de Investigación. Monografía VIII*. p p. 527-540.
- DIEZ de T., D., (2006). El concepto de gen y cromosoma, conocimiento estructurante de la Biología. Algunas aportaciones desde la investigación en enseñanza de las ciencias. *Revista de Investigación*, (59), pp.189-219.
- DIEZ, D., CABALLERO, C. y RODRÍGUEZ PALMERO, M. L. (2006). Los significados del concepto de gen en Biología y sus implicaciones para la enseñanza. Diagnóstico con expertos científicos y biólogos. *V Congreso Internacional de aprendizaje significativo*. Septiembre 2006. Madrid, España.
- DIEZ, D. y CABALLERO, C. (2004). Imágenes externas de gen y cromosoma en materiales instruccionales para la enseñanza de la Biología en el sistema educativo venezolano. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 4 (2), PP.74-86.
- DORI, Y. y REVITAL, M. (2003). Teaching Biotechnology through case studies can we improve higher order thinking skills of nonscience mayors. *Science Education*, 87, pp.767 – 793
- EDLIN, G. (1987). New Understanding Through a Genetics Cuourse. It affects students' views of hereditary disorders and evolution. *The American Biology Teachers*, 49 (3), pp.171 -174.
- EL-HANI, C. N. (2007). Between the cross and the sword: the crisis of the gene concept. *Genetics and Molecular Biology* (Brasil). 30 (2), pp. 297-307.
- EL-HANI, C. N. (2005). Controversies about the gene concept and its impact on the teaching of genetics. *Atas do V Encontro de Pesquisa em Educação em Ciências. ENPEC*, Brasil.
- EL-HANI, C. N.; QUEIROZ, J. y CLAUS, E. (2005). A Semiotic Analysis of the Genetic Information System. Brasil. Trabajo en prensa.
- EL HANI, C.N. (2002). Sistema triádico básico: Um referencial Teórico heurísticamente fértil para la enseñanza de biología. *Memorias del VIII Encontro "Perspectivas do Ensino de Biología*. Brazil.

-
- ERICKSON, J. (1983). Defining the Centromere. *The American Biology Teachers*, 45 (1), p.32.
- ERICKSON, F. (1986). *Qualitative methods in research on teaching*. In: Wittrock, M. C.(Ed.), *Handbook of research on teaching*.(3 rd. Ed.). New York: Macmillan Publishing Co. pp. 119- 161.
- ESPERBEN, M. T. y BIRABEN, S. (s/f). *Reflexiones en torno a la enseñanza de la Genética*. disponible: www.unesco.cl/reflexionesentornoenseñanzadegenetica. Consulta 2007 julio 22].
- EVANS, R. (1983). Using RNA Secuencing to classify Organism into Tree Primary Kingdoms. *The American Biology Teacher*, 45 (3) pp.151 – 155.
- FALK, R., (2000). The gene, A concept in Tension, in Beurton, P., Falk y Rheinberger, H-J. *The concept of gene in Development y Evolution*. Cambridge: University Press, pp. 317-348.
- FIGINI, E. y DE MICHELLI, A. (2005). La enseñanza de la Genética en el nivel medio y la Educación Polimodal: Contenidos conceptuales en las actividades de los libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, N° extra. VII Congreso, pp.1-5.
- FLANNERY, M. (2003). Never Assume: The lesson of ARN. *The American Biology Teacher*, 65 (3), 216-221.
- FLANNERY, M. (2001). Exploring Other Genomes: Bacteria. *The American Biology Teacher*, 63 (5), pp. 368-371.
- FRANCO, D. y DIEZ, D. (2007). Diseño de in material instruccional sobre Genoma dirigido a estudiantes de Educación Media Diversificada fundamentado en la Teoría de Aprendizaje Significativo de Ausubel. Tesis de licenciatura en Educación: Mención Biología. No publicada. Universidad Católica Andrés Bello, Caracas-Venezuela.
- GARCIA-CRUZ, M. (1998). De los obstáculos epistemológicos a los conceptos estructurantes: Una aproximación a la enseñanza aprendizaje de la Geología. *Enseñanza de las Ciencias*. 16 (2), 323-330.
- GOETZ, J. P. y LECOMPTE, M. D. (1988). *Etnografía y diseño cualitativo en investigación educativa: "Evaluación del diseño etnográfico"*. Madrid: Morata.
- GOWIN, D. B. (1981). *Educating*. N.Y.: Cornell University Press.
- GRIFFITHS, MILLER, SUZUKI, LEWONTIN, GELBART. (2004). *Genética*. España: McGraw Hill/ Interamericana.
- GRIFFITHS, SUZUKI, MILLER y LEWONTIN. (1995). *Genética*. España: McGraw Hill/ Interamericana.
- GUBA, E. (1991). The alternative paradigm dialogue. En Guba, E. (Ed.) *The paradigm dialogue* (pp.17-30) Sage.
- HADDOW, P. (1982). Human Genetics Education in the High School: A Pilot Program. *The American Biology Teacher*, 44 (2), pp.94-97.
- HARRISON, J. y SAMPSON, J.(1992). Enhancing understanding of recombinant AND technology. *Journal of Biological Education*, 26 (4).
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P.; BUGALLO RODRÍGUEZ, A. y DUSCHL, F. (2000a). Doing the lesson "or" doing science: Argument in high schools Genetics. *Science Education*. 84, 757-792.

-
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P.; BUGALLO RODRÍGUEZ, A. y DUSCHL, F. (2000b). La enseñanza de la Genética en la escuela secundaria. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, (2), 3.
- JOHNSON, S. y STEWART, J. (2002). Revising and assesing exploratory models in High School Genetics Class: A comparación of unsuccessful and Successful performance. *Science Education*. 86, pp. 463 – 480.
- JOUVE, N. (1995). Desarrollo de la Genética. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*. Octubre III (10), pp. 69-78.
- JOURNET, A. (1986). Population Genetics. *The American Biology Teacher*, 48 (8), pp. 478-482.
- KARP, G. (2005). *Biología Celular*. Mc Graw Hill.
- KELLER, E. (2005a). The century beyond the gene. *Journal BioScience*, 30, pp. 3-10.
- KELLER, E. (2005b). De la secuencia de los nucleótidos a la Biología de los sistemas. *Ciencias*. 77, pp.4-15
- KELLER, E. (2002). *The century of the gene*. Cambridge: Harward University Press.
- KINCHIN, I. (2005). Reading scientific papers for understanding: revisiting Watson and Crick (1953). *Journal Biological Education*, 39 (2). pp. 73 – 75.
- KINDFIELD, A. (1991). Confusing Chromosome number and structure: A common student error. *Journal Biological Education*, 25 (3), pp. 193- 201.
- KNIPPELS, M. A.; WAARLO, A. y BOERSMA, K. (2005). Design criteria for learning and teaching genetics. *Journal Biological Education*, 39 (3), p.108.
- KIRKPATRICK, G.; ORVIS, K. y PITTENDRIGH, B. (2002). A teaching model for biotechnology and genomics education. *Journal of Biological Education*, 37(1), pp. 31-35.
- KLUG, W.; CUMMINGS, M. y SPENCER, CH. (2006). *Conceptos de Genética*. Madrid: Prentice Hall Iberia.
- KLUG, W. y CUMMINGS, M. (2000). *Conceptos de Genética*. Madrid: Prentice Hall Iberia.
- KNIPPELS, M. A.; WAARLO, A. y BOERSMA, K. (2005). Design criteria for learning and teaching genetics. *Journal Biological Education*, 39 (3), p.108.
- LLANCAQUEO, N. (2006). El aprendizaje del concepto de campo en Física: Conceptualización, progresividad y dominio. Tesis Doctoral no publicada. Universidad de Burgos, España.
- LLANCAQUEO, N.; CABALLERO, C. y MOREIRA, M. A. (2003). El aprendizaje del concepto de campo en Física. Una investigación exploratoria a la luz de la Teoría de Vergnaud. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 25 (4), Dic, pp.399-717.
- LAZAROWITZ, R. y PENSO, S. (1992). High Schooll students` dificultéis in learning Biology Concepts. *Journal Biological Education*, 26 (3), pp.54-74.
- LEAL, E. (2004) Orientaciones para la Acción Reflexión y Sistematización. *Programa nacional de Formación de educadores*. Ministerio Popular para la Educación Superior. Misión Sucre. Caracas- Venezuela.
- LEAL, E. (2009). La Investigación Acción Participación, un aporte al conocimiento y a la transformación de Latinoamérica, en permanente movimiento. *Revista de Investigación*. N° 69. p12.
- LEY ORGANICA DE EDUCACION. (2009). *Republica de Venezuela Gaceta Oficial numero: 5929*. Extraordinario del 15 de Agosto de 2009. Caracas: Venezuela.

-
- LEWIS, J. y KATTMANN, U. (2004). Traits, genes, particles and information: re-visiting student's understanding of genetics. *International Journal of Science Education*, 26 (2), pp.195- 206.
- LEWIS, J., LEACH, J. y WOOD ROBINSON, C. (2000a). All in the Genes? Young peoples understanding of the Nature of Genes. *Journal of Biological Education*, 34 (2), pp.74-79.
- LEWIS, J., LEACH, J. y WOOD ROBINSON, C. (2000b). Whats in a Cell? Young peoples understanding of the Genetics relationship between cell within an individual. *Journal of Biological Education*, 34 (3), pp.129–132.
- LOCK, R. y MILES, C. (1993), Biotechnology and genetic engineering; Student's knowledge and attitudes. *Journal of Biological Education*, 27 (4), 267- 272.
- LONGDEN, B. (1982). Genetics – are there inherent learning difficulties?. *Journal of Biological Education*, 16 (2), pp.135 – 140.
- LONSBURY, J. y ELLIS, J. (2002). Science History as a means to teach Nature of Science Concepts: Using the Development of understanding related to Mechanisms of Inheritance. *Electronic Journal of Science Education*, 7 (2), pp. 88-102.
- LUCAS, A. (1986). Tendencias en la investigación sobre enseñanza / aprendizaje de la Biología. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (3), 189-198.
- MARBACH, AD. (2001). Attempting to break the code in student comprehension of genetics concepts. *Journal of Biological Education*, 35, 183 – 189.
- MARBACH, AD. y STAVI, G. (2000). Students cellular and molecular explanations of genetic phenomena. *Journal of Biological Education*, 34 (4), pp. 200- 205.
- MAREK, E. (1986). Understandings and mis-understandings of Biology Concepts. *The American Biology Teacher*, 48 (1), pp. 37- 46.
- MARTINEZ AZNAR, M. M. e IBAÑEZ ORCAJO, M. T. (2006). Resolver situaciones problemáticas en Genética para modificar actitudes relacionadas con la ciencia. *Enseñanza de las Ciencias*, 24 (2), pp.196 – 206.
- MARTINEZ-GARCÍA, C. y PENALBA MARTÍNEZ, M. CARMEN. (2006). Proceso de simbolización del concepto de potencia: análisis de libros de secundaria. *Enseñanza de las ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*. 24(2), pp.285-297.
- MARTÍNEZ-GRACIA, M. V., GIL QUÍLEZ, M. y OSADA, J. (2006). Analysis of molecular genetics content in Spanish secondary school textbooks. *Journal of Biological Education*, 40 (2), pp.53-59.
- MARTÍNEZ-GRACIA, M. V. y GIL QUÍLEZ, M. (2003). Genetic engineering: a matter that requires further refinement in Spanish secondary school textbooks. *International Journal Science Education*, 25 (9), pp.1147–1168.
- MARTINEZ, M. (2007). *La Investigación Cualitativa Etnográfica en Educación*. Trillas: Venezuela.
- MARTINS, I.(1999). *O livro didatico ensino de ciencias*. Atas do II Encontro Internacional de Pesquisa em Ensino de Ciências. Brasil.
- MCLNERNEY, J. (1989). Genetics and the quality of life. *The American Biology Teacher*, 51 (5), pp.264-268.
- MÉNDEZ CASTELLANOS, H. (1997). *Estratos de la población Venezolana*. Caracas: FUNDACREDESA.

-
- MERTENS, T. y POLK, N., (1980). A Comparison of Thirteen General Genetics Textbook. *The American Biology Teacher*, 42 (5), pp.274 – 279.
- MINISTERIO DE EDUCACIÓN (1996). *Programas de Biología para Educación Media Diversificada y Profesional*. Caracas, Venezuela.
- MORANGE, M. (2007). El gen un hito sin precedentes. *Research eu* (53) sept. Disponible:http://ec.europa.eu/research/research-eu/53/article_5332_es.html. Consulta 13 de Julio de 2008.
- MOREIRA, M. A. y MASINI, E. F. S. (2006). *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Centauro.
- MOREIRA, M. A. (2006). *A teoria da aprendizagem significativa e sua implementacao em sala de aula*. Brasilia: Universidade de Brasilia.p. 185.
- MOREIRA, M. A. (2005) *Aprendizaje significativo critico*. Porto Alegre Impresos Portao.Ltda. pp. 8-47.
- MOREIRA, M. A. (2003). *Aprendizaje significativo: Fundamentación Teórica y Estrategias Facilitadoras*. Porto Alegre: UFRGS.
- MOREIRA, M. A. (2000a). *Aprendizaje significativo: teoría y práctica*, Madrid: Visor.
- MOREIRA, M. A. (2000b). La teoría del aprendizaje significativo. *Actas del PIDECE*. Editores Moreira, M. A. y Caballero, C. UBU/UFRGS. pp. 31 – 53.
- MOREIRA, M. A. (2000c). *Investigación en enseñanza: aspectos metodológicos. I Escuela de Verano sobre investigación en enseñanza de las ciencias*. Universidad de Burgos, PP. 15 – 51. España.
- MOREIRA, M. A. (1999). *Teorias de aprendizagem*. São Paulo: E.P.U.
- MOREIRA, M. A. (1998). La investigación en educación en ciencias y la formación permanente del profesor de ciencias. Conferencia presentada en Congreso Iberoamericano de Educación en Ciencias Experimentales. La Serena, Chile.
- MOREIRA, M. A. (1997). Aprendizaje Significativo un concepto subyacente. En Moreira, M. A., Caballero, M. C. y Rodríguez, M. L. (orgs.). *Actas del Encuentro Internacional sobre el Aprendizaje Significativo*. Traducción de M^a Luz Rodríguez Palmero. pp. 19-44. Burgos, España.
- MOREIRA, M. A. y BUCHWEITZ, B. (1993). *Novas estratégias de ensino e aprendizagem*. 1. ed. Lisboa: Plátano Edições Técnicas.
- MOREIRA, M. A. y LANG Da SILVEIRA, F., (1993). *Instrumentos de Pesquisa em Ensino e aprendizagem: a entrevista clínica e a validacao de testes de papel e lápi.*, Porto Alegre: EDIPUCRS. P.101.
- MOREIRA, M. A. y BUCHWEITZ, B. (1987). *Mapas conceituais Instrumentos Didáticos de Avaliacao e de Analise de Curriculo*. Sao Paulo: Editora Moraes.
- MOSS, L. (2001). Deconstructing *the gene and reconstructing developmental systems*. In: Oyama, S.; Griffiths, P.E. y Gray (eds) R.D. *Cycles of Contingency: Developmental Systems and Evolutions*. Cambridge- MA. MIT press. pp. 85-97.
- MUDRY, N. y ANDRIOLI, M. (2005). Proyecto de investigación escolar: La genotoxicidad en los currículos del ciclo de enseñanza media y superior. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, (45), pp.55-60.
- MYSLIWIEC, T. (2003). The genetics Blues: Understanding Genetic Principles using a practical approach and historical perspectives. *The American Biology Teacher*, 65 (1), 41-46.

-
- NICHOLL, D. (1991). Modelling the flow of Genetic Information. *Journal of Biological Education*, 25 (3), pp. 95-104.
- NOVAK, J. D. (1992). *A Theory of Education*. Second Edition; Draft of Chapters 1-4. Department of Education Cornell University. Ithaca, N.Y
- NOVAK, J. D. (1981). *Uma teoria de educação* (trad. M. A. Moreira). São Paulo: Pioneira.
- NOVAK, J. D. y GOWIN, D. B. (1988). *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martinez Roca.
- O' SOULLIVAN, H. (1998). Use and design of genetic screening programmes-a study. *Journal of Biological Education*, 32 (2), pp. 97 – 100.
- OTERO, M.R. (1997). Imágenes mentales y explicaciones de los alumnos. *Atas do I Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*, (4) 2.
- PASHLEY, M. (1994). A Level students: Theirs problems with gene and allele. *Journal Biological Education*, 28 (2), pp.120 -126.
- PEARSON, H. (2006). Wat is a gen. *Nature*, 44 (25), pp. 206 209.
- PINO, I. (2003). La utilización de mapas de conceptos como técnica para identificar atributos de conceptos de ADN y gen aprendidos por los estudiantes de 9 grado de Educación Básica. *Revista de Investigación* (53), pp.71-90.
- PINO, I. M. (2001). Representación, mediante mapas de conceptos supervisados, de la adquisición progresiva de los conceptos de gen y ADN. Proyecto de trabajo de grado, UCV, Maestría en Psicología de la Instrucción, no publicado. Caracas, Venezuela.
- PITOMBO, ALMEIDA y EL-HANI. (2008). El concepto de gen en Educación Superior en los libros de Biología de Celular y Molecular. En prensa.
- PORLAN ARIZA, R.; RIVERO GARCIA, A. y MARTIN DEL POZO, R. (1997). “Conocimiento profesional y epistemología de los profesores: teoría, métodos e instrumentos”, *Enseñanza de las ciencias* 15 (2): 155-157.
- PORRAS, F. y PUIGCERVERG, M. (1998). Una propuesta de cambio conceptual referida a algunos aspectos de Genética. *Investigación e Innovación en Enseñanza de las Ciencias*. Vol. II (Coord.) Banet y Pro. Lérida, España.
- POZO, J. I. y GÓMEZ, C. (1998). *Aprender a enseñar ciencias. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Morata.
- PUJOL, R. (2003). Análisis del contenido, las ilustraciones y las actividades propuestas en la unidad referente a la estructura de la materia de los libros de química para el noveno grado de educación Básica. Trabajo de ascenso no publicado. Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Instituto Pedagógico de Caracas.
- PURSER, C. (1987). Karyotype Success Rate Increases whith Stylized Chomosomes. *The American Biology Teacher*, 49 (6), pp.360- 363.
- RAMÍREZ, J. L. (2006). *Breve historia de la Genética*. Caracas: IDEA.
- RAMOS, E. y PRIETO. (1996). Actividades e Ideas de los alumnos sobre la manipulación Genética de los alimentos, *XVII Encuentros de Didácticas de las Ciencias experimentales*. La Rábida, España.
- RIVAS, M Y DONOVAN, P. (2001). *El diagnóstico participativo*. Ecuador: Quito. Ediciones Abya-Yala
- RODFORD, A. y BIRD, J. (1982). Teaching Genetics in Scholl's. *Journal of Biological Education*, 16 (3), pp.177-180.

-
- RODRIGUEZ, O. (2005). *Genómica su enseñanza, su divulgación*. http://www.cienciasaplicadas.buap.mx/convocatoria/memorias_2005/057.pdf Consulta en línea Junio 2009.
- RODRÍGUEZ-PALMERO, M. L. (2008). *La Teoría del aprendizaje significativo en la perspectiva de la Psicología Cognitiva*. Edit. Octoedro. Edición electrónica. España.
- RODRÍGUEZ-PALMERO, M. L. (2004). La Teoría del aprendizaje significativo. Ponencia presentada en la First International Conference on Concept. Mapping. Pamplona, 14-17 de septiembre, En Cañas, A.J.; Novak, J.D. y Gonzalez, F. M. (eds). *Concept Maps: Theory, Methodology, Technology*. Dirección de publicaciones de la Universidad Pública de Navarra, pp. 535-544.
- RODRÍGUEZ-PALMERO, M. L. y MOREIRA, M. A. (2002). Una aproximación cognitiva al aprendizaje del concepto de célula. Un estudio de caso. *I Encuentro Iberoamericano sobre investigación básica en educación en Ciencias*. Burgos 18 a 21 de Sep. 45-55.
- ROTBAIN, MARBACH- AD y STAVY. (2006). Effect of Bead and illustrations Models on High School. Student's Achievements in Molecular Genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 43 (5), pp.500-529.
- RUSSELL, G. y MILLER, M. (1996). Practical DNA technology in school-3: mapping and methylation. *Journal of Biological Education*, 30 (4).
- SADDLER, T. y ZEIDDLER, D. (2005a). Applying genetics Knowledge to genetic engineering issues. *Science Education*, 89, pp.71- 93.
- SADDLER, T. y ZEIDDLER, D. (2005b). The significance of content knowledge for informal reasoning regarding socio-scientific issues: Applying Genetics Knowledge to Genetic engineering diseases. *Research in Science Teaching*, 43 (5), pp.500-529.
- SAN VALERO, A. C. (1995). El proyecto Genoma Humano, sus implicaciones sociales y la Biología de bachillerato. *Alambique: Enseñanza de las ciencias experimentales*, Enero II (3) pp. 109-115.
- SANTOS, S. y BIZZO, N. (2005). From new Genetics to everyday knowledge ideas about know Genetic diseases are transmitted in two large Brazilian Family. *Science Education*, 89, pp.564-576.
- SCRIBANO, A. O. (2008). *Proceso de investigación social cualitativo*. Prometeo: Argentina.
- SIGÜENZA, M. y FRANCISCO, A. (2000). Formación de modelos mentales en la resolución de problemas de Genética. *Enseñanza de las ciencias*, 18 (3), pp. 439-450.
- SLACK, S. y STEWART, J. (1989). Improving student problem solving in genetics. *Journal of Biological Education*, 23 (4), pp.308-312.
- SOLOMÓN, E. P., VILLÉ, C. A. y DAVIS, P. W. (2004). *Biología*. México: Interamericana.
- SOLOMÓN, E. P., VILLÉ, C. A. y DAVIS, P. W. (2001). *Biología*. México: Interamericana.
- SOLOMÓN, E. P., VILLÉ, C. A. y DAVIS, P. W. (1990). *Biología*. México: Interamericana.
- SOTO, J. (2005). Understanding the human Genome project: Using stations to provide a comprehensive overview. *The American Biology Teacher*. 67, p. 475.

-
- SOUTHERLAND, ABRAMS, CUMMINS y ANSELMO. (2001). Tópicos de Biología, Dificultades de aprendizaje. *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*. (4) 2.
- STEIN, M. (2007). El gen versión 2007. *Revista del espacio europeo de la investigación*. Disponible: http://ec.europa.eu/research/researcheu/53/article_5332_es.html#readmoretopic2 [Julio 2008].
- STEWART, J. (1982). Difficulties experienced by High School Students When Learning Basic Mendelian Genetics. *The American Biology Teacher*, 44 (2), pp. 80-84.
- STOTZ, K.; GRIFFITHS, P. y KNIGHT, R. (2004). How biologists conceptualize genes: an empirical study. *Stud. Hist. Phil. Biol. & Biomed. Sci.* (35), pp. 647-673.
- STUART, A. (1990). Symbols for alleles controlling the Human ABO blood groups. *Journal of Biological Education*, 24 (1), pp. 1-10.
- TAYLOR, P. (2008). Higher Education Curricula for Human and Social Development. En: GUNI (2008). Higher Education: New Challenges and Emerging Roles for Human and Social Development. *Higher Education in the World* (3). GUNI Series on the Social Commitment of Universities. Palgrave Macmillan.
- TARAS, L.; STAVROULAKIS, A. y ORTIZ, M. (1999). Human Cloning. *The American Biology Teacher*, 61(5). pp. 341- 344.
- TERRAZAN, E. (1997). Analogías e Metáforas. O estado da arte em ensino da ciências. *Atas I Encontro do pesquisas em ensino de Ciências*. Brasil.
- TINEO, A. (2005). Conceptos de gen en diferentes campos de la Biología, Material mimeo, Caracas, Venezuela.
- THOMSON, R. (1989). Recombinant DNA Made easy II. Gene, Gene, Who's got the Gene? *The American Biology Teacher*, 51 (4), pp. 227-231.
- TOLEDO, M. y CAMERO, R. E. (2005). Resultados preliminares de aplicación de Simulación-Juego (modificada): Sintetiza la Proteína. *Revista de Investigación*, 59, pp. 55-75.
- TOLMAN, R. (1982). Difficulties in Genetic problem solving. *The American Biology Teacher*, 44 (9), pp. 525-527.
- TSUI, CH. y TREAGUST, D. (2006). Understanding Genetics: Analysis of Secondary Conceptual Studies. *Journal Research in Science Teaching*, 0 (0), pp.1-31.
- TSUI, CH., y TREAGUST, D. (2003). Learning genetics with computer dragons. *The American Biology Teacher*, 37 (2), pp.96-98.
- TSAI, CH. y HUANG, CH. (2002). Exploring student's cognitive structures in learning science: a review of relevant methods. *Journal of Biological Education*, 36 (4). pp.163-169.
- TURNER, M.; PARADISE, N. y JOHNSON, M. (1998). Simulating a research environment in an undergraduate genetics laboratory. *Journal of Biological Education*, 32 (2), pp. 92-95.
- VALADE DEL RÍO, E. (1999). La Genética en los libros de texto. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Abril-Junio, VI (20), pp. 85-90.
- UPEL (1996). *Currículo de Educación Superior*. Edit. Fedeupel. Caracas- Venezuela.
- VELASCO, J. (2008). Historia de la ciencia y enfoque historiográfico en libros de Ciencias Biológicas de Educación Básica y Educación Media Diversificada Profesional en Venezuela. *Revista de Investigación*, 64, pp.63-84.
- VALLES, (1999). *Técnicas cualitativas de investigación social*. Madrid: Síntesis.

-
- VENVILLE, G., GRIBBLE, S. y DONOVAN, J. (2005). Learning an exploration of young children's understanding of genetics concepts from ontological and epistemological perspective. *Science Education*, 89 (4), pp.614-633.
- VENVILLE, G. y TREAGUST, D. (1998). Exploring Conceptual Change in Genetics using a multidimensional interpretative framework. *Journal of Research in Science Teaching*, 35 (9), pp. 1031-1055.
- WADSWORTH, Y. (1998). *What is Participatory Action Research? Action research international*. Southern Cross University Press
- WATSON; BAKER; BELL; GANN; LEVINE y LOSIK. (2005). *Biología Molecular de Gen*. 5ta Edición, Madrid: Panamericana.
- WEFER, S. (2003). Name the gene. A authentic Classroom activity incorporating Bioinformatics. *The American Biology Teacher*, 65 (8), pp. 610-613.
- WOOD ROBINSON, C.; LEWIS, J. y LEACH, J. (2000). Young people's understanding of the nature of genetic information in the cells of an organism. *Journal of Biological Education*, 35 (1), pp.29-36.
- WRAY; FOX, HUETHER y SCHURDACK. (2001). Biotechnology for non- biology Majors. *The American Biology Teacher*, 63 (5), 363-367.
- 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), 116-184.
- ZARANTE, M. I. (s/f). *Historia del Genoma*. Disponible:
http://www.javeriana.edu.co/Genetica/ClasesWebPPT/Historia%20de%20la%20Genetica_archivos/frame.htm. Consulta Junio 2

ANEXOS

ANEXO 1

EL CONCEPTO DE GEN EN LA HISTORIA DE LA BIOLOGÍA

La síntesis que se ofrece a continuación incluye algunos eventos siguiendo como hilo conductor elementos cronológicos, los científicos involucrados y aspectos que permiten identificar los diversos significados del concepto de gen, los cuales se desarrollaron principalmente en el campo de la Genética y de la Biología Molecular.

Síntesis de algunos hitos de la historia de la Biología, seleccionados por la autora, que evidencian el desarrollo del significado del concepto de gen.

AÑO	Algunos sucesos, conocimientos y científicos involucrados
1842	Karl Wilhelm Von Nägeli trabajó en la identificación de los cromosomas, sus estudios contribuyeron a profundizar en conocimiento de la herencia biológica y de las leyes que la rigen.
1866	Gregorio Mendel publica su trabajo sobre las Leyes de la Herencia en <i>Proceedings of the Natural History Society of Brunn</i> . Aún cuando no hizo referencia al concepto de gen, el significado de “factores hereditarios” puede ser considerado como fundamento del significado del concepto de gen dado en el campo de la Genética.
1868	Los primeros trabajos que llevan a identificar la presencia del ADN en el núcleo celular y al que denomina <i>nucleína</i> , fueron realizados por Friedrich Miescher, lo que permite el inicio del estudio de las moléculas asociadas con el significado del concepto de gen en el campo de la Bioquímica.
1885	Heinrich Wilhelm Gottfried Waldeyer postula por primera vez el término cromosoma, en sus trabajos al colorear estructuras celulares vivas. Con lo que se da al concepto de gen un significado de estructura física localizados en los cromosomas.
1900	Hugo De Vries, Carl Correns y Eric Von Tschermak redescubren el trabajo de Gregorio Mendel respecto a la herencia de caracteres.
1901-1910	Hugo De Vries publica sus trabajos sobre la Teoría de las Mutaciones, en la que considera a las mutaciones y a los períodos de mutación como procesos involucrados en la formación de las especies; se definen especie y variedad biológica, conceptos asociados a cambios en los genes (mutación) que se transmiten entre generaciones en organismos de la misma especie, conocimiento que ha sido determinante para el estudio de la herencia y la biodiversidad.

AÑO	Algunos sucesos, conocimientos y científicos involucrados
1906	Wilhelm L. Johannsen introduce el término gen, para referirse al genotipo, es decir, la carga genética de un individuo.
1910	Albrecht Kossel hace contribuciones en el desciframiento de la química de los ácidos nucleicos y las proteínas. Thomas Hunt Morgan demuestra que los genes residen en los cromosomas.
1913	Alfred Henry Sturtevant y Thomas Hunt Morgan construyen el primer mapa genético de un cromosoma, para lo cual trabajaron con <i>Drosophila melanogaster</i> como organismo modelo.
1914	Robert Feulgen, describe un método de tinción que permite desvelar, la presencia de ADN en los cromosomas de células eucariotas.
1928	Frederick Griffith postula la existencia de un factor de <i>transformación</i> , el ADN, al trabajar con gérmenes causantes de la neumonía.
1941	Edward Lawrie Tatum y George Wells Beadle demuestran que los genes codifican proteínas; dándose inicio al denominado Dogma Central de la Genética.
1944	Oswald Avery trabajó para identificar la sustancia que suponía era el factor de <i>transformación</i> . Junto a Colin MacLeod y Maclyn McCarty señalan al ADN como el <i>principio transformante</i> que hacía que los neumococos R se transformaran en S.
1950	Maurice Wilkins plantea la presencia de ácidos nucleicos a partir de la difracción de la molécula de ADN, al mismo tiempo que Rosalind Franklin interpreta los patrones de difracción usando rayos X. Ambos trabajos aportan para plantear el modelo de la estructura de doble hélice, para referirse a la estructura secundaria del ADN. Erwin Chargaff plantea que las proporciones de cada nucleótido siguen algunas reglas (por ejemplo, que la cantidad de adenina (A), tiende a ser igual a la cantidad de timina (T)). Bárbara McClintock plantea por primera vez la presencia de genes: transposones en el maíz.
1950-1952	Alfred Hershey y Marta Chase usan virus para confirmar que el ADN es el material genético.
1953	James Watson y Francis Crick proponen el modelo de doble hélice como estructura secundaria de la molécula del ácido desoxirribonucleico (ADN).
1955	Severo Ochoa publica junto a Marianne Grunberg Manago en <i>Journal of the American Chemical Society</i> el aislamiento de la enzima polinucleotido fosforilasa, posteriormente llamada ARN polimerasa, que cataliza la síntesis de ARN.

AÑO	Algunos sucesos, conocimientos y científicos involucrados
1956	Arthur Kornberg y Severo Ochoa de manera independiente sintetizan, por primera vez, la enzima ADN polimerasa.
1955-1958	Frederic Sanger determinó la secuencia de los aminoácidos de la insulina demostrando que las proteínas tienen estructuras específicas.
1956	Albert Levan y Joe Hin Tjio determinan el número total de cromosomas que están presentes en las células de humanos.
1958	Jerome Lajeune, M. Gautier y R. Turpin, plantean por primera vez la trisomía del par 21 de humanos como causa del síndrome de Down. Meselson y Stahl demuestran que la replicación del ADN es semiconservativa.
1959-1960	El grupo de Severo Ochoa, en paralelo, con el grupo de Marshall Nirenberg descifra la clave genética o código genético, cuando, a partir del descubrimiento de la enzima poli nucleótido fosforilasa, se preparan poli nucleótidos sintéticos de distinta composición de bases. Ello inicia los trabajos para la determinación del código genético, mediante la síntesis de un ARN sintético.
1961	Francois Jacob, Jacques Monod y colaboradores postulan la existencia del ARN; sus estudios permitieron establecer el modelo genético del operón que permite comprender cómo tiene lugar la regulación de la expresión genética en bacterias.
1964	Howard Temin demuestra, empleando virus de ARN, algunas excepciones al denominado dogma central de la Biología.
1968	Marshall Nirenberg, Robert William Holley y Har Gobind Khorana; demostraron que ciertas combinaciones, entre tres de las cuatro bases nitrogenadas que forman los nucleótidos del ADN, se corresponden con aminoácidos específicos.
1970	Phillips Sharp comienza sus investigaciones sobre la estructura de los genes, trabajo que conduce posteriormente a plantear la existencia de intrones.
1973	Stanley Cohen y Herbert Boyer producen el primer organismo recombinando partes de su ADN, en lo que se considera el comienzo de la Ingeniería Genética.
1974	Roger Kornberg publica la existencia de nucleosomas, estructura básica donde se empaqueta el ADN nuclear de las células eucariotas, y encontró que el nucleosoma contiene ADN (aproximadamente 200 pares de bases) enrollado en un octámero de histonas.
1977	Fred Sanger, Walter Gilbert y Allan Maxam, de manera independientemente, secuencian por primera vez un ADN. Allam Maxam y Walter Gilbert plantean la secuenciación del ADN

AÑO	Algunos sucesos, conocimientos y científicos involucrados
	<p>por el método químico y Sanger, Nicklen y Coulson plantean un método enzimático.</p> <p>El laboratorio de Sanger completa la secuencia del genoma del bacteriófago Φ-X174.</p> <p>Susan Berget, Philip Sharp y Richard Roberts presentaron simultáneamente pruebas de secuencias nucleotídicas que no se expresan (intrones) en la secuencia de aminoácidos de las proteínas que codifican, mientras que las que se expresan se les denominó exones.</p>
1978	<p>Se publica la primera secuenciación de un genoma, la del virus del simio 40 (SV40) con 5.226 nucleótidos en la revista <i>Science</i>.</p> <p>Daniel Nathans y Hamilton Smith conjuntamente con Werner Arber plantean el uso de enzimas de restricción para cortar el ADN en lugares específicos.</p>
1975-1979	<p>Phillip Sharp y Richard Roberts, aislaron los primeros genes y señalaron independientemente que los pre-mARNs son procesados por la escisión de secuencias internas. Sus trabajos permiten la comprensión de los denominados <i>splicing</i> o proceso de edición en la transcripción de la información del ADN al ARN.</p>
1981	<p>Tres grupos de científicos por separado identifican genes cancerígenos a los que llaman oncogenes</p>
1982	<p>Paul Berg plantea la fabricación del primer fármaco basado en la tecnología de ADN-recombinante.</p>
1983-1985	<p>Kary Banks Mullis postula, la reacción en cadena de la polimerasa, que posibilita la amplificación del ADN, o reacción en cadena del ADN polimerasa.</p>
1988	<p>Se crea la <i>Human Genome Organization</i> (HUGO), organización que llevará a cabo investigaciones para descifrar el Genoma Humano.</p>
1989	<p>Francis Collins y Lap-Chee Tsui secuencian por primera vez un gen humano. El gen codifica la proteína CFTR, cuyo defecto causa fibrosis quística.</p>
1990	<p>El Departamento de Energía y los Institutos de la Salud de los Estados Unidos fundan el Proyecto Genoma Humano.</p>
1993	<p>Phillip Sharp y Richard Roberts, de manera independiente, aportan conocimientos sobre la estructura de los genes; ambos lograron, por separado, señalar que los genes pueden aparecer en el material genético en varios segmentos bien diferenciados.</p>
1993	<p>Phillips Sharp plantea la presencia de intrones, fragmentos de ADN que no tienen que ver con la información genética.</p>

AÑO	Algunos sucesos, conocimientos y científicos involucrados
	Pudieron describir que la información depositada en un gen no está dispuesta de forma continua, sino fraccionada.
1995	Se logra el primer Genoma completo secuenciado de un organismo de vida libre <i>Haemophilus Influenzae</i> .
1996	Se da a conocer, por primera vez, la secuencia completa de un eucariota: la levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .
1997	Wilmot, I; Schnieke, A. E.; Mewhir, J; Kind, A. J y Campbell KHS, publican en Nature el trabajo: <i>Viable offspring derived from fetal and adult mammalian cells</i> , donde se refiere la clonación de Dolly.
1998	Se da a conocer, la secuencia completa de un eucariota pluricelular, el nematodo <i>Caenorhabditis elegans</i> .
1999	Se logra la secuenciación completa del cromosoma 22, del Genoma Humano.
2000	Se publica el genoma completo de <i>Drosophila melanogaster</i> (13.600 genes) de parte del consorcio público y la compañía Celera Genomics.
2001	El Proyecto Genoma Humano y la empresa Celera Genomics publican, simultáneamente, la decodificación del Genoma humano en Nature y Science, respectivamente.
2003	Culmina el denominado Proyecto Genoma al completarse con éxito la secuencia del Genoma Humano que condujo a la secuenciación del 99% del mismo y con una precisión del 99,99%.
2004	Se publica el catálogo Human Full-length Complementary-DNA Annotation Invitational Database con aproximadamente el 75% de los genes que se cree posee el Genoma Humano. Además de la obtención, por partenogénesis, de un ratón con el ADN del ovulo de dos hembras.
2005	Científicos de la Universidad de Harvard en los Estados Unidos, unen una célula de la piel con una célula troncal embrionaria, avance que podría derivar en la creación de células troncales útiles sin tener que crear o destruir embriones humanos.
2006	Roger Kornberg presenta un complejo proteico adicional llamado mediador (un co-activador), que se encarga de transmitir señales reguladoras de expresión de genes a la maquinaria de la ARN polimerasa. Describe el proceso de transcripción llevado a cabo por la ARN polimerasa II, además de dilucidar la estructura tridimensional de la ARN polimerasa, usando para ello el método de cristalografía de rayos X. De igual manera, propone un modelo

AÑO	Algunos sucesos, conocimientos y científicos involucrados
	<p>sobre el funcionamiento de la transcripción a nivel molecular.</p> <p>Roger Kornberg y Patrick Cramer plantean un modelo acerca de la estructura de las proteínas.</p> <p>Andrew Fire y Craig plantean un modelo para la interferencia del ARN (ARNi) que sirve para facilitar a los genetistas silenciar cualquier gen en particular y así analizar su función en el organismo.</p>
2007	<p>El grupo ENCODE publica resultados que cuestionan gran parte de los conocimientos acerca del papel de los genes no codificantes en los sistemas vivientes, en <i>Genome Research</i>. Los resultados representan una dimensión nueva para la Biología Molecular que señala a los ARN celulares con otras implicaciones, además de las ya asignadas, de esta manera al ARN mensajero, al ARN de transferencia y al ARN ribosómico se suman ARNs no codificantes en la regulación de la transcripción y en otras funciones aún desconocidas. Las recientes investigaciones, de la era post-genómica se señala la importancia de revisar los planteamientos previos de la existencia de segmentos del ADN denominados genes “chatarra” o genes sin sentido.</p>
2008	<p>Científicos del Centro Médico Universitario de Leyde, en Holanda, anuncian haber logrado descifrar la primera secuencia completa del genoma de una mujer.</p>
2009	<p>Estudios sobre la estructura y función de los ribosomas, al aplicar cristalografía de rayos X, conceden a <u>Venkatraman Ramakrishnan</u> del MRC Laboratory of Molecular Biology, Cambridge, Reino Unido; a <u>Thomas A. Steitz</u> de la Universidad de Yale, New Haven, CT, EE.UU. y a <u>Ada E. Yonath</u> del Instituto de Ciencia Weizmann, Rehovot, Israel, el premio Nobel conjunto de Química 2009, referidos a cómo está constituido este organelo celular lo que ayuda a comprender su papel en el desciframiento de la información genética contenida en ADN y ARN.</p>

ANEXO 2

Cuestionario y Guión de la entrevista. Instrumentos utilizados en el estudio con docentes de educación Básica y educación Media.

Para determinar la fiabilidad del instrumento empleado para identificar significados del concepto de gen y otros aspectos entre los profesores de educación Básica y Media del grupo de estudio se utilizó el Alfa de Cronbach. Este es un método referido al índice de consistencia interna que toma valores entre 0 y 1 y que sirve para comprobar si el instrumento que se está evaluando recopila información defectuosa y por tanto nos llevaría a conclusiones equivocadas, o si se trata de un instrumento fiable que hace mediciones estables y consistentes. Alfa de Cronbach es por tanto un coeficiente de correlación al cuadrado que, a grandes rasgos, mide la homogeneidad de las preguntas promediando todas las correlaciones entre todos los ítems para ver que, efectivamente, se parecen. Su interpretación será que, cuanto más se acerque el índice al extremo 1, mejor es la fiabilidad, considerando una fiabilidad respetable a partir de 0,80.

Fiabilidad del Instrumento. Cuestionario y guión de la entrevista.

El cálculo del coeficiente Alfa de Cronbach se realizó con el software SPSS versión 12. La ejecución de la evaluación de *fiabilidad* al cuestionario y de preguntas del guión de la entrevista sobre la *consistencia* reportó un alfa de Cronbach de 0,740 para un grupo de expertos. Al aplicarlo al grupo de docentes, el alfa resultó de 0,68. Estas evaluaciones permitieron realizar un nuevo ajuste al cuestionario, que quedó finalmente éste quedó conformada por 18 ítems distribuidos en cuatro dimensiones (Significados de gen; Valoración de dicho conocimiento para la vida; Importancia del concepto de gen en la Biología; Aspectos Didácticos)

La versión final se sometió a los participantes del estudio, estudiantes de Maestría. A continuación se muestran los resultados obtenidos.

Dimensión	ítems	Alfa de Cronbach
		Grupo de estudio
D1	7	0,96
D2	2	0,82
D3	6	0,77
D4	3	0,56
Global	18	0,77

Lo que indica un coeficiente significativo.

El Cuestionario quedó finalmente configurado en dos partes, según se señala

- 1.- La primera con preguntas abiertas referidas al concepto de gen, contenidos asociados, valoración de este conocimiento e importancia como conocimiento de la Biología.
- 2.- La segunda parte referida a aspectos didácticos con ítems acerca del tipo de representación externa que usan y otros aspectos relacionados con la enseñanza. La estructura y aspectos a evaluar se presentan en el cuadro 11., página 119 del informe.

La entrevista individual, conducida a través de un guión de preguntas semiestructuradas se caracterizó por ítems comunes para todos los participantes y aspectos específicos establecidos a partir de las respuestas dadas en el cuestionario, con la finalidad de profundizar sobre significados del concepto de gen y en los aspectos didácticos. La sesión de la entrevista individual fue grabada en audio para su análisis.



Datos de Identificación del participante

Nombre: _____ Apellidos: _____

Instituto Educativo donde Labora: _____

Nivel Educativo con el cual trabaja: _____

Formación Inicial de Pregrado: _____

Nombre de la Maestría que cursa: _____

Instrucciones.

Lea los planteamientos que se presentan en cada una de las partes del presente cuestionario y responda en el espacio indicado

PRIMERA PARTE.

Significados del concepto de gen

1. ¿Qué significado tiene para usted el término gen?
2. ¿Qué son los genes?
3. ¿Con qué procesos biológicos asocia al término gen?
4. Represente gráficamente el concepto de gen (Dibujo, esquema u otra forma de representación externa).
5. Señale los contenidos a los cuales está asociado el concepto de gen.
6. Elabore un mapa de conceptos acerca del gen, como conocimiento biológico.

7. ¿Qué tipos de genes conoce?

Valoración de dicho conocimiento para la vida.

8. ¿Qué importancia tiene para usted conocer acerca del concepto de gen?.

9. ¿En qué situaciones o aspectos de su vida personal este conocimiento ha sido importante para usted?

Importancia del concepto de gen en la Biología

10. ¿Con qué áreas de la Biología relaciona el concepto de gen?.

11. ¿Con qué aspectos biotecnológicos relaciona al concepto de gen?

12. ¿Qué implicaciones sociales tiene el conocimiento acerca de los genes?.

13. ¿Qué aspectos éticos están relacionados con el conocimiento acerca de los genes?

14. ¿Qué aplicaciones en el área de la salud tiene el conocimiento acerca de los genes?

15. ¿En qué nuevas áreas de la Biología, este conocimiento es determinante?

SEGUNDA PARTE

Aspectos Didácticos

16. ¿Qué tipo de representación utiliza para la enseñanza del concepto de gen con sus estudiantes?

17. ¿Qué secuencia considera usted adecuada para la enseñanza de este concepto biológico?

18. ¿Qué tipo de estrategias considera usted más apropiada para la enseñanza del concepto de gen entre estudiantes de educación Básica y Media?

Guión para conducir la entrevista individual

Datos de Identificación del participante

Nombre: _____ Apellidos: _____

PARTE I (aspectos comunes)

Significados del concepto de gen

¿Qué significado tiene para usted el término gen?

¿Con qué procesos biológicos asocia usted a los genes?

* Explique la representación gráfica que usted elaboró acerca del concepto de gen.

¿Qué importancia tiene para usted conocer acerca del concepto de gen?

*Explique el mapa de conceptos acerca del gen, como conocimiento biológico. Que usted elaboró

Valoración de este conocimiento para la vida

*¿En qué situaciones o aspectos de su vida personal este conocimiento de la Biología ha sido importante?

Importancia del concepto de gen en la Biología

*Señale razones por las cuales usted considera importante este conocimiento en el campo de la Biología.¹

¹ * Ítems considerados en el número total de ítems del instrumento.

PARTE II. Didácticos (aspectos comunes)

¿Qué tipo de representación utiliza para la enseñanza del concepto de gen con sus estudiantes?

¿Qué tipo de estrategias considera usted más apropiada para la enseñanza del concepto de gen entre estudiantes de educación básica y media?

Los aspectos diferenciales se formularon en consideración de las respuestas de cada participante a los aspectos considerados en el cuestionario y que a juicio de la investigadora requerían mayor indagación.

ANEXO 3

I.- Ejemplos de Situaciones utilizadas y procedimiento utilizado para favorecer la interacción, considerar el aprendizaje a partir del error.

En este momento del curso (GG) los estudiantes trabajan cruces de genética según el programa. Se plantearon tres situaciones para considerarlas de manera individual por parte de cada uno de los estudiantes y una cuarta situación trabajada en parejas. Las respuestas se transcriben a continuación

Los nombres de los estudiantes fueron sustituidos por seudónimos.

Situación. Código de estudiante- seudónimo	Situación 5	Situación 6	Situación 7	Puntaje
	En ratones puede presentarse la cola atrofiada o normal dependiendo de un gen si asumimos C' como simbología para cola atrofiada y C para normal ¿Qué tipo de herencia manifiesta este gen?, considerando que del cruce entre un ratón hembra de cola atrofiada y un ratón macho heterocigoto resulta: 50% machos con cola atrofiada, un 25% hembras con cola atrofiada y 25% hembras con cola normal. Respuesta considerada correcta Es un tipo de herencia influenciada por el sexo y el gen que causa la cola atrofiada es dominante para machos y recesivo para hembras	Si ocurre un quiasma entre dos genes en estudio en el 80% de las tétradas, cual es el % de recombinación esperado La respuesta considerada correcta es %de recombinación =1/2 (%de tétradas) = 40%	A partir de los siguientes datos construya el mapa genético,% de recombinantes considerando el cruce ala corta x tarsos espinosos =40%, considerando el cruce ala corta x tibias gruesas = 17% y entre tibias gruesas x tarsos espinosos = 25 % La respuesta considerada correcta es $\begin{array}{ccc} 17\text{um} & & 25 \text{um} \\ \text{ac} & \text{tg} & \text{tc} \\ & 40 \% = & 42\text{um} \end{array}$	C: 2 M: 1 Inc o NR: 0 Observaciones
E1 Carmen	(0) <i>Se refiere a un caso de herencia ligada al sexo específicamente en el cromosoma X</i>	(2) $\frac{1}{2} \cdot 80 = 40 \%$	(2) $\text{ac} \times \text{te} = 40\%$ $\text{ac} \times \text{tg} = 17\%$ $\text{tg} \times \text{te} = 25\%$ $\begin{array}{ccc} 17\text{um} & & 25 \text{um} \\ \text{ac} & \text{tg} & \text{tc} \\ & 40 \% = & 42\text{um} \end{array}$	Total 4/6

Situación. Código de estudiante- seudónimo	Situación 5	Situación 6	Situación 7	Puntaje
(2) Mayerlin	(0) Es un caso de herencia ligada al sexo específicamente al X	(0) $\frac{1}{2} \cdot 40 = 20\%$	NR	Total 0 / 6
(3) Karelys	(2) Es un caso de herencia influenciada por el sexo, No da ninguna explicación de cómo llegar a ello	(0) ABab x CDcd = 100%	(0) ACAC x TeTe	Total 2/6
(4) Yelly	(2) <i>Aparentemente se podría pensar que es una herencia ligada al sexo, pero al indicar que el macho es heterocigoto, es decir que posee ambos alelos del gen lleva a concluir que es Herencia Influenciada por el sexo que es dominante en el macho (c') pero se comporta como recesivo en la hembra requiriendo una doble carga C'C' para poder expresarse.</i>	(2) % r = $\frac{1}{2}$ % tétradas = 80. $1\% \cdot 2 = 40\%$	(2) ala corta = c Tarso espinoso C = 40% Ala corta = c tarso grueso t = 17% Tibia gruesa = t, tarso espinoso C = 25% $\frac{17\text{um} \quad 25\text{um}}{c \quad t \quad C}$ 40 % = 42um	Total: 6/6 puntos
(5) José	(0) Se refiere a un caso de herencia ligada al sexo ya que el 50% de los machos tienen la cola atrofiada como la madre	(0) $\frac{80}{100} = 0,8$	(0) $\frac{17 \cdot 25 \cdot 40}{100}$	Total 0 / 6
(6) Yorby	*	*	*	*
(7) Héctor	(0) Esta ligado tanto al cromosoma X como al Y ya que cuando la mutación está en el cromosoma Y todos los hijos son enfermos	(0) 20% Lo explica como obtuvo este valor	NR	Total 0 / 6
(8) Maribel	(0) Se refiere a herencia ligada al Y, si fuese al X las proporciones obtenidas serían inversas 50% ala atrofiada, 25% macho normal y 25% macho ala atrofiada	(0) No explica solo presenta el siguiente resultado numérico = 0,8%	(2) $\frac{a \cdot \dots \cdot b \quad c}{17 \quad 25}$ <hr/> 42	Total = 2 / 6
(9) Gregoria	(0) Parece estar ligado al sexo debido a que se observa la expresión tanto en	(2) % de recombinación = $\frac{1}{2} 80\% = 40\%$	(0) $r = \frac{\text{distancia entre locis}}{1000}$	Total 2/6

Situación. Código de estudiante- seudónimo	Situación 5	Situación 6	Situación 7	Puntaje
	hembras como en machos, Además, no se si al realizare el cruce no se observa herencia ligada al sexo, el gen recesivo se observa en la mujer y no en el macho			
(10) Yanet	(0)Es herencia ligada al sexo	(2) % tétradas= $\frac{2}{2}$ (%) recombinación) = $\frac{\% \text{ de tétradas}}{2}$ $= \frac{80\%}{2} = 40\%$	(2) acte= 40% actg _17% tgte _25 % $\frac{17um}{ac} \quad \frac{25 um}{tc}$ 40 % = 42um	Total 4 /6
(11) Franklin	(2) es un tipo de herencia influenciada por el sexo, para este caso los alelos correspondiente para una función en específico dan un cambio por su expresión de acuerdo con el sexo,, para uno dominante y para el otro rexesivo.	(2) $r=1/2$ (80%)= 40%	(0) <u>17 . 25 . 40</u>	Total 4/6
(12) Karent	(2) Es un gen autosómico Y se manifiesta una herencia influenciada por el sexo ya que se muestra dominante en el macho y recesivo en la hembra, por lo tanto requiere de la presencia de los dos alelos recesivos para que la hembra manifieste el carácter, mientras que el macho solo requiere de un alelo	(2) $R= \frac{1}{2} . 80 = 40$	<ul style="list-style-type: none"> (1) A=alicorta. B=tarso espinoso. C= Tibia gruesa $\frac{B \quad 25 \quad C \quad 17 \quad A}{40}$	Total 5 / 6
(13) Angy	(0) Se refiere aun caso de herencia ligada al sexo X y al Y, ya que se puede observar mayor	(2) % $r= \frac{1}{2}$ (%tétradas) $\%r= \frac{1}{2}.80\%= 40\%$	(2)acte= 40% actg _17% tgte _25 % <u>17um</u> <u>25 um</u>	Total= 4 / 6

Situación. Código de estudiante- seudónimo	Situación 5	Situación 6	Situación 7	Puntaje
	<i>proporción de machos con la cola atrofiada, lo que implica que depende de cual de los padres lleve el alelo dominante</i>		ac tg tc 40 % = 42um	
(14) Verónica	(0) manifiesta un tipo de herencia ligada al sexo en X porque el fenotipo afectado se presenta en mayores proporciones en machos	(2) % de recombinación = $\frac{1}{2} 80\% = 40\%$	(1) acte= 40% actg_17% tgte_25 % $\frac{17um}{ac} \quad \frac{25 um}{tg} \quad tc$ 40	Total= 3/6
(15) Freddy	(0) P1 XCX x XC'Y. G XC YC' F1 XC'XC', XCY	(2) % de recombinación = $\frac{1}{2} 80\% = 40\%$	(2) $\frac{17}{\quad} \quad \frac{25}{\quad}$ <u>42</u>	Total=4/6 .
(17) Oswaldo	(0) El tipo de herencia es presumiblemente ligada al sexo (x) ya que hay mas casos de machos que de hembras	(2) En cada tétrada solo dos son las que recombinan. %r=1/2 (% de quiasmas) $\frac{1}{2} . 80 = 40$	(2) Ac TG TE_ 17.....25 40_	Total 4 /6
(18) Katuska	(0) Herencia ligada al sexo X y al Y, debido a que el Y tiene muy poca zona aparente y tomando en cuenta los resultados donde los varones son los mas afectados, pero sin embargo hay hembras con esa anomalía por ser ella portadora de los cromosomas X	(2) 40% de recombinación. Respuesta sin explicación o razonamiento	(0) TE= 40% TG=17% TE.TG = 25 % R= $\frac{dist}{100}$ $\frac{40-17}{100} = 0,23$	Total= 2/6
(19) Milay	(0) Estamos frente a un cruce de herencia ligada al sexo (X) donde se encuentran genes con poligenia lo que hace que tenga muchas funciones.	(2) % de recombinación = $\frac{1}{2} 80\% = 40\%$	(0) P= 42 + 15' 25 =82 $\frac{X}{82} \quad \frac{Z}{\quad}$	Total 2 /6
(20) Aury	(0) Herencia ligada a la región X; aparente, ya que se observa una mayor % de machos	(2) % recom= $\frac{1}{2} . 80 = 40\%$	(2) $\frac{17um}{ac} \quad \frac{25 um}{tg} \quad tc$ 40 % = 42um	Total = 4 / 6

Situación. Código de estudiante- seudónimo	Situación 5	Situación 6	Situación 7	Puntaje
(21) <i>Mixaida</i>	*	*	*	*
(22) <i>Lorena</i>	(0) Es un caso de herencia influenciada por el sexo	(0) % r= $80/100 = 0,8$	(0) $\frac{17}{25} = 0,68$ 40	Total 0 / 6
(23) <i>Jesús</i>	*	*	*	*
(24) <i>Yeisy</i>	*	*	*	*
(25) <i>Maryolis</i>	*	*	*	*
(26) <i>Karem</i>	*	*	*	*
(27) <i>Daysi M</i>	*	*	*	*
(28) <i>Myleidy</i>	*	*	*	*
(29) <i>Esteban</i>	*	*	*	*
(30) <i>Minda</i>	*	*	*	*

***Estudiantes ausentes en la sesión.**

La siguiente situación fue trabajada en parejas, luego se discutieron los aportes en el grupo completo. En primer término se transcriben las respuestas de ambos estudiantes. Posteriormente se llevo a cabo una entrevista grupal. Las intervenciones fueron grabadas y la transcripción aparece en los espacios asignados a de cada uno.

Situación 8

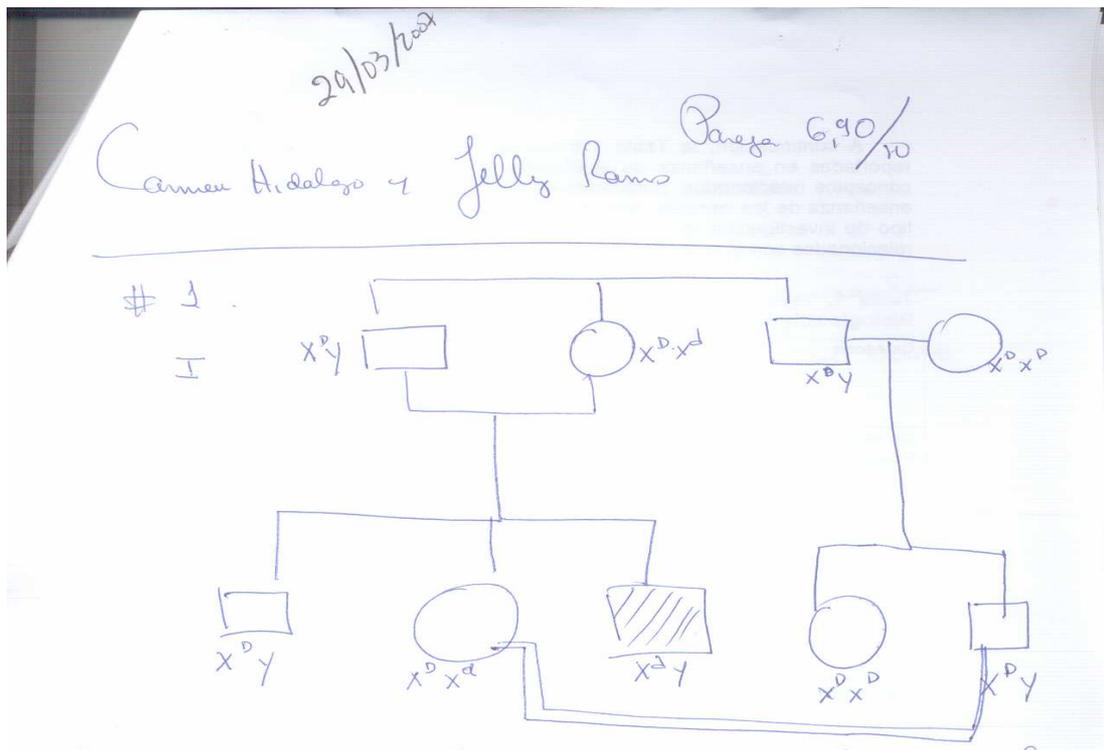
Un gen recesivo ligado al sexo (d) produce una rara enfermedad en los humanos conocida como distrofia muscular. Una pareja normal (fenotípicamente) tiene tres hijos: Un varón normal, una hembra normal y un varón con distrofia muscular.

Un tío materno normal se casa con una mujer normal y tienen dos hijos: Una hembra y un varón ambos normales, a partir de este planteamiento:

- Elabore el árbol genealógico que involucre a los individuos señalados.
- Señale en el árbol el genotipo de cada individuo.
- El hermano sano del varón con distrofia muscular siente temor en tener hijos que puedan sufrir tal enfermedad. ¿Qué le dirían al respecto?
- Si la hermana del varón con distrofia se casara con el primo sano ¿Qué probabilidad tendría de tener un hijo con distrofia? ¿Qué probabilidad tendría de tener un hijo portador y de que sexo? Demuéstrelo mediante un cruce hipotético.

ESTUDIANTES: *Carmen y Nelly*

Árbol Genealógico. Representaron los genotipos para cada individuo, por lo que en el diagrama se da respuesta a las preguntas **a y b (2)**



(2) c) Como ya se dijo es una enfermedad muy rara y se encuentra ligada al sexo, específicamente en el cromosoma X, por ello debería desechar sus temores ya que el posee un cromosoma X con el rasgo dominante (normal), solamente si se llegara a casar con una mujer portadora $XDXd$ podría albergar algún temor respecto a alguno de sus hijos varones.

Carmen : Yo conozco un caso así. Y realmente es una probabilidad muy baja.

d) Si la hermana del varón con distrofia se casara con el primo sano ¿Qué probabilidad tendría de tener un hijo con distrofia?

¿Qué probabilidad tendría de tener un hijo portador y de que sexo? Demuéstrelo mediante un cruce hipotético.

Respuesta (2) El matrimonio consanguíneo entre dos primos donde **Ella es portadora** y fenotípicamente normal es decir es $XDXd$ y se casa con el **primo sano XDY**

P : $XD Xd$	X	$XD Y$
genotipo		
G : $\frac{1}{2} XD$ $\frac{1}{2} Xd$		$\frac{1}{2} XD$ $\frac{1}{2} Y$

F1 $XDXD$, XDY , $XdXD$ XdY

Porcentajes de fenotipo:

$\frac{1}{4}$ mujer normal $XDXD$

$\frac{1}{4}$ mujer normal $XdXD$ portadora

$\frac{1}{4}$ hombre normal XDY

$\frac{1}{4}$ hombre con distrofia XdY

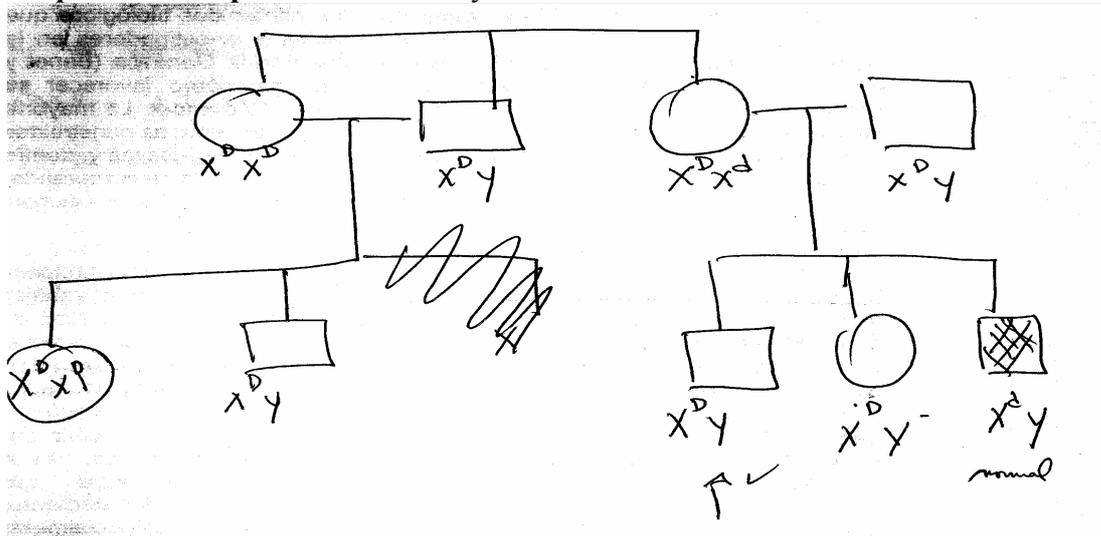
Solamente si la mujer es portadora del gen de la distrofia tendría un 25% de probabilidad de tener hijos varones con la enfermedad

Y un 25% de tener una mujer sana pero portadora de la enfermedad

Maribel y Freddy a y b = (0)

Árbol genealógico elaborado por ambos

Respuestas a los planteamientos a y b

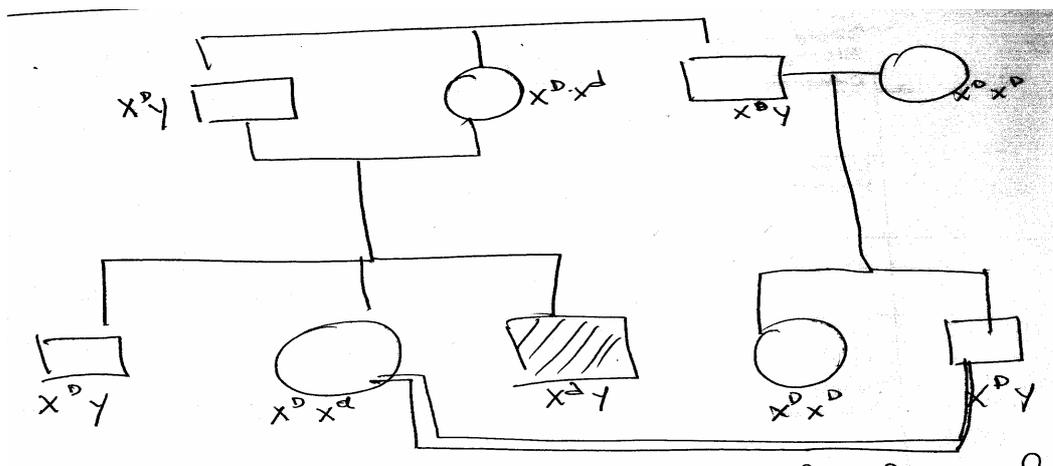


Entrevistador: En el árbol genealógico de ustedes ¿Están seguros que son los genotipos posibles? para resolver la situación.

Maribel: *Creo que tenemos un error pues los hijos son tres, dos varones y una hembra pero escribimos los genotipos de tres varones ...*

*Debería ser : XDY varón normal
 XdY varón con la distrofia
 XDXd mujer portadora (allí esta mal empleada la simbología)*

Freddy: *reelabora el árbol genealógico*



Respuesta al planteamiento c

Maribel: *Le diríamos que la enfermedad se ubica en el cromosoma Y y que siendo varón tiene un cromosoma Y, es decir tiene un 50% de posibilidades de **no** tener la enfermedad, Como el es normal (es decir sin la enfermedad) quiere decir que su cromosoma X no tiene el gen **dominante** para la enfermedad.*

La distrofia muscular es una enfermedad poco frecuente por lo que tener una pareja que coincida como portadora de la enfermedad es muy poco probable, aunque existe.. Las probabilidades son pocas.

Entrevistador: ¿Están de acuerdo, son pocas las probabilidades?

Carmen:

Las probabilidades de fenotipos y genotipos serían:

1/4 mujer normal XDXD

1/4 mujer normal XdXD portadora

1/4 hombre normal XDY

1/4 hombre con distrofia XdY

Si la mujer portadora del gen de la distrofia se casa con un hombre normal tendría 1/4 o un 25% de probabilidad de tener hijos varones con la enfermedad

Freddy responde al d, de la siguiente manera

d) (2) Si la hermana del varón con distrofia se casara con el primo sano ¿Qué probabilidad tendría de tener un hijo con distrofia?

¿Qué probabilidad tendría de tener un hijo portador y de que sexo? Demuéstrelo mediante un cruce hipotético.

Cruce hipotético: XDXd x XDY
Mujer portadora primo sano

Entrevistador: Consideran que éste sería el cruce hipotético, con estos genotipo.

Freddy: *Claro ella es normal pero portadora: XDXd (el gen normal D que es normal es el dominante, por eso no tiene la enfermedad) el gen se escribe con d pues es recesivo ligado al sexo*

Y el es normal también XDY

Por lo que las posibilidades de tener un hijo con distrofia sería

Gametos : 1/2 XD , 1/2 Xd para ella y G para él : 1/2 XD , 1/2 Y

F1 : 1/4 XDXD (mujer normal)

1/4 XDY (hombre normal)

1/4 XdXD (mujer normal portadora del gen)

1/4 XdY (hombre con la enfermedad)

Solo si la persona es portadora tendría un 25% de posibilidades de tener hijos varones con la enfermedad.

Entrevistador ¿Hay algún árbol genealógico que difiera de los dos anteriores?

KARELYS Y YANET intervienen

Karelys: *Nuestro árbol genealógico coincide con el que Carmen y Nelly plantearon*

Ahora en cuanto al planteamiento C nosotras escribimos lo siguiente:

Karelys Lee la respuesta que ambas habían acordado

- *Si el hermano (que es sano) del varón con distrofia muscular se casa con una mujer normal (homocigótica dominante DD) no hay ninguna posibilidad de tener hijos con la enfermedad ya que los gametos de la madre y del padre con estos genotipos llevan los alelos para expresar un fenotipo normal-*
- *Por otro lado si se llega a casar con una mujer portadora de la enfermedad tendría Dd como genotipo. Con $\frac{1}{2}$ de probabilidad o 50% de que sus hijos varones expresen el fenotipo enfermo ya que la madre al ser heterocigoto podría aportar tanto el alelo normal (D) como el recesivo (d) y al ser hombres homocigotos expresan el fenotipo del alelo que les cedió su madre.*
- *Si se casa con una mujer enferma homocigótica recesiva todos sus hijos varones serán enfermos ya que la madre aporta en cada gameto X los alelos para la enfermedad. Estos han de expresar entonces el fenotipo porque este tipo de herencia con solo presentarse en el cromosoma X un alelo ya sea para normal o para la enfermedad el individuo que sea varón va a mostrar un fenotipo para ese otro alelo.*

...."La distrofia muscular es una enfermedad que se expresa como homocigoto recesivo, de allí la baja frecuencia de encontrarla entre los individuos.. Es muy difícil su ocurrencia y que un individuo sano llegue a casarse con una mujer portadora es mas difícil y aun con menor frecuencia se encuentra que se case con una mujer enferma...."

Yanet:

En cuanto a la pregunta d, Si la hermana es heterocigoto (Dd) al casarse con su primo sano tienen un 25% o $\frac{1}{4}$ de probabilidades de tener un hijo varón con distrofia muscular.

Seguidamente pasó a la pizarra y escribió: *El cruce hipotético es:*

P	<i>XDXd</i>	<i>x</i>	<i>XDY</i>
G:	<i>p1/2 Xd, 1/2 Xd.....</i>		<i>1/2XD, 1/2 Y</i>
F1 :	<i>DXDX; XDY; XdXD; XdY</i>		
Fenotipos	<i>1/4 Mujer normal</i>		
	<i>1/4 Mujer portadora</i>		

$\frac{1}{4}$ Hombre normal
 $\frac{1}{4}$ Hombre con la enfermedad

Entrevistador: ¿Hay alguna interpretación adicional entre los que aún no se han expresado?

Katuska y Angy señalan lo siguiente:

Angy: Para el árbol genealógico y los literales (a, b, c) que forman parte del planteamiento coinciden nuestras respuestas-. Pero quisiéramos leer lo que nosotras escribimos y que pensamos nuestra explicación hace mas completa la respuesta de esta parte de la pregunta:

Luego lee el texto de la situación : Si se casa con una mujer portadora, existe un 75% de posibilidades de tener hijos normales y un 25% de tener hijos varones que presenten la enfermedad.

Si se casa con una mujer enferma todos los hijos varones tendrán la enfermedad., mientras que todas las hembras serán portadoras.

Esto se debe a que aunque los cromosomas X y Y se aparean en la meiosis , el cromosoma X tiene muchos genes que no tienen representación alélica en el Y por lo tanto si la hembra es homocigótica recesiva el genotipo se expresará directamente en los machos.

d) Si la hermana del varón con distrofia se casara con el primo sano ¿Qué probabilidad tendría de tener un hijo con distrofia?
 ¿Qué probabilidad tendría de tener un hijo portador y de que sexo? Demuéstrelo mediante un cruce hipotético.

NO RESPONDEN A LA PREFUNTA DE MANERA ESCRITA

Van directamente al cruce:

$P1$ $XDXd$ \times XDy

Ambos son fenotípicamente normales,

G: $\frac{1}{2} XD; \frac{1}{2} Xd$ $\frac{1}{2} XD, \frac{1}{2} Y$

F1 $XDXD ; XDY; XDXd ; XdY.$

Fenotipos; $\frac{1}{2}$ Sanos $XDXD$ y XDY

$\frac{1}{4}$ Portadora $XDXd$

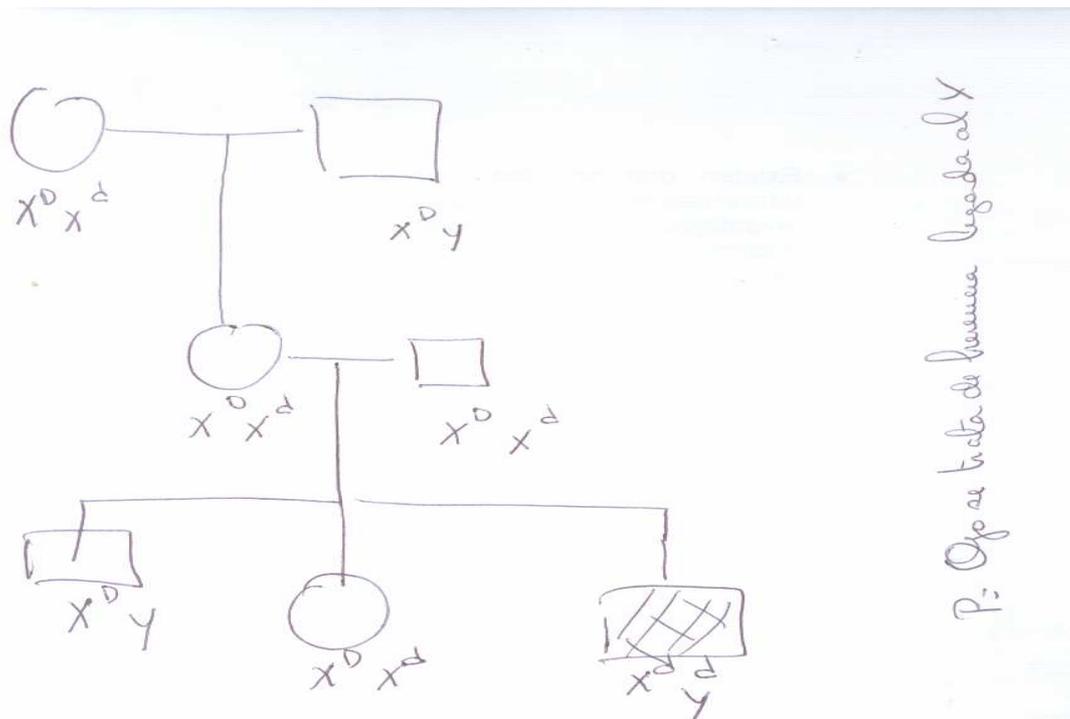
$\frac{1}{4}$ Enfermos XdY

Como se observa existe $\frac{1}{2}$ de probabilidad de hijos sanos, $\frac{1}{4}$ de hija portadora; $\frac{1}{4}$ de hijos enfermos. Ello se traduce en 50% de sanos, 25 % de portadoras y 25 % de hijos enfermos.

Entrevistador: ¿Hay otra posibilidad de respuesta?

Ante ello Aury, Verónica y Gregoria responden

Nosotras planteamos de esta manera el árbol genealógico



Entrevistador ¿Podrían decir como ustedes llegaron a esta posibilidad de genotipo para el hijo varón enfermo?

Aury:... Bueno pensamos que la única manera de que se expresara en un varón la enfermedad es que en ambos gametos, en el X y en el Y existiera el alelo recesivo (dd). Como se puede observar en nuestra representación del pedigrí, el fenotipo anormal no se presenta en todas las generaciones, de allí que el individuo enfermo tiene un genotipo X^dY^d .

Entrevistador: entonces, se trata de un caso de herencia ligada al sexo, pero al cromosoma Y en lugar del cromosoma X

Verónica:

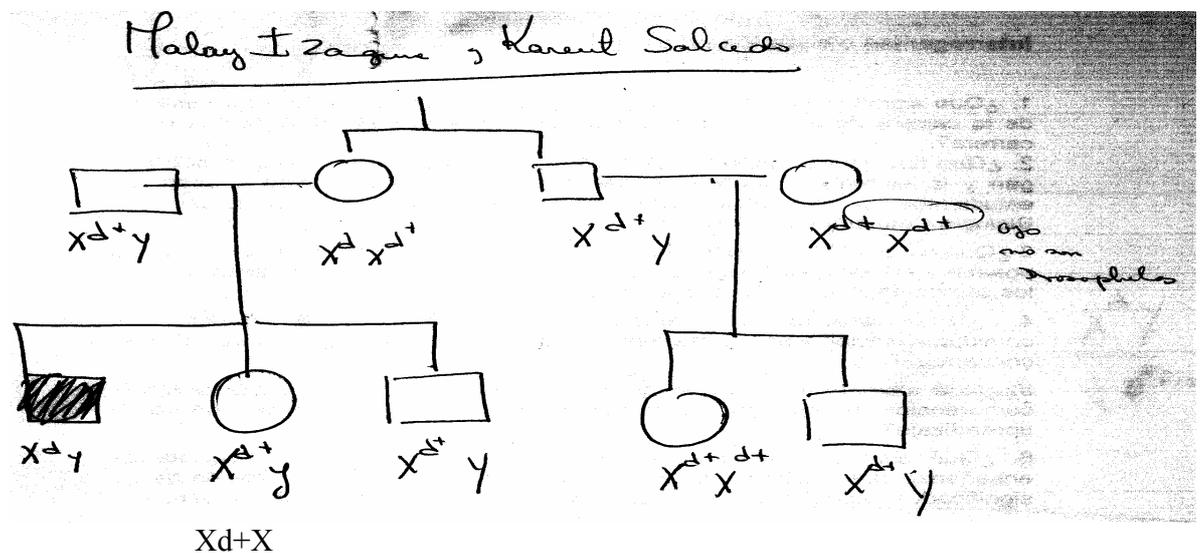
Si de allí que al varón con distrofia le diremos que la probabilidad

Entrevistador Creo que la respuesta a esta situación no había sido planteada o si??

Gregoria, creo que no la verdad es que interpretamos de manera errada el planteamiento, ahora entiendo

Entrevistador Plantea: ¿Que otro grupo desea presentar su interpretación de la situación y los genotipos en el árbol genealógico?

Karent y Milay, pasan al pizarrón y elaboran el árbol genealógico que ellas trabajaron en pareja.



Karent Nosotros partimos de dos posibilidades

Ira un hombre normal con una mujer portadora tendrían tres hijos

- (1) Un varón normal = $Xd+Yy$
- (2) Un varón con la enfermedad XdY
- (3) Una mujer $Xd+X$

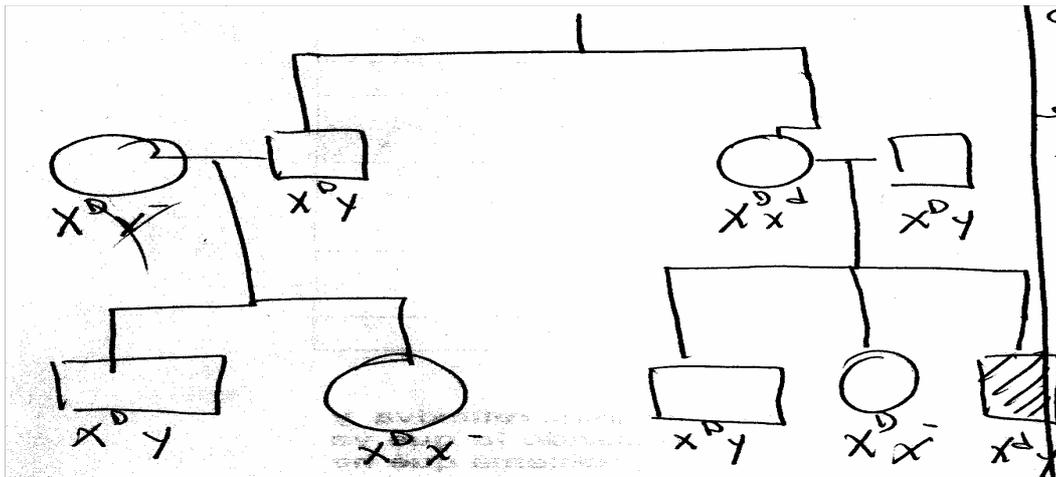
Pero también pudimos partir de Un hombre normal con una mujer normal, en esta posibilidad todos los hijos serían normales, de allí que no hicimos para este caso el cruce hipotético.

Milay: en el primer caso, en el lado izquierdo del árbol están representados sus genotipos

Con relación al planteamiento c

c) El hermano sano ($Xd+Y$) del varón con distrofia muscular siente temor en tener hijos que puedan sufrir tal enfermedad. ¿Qué le dirían al respecto?.

Le diríamos que No hay probabilidad de tener un hijo enfermo si se casa con una mujer sana o sin antecedentes familiares para esta extraña enfermedad ya que el no



Leyeron sus respuestas a los distintos planteamientos:

Respuesta al planteamiento c

Le diríamos al hermano varón del enfermo de distrofia muscular que por ser homocigoto y portar solamente un par de cromosomas sexuales diferentes el hecho de que sea normal se debe a que en ninguno de sus cromosomas tiene el alelo para la enfermedad y por lo tanto no tiene que preocuparse, además, siendo esta una rara enfermedad la posibilidad de que se case con una mujer portadora es realmente difícil. Sin embargo le recomendaría que debido a sus antecedentes, le solicite a su posible mujer averiguar en su familia la posibilidad de algún caso con dicha enfermedad. Ya que de existir alguna posibilidad en su familia y ser ella portadora de la enfermedad lo cual podría causar entre sus hijos que se porte la enfermedad o hasta llegar a sufrirla.

El cruce hipotético para esta explicación sería:

$$\begin{array}{rcl}
 XDY & \times & XdXD \\
 \text{G: } \frac{1}{2} XD ; \frac{1}{2} Y & & \frac{1}{2} Xd ; \frac{1}{2} XD \\
 \text{F1 : } \frac{1}{4} XDXd ; \frac{1}{4} XDXD ; \frac{1}{4} XdY ; \frac{1}{4} XDY & &
 \end{array}$$

Fenotípicamente sus hijos podrían ser :

- 25% mujer normal portadora,
- 25% mujer normal
- 25% hombre enfermo
- 25% hombre sano

Respuesta al planteamiento d.

Si la hermana del varón con distrofia se casara con un primo sano

¿Qué probabilidad tendría de tener un hijo con distrofia?

¿Qué probabilidad tendría de tener un hijo portador y de que sexo?

Demuéstrelo mediante un cruce hipotético.

Si la madre es portadora o sea su genotipo es XDX , La probabilidad de que tenga un hijo con la enfermedad es del 25% y hay la posibilidad en un 25% de tener una Hija portadora

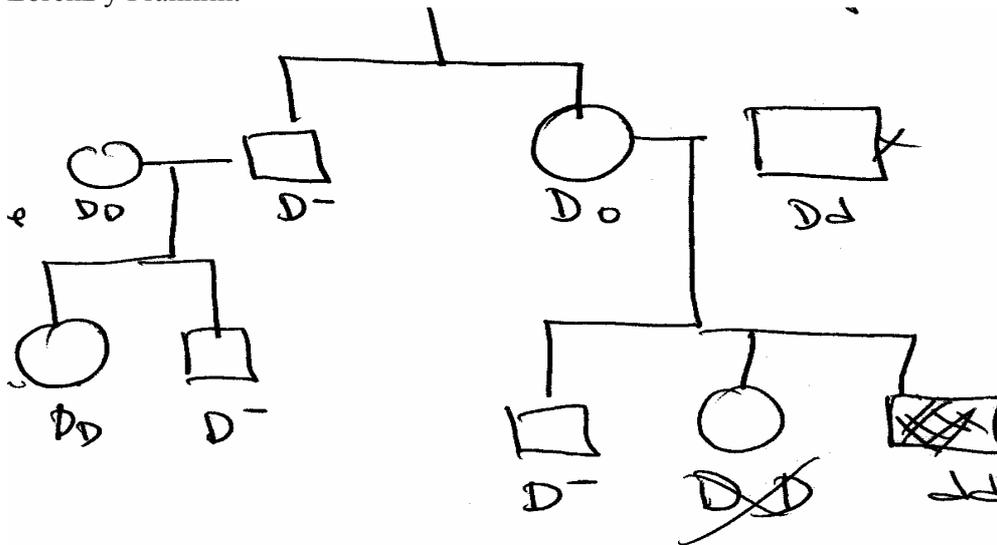
Ahora hemos considerado que: como el cruce donde la hembra puede tener un descendiente enfermo es donde esta sea heterocigota, entonces la probabilidad de que tenga un hijo con la enfermedad es $P = 1/2 \times 1/4 = 1/8$

Entrevistador: Podrías explicar de donde surge esta probabilidad

La probabilidad de tener un hijo portador (1/8) resulta de que la hembra sea heterocigota o heterocigoto por la probabilidad de tener un hijo portador, el cual tiene que ser hembra ya que en el caso de la herencia ligada al sexo, la hembra es homocigota por lo que si pueden estar presentes alelos dominantes y recesivos en una célula.

Entrevistador: Alguna pareja elaboró el árbol genealógico de manera diferente

Lorenz y Franklin:

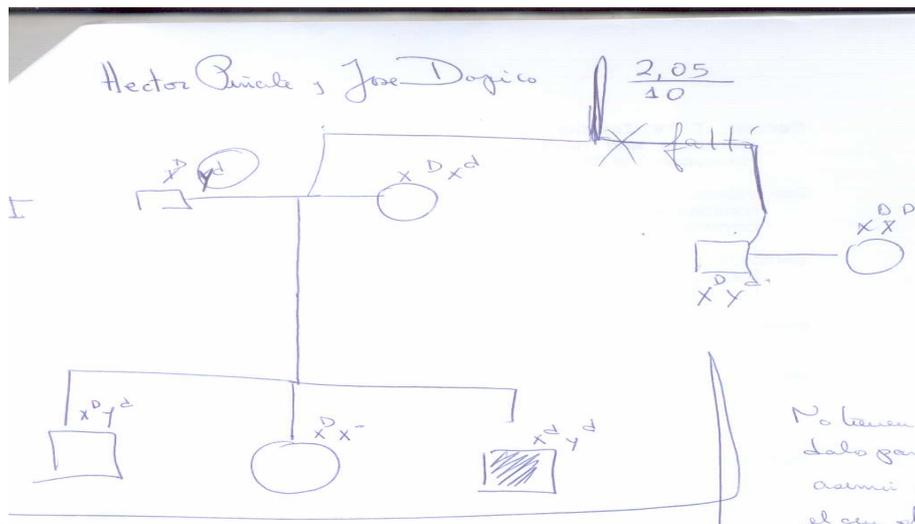


Franklin : *Nosotros elaboramos el árbol considerando otros símbolos.*

Entrevistador: ¿Cómo explicarían ustedes los genotipos que señalaron en el árbol genealógico que elaboraron?

*Lorenz: No planteamos el cruce como un caso de herencia ligada al sexo, lo hicimos sin señalar el sexo de cada individuo y veo que allí esta **nuestro error**, a pesar de que el planteamiento lo refería, no lo consideramos. Lo tratamos como un cruce autónomo. Por esa no respondimos los planteamientos c y d.*

Jose y Hector, intervienen



Héctor... Nosotros tuvimos en el árbol una distribución diferente, además pensamos que los alelos de la enfermedad estaban ligados a los cromosomas X y Y

Al responder el planteamiento c, escribimos:

Diremos al hermano sano del varón con la enfermedad que si se casa con una mujer sana dominante homociga existe un: 50% de probabilidad de tener hijos portadores (varones) y un 50% de probabilidad de ser hembras.

Si se casa con una mujer portadora tendrá un 25% de probabilidades de que sus hijos varones sean enfermos; un 50% de probabilidades de que sean portadoras considerando mujeres y hombres y un 26% de mujeres sanas.

Para el planteamiento d señalamos. Para que tenga un hijo varón con distrofia muscular la mujer debe ser portadora de la enfermedad

SITUACIONES	Estudiante Código 10 Yanet	Estudiante Código 11 Franklin	Estudiante Código 12 Karent	Estudiante Código 14 Verónica	Estudiante Código 13 Angy
1 Ante la siguiente afirmación: “ El material Genético en células eucariotas esta altamente compactado”, como ocurre ésta organización y cuál es la función o sentido biológico del mismo.	(1) Plantea al Cromosoma como el máximo nivel de condensación del material genético, Falta como se estabilizan los nucleosomas. No relaciona la compactación con organización en duplicación y transcripción, solo con la meiosis.	- No responde	(1) No Diferencia con propiedad cromatina, cromátidas y cromosomas. Explica términos pero no funciones, por ejemplo bucles- SAR. Faltan pasos. La ilustración es buena pero faltan pasos.	(1)No explica a profundidad el proceso de compactación ADN- cromatina- cromátida- cromosomas, aunque describe estos niveles	(2)Describe nucleosomas, Error común asocia ADN con nucleótidos. Describe: Nivel de cromatina, 2do nivel ADN + Histonas, tercer nivel Nucleosomas, 4to Selenoides y super selenoides, 5 to nivel cromosoma.
2 Estructura del conjunto de politenos presentes en núcleos de células de glándulas salivares de <i>Drosophila melanogaster</i>	(1) En el politeno no identifica los cromosomas, ni el sentido de las bandas. Describe 6 brazos y dibuja 5.	(0)Es muy superficial la respuesta y en los dibujos no identifica partes.	(2) Describe correctamente los 4 pares de cromosomas de <i>Dm</i> y el dibujo es aceptable.	(1) No explica el proceso de formación de politenos, solo los describe	(1)Buen dibujo, aunque no identifica o señala puffs sin embargo no evidencia comprensión del por que ocurre y en que células.
3 Evidencias a favor del ADN como material genético en algunos virus	0 N R	(0) Señala al ADN como el material genético de algunos virus, es poco claro	(2)Dibujo de experimentos de Hershey y Chase como demostración del ADN como material genético de virus T2 que infecta <i>E coli</i> Usando P32 y S35. La profa. le indica que los virus marcados se usaron para infectar a <i>E coli</i>	(0) Demuestra desconocer el ciclo de vida de los virus. Considera que el material genético de virus es ADN	(1) Presenta las evidencias de los trabajos de Avery, MacLeod y M Carty, Errado para Virus. Luego señala 1954 los trabajos con <i>E. coli</i> , de Chace y Herchy
4. Fases y procesos relevantes que diferencian meiosis de mitosis	0 NR	(0)No señala las diferencias entre las fases y entre ambos procesos	(1)Mitosis y Meiosis explica correctamente los pasos a nivel macro, al señalar las fases Profase y Metafase, falto anafase	(1) Dificultad en señalar diferencias entre mitosis y meiosis solo hace alusión a Metafase y anafase I	(0)Confunde secuencia de hechos y términos entre Mitosis y meiosis. No ubica los procesos en sus fases. Y los dibujos no los explica
Puntaje Total	2 / 8	0/ 8	6 / 8	4/8	4/8

ANEXO 4

Evidencias FOTOGRAFICAS

1. Sesiones de trabajo con los docentes de educación Básica y Media.



Foto 1 y Foto 2. Sesiones de trabajo durante el proceso de indagación acerca de significados del concepto de gen entre docentes de Básica y Media.



Foto 3. Consideración de aspectos didácticos en la organización de la enseñanza, por los docentes de Biología de educación Media y Básica participantes del estudio.

2.- Intervención didáctica con estudiantes fuera del aula



Foto 4 y Foto 5. Actividad desarrollada con los estudiantes para considerar resultados de las pruebas y ejercicios. Aprendizaje a partir del error



Foto 6 Foto 7. Revisión de las pruebas de conocimiento aplicadas por las docentes de BC y GG, trabajo en parejas y tríos dentro del aula.

3. Momentos de la intervención didáctica con los estudiantes en el aula

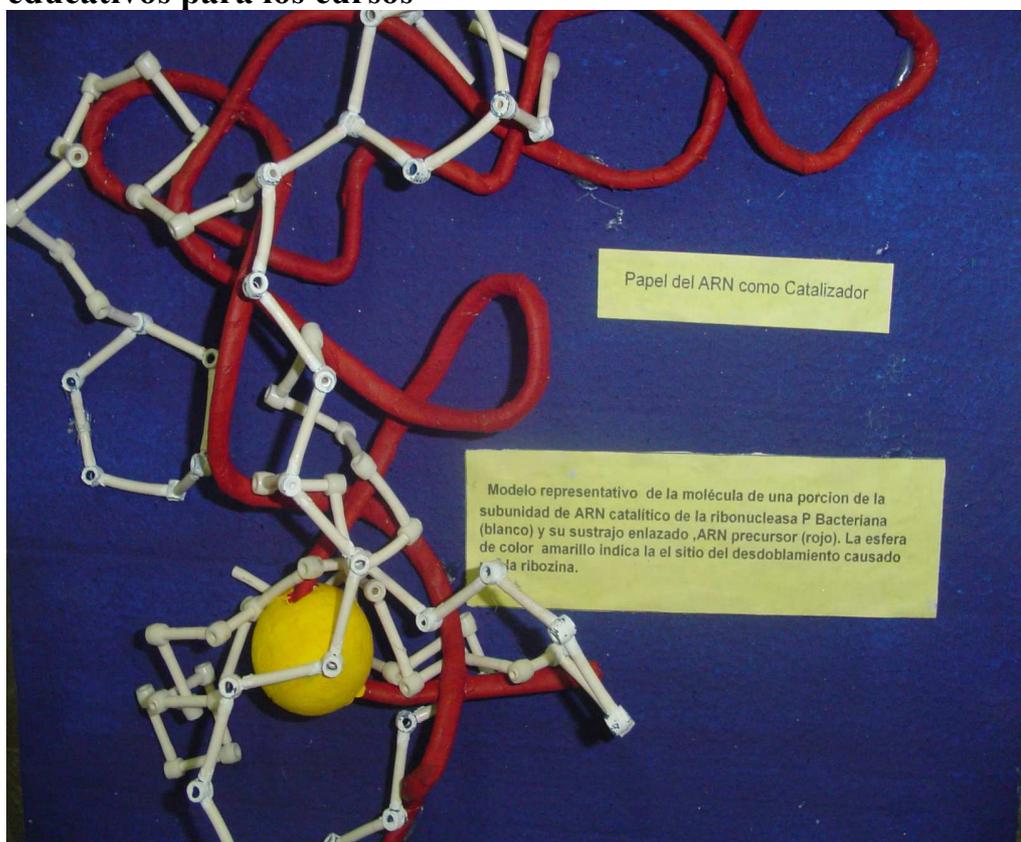


Foto 8. Estudiantes durante las clases.



Foto. 9 Participación de los estudiantes en los Foros, caso Genética General

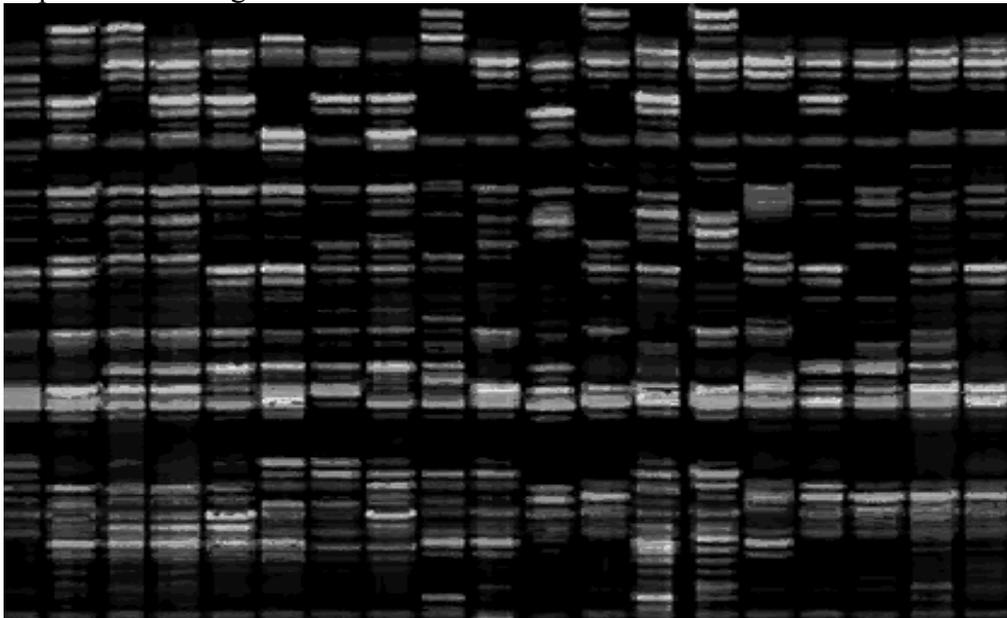
4.- Diversidad de materiales seleccionados y/ elaborados con fines educativos para los cursos



Representaciones elaboradas con diversos materiales



Representaciones gráficas seleccionadas durante la intervención con las docentes



Láminas de genoma, diversos sistemas vivientes.

Fotos 10 y 11. Materiales elaborados por los estudiantes y otros seleccionados durante la IAP para el desarrollo de los cursos de Biología Celular y Genética General.

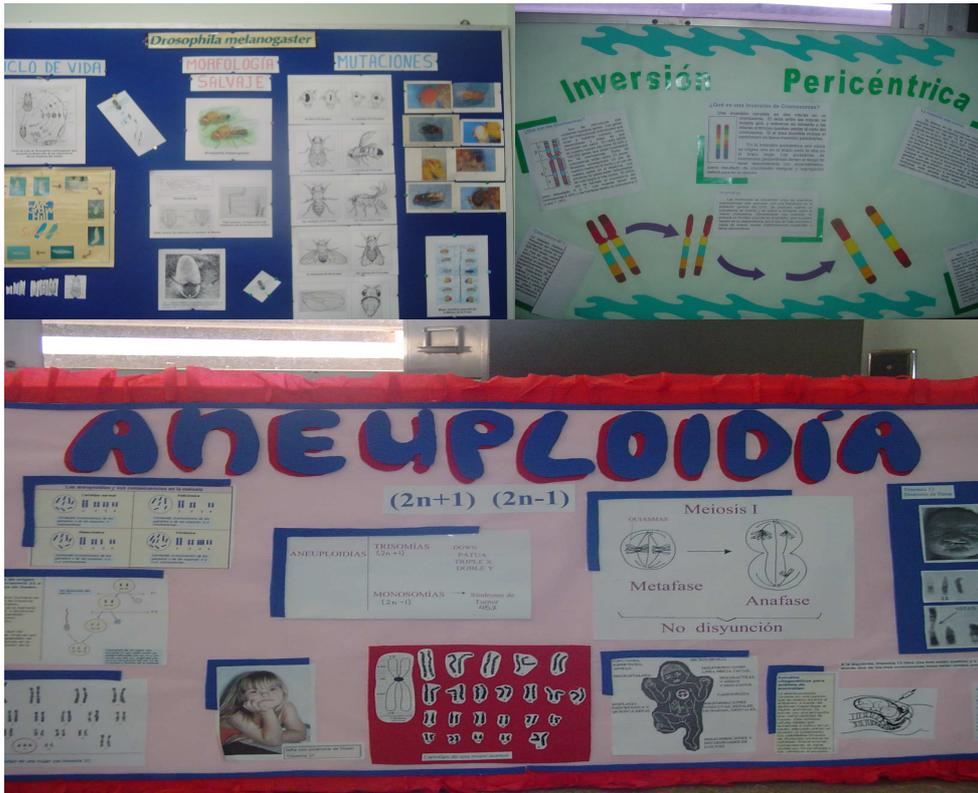


Foto composición 10. . Cartelera informativa elaborada durante el curso de Genética General

5.- Materiales para el trabajo práctico en el laboratorio, empleado por los estudiantes durante el desarrollo de ambos cursos.





Fotos 11, 12 y 13 . Equipos y materiales para el trabajo de laboratorio



Fotos 14 y 15. . Estudiantes durante el trabajo en el laboratorio.

