



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**EMPLEO DE UNA METODOLOGÍA DIDÁCTICA PARA EL  
DESARROLLO DE UN ENFOQUE CIENCIA-TECNOLOGÍA-  
SOCIEDAD EN CICLOS FORMATIVOS DE GENÉTICA, DE  
LA EDUCACIÓN MEDIA.**

**PAULO CESAR VELÁSQUEZ MEZÚ**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE PALMIRA  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN  
MAESTRIA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
PALMIRA  
2012

**EMPLEO DE UNA METODOLOGÍA DIDÁCTICA PARA  
EL DESARROLLO DE UN ENFOQUE CIENCIA-  
TECNOLOGÍA-SOCIEDAD EN CICLOS FORMATIVOS  
DE GENÉTICA, DE LA EDUCACIÓN MEDIA.**

**PAULO CESAR VELÁSQUEZ MEZÚ**

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:  
**Magíster enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales**

Director:

Ph.D. Diosdado Baena García

Línea de Investigación:  
Enseñanza de las Ciencias

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE PALMIRA  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN  
MAESTRIA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
PALMIRA  
2012



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

SEDE PALMIRA

FACULTAD DE INGENIERIA Y ADMINISTRACION  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ACTA DE JURADO DE TRABAJO FINAL

MAESTRÍA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

En Palmira, a los 11 días del mes de septiembre de 2012, se reunió en esta Sede el jurado evaluador de trabajo final, integrado por los docentes: LUZ ANGELA ALVAREZ Y JAIME EDUARDO MUÑOZ.

Para calificar el trabajo final de maestría de:

**PAULO CESAR VELÁSQUEZ MEZÚ**

Titulado:

"EMPLEO DE UNA METODOLOGÍA DIDÁCTICA PARA EL DESARROLLO DE UN ENFOQUE CIENCIA – TECNOLOGÍA – SOCIEDAD EN CICLOS FORMATIVOS DE GENÉTICA, DE LA EDUCACIÓN MEDIA" bajo la dirección del docente Disodado Baena García.

Después de oír el informe del jurado evaluador compuesto por los docentes LUZ ANGELA ALVAREZ Y JAIME EDUARDO MUÑOZ y de haber cumplido con el proceso de evaluación, el trabajo final fue calificado como:

APROBADO

REFROBADO

LUZ ANGELA ALVAREZ

JAIME EDUARDO MUÑOZ

**Dedicatoria**

**A mi madre,**

**BENILDA**

# Agradecimientos

El autor agradece sinceramente la orientación y colaboración prestada por las siguientes personas:

- § Comunidad de las hermanas de la providencia del municipio de la Unión, en cabeza de la hermana, María Elvira Arias D., Rectora de la Institución Educativa San José, La Unión valle del Cauca. Por su apoyo incondicional.
- § Al Ph.D. Diosdado, Baena García, profesor Universidad Nacional de Colombia. Director de la Tesis de Grado
- § Al MSc. Jorge Quizza Tomich, Docente de la Universidad del Valle, sede Zarzal. Por el apoyo en el manejo del Software Estadístico R.
- § Al ingeniero Mecánico, Reinaldo Lasprilla Marulanda, por sus oportunos aportes.
- § Al ingeniero químico Alexander Mejía, por su gran aporte y apoyo.

## Resumen

Esta investigación pretende contextualizar la práctica educativa con la teoría didáctica en relación con la enseñanza-aprendizaje de la Genética y la herencia, para estudiantes de educación media (décimo grado) teniendo como objetivo evaluar qué tan eficaz es la Metodología de Resolución de Problemas (MRP) en la consecución de contenidos de tipo conceptual, de procedimientos y de actitudes enmarcados dentro de un enfoque educativo Ciencia-Tecnología-Sociedad (C.T.S). Para la recolección de la información se han diseñado pruebas de diversa naturaleza, de situaciones problemáticas, que han permitido el contraste estadístico de las hipótesis (prueba de F) y obtener los resultados donde el Grupo Experimental (GEXP) evoluciona significativamente ( $p < 0,01$ ) en el aprendizaje de la metodología y experimenta un cambio conceptual que permanece en el tiempo sin presentar retrocesos significativos.

**Palabras clave:** Metodología de resolución de problemas; enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad; enseñanza-aprendizaje de la Genética y la herencia; Educación media.

## Abstract

This research aims to contextualise educational practice with the didactic theory in relation to the teaching and learning of genetics and heredity, for students (tenth grade) aiming to assess how effective the Problem Solving Methodology is (MRP) in order to achieve conceptual, procedural and attitudinal contents framed within an educational Science-Technology-Society approach (STS). To gather information several test have been designed with different problematic situations which have allowed the statistical test of hypotheses (F test) and get the results where the experimental group (GEXP) evolves significantly ( $p < 0,01$ ) through learning methodology and experiments a conceptual change that remains for a long time without significant setbacks..

**Keywords: problem solving methodology, Science-Technology-Society approach; teaching and learning of genetics and heredity; education.**

## Contenido

Resumen .....	VII
Lista de cuadros .....	XV
Lista de figuras .....	XIX
Lista de anexos.....	XXII
Lista de Símbolos y abreviaturas .....	XXIV
Introducción.....	1
2. Objetivos .....	7
Objetivo General .....	7
Objetivos Específicos.....	7
3. Hipótesis .....	9
Hipótesis inicial .....	10
Formulación de la hipótesis inicial .....	11
Hipótesis de intervención en el aula.....	12
Hipótesis 1. Diferencia en el aprendizaje al utilizar la metodología de resolución de problemas en el aula.....	12
Hipótesis 2. Contraste de la influencia del estilo cognitivo dependencia independencia de campo (DIC) .....	12
3.3. Hipótesis final I .....	13
3.3.1 Hipótesis Final I: Diferencias en el aprendizaje de los grupos investigados ...	13
3.4 Hipótesis final II .....	14
3.4.1 Hipótesis Final II: Persistencia en el tiempo de los aprendizajes realizados...	14
4. Marco referencial .....	17
Manera de aprender .....	18

Contenido	
Desde el referente, la enseñanza de la ciencia .....	18
El contenido curricular .....	24
<b>La metodología de resolución de problemas (MRP).....</b>	<b>36</b>
4.2.1. Soluciones desde la didáctica de las ciencias .....	37
Perspectivas sobre la resolución de problemas en el campo de las ciencias .	38
Propuestas metodológicas para la enseñanza de la resolución de problemas en las ciencias .....	39
<b>Estilos cognitivos: dimensión dependencia-independencia de campo.....</b>	<b>52</b>
Diferentes miradas a los estilos .....	55
Estilos convergente divergente.....	60
Estilos impulsivo y reflexivo .....	61
Estilo reflexivo .....	61
Estilos independiente de campo y dependiente de campo .....	62
Estilo serialista holista.....	64
Impacto en los procesos de enseñanza aprendizaje.....	65
<b>Ciencia-Tecnología-Sociedad (C-T-S).....</b>	<b>68</b>
Concepto, origen y evolución del movimiento ciencia, tecnología y sociedad (CTS) .....	74
4.4.2 El movimiento CTS en la educación .....	78
<b>5. Diseño metodológico.....</b>	<b>85</b>
<b>Introducción.....</b>	<b>85</b>
<b>Malla curricular de la investigación: contenidos programáticos de biología..</b> .....	<b>87 5.3</b>
<b>Adaptación a la metodología .....</b>	<b>88</b>
<b>Intervención en los grupos experimentales .....</b>	<b>90</b>
<b>Recolección de datos .....</b>	<b>90</b>
Inicial .....	90
Participación en el aula .....	91
Primeros resultados .....	92
Resultados finales.....	92
<b>Proceso de la investigación.....</b>	<b>92</b>
Etapa Preliminar .....	92
Etapa aplicativa en el aula .....	93
Etapa de análisis de resultados .....	93

Empleo de una metodología didáctica para el desarrollo de un enfoque ciencia-  
tecnología-sociedad en ciclos formativos de genética, de la educación media

<b>Hipótesis del estudio</b> .....	<b>94</b>
Hipótesis inicial .....	94
Hipótesis de participación en el aula .....	95
Hipótesis final 1 .....	96
Hipótesis de resultados finales .....	97
<b>Características y contexto de las muestras</b> .....	<b>98</b>
<b>Metodología e instrumentos utilizados en el estudio</b> .....	<b>99</b>
Metodología, recolección y tipo de investigación .....	99
<b>6. Resultados y discusión</b> .....	<b>121</b>
<b>La semejanza de los grupos analizados: hipótesis inicial</b> .....	<b>121</b>
<b>Supuesto inicial 1: contraste de la uniformidad en relación a los preconceptos en genética y herencia</b> .....	<b>123</b>
<b>Supuesto inicial 2: comparación de la uniformidad en relación a los preconceptos sobre la naturaleza de la ciencia</b> .....	<b>131</b>
<b>Supuesto inicial 3: comparación de la uniformidad en relación a los procedimientos de resolución de un problema abierto</b> .....	<b>137</b>
Variable Metodológica 1. Análisis cualitativo del problema .....	137
Variable Metodológica 2. Emisión de hipótesis .....	138
Variable Metodológica 3. Elaboración de una estrategia de resolución .....	138
Variable Metodológica 4. Resolución .....	138
Variable Metodológica 5. Análisis de los resultados.....	138
<b>Supuesto inicial 4: comparación de la uniformidad en relación a las actitudes relacionadas con la ciencia</b> .....	<b>141</b>
Actitud favorable sobre la Ciencia.....	142
Actitud desfavorable sobre la Ciencia.....	145
Características de la Ciencia.....	145
Actitud favorable hacia la Ciencia .....	145
Actitud desfavorable hacia la Ciencia .....	145
<b>Supuesto inicial 5: comparación de la uniformidad en relación a las actitudes relativas a las relaciones ciencia, tecnología y sociedad</b> .....	<b>147</b>
El papel de los científicos en la Sociedad .....	152
Influencia de la Ciencia y la Tecnología en la Sociedad .....	152
Finalidad de la Ciencia y la Financiación a la investigación .....	153
Los límites de la Ciencia y la Tecnología .....	153
Conclusión final sobre el contraste de la hipótesis inicial.....	154

**El mejoramiento en el aprendizaje a través de una metodología de resolución de problemas: hipótesis de intervención en el aula..... 155**

Hipótesis 1. Diferencia en el aprendizaje al utilizar la metodología de resolución de problemas en el aula..... 158

Hipótesis 2 de intervención en el aula: contraste de la influencia del estilo cognitivo Dependencia Independencia de Campo (DIC)..... 164

**Diferencias en el aprendizaje de los grupos investigados: hipótesis final I .....171**

**Supuesto final I-1: comparación del aprendizaje de conceptos sobre genética y herencia .....172**

Análisis de la prueba final de contenidos de genética .....173

**Supuesto final I-2: comparación del aprendizaje de los contenidos conceptuales sobre la naturaleza de la ciencia en los grupos evaluados .....186**

Ideas sobre cómo se trabaja en Ciencia .....189

Ideas sobre los científicos .....192

Ideas sobre las relaciones C-T-S..... 193

**Supuesto final I-3: comparación del aprendizaje de los procedimientos de resolución de problemas abiertos y cerrados..... 195**

Estudio de la resolución de problemas abiertos..... 195

Estudio de la resolución de problemas cerrados..... 198

**Supuesto final I-4: comparación de las actitudes relacionadas con la ciencia .....204**

Actitudes sobre la Ciencia.....205

Actitudes hacia la Ciencia.....208

**Supuesto final I-5: comparación de las actitudes hacia las relaciones C-T-S .....210**

Diagnóstico de la prueba final de actitudes respecto a las relaciones C-T-S .....210

**6.13.2 El papel de los científicos en la Sociedad. .... 214**

La influencia de la Ciencia y la Tecnología en la Sociedad ..... 214

La finalidad de la Ciencia y los gastos en investigación ..... 216

Los límites de la Ciencia y la Tecnología ..... 217

Conclusiones acerca de las diferencias obtenidas en la Hipótesis Final I. 220

**Persistencia en el tiempo de los aprendizajes realizados: hipótesis final II**

.....	223
<b>Supuesto final II-1: comparación de la prevalencia del cambio conceptual en el tiempo, sobre genética y herencia.....</b>	<b>224</b>
Prueba Final II. Contenidos de genética.....	225
Comparación del uso de esquemas en la prueba final II de resolución de un problema abierto.....	228
<b>Supuesto final II-2: comparación de la prevalencia en el tiempo del cambio conceptual sobre la naturaleza de la ciencia.....</b>	<b>230</b>
Sobre cómo se trabaja en Ciencia.....	231
<b>Supuesto final II-3: comparación de la prevalencia en el tiempo del cambio de metodología de resolución de problemas abiertos.....</b>	<b>233</b>
Conclusiones acerca de la Hipótesis Final II .....	235

---

<b>Comentarios de parte de los estudiantes hacia la metodología de resolución de problemas .....</b>	<b>236</b>
<b>7. Conclusiones y recomendaciones .....</b>	<b>252</b>
<b>Conclusiones.....</b>	<b>252</b>
Resumen de los resultados obtenidos .....	253
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>256</b>
Desde el punto de vista de la didáctica.....	256
<b>Anexos.....</b>	<b>259</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>319</b>

## Lista de cuadros

Cuadro 1. Relación entre modelos didácticos y ejemplos de situaciones problemáticas que se trabajan en el aula (Elaborado a partir de cuadros informativos recogidos en Fernández González y otros, 2001.....	41
Cuadro 2. Dificultades que presentan tanto los docentes como los estudiantes en los ejercicios de resolución de problemas.....	45
Cuadro 3. Diferencias entre la visión del docente y su discípulo frente a un ejercicio cerrado. (Oñorbe, A. y Sánchez Jiménez, J. M. (1996).....	50
Cuadro 4. Resultados de la prueba inicial de conceptos de Genética y herencia. Los valores apoyan la hipótesis de homogeneidad (**p<0,01, *p<0,05, *p<0,1).....	124
Cuadro 5. Resultados de la prueba inicial de contenidos sobre la Naturaleza de la Ciencia. Los valores apoyan la hipótesis de homogeneidad (**p<0,01, *p<0,05, *p<0,1).....	132
Cuadro 6. Resultados de la prueba inicial de procedimientos de resolución de problemas. Los valores en negrita apoyan la hipótesis de homogeneidad.....	140
Cuadro 7. Resultados de la prueba inicial de actitudes relacionadas con la Ciencia.....	144

Cuadro 8.	Resultados de la prueba inicial de actitudes con relación a Ciencia, Tecnología y Sociedad. Los valores apoyan la hipótesis de homogeneidad ( $p > 0,1$ ).....	148
Cuadro 9.	Frecuencia de las variables metodológicas, de acuerdo al nivel, evaluadas en los problemas desarrollados en el aula con el grupo experimental.....	160
Cuadro 10.	Comportamiento de las variables metodológicas evaluadas en los problemas desarrollados en el aula con el grupo experimental...	161
Cuadro 11.	Coeficiente de correlación de variables metodológicas y argumentativas comparadas con los aciertos en la prueba GEFT y el nivel GEFT obtenido por el Grupo Experimental.....	169
Cuadro 12.	Resultados sobre las notas obtenidas por ambos grupos en la prueba final de contenidos de Genética. El valor obtenido apoya la hipótesis alternativa de que el GEXP es significativamente mejor que el GCON (** $p < 0,05$ ).....	179
Cuadro 13.	Red sistémica sobre las ideas que utilizan los estudiantes en la realización de la prueba escrita final sobre conceptos de Genética. Los valores en apoyan la hipótesis alternativa de que el GEXP es significativamente mejor que el GCON (** $p < 0,01$ ).....	182
Cuadro 14.	Resultados obtenidos del uso de los esquemas conceptuales en la resolución del problema abierto final. Los apoyan la hipótesis alternativa de que el GEXP es significativamente mejor que el GCON (** $p < 0,01$ ).....	184
Cuadro 15.	Red sistémica de los resultados de la prueba final sobre la Naturaleza de la Ciencia. Los valores apoyan la hipótesis alternativa de que el GEXP es significativamente mejor que el GCON (** $p < 0,01$ , ** $p < 0,05$ * $p < 0,1$ ).....	188

Cuadro 16. Resultados de la prueba final de procedimientos. Los valores apoyan la hipótesis alternativa de que el GEXP es significativamente mejor que el GCON (**p<0,01).....	197
Cuadro 17. Resultados de la prueba final de problemas cerrados. Los valores apoyan la hipótesis alternativa de que el GEXP es significativamente mejor que el GCON (**p<0,01, *p<0,05 *p<0,1).....	199
Cuadro 18. Justificaciones utilizadas por los estudiantes de los dos grupos que respondieron de forma válida al punto b) del problema 3. El valor obtenido apoya la hipótesis alternativa de que el GEXP es significativamente mejor que el GCON (**p<0,01, *p<0,05 *p<0,1).....	203
Cuadro 19. Red sistémica de los resultados de la prueba final sobre las actitudes relacionadas con la Ciencia. Los valores apoyan la hipótesis alternativa (**p<0,01, *p<0,05 *p<0,1).....	206
Cuadro 20: Resultados sobre el nivel de uso de esquemas en la resolución del problema abierto Final 1 y Final 2. Los valores apoyan la hipótesis nula de homogeneidad; es decir, los estudiantes del GEXP no han sufrido un retroceso significativo en el uso de los mismos (**p<0,01, *p<0,05 *p<0,1).....	229
Cuadro 21. Red sistémica de los resultados obtenidos en la prueba Final I y Final II sobre la Naturaleza de la Ciencia. Los valores apoyan la hipótesis nula de homogeneidad; es decir, los estudiantes del GEXP prevalecen en sus conocimientos de manera significativa. (**p<0,01, *p<0,05 *p<0,1).....	231
Cuadro 22. Resultados de la resolución del problema abierto Final I y Final II. El valor rechaza la hipótesis nula de homogeneidad; es decir, los	

estudiantes del GEXP han sufrido un retroceso significativo en la  
realización de Variables Metodológicas (\*\* $p < 0,01$ , \*\* $p < 0,05$   
\* $p < 0,1$ ..... 234

Cuadro 23. Resultados sobre la resolución de problemas abiertos del GEXP  
en la fase Final II y el GCON en la fase Final I. Los valores apoyan  
la hipótesis alternativa; el GEXP es significativamente mejor que el  
GCON..... 235

## Lista de figuras

Figura 1.	Descripción de los enfoques que permiten especificar el marco teórico .....	19
Figura 2	Contenidos que fueron aplicados en el estudio, basados en los estándares básicos de competencias del Ministerio de Educación Nacional, MEN .....	89
Figura 3.	Representación de los valores medios obtenidos en cada variable por Problema planteado en el Aula.....	162
Figura 4.	Representación gráfica de la Correlación de Pearson entre la Variable Metodológica 1 (Análisis cualitativo del problema) y el estilo cognitivo DIC.....	167
Figura 5.	Representación gráfica de la Correlación de Pearson entre la Variable Metodológica 3 (Elaboración de una estrategia de resolución) y el estilo cognitivo DIC.....	167
Figura 6.	Representación gráfica de la Correlación de Pearson entre la VM4 (Resolución) y el estilo cognitivo DIC.....	168
Figura 7.	Representación gráfica de la Correlación de Pearson entre la VM5 (Análisis de Resultados) y el estilo cognitivo DIC .....	168
Figura 8.	Representación gráfica de la correlación de Pearson entre la VA (Argumentación de Resultados) y el estilo cognitivo DIC .....	169
Figura 9.	Prueba final de contenidos de genética.....	174

Figura 10. Porcentaje de alumnos del GEXP y GCON que obtienen una puntuación del 0 al 5 en la prueba escrita de contenidos conceptuales de Genética de la fase final .....	180
Figura 11. Representación gráfica de los resultados de la primera pregunta de la encuesta .....	237
Figura 12. Representación gráfica de los resultados de la pregunta dos de la encuesta .....	238
Figura 13. Representación gráfica de los resultados de la pregunta tres de la encuesta .....	239
Figura 14. Representación gráfica de los resultados de la pregunta cuatro de la encuesta .....	240
Figura 15. Representación gráfica de los resultados de la pregunta cinco de la encuesta .....	241
Figura 16. Representación gráfica de los resultados de la pregunta seis de la encuesta .....	242
Figura 17. Representación gráfica de los resultados de la pregunta siete de la encuesta .....	243
Figura 18. Representación gráfica de los resultados de la pregunta ocho de la encuesta .....	244
Figura 19. Representación gráfica de los resultados de la pregunta nueve de la encuesta .....	245
Figura 20. Representación gráfica de los resultados de la décima pregunta de la encuesta .....	246
Figura 21. Representación gráfica de los resultados de la undécima pregunta de la encuesta .....	248

Figura 22. Representación gráfica de los resultados de la duodécima pregunta  
de la encuesta ..... 249

## Lista de anexos

Anexo A.	Problemas planteados con relación a preconceptos de genética y herencia .....	259
Anexo B.	Problemas planteados con relación a conceptos sobre la.....	266
Anexo C.	Problemas planteados con relación a actitudes relativas a las relaciones Ciencia –Tecnología y Sociedad.....	270
Anexo D.	Problemas planteados con relación a las actitudes hacia la ciencia.....	274
Anexo E.	Prueba escrita propuesta para el grupo control.....	278
Anexo F.	Prueba final propuesta en conceptos sobre la Naturaleza de la Ciencia.....	280
Anexo G.	Prueba final donde se valoran las actitudes relacionadas con la Ciencia.....	281
Anexo H.	Prueba final de actitudes relativas a las relaciones .....	283
Anexo I.	Prueba de resultados finales de conceptos de genética y herencia.....	285
Anexo J.	Prueba de resultados finales sobre la naturaleza de la ciencia.....	287
Anexo K.	Prueba sobre la actitud de los estudiantes hacia la metodología de resolución de problemas .....	288
Anexo L.	Resultados del Análisis estadístico de la Variable Metodológica uno (VM1).....	292

Anexo M. Resultados del Análisis estadístico de la Variable Metodológica dos (VM2),.....	293
Anexo N. Resultados del Análisis estadístico de la Variable Metodológica tres (VM3),.....	294
Anexo O. Resultados del Análisis estadístico de la Variable Metodológica cuatro (VM4), ANOVA con el programa R .....	295
Anexo P. Resultados del Análisis estadístico de la Variable Metodológica cinco (VM5), ANOVA con el programa R.....	296
Anexo Q. Aplicación de la prueba GEFT en el grupo experimental.....	297

# Lista de Símbolos y abreviaturas

## Abreviaturas

<b>Abreviatura</b>	<b>Término</b>
<i>C.T.S</i>	Ciencia Tecnología Sociedad
<i>DIC</i>	Dependencia Independencia de Campo
<i>GCON</i>	Grupo Control
<i>GEXP</i>	Grupo Experimental
<i>MRP</i>	Metodología de Resolución de Problemas
<i>VM</i>	Variable Metodológica

## Introducción

Han sido muchas las investigaciones dedicadas a la enseñanza y en especial a la de las ciencias naturales, que han dado a conocer el elevado fracaso escolar y un creciente rechazo a los estudios con una muy alta actitud negativa hacia las ciencias, que se incrementa con la edad de los estudiantes. VÁZQUEZ, A. Y MANASSERO, M.A., 1997

Es por ello que éste trabajo pretende contextualizar la práctica educativa con la teoría didáctica en relación con la enseñanza-aprendizaje de la Genética y la herencia para estudiantes de nivel de educación media<sup>1</sup>, en concreto en cursos de décimo (10º) grado. La propuesta que resume este documento tiene como objetivo estudiar qué tan eficaz es el desarrollo de una Metodología de Resolución de Problemas (MRP) en la consecución de contenidos de tipo conceptual, de procedimientos y de actitudes enmarcados dentro de un enfoque educativo Ciencia-Tecnología-Sociedad (C.T.S).

En el transcurso de este estudio se darán a conocer cuáles han sido las situaciones problemáticas que aportan una visión general, tanto de las pretensiones, como de los posibles obstáculos que se han ido superando en el rediseño de la propuesta inicial.

Al principio el proyecto dimensionaba; cómo el profesor podría desde su asignatura desarrollar el enfoque educativo Ciencia-Tecnología-Sociedad, teniendo un referente metodológico de Resolución de Problemas (MRP) que siempre se han planteado al interior de los cursos de Matemáticas. La Metodología de Resolución de Problemas ha

---

<sup>1</sup> Artículo 9. DECRETO 1860 DE 1994 (agosto 3). Diario Oficial No 41.473, del 5 de agosto de 1994 MINISTERIO DE EDUCACION NACIONAL



sido desarrollada, tomando referentes bibliográficos. Los autores consultados han trabajado en esta misma línea, han validado que su uso continuado permite, a través de un cambio metodológico, un cambio conceptual y de actitudes en el estudiante. Por ello, la opción de apostar por la MRP, como la estrategia de enseñanza-aprendizaje más adecuada para conseguir los propósitos, requirió de un análisis y ajuste que hoy se presenta. Sin embargo, no era tan evidente cómo traspasar esta metodología a una disciplina como la Biología que, en general, presenta sus contenidos de forma más descriptiva y no como base para ser utilizados en la realización de problemas o en algunos casos ejercicios de tipo algorítmico.

Por otra parte, se persiste en la incorporación de la perspectiva Ciencia, Tecnología y Sociedad, ya que esta permitiría, además de adquirir una formación científica y tecnológica, fortalecer una visión de la Ciencia más a la cotidianidad y al contexto social del estudiante. Hernández C.A. (2010).<sup>2</sup>

En este trabajo se ha adaptado una metodología, más utilizada en otras ciencias experimentales, al campo de la Biología, y se ha investigado hasta qué punto el cambio metodológico o de procedimientos es necesario para enfrentarse a problemas abiertos, para ello se espera:

Originar en los estudiantes un cambio conceptual, permanente, sobre contenidos de Genética y Ciencia,  
y un cambio actitudinal, en lo que se refiere a la Ciencia y relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad.

Además, se ha considerado importante realizar:

---

<sup>2</sup> **HERNÁNDEZ, Carlos Augusto**. Conferencia del curso del 13 de noviembre de 2010. Asignatura Evaluación Formativa y Competencias. Palmira: Maestría en Enseñanza de las Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Colombia. 2010.

- Un análisis sobre las correlaciones entre los diferentes esquemas conceptuales relativos a la herencia.
- Correlación de las características individuales, con el proceso de aprendizaje, al realizar el estudio del estilo cognitivo Dependencia- Independencia de Campo (DIC), que tiene en el aprendizaje y el uso de la metodología aplicada.

La intención de este trabajo de grado ha sido elaborar:

- Una opción didáctica innovadora, útil y con proyección en el campo de la Biología

Aunque la enseñanza de las ciencias plantea dificultades, algunas inherentes a su naturaleza, también es cierto que ésta se enseña alejada de la realidad. El presente estudio de carácter didáctico, se apoya en teorías didácticas consensuadas y se desarrolla siguiendo una metodología científica acorde con los objetivos propuestos. Por otra parte, se pretende valorar el trabajo en el aula de una manera en particular, resolviendo problemas abiertos, que acerquen al estudiante a la metodología de trabajo de los científicos.

La metodología en mención sigue las huellas de lo que debe ser una indagación científica. Según Bunge (1987)<sup>3</sup>, “en Ciencia no hay un camino real pero sí brújulas (método) que permite saber si se está en buen camino..... El método científico no es ya una lista de recetas sino el conjunto de procedimientos por los cuales se plantean los problemas científicos y se ponen a prueba las hipótesis científicas”.

El conjunto de procedimientos, que guía como una brújula, tiene en cuenta que toda investigación debe empezar con una representación del problema donde se debe realizar un “Análisis cualitativo” para comprenderlo y restringir las condiciones y variables y del cual emane la “Emisión de hipótesis”, cuyo contraste guiará el resto del proceso. Una vez planteadas las hipótesis, se debe abordar la resolución del problema; primero, con la

---

<sup>3</sup> **BUNGE, M.** La Ciencia, su método y su filosofía. Siglo XX, Buenos Aires. 1987

“Elaboración de estrategias” que sean las más adecuadas para la confirmación de las hipótesis y segundo, llevando a cabo su “Resolución”. Una vez obtenidos los resultados se debe proceder a su “Análisis” que permitirá interpretarlos a la luz de las hipótesis y del marco teórico utilizado. El trabajo comienza con un problema al que le siguen otros a los que hay que dar una respuesta; por eso, se dice que llevar a cabo esta Tesis de Maestría ha sido, y así se ha planteado desde el principio, como desarrollar un proceso por etapas. Un problema nos lleva a otro y todos han sido tratados bajo la misma visión de lo que debe ser una investigación de tipo científico.

A continuación se realiza un breve repaso de los problemas, sus planteamientos y soluciones, que constituyen el grueso de este trabajo:

El problema inicial a resolver es: “¿Cómo enseñar la Genética de forma distinta para que los estudiantes, además de mejorar los resultados que se obtienen con la enseñanza tradicional, basada en planteamientos teóricos y en problemas cerrados, puedan conseguir un enriquecimiento en su vocabulario científico y tecnológico significativo en temas de actualidad científica, y una visión de la Ciencia más próxima y contextualizada?”

Tras el Análisis del “problema”, apoyado en la práctica docente y en las teorías didácticas, se llega a la “hipótesis” sobre los resultados que se esperan obtener al aplicar la Metodología en la enseñanza de la Genética para un nivel de Educación Media. Al plantearse una estrategia de resolución se revela la necesidad de que el trabajo esté guiado por una unidad didáctica coherente con el marco teórico y con las hipótesis del proyecto.

¿Cómo construir una unidad didáctica coherente con un enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad, basada con esta metodología, dentro de un modelo de enseñanza-aprendizaje constructivista?”, lleva a estudiar diversos modelos didácticos y los resultados obtenidos en diversas investigaciones en este campo. Todo ello hace plantear de forma minuciosa enfoques, objetivos, contenidos, estrategias, materiales, tiempos y evaluación de la unidad didáctica que debe permitir la comprobación de la “hipótesis”. La puesta en práctica en el aula de la misma, permitirá la “Resolución” del problema inicial.

Por último, la unidad didáctica está conformada por otros verdaderos problemas para los estudiantes, que deben resolverse siguiendo las etapas de la Metodología por resolución de problemas. El argumento para la elaboración de cada uno de ellos ha sido: “¿Cómo diseñar problemas abiertos, y cómo valorar la resolución de los mismos que hagan los estudiantes?”. ¿Los problemas abiertos diseñados se ajustan a la Metodología por resolución de problemas y permiten alcanzar todos los objetivos que se persiguen en el trabajo?

## 2. Objetivos

### Objetivo General

Desarrollar una propuesta didáctica innovadora, fundamentada en la Metodología de Resolución de Problemas (MRP) en el campo de la Genética, para la consecución de contenidos de tipo conceptual, de procedimientos y de actitudes en el marco del enfoque educativo Ciencia-Tecnología-Sociedad (C.T.S).

### Objetivos Específicos

- Analizar los procesos cognitivos que intervienen en la Resolución de los problemas en temas relacionados con la Genética y la Herencia
- Valorar variables personales y contextuales que también puede incidir, de manera significativa, en el desarrollo de la habilidad de Resolución de Problemas, para mejorar las intervenciones educativas, dirigidas a la adaptación curricular que exige el sistema educativo actual.
- Definir estrategias para promover en los estudiantes un cambio conceptual, que se mantenga en el tiempo, en temas relacionados con la Genética, la Ciencia y la relación Ciencia-Tecnología-Sociedad.
- Comprobar si existen diferencias significativas en el aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes, a favor del Grupo Experimental (GEXP) que estuvo trabajando con la metodología didáctica en estudio, respecto al Grupo Control (GCON).



- Evaluar la permanencia en el tiempo de los aprendizajes realizados por el GEXP a través de la Metodología de Resolución de Problemas.

### 3. Hipótesis

En el siguiente capítulo se realizará un análisis sobre los fundamentos teóricos del Trabajo de Grado. Por lo tanto, las hipótesis de éste, van ligadas al marco referencial y fueron abordadas a lo largo del estudio.

La formulación de las hipótesis juega un papel fundamental en la investigación, cumpliendo una serie de requisitos. Algunos filósofos de la Ciencia, según su escuela, delimitan el papel de las hipótesis dentro de la investigación científica y las premisas que deben cumplir las mismas. Para Popper (1967) la Ciencia es un conjunto de hipótesis que se proponen a modo de ensayo con el propósito de describir o explicar de manera precisa el comportamiento de algún aspecto del mundo o del universo. Estas hipótesis, según Popper, han de ser falsables. Y una hipótesis es falsable, si existen uno o varios enunciados observacionales lógicamente posibles que sean incompatibles con ella. Para Lakatos (1974), la característica definitoria de sus programas de investigación es el núcleo central de los mismos formado por hipótesis teóricas muy generales a partir de las cuales se desarrolla el programa. El mismo concepto lo acoge Bunge (1987) quien define las hipótesis como un enunciado verificable con cierto grado de generalidad que puede ser verificado de manera indirecta; siendo el núcleo de toda teoría un conjunto de hipótesis verificables y no los hechos.

Si se cruza la barrera de la teoría sobre las investigaciones científicas, y se aborda el estudio, las hipótesis surgen de la necesidad de predecir resultados concretos, ayudan a estructurar el análisis estadístico, es costumbre crear el armazón de la memoria escrita sobre el análisis de los datos y resultados, y de esta manera acercar al lector a los intereses del autor antes de comenzar a describir el estudio (Fox, 1987)

Es por ello, que en la emisión de las hipótesis de este trabajo se han tenido en consideración los requisitos exigidos en una hipótesis científica y la importancia que el enunciado de la misma tiene en la propia investigación.

Cabe anotar que las hipótesis no necesariamente fueron formuladas como hipótesis estadísticas o hipótesis nulas (que son las que pueden contrastar los estadísticos inferenciales). Esto debido a que los múltiples test estadísticos parten de hipótesis nulas, expresadas en términos de no diferencia u homogeneidad, que se enfrentan a hipótesis alternativas, expresadas en términos de diferencia o heterogeneidad que pueden ser o no direccionales (mejor qué, o peor qué). En las hipótesis que se plantearon al Inicio y Final I fueron expresadas en términos de no diferencia porque se pretendía contrastar la hipótesis nula del estadístico; es decir, en la inicial que el Grupo Experimental (GEXP) y El Grupo Control (GCON) son muestras representativas de un mismo universo, y en la Final I que el GEXP mantiene en el tiempo sus aprendizajes. El resto de las hipótesis demostraron diferencias a favor de un grupo determinado, dentro de una misma muestra o en los casos que corresponde entre dos. Por lo tanto, fueron expresados en términos de diferencias apoyando la hipótesis alternativa.

A lo largo de este estudio se planteó un gran número de hipótesis, sobre diversos aspectos, que fueron contrastadas en respectivos momentos. Por ejemplo, las hipótesis referentes a la evolución del aprendizaje de los contenidos conceptuales de Genética, fueron distribuidas a lo largo de los cuatro periodos académicos, usando una diversidad de pruebas, tanto abiertas como cerradas, con datos recogidos de una o dos muestras, cuando estas lo requerían, y posteriormente tratadas estadísticamente.

## **Hipótesis inicial**

En esta hipótesis se formula lo que deben cumplir los grupos experimentales, donde se parte de unos supuestos previos que identifican a éstos como grupos homogéneos ante las muestras a aplicar, tanto en el experimental (GEXP) como en el control (GCON). De esta forma, las conclusiones que se generen sobre las diferencias en el aprendizaje realizado por los estudiantes de ambos grupos se podrán relacionar con la única variable

no común a ambos grupos, la aplicación de la Metodología por Resolución de Problemas (MRP).

### **3.1.1 Formulación de la hipótesis inicial.**

Los grupos experimental y control son homogéneos en sus conocimientos iniciales para cada uno de los aspectos estudiados en la investigación.

Esta hipótesis se concreta, para cada uno de los aspectos o variables estudiadas en esta investigación, en los siguientes supuestos:

#### **§ Supuesto inicial 1.**

Los estudiantes del Grupo Experimental (GEXP) y del Grupo Control (GCON) son homogéneos en relación a sus preconceptos de Genética y herencia.

#### **§ Supuesto inicial 2.**

Los estudiantes del GEXP y del GCON son semejantes en relación a sus ideas o conocimientos iniciales sobre la Naturaleza de la Ciencia.

#### **§ Supuesto inicial 3.**

Los estudiantes del GEXP y del GCON son semejantes en los procedimientos iniciales que usan en la resolución de un problema abierto.

#### **§ Supuesto inicial 4.**

Los estudiantes del GEXP y del GCON son homogéneos en las actitudes iniciales que manifiestan respecto a la Ciencia

#### **§ Supuesto inicial 5.**

Los estudiantes del GEXP y del GCON son semejantes en las actitudes iniciales que declaran sobre las relaciones C-T-S

## **Hipótesis de intervención en el aula**

Las hipótesis que sirven de referente tienen como objetivo diferir la evolución positiva en el aprendizaje, llevado a cabo por el GEXP, durante el proceso de enseñanza-aprendizaje vivido en las sesiones de clase durante el año lectivo 2011, basadas en un modelo de resolución de problemas. Estas hipótesis se centran en el aprendizaje de la propia metodología; en el cambio conceptual que se produce en relación con los contenidos de Genética; y en la influencia del estilo cognitivo Dependencia-Independencia de Campo (DIC) como una diferencia individual importante en el aprendizaje realizado.

### **Hipótesis 1. Diferencia en el aprendizaje al utilizar la metodología de resolución de problemas en el aula.**

El desarrollo en el aula de una MRP va a generar en los estudiantes del GEXP, al final del proceso, un progreso significativo hacia niveles de resolución de problemas más complejos y en su Argumentación.

### **Hipótesis 2. Contraste de la influencia del estilo cognitivo dependencia independencia de campo (DIC)**

El estilo cognitivo Dependencia-Independencia de Campo (DIC) de cada individuo, influye de forma significativa en el nivel de resolución de problemas abiertos, alcanzado por los estudiantes del GEXP.

Esta hipótesis se centra en visualizar en cómo las características individuales pueden afectar la capacidad del estudiante en resolver problemas, es decir, el desarrollo de las variables metodológicas y de argumentación son coherentes y más complejos, acercándose a la visión científica que hoy en día se concibe. Por lo tanto, se optó por formular un supuesto adicional:

§ **Supuesto 2.1 de intervención en el aula: Comparación de la relación del estilo cognitivo de campo, DIC, en la realización de las variables metodológicas y de argumentación**

El estilo cognitivo DIC de cada individuo influye en la realización de las diferentes fases de resolución o variables metodológicas y de Argumentación.

### **3.3. Hipótesis final I.**

Esta hipótesis es de tipo direccional porque, no sólo se pretende contrastar que existen diferencias entre los aprendizajes realizados por el GEXP y el GCON, sino que el GEXP es significativamente mejor para todo tipo de conocimiento que se evalúa en esta fase de la investigación.

#### **3.3.1 Hipótesis Final I: Diferencias en el aprendizaje de los grupos investigados**

Existen diferencias significativas en el aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes, a favor del GEXP, que ha trabajado con la MRP, respecto al GCON.

Esta hipótesis tan amplia se concreta en los siguientes supuestos:

§ **Supuesto Final I-1: Comparación del aprendizaje de conceptos sobre genética y herencia**

Existe un aprendizaje significativamente mayor de los conceptos sobre Genética y herencia con esquemas conceptuales más cercanos a la postura científica actual a favor del GEXP, que ha trabajado con la MRP, respecto al GCON.

§ **Supuesto Final I-2: Comparación del aprendizaje de los contenidos conceptuales sobre la naturaleza de la ciencia en los grupos evaluados**

Existe un aprendizaje significativamente mayor de los contenidos conceptuales sobre la Naturaleza de la Ciencia a favor del GEXP, que ha trabajado con la MRP, respecto al GCON.

§ **Supuesto Final I-3: Comparación del aprendizaje de los procedimientos de resolución de problemas abiertos y cerrados**

Existe un aprendizaje significativamente mejor de los procedimientos de resolución de problemas (abiertos y cerrados) a favor del GEXP, que ha trabajado con la MRP, respecto al GCON.

§ **Supuesto Final I-4: comparación de las actitudes relacionadas con la ciencia**

Se manifiestan actitudes significativamente más favorables relacionadas con la Ciencia a favor del GEXP, que ha trabajado con la MRP, respecto al GCON.

§ **Supuesto Final I-5: Comparación de las actitudes hacia las relaciones C-T-S**

Se manifiestan actitudes significativamente más favorables concernientes a las relaciones C-T-S a favor del GEXP, que ha trabajado con la MRP, respecto al GCON.

## **Hipótesis final II**

Con el paso del tiempo se produce un cierto retroceso en los conocimientos adquiridos por los estudiantes. Por ello, una vez finalizada la fase de intervención en el aula, y analizados los resultados correspondientes a los aprendizajes realizados por el GEXP frente al GCON, interesa comprobar la permanencia en el tiempo de los mismos. La formulación completa de esta última hipótesis del estudio es la siguiente:

### **Hipótesis Final II: Persistencia en el tiempo de los aprendizajes realizados**

El aprendizaje de los contenidos generado por la Metodología Resolutiva de Problemas (MRP), en el Grupo Experimental, prevalece en el tiempo y difícilmente sufre un retroceso significativo.

Esta hipótesis se puede concretar para cada uno de los tipos de contenidos que se han evaluado, los de tipo conceptual y de procedimientos.

§ **Supuesto Final II-1: Comparación de la prevalencia del cambio conceptual en el tiempo, sobre genética y herencia**

El cambio conceptual sobre Genética y herencia prevalece el tiempo sin sufrir retrocesos significativos.

§ **Supuesto Final II-2: comparación de la prevalencia en el tiempo del cambio conceptual sobre la naturaleza de la ciencia**

El cambio conceptual sobre la Naturaleza de la Ciencia permanece en el tiempo.

§ **Supuesto Final II-3: Comparación de la prevalencia en el tiempo del cambio de metodología de resolución de problemas abiertos**

El cambio respecto a la metodología de resolución de problemas abiertos permanece en el tiempo sin sufrir retrocesos significativos.

## 4. Marco referencial

En el presente Trabajo de Grado (TG) se reúnen tanto el proceso como los resultados de un seguimiento en la aplicación de una metodología y un enfoque determinado para el contexto de la enseñanza de la genética. Como cualquier trabajo de este perfil surge como solución a un problema reconocido como es la dificultad en la enseñanza y su consecuencia, dentro del marco de conocimientos que hacen parte de las teorías de la didáctica en el área de las ciencias.

A continuación se hace una descripción de los enfoques, que permiten especificar el marco teórico del presente TG:

- La primera parte aborda el tema del fracaso escolar, y con él se vislumbra su posible respuesta ante la problemática de la enseñanza y el aprendizaje, teniendo una mirada más actualizada de la ciencia, desde su epistemología y su historia.  
De igual modo, se replantea el interrogante de cómo se aprende ciencias, y se hace desde el modelo constructivista, finalizando con el currículo y sus implicaciones.
- En la segunda sección, se plantea la metodología de resolución de problemas, iniciando con la definición de problema, sus soluciones desde la psicología cognitiva y aportando las soluciones desde la didáctica misma de las ciencias, finalmente se dan ejemplos explicativos de la manera de cómo se resuelven dichos problemas.
- En el tercer apartado, se plantean los estilos cognitivos. Abordándolos desde diferentes miradas y planteando una clasificación de acuerdo a sus dimensiones, se cierra con el impacto de ésta en la educación.



- Finalmente en la cuarta sección, se concentra en el enfoque Ciencia-Tecnología y Sociedad. Se parte del concepto mismo, su origen y evolución, se identifican sus enfoques y se finaliza con la situación actual, tanto en América Latina como en Colombia (ver figura 1).

## **Manera de aprender**

### **Desde el referente, la enseñanza de la ciencia.**

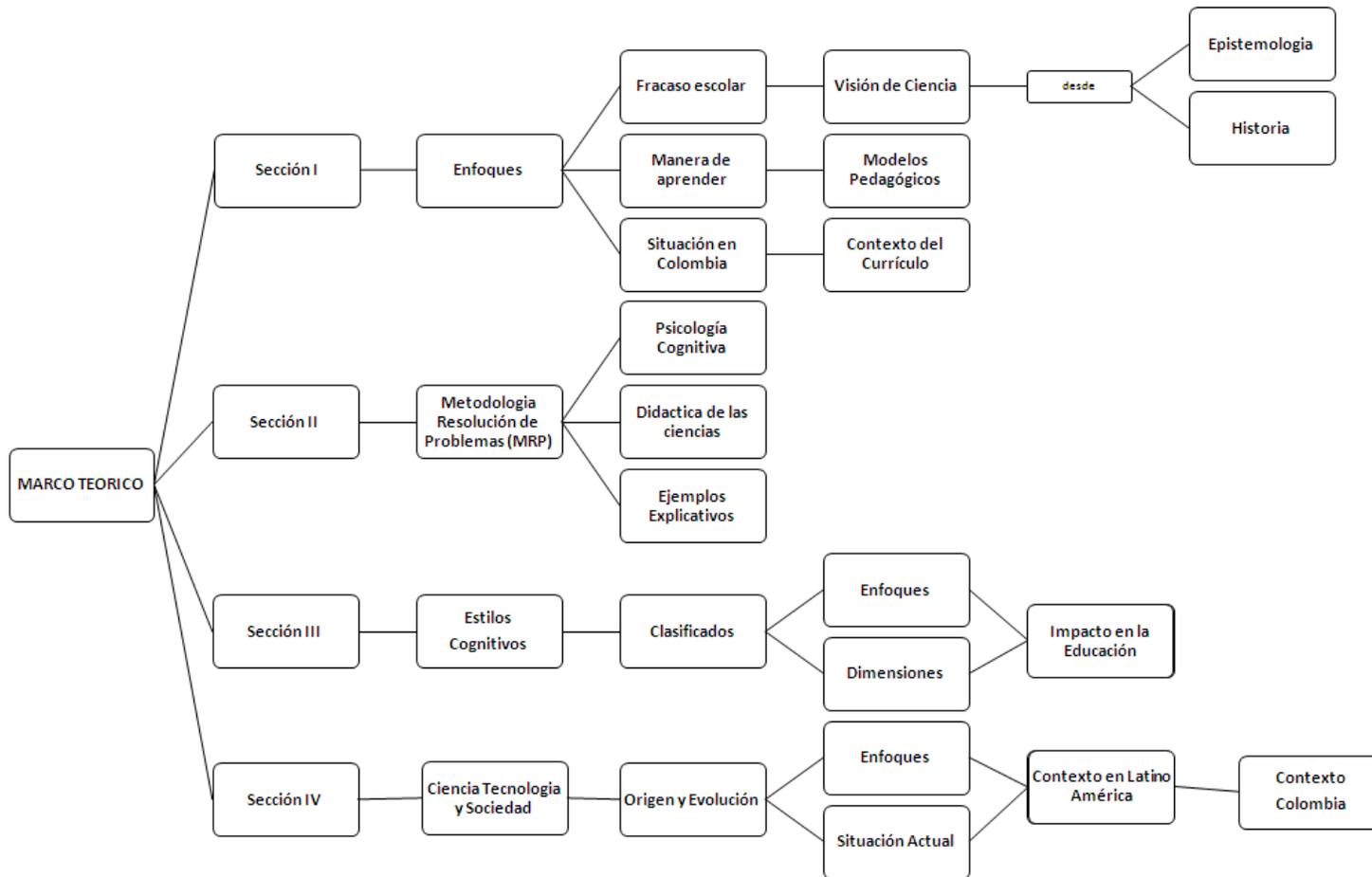
No hay duda que la meta de todo docente, es lograr un mayor aprendizaje por parte de sus discentes y esta es la situación problema que obliga indagar estrategias pedagógicas y didácticas.

Ante esta situación se han desarrollado modelos del cómo aprenden los estudiantes y en consecuencia, cómo se debe enseñar. A pesar de estos esfuerzos, no es adecuado definir un modo de aprendizaje generalizado y mucho menos estandarizado que sirva a cualquier individuo (POZO, J. I., 2006).

En este caso en particular, se pretende mejorar el aprendizaje realizado por educandos de media vocacional, en concreto en cursos de décimo (10º) grado sobre contenidos científicos, aceptando que esta enseñanza plantea unas dificultades propias de su naturaleza, en las que podemos citar el grave fracaso escolar y el creciente rechazo de los estudios científicos y la presencia de actitudes negativas hacia la ciencia, situación que se incrementa con la edad de los estudiantes (GIORDAN, A., 1985; ESPINOSA, J Y ROMÁN, T., 1991; ORTEGA, P.; SAURA, J. P.; MÍNGUEZ, R.; GARCÍA DE LAS BAYONAS, A. y MARTÍNEZ, D.,1992.; SOLBES, J. y VILCHES, A., 1989; SOLBES, J.; VILCHES, A. y GIL, D., 2002; VÁZQUEZ, A. Y MANASSERO, M.A., 1997).

- Fernández González y otros (2001), muestran como posible origen de la situación la tardía incorporación de los estudios de ciencias en la educación no universitaria. Además, se inclina y sugiere el carácter acumulativo del conocimiento, perpetuando de generación en generación, la tarea transmisora de la escuela:

Figura 1. Descripción de los enfoques que permiten especificar el marco teórico



*“La tradición de la enseñanza en el aula es muy anterior al método científico, que se convierte en un incómodo añadido que el profesor debe asumir. Como suele ocurrir en un sistema social de gran inercia, la escuela y la universidad absorben la entrada de novedades, modificándolas y adaptándolas a su manera: las ciencias se continúan enseñando en el aula bajo los mismos esquemas de leyes y conceptos que las demás disciplinas. Se añade parte del nuevo elemento: el laboratorio, en el que se trabajan los aspectos manuales y los métodos de la ciencia. Parece nacer así un sistema intrínsecamente contradictorio, que caracteriza la enseñanza de las ciencias. Mientras la ciencia se genera mediante unos métodos que integran trabajo conceptual y manual, medición y abstracción sistemática, paciencia e imaginación, la enseñanza de la ciencia separa el trabajo experimental del laboratorio y el trabajo intelectual del aula”* (FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, J. y otros, 2001, p. 60)

Sin embargo, la escuela tradicional, con sus creencias, costumbres y métodos, ha presentado poco cambio a pesar de los intentos de las diferentes reformas educativas. Una de las creencias, que todavía persiste es la de creer que enseñar es una actividad simple y de “sentido común” y que sólo basta “conocer la materia”, algo de práctica, y quizás un pequeño curso de enfoque pedagógico basta para entrar en “empatía con el grupo de estudiantes”. Según estas creencias, si el profesor prepara muy bien su clase, el discípulo debe aprender. Este tipo de concepciones aún persisten en nuestra sociedad, e incluso más grave aún, en las autoridades académicas (MEN, secretarías de educación y GAGEM) y en los mismos docentes (GIL, D., 1991; GIL, D.; CARRASCOSA, J. y MARTÍNEZ TERRADES, F., 2000).

Pero, investigaciones siguen demostrando que este modelo de enseñanza-aprendizaje, no ha sido efectivo para lograr un aprendizaje de los contenidos científicos por parte de educandos, incluso, genera desinterés y deserción. Entonces se podría decir que la enseñanza de las ciencias debe llevarse a cabo con los mismos métodos de la ciencia. Lógicamente sin descontextualizarse del mundo de la escuela.

GIL, D. (1994b) recapitula al respecto y menciona; *“Consideramos el conocimiento escolar como el conocimiento que se elabora en la escuela ... que aunque tiene como marco de referencia el conocimiento científico, no es un conocimiento científico en sí, sino una*

*elaboración de este conocimiento que se ajusta a las características propias del contexto escolar”.*

Con todo lo anteriormente referido, se puede inferir que la mejora en el proceso enseñanza-aprendizaje de las ciencias, parte de la didáctica y su metodología para la enseñanza en el aula de clase, donde se involucra el docente, quien debe estar al tanto de los avances en este campo, de los cuales se pueden citar:

- Para abordar los problemas de enseñanza-aprendizaje de las ciencias, y las dificultades de aprendizajes significativos en los estudiantes, se debe abordar la epistemología y la historia de la propia ciencia, para identificar la ciencia a enseñar, lo que ZIMAN, J (1980) plantea con esta frase: *“Enseñar un poco menos de ciencia como tal y un poco más sobre la ciencia”*.
- Si se hace una comparación de la ciencia desarrollada en la educación superior con la ciencia escolar, se puede observar que las dos son un cuerpo de conocimientos y la resolución de problemas es una actividad común y central. Sin embargo, los científicos cuando se plantean un problema lo hacen desde las teorías científicas y al resolverlo se apoyan en su totalidad bajo estos preceptos de conocimiento, lo reforman y así finalmente generan el nuevo conocimiento (BUNGE, M. 1987). Los alumnos de secundaria cuando resuelven problemas lo hacen más por una aplicación concreta de la teoría que les fue transmitida como un conjunto de hechos y principios presentados de tal forma que no le permite contextualizarla, redefinirla e inalterarla (GIL, D., 1993a). Sin embargo, desde la mirada epistemológica, la ciencia es el proceso de cambio y evolución de todas aquellas teorías científicas, no sólo desde lo conceptual como lo plantea Kuhn, sino que, además ha logrado cambios de tipo metodológico y epistemológico. HEWSON, P.W. y BEETH, M. E. (1995).
- De esta manera se puede concluir que lo que se hace en el aula de clase de manera tradicional no es coherente con la epistemología y con una visión actual de la ciencia (PORLÁN, R., 1993). Por ello, se puede plantear la siguiente hipótesis; el aprendizaje de los estudiantes, tomado como conceptual, no se producirá si no se acompaña de un cambio metodológico profundo (GIL, D. y

CARRASCOSA, J., 1985). En muchas investigaciones, donde se ha planteado el método de resolución de problemas (MRP) ha permitido concluir que el cambio metodológico genera un cambio conceptual y de actitud por parte de los educandos (RAMÍREZ CASTRO, J. L.; GIL PEREZ, D.; MARTINEZ TORREGROSA, J., 1990.; OÑORBE, A. y SÁNCHEZ JIMENEZ, J. M., 1996; VARELA, M<sup>a</sup>. P., 1994; VARELA, M<sup>a</sup>. P. y MARTÍNEZ AZNAR, M<sup>a</sup>. M., 1998).

### § **Las ideas de los estudiantes en el aprendizaje de las ciencias.**

Las diferentes investigaciones que se han desarrollado en la didáctica de las ciencias, dentro del paradigma constructivista, han permitido identificar y caracterizar las ideas de los estudiantes ante el aprendizaje de las ciencias. Los diversos estudios de DRIVER, R. Y ERICKSON, G. (1983); DRIVER, R.; SQUIRES, A.; RUSHWORTH, P. y WOOD-ROBINSON V. (1994); POZO, J.I. (1999); COLOMBO, L. y SALINAS, J, (2000) han permitido deducir que las concepciones de los discípulos se han originado de sus observaciones y experiencias de su contexto social, siendo estas resultado del uso del lenguaje, sus adaptaciones culturales, caracterizándose por ser:

- Preconceptos elaborados a partir de la experiencia, siendo afines para él, pero inconexos desde el punto de vista de la ciencia.
- Preconceptos con alguna incoherencia y con ciertas competencias para explicar fenómenos que sean observables.
- Mantiene y comparten el mismo tipo de concepción, sin importar las edades, los contextos culturales y sociales.

Las concepciones son de cierta manera dogmáticas, no son fáciles de modificar mediante la enseñanza habitual, aún cuando se les reitere. La razón que tengan un grado de validez mínimo, pero sean compartidas por un amplio colectivo, las fortalece aún más.

Pero todos los trabajos de investigación en el tema de las preconcepciones y concepciones de los discentes no pueden circunscribirse a delimitar etapas y sus difíciles cambios. Ya reconocidos los esquemas problémicos se debe apuntar al cambio de los mismos. Este cambio, debe seguir un modelo de construcción que se acerque a la

postura científica, claro está, discriminando que la ciencia de los científicos no es aquella que se reelabora en la escuela, y mucho menos la del estudiante de secundaria. Con relación a lo expuesto, OSBORNE, R. y otros (1983), citado por GIL, D. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1986) señalan tres diferencias sensibles del modo en que los científicos enfrentan a la realidad y la manera de cómo la abordan los escolares de este nivel académico y son:

1. La condición abstracta del razonamiento científico.
2. La referencia y conexión teórica de las explicaciones científicas, y
3. Un lenguaje formalizado por la ciencia.

Para LUFFIEGO GARCÍA, Máximo. (2001), existen unas posibles situaciones de la relación enseñanza- aprendizaje, desde la perspectiva de generación o evolución de los conceptos y ellos son:

1. No existe interacción alguna entre lo aprendido en la escuela y el conocimiento cotidiano, como tampoco en el campo teórico y en el campo mismo de la aplicación. Esto es lo que se pudiese llamar una fragmentación de los conocimientos.
2. De producirse interacción o activación conjunta, una primera modalidad es la integración. En ella el conocimiento nuevo se integra en el esquema antiguo, aumentando su campo de aplicación; de esta manera tiene lugar el crecimiento (reestructuración débil) del esquema. Por ejemplo, el concepto previo de especie que aparece frecuentemente en los estudiantes es el de “organismos que poseen un fuerte parecido entre sí”, concepto que de ninguna manera entra en colisión con el científico, puesto que de hecho las tablas de clasificación se hacen basándose en las semejanzas y diferencias anatómicas y moleculares.

A lo que se puede llegar de conclusión con los diversos trabajos, sobre concepciones de los colegiales, es que el aprendizaje debe ser entendido como un cambio evolutivo, continuo y dinámico de los conceptos. Siempre y cuando se tenga presente que el cambio de conceptos por otros, está siendo sustituida o reestructurada por nuevas formas de

organización conceptual. Porque lo que interesa es conocer como organizan las ideas y que procesos de cambio requieren. (POZO, J.I., 1999; 2007).

### § **Cambio conceptual en la enseñanza y el aprendizaje.**

De acuerdo a lo anterior, se podría entender que el aprendizaje es un cambio de tipo conceptual, del cual se deben llevar a cabo modelos en el proceso de enseñanza. En conjunto, los modelos de cambio (conceptual) en mención, presentan en común la necesidad de generar un caos cognitivo entre las concepciones percibidas por el estudiante y lógicamente, el nuevo conocimiento; sin perder el referente de que el proceso es gradual y lento. No se debe olvidar lo planteado por Ausubel, quien expresa que las concepciones alternativas de los estudiantes se aprenden de forma significativa y por lo tanto, una vez aprendidos “no son borrables” fácilmente. MOREIRA, M.A (2003).

### **El contenido curricular.**

*“El problema de la teoría del currículo debe ser entendido como el doble problema de las relaciones entre la teoría y la práctica, por un lado y el de las relaciones entre educación y sociedad, por el otro”.* KEMMIS, S. (1986)

Es el componente en el cual se concretan los fines sociales y culturales de la socialización que una sociedad le asigna a la educación; el currículo no es una realidad abstracta al margen de los sistemas educativos, por el contrario, éste se concreta en las funciones propias de la escuela, según el contexto histórico y social particular, y según las modalidades de la educación.

El currículo trata de cómo el Proyecto Educativo Institucional se explicita a través de prácticas educativo-formativas que se hacen en las aulas y/o en los diversos escenarios donde se lleva a cabo la formación en las instituciones. No es sólo el proyecto educativo sino su desarrollo práctico lo que importa; el currículo se compone de las diversas formas de diseñar las acciones para el aula, a partir de una mirada que contextualice la educación en general y las prácticas pedagógicas en particular, pues en él convergen diversidad de prácticas que se interrelacionan: didácticas, administrativas, económicas,

sociales, políticas, detrás de las cuales subyacen esquemas de racionalidad, creencias, valores e ideologías. SACRISTÁN, G. J. (2002).

Un docente cuando diseña la acción, tiene en cuenta cinco aspectos básicos:

1. Considera que aspecto del currículo piensa cubrir con las actividades o con la secuencia de las mismas.
2. Piensa en los recursos de que dispone: laboratorios, biblioteca, libros de texto, cuadernos de trabajo, objetos diversos.
3. Determina el tipo de intercambios personales que se realizarán para organizar la actividad de acuerdo con ello: trabajo individual o en grupo.
4. Organiza la clase para que todo sea posible: disposición del espacio, horario, aprovechamiento de recursos.
5. Intuye que de la actividad se deriva un proceso educativo, es una razón inherente al repertorio de actividades que constituyen el estilo didáctico de los profesores, su acervo profesional práctico.

El contexto curricular en el que va a tener lugar el estudio, tiene su origen en el decreto 1860 del 5 de agosto de 1994, donde se reglamenta de manera parcial la Ley 115 del mismo año, en los aspectos pedagógicos y organizativos generales. Para ello se hace necesario describir el proceso evolutivo de las normas en materia de currículo que ha sufrido la educación en Colombia para comprender el momento educativo en su aspecto básico.

**§ Características del nuevo currículo.**

La programación curricular para los niveles de educación preescolar, básica (primaria y secundaria), media vocacional e intermedia, debían ceñirse a los fines del sistema educativo colombiano. Este Decreto estableció como fines los siguientes<sup>4</sup> :

- Contribuir al desarrollo equilibrado del individuo y de la sociedad sobre la base del respeto por la vida y por los derechos humanos.
- Estimular la formación de actitudes y hábitos que favorezcan la conservación de la salud física y mental de la persona y el uso racional del tiempo.
- Promover la participación consciente y responsable de la persona como miembro de la familia y del grupo social y fortalecer los vínculos que favorezcan la identidad y el progreso de la sociedad.
- Fomentar el desarrollo vocacional y la formación profesional de acuerdo con las aptitudes, actitudes y aspiraciones de la persona y las necesidades de la sociedad inculcando el aprecio por el trabajo cualquiera que sea su naturaleza.
- Fomentar en las personas el espíritu de defensa, conservación, recuperación y utilización racional de los recursos naturales y de los bienes y servicios de la sociedad.
- Desarrollar en la persona la capacidad crítica y analítica del espíritu científico, mediante el proceso de adquisición de los principios y métodos en cada una de las áreas del conocimiento para que participe en la búsqueda de alternativas de solución a los problemas nacionales.
- Promover en la persona la capacidad de crear, adoptar y transferir la tecnología que se requiere en los procesos de desarrollo del país.

---

<sup>4</sup> Ministerio de Educación Nacional Decreto 1419 del 17 de julio de 1978

- Fomentar el desarrollo de actitudes y hábitos permanentes de superación que motiven a la persona a continuar la educación a través de su vida.
- Fomentar el estudio de los propios valores y el conocimiento y respeto de los valores característicos de los diferentes grupos humanos.
- Estimular el desarrollo de la mente, la capacidad de apreciación estética y propiciar un ambiente de respeto por las diferentes creencias religiosas.
- Formar una persona moral y cívicamente responsable. « El Decreto 1419 de 1978, también es claro al establecer unas características del nuevo currículo, con el fin de garantizar el logro de los fines propuestos (arriba descritos), al determinar que el currículo debe conducir a una acción educativa que responda a características específicas como son:
  - El proceso educativo debe estar centrado en el estudiante, para que éste se desarrolle armónica e integralmente como persona y como miembro de la comunidad.
  - Los programas educativos deben mantener el equilibrio entre conceptualización teórica y aplicación práctica del conocimiento.
  - La programación curricular debe constituir un sistema dinámico que concorra a la formación personal y a la integración social.
  - El proceso educativo debe promover el estudio de los problemas y acontecimientos actuales de la vida nacional e internacional.

El Decreto 1419/78 marcó de manera profunda los procesos educativos, estableciendo unos fines, unas características específicas del currículo, unos componentes curriculares en los programas, aspectos que posteriormente serían retomados por la Ley 115/94 y que rigen el quehacer educativo en el momento histórico en el que nos encontramos.

En el diseño, experimentación y aplicación de los programas curriculares se debían tomar en cuenta características de: flexibilidad, graduación, integridad, secuencia, unidad, y

equilibrio de acuerdo con los objetivos educacionales que se perseguían en cada nivel, área o asignatura.<sup>5</sup>

A raíz de la Renovación Curricular, y por razones prácticas que conviene tener presente, se dan algunas situaciones y eventos que surgen como inquietud a partir de ésta, es así como en 1981 los Grupos de Trabajo Académico (GTA) del Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior (ICFES), propusieron que en todas las Universidades con Facultades o Departamentos de Educación se estudiaran los programas de la Renovación Curricular correspondiente a las áreas de Matemática y Ciencias Naturales.

Con el Decreto 1002 del 24 de abril de 1984, se culmina el largo proceso de experimentación curricular que se ha cumplido en el país desde mediados del 70. La Educación Básica fue organizada en nueve grados: cinco de Básica Primaria y cuatro de Básica Secundaria (6ª y 9ª) la Educación Media Vocacional dos grados (10ª y 11ª)

A partir de esta norma, lo que hasta ese momento era un experimento en un número limitado de planteles, se extendió a todos los centros educativos del país. El objetivo del Decreto fue establecer el nuevo Plan de Estudios para la educación preescolar, básica (primaria y secundaria), y media vocacional, en todos los centros educativos de educación formal del país.

Este Decreto definió el Plan de Estudios, como “el conjunto estructurado de definiciones principios, normas y criterios que, en función de los fines de la educación, orienta el proceso educativo mediante la formulación de objetivos por niveles, la determinación de áreas y modalidades, la organización y distribución del tiempo y el establecimiento de lineamientos metodológicos, criterios de evaluación y pautas de aplicación y administración.

---

<sup>5</sup> Ministerio de Educación Nacional Decreto 1419 del 17 de julio de 1978

Respecto a los objetivos que se establecen para los distintos niveles, llama la atención la importancia que se le concedió a la familia y a la comunidad en el logro de los fines del sistema educativo.

El Decreto 1002/84, define como áreas de formación, el conjunto estructurado de conceptos, habilidades, destrezas, valores y actitudes afines, relacionados con un ámbito determinado de la cultura, anteriormente desglosados en materias y asignaturas. Esta nueva clasificación propicia el trabajo de integración por áreas que fue planteado en la Renovación Curricular. Las áreas comunes para la educación básica primaria son:

- Ciencias Naturales y Salud
- Ciencias Sociales
- Educación Estética
- Educación Física, Recreación y Deporte
- Español y Literatura
- Matemáticas.

En la educación básica secundaria además de las áreas anteriores, se incluyen como áreas comunes la de la Educación en Tecnología y la correspondiente a un idioma extranjero. Se entiende por Educación en Tecnología la que tiene por objeto la aplicación racional de los conocimientos, la adquisición de habilidades y destrezas que contribuyan a una formación integral, en aras de facilitar la articulación entre educación y trabajo, permitiendo al estudiante utilizar de manera efectiva los bienes y servicios que le ofrece el medio.

En la educación media vocacional se continúan desarrollando las áreas de la educación básica secundaria y se adicionan la de Filosofía como área común, y las áreas propias de la o las modalidades elegidas.

Como elemento importante del proceso de aprendizaje, se organizan en los centros educativos actividades complementarias a cada área o grupo de áreas, en función de los intereses y necesidades de los estudiantes y de la comunidad.

Otro aspecto a resaltar del Decreto es la orientación escolar, considerada como un proceso inherente del proceso de aprendizaje, necesario en todas las áreas y grados, que debía facilitar a los estudiantes la interpretación, integración y proyección de sus experiencias, en función de su desarrollo personal y social.

Además, como parte de la orientación escolar, es considerada necesaria la orientación vocacional dentro del proceso, con el fin de facilitar al estudiante el conocimiento de sus aptitudes, actitudes e intereses; de las necesidades de la comunidad y de las oportunidades que le ofrece el medio, con el fin de que el joven pudiese tomar decisiones responsables sobre su futuro.

A partir del Decreto 1002/84 se establece que no se autorizarán jornadas continuas en los centros educativos del país, y que los ya existentes serían objeto de evaluación para efectos de legalizar cada una de las jornadas o el regreso a la jornada completa ordinaria.

#### § **Cambios a partir de la ley general de educación.**

La Ley 115/94 desarrolla lo preceptuado en el artículo 67 de la Constitución Política de Colombia de 1991, en lo que a responsabilidades compete a la educación y ampliando su accionar en la sociedad colombiana. La Ley General de Educación y el Decreto 1860/94, en congruencia con la Carta Magna, se proponen organizar el servicio educativo y ofrecer una educación de calidad.

Es así como se siguen las directrices constitucionales consignadas en el Artículo 67 donde se establece que la educación es un derecho de la persona y un servicio público, que tiene una función social, señalando como responsables al estado, a la sociedad y a la familia, también expone que la educación será obligatoria entre los 5 y los 15 años de edad y que comprenderá como mínimo, un año de preescolar y nueve de educación básica.

El Artículo 44 de la Constitución Política establece la educación como un derecho fundamental de los niños y como tal, debe ser reglamentada mediante una Ley Estatutaria. La Ley 115 de 1994 reglamenta el servicio educativo que comprende el conjunto de normas jurídicas, los programas curriculares, la educación formal, no formal e informal, los establecimientos educativos, las instituciones sociales con funciones educativas, culturales y recreativas, los recursos humanos, tecnológicos, metodológicos, materiales, administrativos y financieros, articulados en procesos y estructuras para alcanzar los objetivos de la educación.

Señala las normas generales para regular el Servicio Público de la Educación que cumple una función social, de acuerdo con las necesidades e intereses de las personas, de la familia y de la sociedad; se fundamenta en los principios de la Constitución Política sobre el derecho a la educación que tiene toda persona, en las libertades de los procesos de enseñanza, aprendizaje, investigación, cátedra y en su carácter de servicio público.

Además plantea que el servicio educativo será prestado en las instituciones educativas del Estado, las privadas, en instituciones educativas de carácter comunitario, solidario, cooperativo o sin ánimo de lucro y que corresponde al Estado, a la Sociedad, y a la Familia, velar por la calidad de la educación, y que es responsabilidad de la Nación y de las Entidades Territoriales garantizar su cubrimiento.

#### § **El currículo en el área de ciencias**

Limitándose al estudio del currículo del área de Ciencias Naturales, se pueden identificar los siguientes aspectos, que lo definen a partir de los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales, en el marco del Plan de Desarrollo del año 2003<sup>6</sup>, que lidera el Ministerio de Educación Nacional dentro del contexto educativo:

---

<sup>6</sup> Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. Formar en ciencias. Lo que necesitamos saber y saber hacer ¡el desafío!. 2004

*“Vivimos una época en la cual la ciencia y la tecnología ocupan un lugar fundamental en el desarrollo de los pueblos y en la vida cotidiana de las personas. Ámbitos tan cruciales de nuestra existencia como el transporte, la democracia, las comunicaciones, la toma de decisiones, la alimentación, la medicina, el entretenimiento, las artes e, inclusive, la educación, entre muchos más, están signados por los avances científicos y tecnológicos. En tal sentido, parece difícil que el ser humano logre comprender el mundo y desenvolverse en él sin una formación científica básica”.*

*“En la sociedad actual la ciencia es un instrumento indispensable para comprender el mundo que nos rodea y sus transformaciones, así como para desarrollar actitudes responsables sobre aspectos ligados a la vida y la salud, y los referentes a los recursos y el medio ambiente. Es por ello que los conocimientos científicos se integran en el saber humanístico que debe formar parte de la cultura básica de todos los ciudadanos”.*

Esta visión de la ciencia es la que aparece recogida en los objetivos generales del área que, en resumen, pretenden que los estudiantes tengan un conocimiento de la ciencia, y su metodología, útil para interpretar los procesos naturales y poder aplicarlos en su vida diaria.

En cuanto a los Lineamientos en Ciencias Naturales y Educación Ambiental propone dos ejes fundamentales para el desarrollo de las competencias en esta área, así:

Procesos de pensamiento y acción que, a su vez, se abordan desde tres aspectos fundamentales:

- cuestionamiento, formulación de hipótesis y explicitación de teorías;
- acciones que ejecuta el estudiante para alcanzar lo anterior;
- reflexión con análisis y síntesis que permite al estudiante entender a cabalidad para qué le sirve lo aprendido.

Conocimiento científico básico que desarrolla a partir de:

- relaciones biológicas;

- relaciones físicas;
- relaciones químicas, todas ellas abordadas desde la básica primaria.

Como seguidamente se podrá observar, esta estructura es similar a la manejada en los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales, así:

Todo aquello referido en los lineamientos a los procesos de pensamiento y acción (cuestionamiento, formulación de hipótesis, explicitación de teorías, reflexión, análisis y síntesis) ha sido retomado en la primera columna de los estándares, llamada “me aproximo al conocimiento como científico natural”.

Por su parte, en la segunda columna de los estándares, manejo conocimientos propios de las ciencias naturales, se encuentran las acciones directamente relacionadas con el conocimiento científico al que hacen mención los lineamientos. Es preciso resaltar que en los estándares se están trabajando de manera integral, desde el primer grupo de grados, física, química y biología.

De manera adicional, los lineamientos proponen construir valores en el salón de clase de ciencias, sin que esto se desarrolle a fondo y plantean que la finalidad del área de ciencias naturales y educación ambiental es desarrollar en los estudiantes competencias básicas a través de los siguientes procesos formativos: investigación científica básica, formación de conciencia ética sobre el papel de las ciencias naturales en relación con el ambiente y a la calidad de vida y, finalmente, la formación para el trabajo.

Así entonces, en los estándares se hace explícita la necesidad de integrar el compromiso al trabajo científico a través de la tercera columna, denominada desarrollo compromisos personales y sociales.

Se finaliza esta revisión del currículo de las Ciencias Naturales con la idea central de lo que debería ser. Ésta se recoge, con algunas diferencias en su concreción, en cada uno de los documentos que lo desarrollan. Aquí se presenta lo más cercano al material original lo que debe ser el currículo en ésta área:

*“El currículo de las Ciencias Naturales debe de corresponderse con la naturaleza de la ciencia, como actividad constructiva y en proceso, en permanente revisión. Esta concepción de la ciencia debe estar acompañada de un planteamiento didáctico que realce el papel activo y de construcción cognitiva del aprendizaje de la misma. En ese proceso, desempeñan un papel importante los preconceptos, suposiciones, creencias y, en general, referencias y marco teóricos previos de referencia, de los estudiantes, ya que éstos suelen construir el conocimiento a partir de sus ideas y representaciones. La enseñanza de las Ciencias Naturales debe promover cambio o evolución de las ideas mediante diversas actividades programadas al interior del aula. El docente no debe ser un transmisor de conocimientos elaborados, debe ser un actor que plantea interrogantes y sugiere actividades, y el estudiante debe dejar de ser un receptor pasivo y convertirse en el constructor de conocimientos de su propio contexto. Ya en lo particular, el currículo del área debe contribuir para que los discentes tengan la capacidad de aprender de manera más autónoma, para lo cual se hace necesario propiciar en ellos la reflexión y autocrítica sobre su propio proceso de aprendizaje”<sup>7</sup>.*

Todo este recorrido por el currículo de ciencias permite asegurar que la propuesta llevada a cabo en el aula, mediante este Trabajo de Grado, se enmarca dentro del contexto curricular actual, bajo una concepción constructivista y una metodología de resolución de problemas bajo un enfoque educativo que resalte las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad.

Sin embargo, la realidad es otra y parece indicar que algo falla en este sistema educativo. Las diversas modificaciones curriculares y, en especial, las ideas que se están barajando desde la última propuesta de mejora de la calidad educativa (Decreto 230 del 11 de febrero de 2002), pretenden resolver los problemas que se están detectando en el día a

---

<sup>7</sup> Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. Formar en ciencias. Lo que necesitamos saber ysaber hacer ¡el desafío!. 2004

día de la práctica docente: falta de motivación del alumnado y del profesorado, graves problemas de disciplina en el aula, pobres resultados académicos.

En cuanto a los resultados académicos en el área de ciencias se cuenta con datos nada halagüeños recogidos tanto en informes nacionales como internacionales, ejemplo de ello los resultados del Estudio Internacional de Ciencias y Matemáticas, TIMSS, realizado en el año 2007<sup>8</sup> con la participación de 45 países y en el que Colombia y El Salvador fueron los únicos países latinoamericanos ocupando el antepenúltimo puesto, después de Argelia, cabe anotar que nuestro país también participó en TIMSS 1995, junto a un grupo de 45 países, y se evaluaron estudiantes de séptimo y octavo grados. Los resultados de ese año son la línea de base a partir de la cual se hicieron comparaciones que permitieron establecer los avances del país en octavo grado. El estudio revela notables diferencias en desempeños relacionados con el razonamiento abstracto, la solución de problemas y la comunicación escrita, al extremo de que solamente el 15 % de los estudiantes de grado octavo respondieron las preguntas que exigían razonamiento abstracto, en tanto que únicamente el 5,6 % pudo describir y discutir los resultados; menos de la tercera parte de los estudiantes colombianos respondió correctamente preguntas que exigían teorización, análisis y solución en problemas de ciencias. Una prueba específica demostró su poca habilidad para resolver problemas prácticos cercanos a la vida real en los que se involucra uso de instrumentos y equipos.

Las acciones descritas se suman a los innumerables esfuerzos que algunas de las Entidades Territoriales han insistido en su preocupación por alcanzar los resultados del servicio educativo en el nivel de básica, faltando por supuesto muchos más, con el interés de no solamente identificar y acopiar mayores y mejores indicios que permitan, con mayor confiabilidad y contundencia, aproximarse a una valoración más objetiva del estado de la calidad de la educación colombiana en sus niveles de preescolar, básica y media.

---

<sup>8</sup> ICFES. Resultados de Colombia en TIMSS 2007. Bogotá, D.C., diciembre de 2010. pp 359

## La metodología de resolución de problemas (MRP)

Este trabajo pretende dar solución o respuesta a un interrogante como es: ¿Cómo enseñar la Genética de una manera diferente para que los estudiantes, no solo mejoren sus resultados basados en planteamientos teóricos, sino que alcancen una alfabetización científica significativa? La propuesta del TG, está centrada en la utilización de esta metodología puntual de resolución de problemas en el área de las ciencias naturales, específicamente genética, buscando mejorar el aprendizaje y aplicar un enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad (C-T-S).

Tradicionalmente, los conocimientos de la biología se han contemplado y se han transmitido como una colección de hechos, principios, leyes, reglas e interacciones lógicas. Sin embargo, este tipo de enseñanza es considerada, por algunos autores, inferior (STENHOUSE, L., 1987) si se la compara con aquella que induce a los estudiantes al conocimiento, teniendo como propósito la comprensión. Además, actualmente la rápida evolución que está sufriendo esta disciplina la convierte en una ciencia muy dinámica donde continuamente surgen problemas y preguntas de interés tanto científico como social, cuya solución puede resultar muy difícil. En este contexto, la enseñanza de la biología, requiere el uso de estrategias que faciliten la comprensión y capaciten al estudiante para la resolución de problemas. La comprensión es, sin duda, el objetivo principal de la enseñanza y aunque resulte problemático epistemológicamente conceptualizar qué es lo que constituye la comprensión respecto de cualquier área de conocimiento, se podrá evidenciar por la capacidad de operar bien conforme a unos criterios, seleccionando de forma adecuada información, estrategias, algoritmos, etc., para un fin común, es decir, por la capacidad de resolver problemas.

De hecho, desde mediados de los años setenta, el desarrollo curricular en su preocupación por los procesos de la enseñanza de las ciencias experimentales señala la resolución de problemas como proceso clave en la educación (GARRET, R.M., 1988). El uso de problemas se considera un componente vital de la enseñanza de las ciencias (LARKIN, J.H., 1980, GARRET, R.M. 1988).

En este nuevo marco de la enseñanza están surgiendo trabajos en el área de la resolución de problemas que aconsejan qué “problemas” pueden ser utilizados y cómo deben ser organizados (GIL, D. y MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., 1983; GIL, D., 1983) y el papel de la resolución de problemas en la estrategia de enseñanza (GARRET, R. M. 1988).

## **Soluciones desde la didáctica de las ciencias.**

Haciendo una mirada desde el campo de la Didáctica de las Ciencias la pregunta que debe surgir al igual que al principio de este capítulo: ¿Qué es un problema? y para ser mucho más concreto:

### **§ ¿Qué es un problema para los estudiantes?**

La respuesta a este interrogante podría presentarse con los siguientes conceptos: un problema para los estudiantes es cualquier situación ya sea, cualitativa o cuantitativa, que se le diseña dentro del contexto escolar y a la cual deben presentar una solución coherente y contextualizada. GIL, D. y MARTÍNEZ-TORREGROSA, J., 1983

Ciertos expertos se inclinan por una definición más perfilada a la investigación por lo tanto lo definen como una tarea que, de entrada, no tiene solución evidente, y como consecuencia exige investigación.

Ya en el contexto de la enseñanza, el objetivo se traza en adjudicar tareas que permitan al estudiante aprender contenidos en un sentido amplio de la palabra: contenidos que pueden ser conceptuales, procedimentales y actitudinales. Otro asunto de gran importancia dentro del marco educativo es que un problema, cualquiera que este sea, fue hecho para que el discente lo resuelva, y en esta línea hay que destacar, por sus implicaciones didácticas, que lo que es para los estudiantes es un problema para el docente es un ejercicio en el sentido de que él ya conoce la solución, al igual que el procedimiento a seguir para llegar a su solución.

Ya con estos preceptos las posibles preguntas a formular son:

- ¿Por qué se realizan actividades de resolución de problemas?

- ¿Cómo se aprende, y en consecuencia, como se puede enseñar a resolver problemas dentro de un área de contenido específico como por ejemplo la genética?

Esta es la pregunta clave cuya respuesta ha representado para los profesores e investigadores en Didáctica de las Ciencias un auténtico “problema”. Desde este campo y concretamente desde el de la Didáctica de las Ciencias, donde se centra el Trabajo de Grado, se han llevado a cabo numerosas investigaciones tanto para profundizar sobre como los estudiantes resuelven problemas como para evaluar la eficacia de propuestas metodológicas concretas encaminadas a favorecer la resolución. Una descripción detallada de estos estudios se describe a continuación.

### **Perspectivas sobre la resolución de problemas en el campo de las ciencias**

El número de trabajos sobre resolución de problemas, aún circunscribiéndonos a los de la enseñanza de las Ciencias, es extraordinariamente elevado, pero particularmente en el área de biología, son escasos, por ello se hará una mirada a los trabajos desarrollados en el área de la Física dentro de la cual se ha hecho un esfuerzo notable debido por una parte, al alto nivel de desarrollo teórico y práctico de esta disciplina y por otra, a su relación con el mundo que nos rodea. EYLON, B.S y LINN, M.C. (1988) sintetizan estas ideas cuando afirman:

“La resolución de problemas en un dominio como la Física tiene la ventaja de tener características del mundo real al mismo tiempo que está asociada a un dominio de conocimiento bien estructurado (los principios de la Física) y unos procedimientos bien definidos de la resolución de problemas (EYLON, B.S y LINN, M.C. 1988, p 273)”.

Existen diferentes criterios a la hora de clasificar los problemas de investigación. Un intento muy clarificador fue el desarrollado por GARRET, R. M. (1988) bajo el título “*Resolución de problemas y creatividad: implicaciones para el curriculum de ciencias*” (1988), donde el autor realizó una concienzuda revisión de la literatura publicada, cerca de 200 referencias bibliográficas (indicando país y década en que se han realizado), tanto en el campo de la Didáctica de las Ciencias como en el de la Psicología del aprendizaje.

Con ánimo de poner orden en este extenso campo, y en opinión del autor desorganizado, GARRET, R. M. (1988) ha realizado la siguiente clasificación.

1. Métodos de investigación es decir procedimientos para obtener datos: entrevistas individuales, análisis de protocolos, estudio de casos.
2. Propuestas de investigación: perfeccionamiento en la resolución de problemas, estudios sobre la naturaleza de la citada resolución, exploraciones de la relación entre resolución de problemas y otros factores.
3. Tipos de tareas: crucigramas, problemas, contexto del problema.
4. Variables del sujeto que van a influir en la resolución del problema: estilos cognitivos, nivel de desarrollo, coeficiente de inteligencia, actitud, sexo.

Termina GARRET, R. M. (1988) este interesante aporte haciendo un llamado a los docentes en el sentido de que profundicen en la comprensión del concepto de “resolución de problemas” con el fin de clarificar la confusión sobre que entender como tal y determinar como consecuencia cuales son las variables más influyentes en el proceso.

### **Propuestas metodológicas para la enseñanza de la resolución de problemas en las ciencias**

Cuando se plantea la propuesta metodológica resolución de problemas, el interés se centra en la perspectiva constructivista, y en especial en el tipo de problema que permite la construcción de conocimiento por parte del estudiante y qué tipo de habilidad tiene que desarrollar para resolverlos, e identificar las dificultades que presentan los estudiantes en este aprendizaje.

#### **§ Ejemplos de problemas**

Las diversas actividades escolares, que se pueden considerar como problemas; debido a que el estudiante debe aplicar unos conocimientos o estrategias para llegar a una solución, reciben diferentes denominaciones, como: problemas cotidianos, ejercicio, trabajos prácticos, trabajos de investigación, problemas de lápiz y papel, experiencias de

laboratorio, problemas tecnológicos, problemas científicos, problemas abiertos, problemas cerrados, etc.

En algunos casos, los términos anteriormente citados, se refieren al contexto en el que se desarrolla la actividad, al tipo de solución que se espera, al planteamiento de la situación o al tipo de procedimientos que se van a utilizar en la resolución. Todos ellos se circunscriben al modelo didáctico llevado en la práctica de la enseñanza. En un trabajo reciente, partiendo de los diferentes modelos didácticos, se hizo un análisis del tipo de situaciones problemáticas abordados en cada uno (FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, J.; ELORTEGUI, N.; RODRÍGUEZ, J.; Y MORENO, T., 2001). En el cuadro 1 se plantea la correlación entre modelos y problemas y se adjunta el ejemplo para ilustrar:

Como se había planteado, un problema se define por el proceso de resolución que debe seguir la persona que intenta llegar a su solución. Las diferentes modalidades y denominaciones de situaciones problemáticas se diferencian precisamente en este aspecto. De tal forma, que se debe distinguir entre aplicar la memoria o la reproducción de algoritmos hasta desarrollar estrategias creativas, modelo constructivista; es decir, desde problemas más cerrados, o ejercicios puzzle<sup>9</sup>, a más abiertos (GARRETT, R.M., 1988); o, según FRAZER (1982) citado por JESSUP, M. (1998), desde problemas artificiales a problemas reales o verdaderos. Para Frazer, los problemas artificiales son aquellos que tienen una o varias soluciones posibles, y los problemas reales, aquellos en los que la solución no es evidente y cuya resolución requiere de estrategias y comportamientos adicionales. FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, J. y otros (2001).

---

<sup>9</sup> Un puzzle o puzle puede referirse a: Un rompecabezas, un juego en el que hay que armar una figura. Un crucigrama o juego de palabras cruzadas. Un puzzle compacto es un autodefinido o crucigrama compacto. Un acertijo lógico, especie de adivinanza. Un juego de ingenio, como el sudoku o el cubo de Rubik.

**Cuadro 1. Relación entre modelos didácticos y ejemplos de situaciones problemáticas que se trabajan en el aula (Elaborado a partir de cuadros informativos recogidos en Fernández González y otros, 2001).**

MODELOS	¿QUÉ ES UNA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	EJEMPLOS
<b>TRANSMISOR</b>	Dificultad teórica que se resuelve utilizando uno o varios algoritmos.	Una bombilla de 40W se conecta a una corriente de 220V: a) Calcula la intensidad de la corriente que la atraviesa. b) Calcula la resistencia de la bombilla. c) Dibuja la bombilla y señala sus partes
<b>TECNOLÓGICO</b>	Dificultad teórica o práctica que se resuelve utilizando algoritmos o experiencias de laboratorio.	Una bombilla de 40 W y 110 V se funde al conectarla a una corriente de 220V: a) Calcula la intensidad de corriente que la ha fundido. b) Calcula qué resistencia debería ponerse en serie con la bombilla para que ésta no se funda. c) Dibuja un esquema del circuito
<b>ARTESANO</b>	Dificultad que se resuelve aplicando estrategias no formalizadas, espontáneas o "caseras".	Una bombilla de 220 V y 60 W se funde. En un supermercado encuentras dos bombillas: una de 110 V y 60 W a 90 Pesos. y, otra de 220 V y 45 W a 100 Pesos. a) ¿Qué bombilla comprarías? b) ¿Qué pasaría con la otra bombilla que no has elegido? c) ¿Cuál de ellas emite más luz?
<b>DESCUBRIDOR</b>	Dificultad que se resuelve a partir de actividades de investigación libre o dirigida.	Una bombilla se conecta a una corriente: a) ¿Qué características deben tener la corriente y la bombilla para que ésta no se funda? b) Investiga todos los factores que determinan que la

		bombillase funda
<b>CONSTRUCTIVISTA</b>	Dificultad que se resuelve de forma múltiple, de acuerdo a las variables y diseños establecidos por el estudiante.	<p>¿Se fundirá una bombilla al encenderla?</p> <p>a) Realiza un estudio sobre este caso.</p> <p>b) Analiza la influencia de los materiales que forman la bombilla en relación con su rendimiento.</p>

Cabe resaltar que éste trabajo que se viene mencionando fue realizado en el campo de la Biología, y más concretamente en el estudio de la Genética, donde de manera tradicional, los conocimientos de la Biología se han transmitido de forma descriptiva, como un gran conjunto de datos, principios y leyes. A diferencia de la enseñanza de las otras ciencias experimentales, la finalidad de los datos teóricos no es el de conocer algunos algoritmos con los que se puedan resolver problemas. Los interrogantes o ejercicios que suelen presentar los docentes de Biología, o aún los mismos textos, que normalmente al finalizar la exposición de unos determinados contenidos teóricos, buscan el refuerzo de lo aprendido (Ejemplos: “¿Qué organismos poseen células eucariotas?”, “¿Qué relación interespecífica se establece entre un chamón y sus padres adoptivos, los cucaracheros?”), o la capacidad de utilizar datos y razonar (Ejemplos: “¿Qué le ocurre a un glóbulo rojo si se encuentra en una solución hipotónica?, ¿le ocurrirá lo mismo a una célula vegetal?”).

El trabajo con resolución de problemas en Biología surge en los contenidos de Genética, y en determinados aspectos de Ecología y Bioquímica. Los problemas de Ecología y Bioquímica siguen el modelo de los problemas de Matemáticas en los que hay que aplicar un algoritmo. Son ejercicios en los que hay que calcular producciones de un ecosistema, o el porcentaje de alguna sustancia que interviene en una reacción o en un proceso (Ejemplos: “A partir de los datos sobre la cantidad de alimentos ingeridos, asimilados y no, los gastos en respiración, así como la productividad secundaria de dos especies A y B, ¿en cuál de las dos es mayor la productividad?” “Se ha analizado la composición de bases nitrogenadas de una molécula de ADN. El 20% de estas bases son Adenina,

¿puedes indicar los porcentajes de Citosina, Guanina y Timina que presenta esta molécula?”).

En el ámbito de la Genética se trabaja de forma habitual con problemas cuyo fin es el aprendizaje de las leyes de la herencia. La clasificación que se utiliza para identificar los distintos tipos de problemas es la realizada por STEWART (1988) en AYUSO, E.; BANET, E. Y ABELLÁN, T. (1996); BANET, E. Y AYUSO, E. (1995). Este autor diferencia dos grandes grupos de problemas, causa-efecto y efecto-efecto, que se podrían plantear dentro de la clasificación más amplia de situaciones problemáticas que se han recopilado anteriormente.

Características de los tipos de problemas de Genética, según AYUSO, E.; BANET, E. Y ABELLÁN, T. (2002):

Los problemas causa-efecto, son problemas donde se conocen los datos (genotipos, tipo de herencia) y se busca una determinada solución (proporción de fenotipos de la herencia y sus genotipos); por lo tanto, son problemas cerrados al tener una única solución. Realmente, son ejercicios o puzzles donde se trata de completar un rompecabezas a partir de sus piezas. Estos problemas se realizan en un contexto de comprobación de unos conocimientos, y se resuelven aplicando algoritmos. Un ejemplo de este tipo de problemas sería: “El daltonismo es un carácter recesivo localizado en el cromosoma X. Un hijo varón con visión normal, ¿puede tener una madre daltónica?, y ¿un padre daltónico?”

Los problemas efecto-efecto, son problemas donde para encontrar su solución se debe razonar desde los efectos (fenotipos que se observan) a las causas (posibles genotipos), llegando a identificar el modelo de herencia implicado. Estos problemas son más abiertos (algunos de ellos pueden tener más de una solución y el enunciado no aporta todos los datos), y se pueden considerar problemas verdaderos. Estos problemas se realizan en un contexto de aprendizaje porque implica que el estudiante ponga en juego sus conocimientos, aventure hipótesis y aplique diversas estrategias de resolución. En cuanto a la forma de resolverse los estudiantes no utilizan de forma inmediata algoritmos y por lo tanto podríamos identificarlos como basados en procesos de investigación. Dentro de este tipo de problemas se podrían identificar otros dos tipos según la información de partida de

los estudiantes y las estrategias de resolución que se potencian: a partir de un árbol genealógico dado y totalmente abiertos.

§ **Las dificultades que se presentan en el proceso de enseñanza-aprendizaje, con la metodología de resolución de problemas.**

En los múltiples estudios, sobre la aplicación de ejercicios de resolución de problemas, al interior del aula de clase, se ha constatado el alto índice de fracaso que se produce cuando los estudiantes tienen que realizar este tipo de tareas (GARCÍA, J.J., 2000; GIL, D.; MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. y PEREZ, S.,1988b; OÑORBE, A. y SÁNCHEZ JIMENEZ, J. M., 1996; REIGOSA, C. E. y JIMÉNEZ, M. P., 2000; SOLAZ PORTOLÉS, J. J. y SANJOSÉ LÓPEZ V., 2006) y se han identificado una serie de dificultades en el proceso de enseñanza-aprendizaje que pueden condicionar dichos resultados.

OÑORBE, A. y SÁNCHEZ JIMENEZ, J.M. (1996), identificaron una serie de obstáculos en el proceso de enseñanza-aprendizaje en problemas tradicionales de Física y Química, desde el punto de vista de los docentes y de igual manera en discentes. Los resultados más relevantes, a partir de las encuestas que se realizaron a estos dos protagonistas, se describen en el cuadro 2.

**Cuadro 2. Dificultades que presentan tanto los docentes como los estudiantes en los ejercicios de resolución de problemas**

DOCENTES	DISCENTES
<p>Problemas mal diseñados</p> <p>Carencia de estrategias de resolución de problemas</p> <p>Factores externos: tiempo, aula</p> <p>Falta de preparación didáctica</p> <p>Falta de comprensión de lo que es la resolución de problemas</p>	<p>Problemas excesivamente complicados</p> <p>Carencia de estrategias de resolución de problemas</p> <p>Problemas de memoria más que de cálculo</p> <p>Asocian la aplicación de la teoría y la forma de resolver problemas</p>

Estas encuestas revelaron que los docentes dan gran importancia a la falta de trabajo e interés de los estudiantes, así como a los fallos en operaciones básicas. Esto hace que el gremio docente se interrogue así mismo; qué se está haciendo mal para que tengan tantas dificultades en la resolución de problemas. No se puede alcanzar el éxito en una tarea si no se tienen en cuenta todos los aspectos como el cognitivo, afectivo, diseño de problemas, estrategias de enseñanza, entre otros.

Basado en lo anterior, se hará una revisión de estas dificultades incluyéndolas en los siguientes puntos:

- Dificultades para los discentes: aspectos cognitivos, afectivos y de contexto.
- Dificultades para el docente: diseño de problemas, enseñar a resolverlos y evaluación de los mismos
- Dificultades para el estudiante: Aspectos cognitivos, afectivos y de contexto

- Ante estas caracterizaciones, a continuación se retoman los criterios de clasificación que planteó VARELA, M<sup>a</sup>. P. (1994) de los distintos tipos de obstáculos que se puede encontrar quien vaya a resolver un problema:

Obstáculos psicológicos como:

- Necesidad de perseverancia y concentración
- Disposición y actitud positiva hacia la realización y el éxito
- Motivación y sentido de la competición
- Estrategias sociales y de cooperación
- Hacer frente a la ansiedad e inseguridad

Cambios en el conocimiento y comprensión como:

- Capacidad para reconocer y conceptualizar el problema
- Marco adecuado de conocimientos base
- Percepciones correctas o incorrectas sobre el contexto del problema
- Poca, o a veces demasiada, información sobre el problema
- Nivel de complejidad o abstracción del problema
- Apreciación de los modelos, analogías, metáforas y sus respectivos límites
- Nivel de las representaciones simbólicas involucradas
- Nivel de creatividad requerido

La necesidad de estrategias como:

- Aproximación metodológica a la experimentación
- Herramientas gráficas Numéricas y de cálculo Manipulativas
- Procesos de información
- Lingüísticas, semánticas

Dificultades para el profesorado.

- Diseño de problemas, enseñar a resolverlos y evaluación de los mismos.

### § **Diseño de problemas.**

La primera dificultad que se puede encontrar un docente al intentar diseñar problemas es cuestionarnos lo que se puede considerar como problema. Desde la perspectiva de trabajo, que está dentro de una concepción constructivista del aprendizaje, los verdaderos problemas son problemas abiertos. Existen propuestas de cómo transformar los ejercicios de Física en problemas prescindiendo de datos numéricos y de información adicional (GARRETT, R. M. et. al., 1990; GIL, D. y MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. 1983; GIL, D.; MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. y PEREZ, S. 1988b), propuesta que puede ayudar o dar ideas en el diseño de los mismos.

Generalizando la elaboración de problemas a cualquier rama de las ciencias experimentales, POZO, J.I. (1994) propone una serie de criterios que permiten convertir las actividades escolares en problemas en vez de en simples ejercicios.

A continuación, se resumen aquellos criterios que se refieren al diseño y elaboración de los problemas abiertos (POZO, J.I., 1994):

- Plantear tareas abiertas, que admitan varias vías posibles de solución e incluso varias soluciones posibles, evitando las tareas cerradas.
- Modificar el formato o definición de los problemas, evitando que el estudiante identifique una forma de presentación con un tipo de problema.

- Diversificar los contextos en que se plantea la aplicación de una misma estrategia, haciendo que el estudiante trabaje los mismos tipos de problemas en distintos momentos del currículo y ante contenidos conceptuales diferentes.
- Plantear las tareas no sólo con un formato académico sino también en escenarios cotidianos y significativos para el estudiante, procurando que el estudiante establezca conexiones entre ambos tipos de situaciones.
- Adecuar la definición del problema, las preguntas y la información proporcionada a los objetivos de la tarea, utilizando, en distintos momentos, formatos más o menos abiertos, en función de esos mismos objetivos.

### § Enseñar a resolver problemas.

El aprendizaje de la resolución de problemas, al igual que cualquier otro aprendizaje, no es una cuestión de transmisión y recepción. Además, no existe la “receta” general, cada problema requiere unas estrategias de resolución y, también, cada estudiante, según su estilo cognitivo, elegirá unas u otras.

En un apartado anterior ya se había indicado la diferencia entre problema y ejercicio, y cómo esto marca distintas pautas de resolución y diferentes actitudes del estudiante hacia uno u otro. La misma reflexión se debe llevar a cabo cuando tanto el docente y el estudiante, se encuentran en la misma actividad, se vislumbran situaciones muy diferentes, aún cuando se trate problemas cerrados.

Cuando se presenta el interrogante del porqué del fracaso en la realización de estas actividades o ejercicios algorítmicos, se olvida, o no se quiere reconocer que para el estudiante ese ejercicio, es la primera vez que lo hace, y no es algo habitual para él/ella, es una situación problemática que no sabe cómo descifrar, y mucho menos como dar una solución.

En el momento de orientar la enseñanza de resolución de problemas, se debe tener muy presente el trabajo de OÑORBE, A. Y SANCHÉZ JIMÉNEZ, J. M. (1996) sobre las diferencias entre el profesor y el estudiante cuando resuelven un problema cerrado en el aula. Ver Cuadro 3.

Si el problema planteado es abierto, es más probable que el estudiante no desarrolle, por sí mismo, mecanismos de resolución; por lo tanto, se hace necesario prepararlo(la) en la resolución de problemas verdaderos. Uno de los problemas, por no decir que es el mayor en la enseñanza de las ciencias, es la gran brecha existente entre las situaciones de enseñanza-aprendizaje y el modo en que se construye el conocimiento científico. Daniel Gil y colaboradores plantean la metáfora del “estudiante como científico novel”, que se integra en un equipo de investigación y desarrolla pequeñas investigaciones bajo la supervisión de un experto, para sugerir el aprendizaje de las ciencias como una investigación dirigida. Para llevarlo a cabo proponen una serie de estrategias (GIL, D. 1993a; GIL, D., 1991):

Se plantean situaciones problemáticas que generen interés en los estudiantes y proporcionen una concepción preliminar de la tarea.

Los estudiantes, trabajando en grupo, estudian cualitativamente las situaciones problemáticas planteadas y, con las ayudas bibliográficas apropiadas, empiezan a delimitar el problema y a explicitar ideas.

Los problemas se tratan siguiendo una orientación científica, con emisión de hipótesis (y explicitación de las ideas previas), elaboración de posibles estrategias de resolución y análisis y comparación con los resultados obtenidos por otros grupos de estudiantes.

Los nuevos conocimientos se manejan y aplican a nuevas situaciones para profundizar en los mismos y afianzarlos.

**Cuadro 3. Diferencias entre la visión del docente y su discípulo frente a un ejercicio cerrado.**  
(Oñorbe, A. y Sánchez Jiménez, J. M. (1996).

PROFESOR	ESTUDIANTE
<p>Presenta un ejercicio del que conoce perfectamente la estrategia de resolución</p> <p>Presenta un método para resolverlo</p> <p>Presenta nuevos ejercicios, con algunas variaciones sobre el inicial</p> <p>Controla el resultado y evalúa</p>	<p>Se enfrenta a un problema del que desconoce la estrategia o algoritmo de resolución.</p> <p>Comprende o memoriza el algoritmo correspondiente</p> <p>Reconoce el problema y lo transforma en ejercicio</p> <p>Se entrena en el algoritmo</p> <p>Es evaluado</p>

En esta misma línea, WHEATLEY, G.M. (1991) citado por LUFFIEGO GARCÍA, Máximo (2001) propone un modelo de aprendizaje de las matemáticas y las ciencias centrado en los problemas que presenta tres componentes:

- **Tareas.** El profesor debe buscar y preparar situaciones problemáticas que sean accesibles, en principio, para el estudiante y que le inviten a tomar decisiones. Deben ser actividades que generen discusión y comunicación, que interesen al estudiante y que se puedan ampliar.
- **Grupos cooperativos.** Los estudiantes deben trabajar en pequeños grupos porque la socialización es uno de los factores que interviene en el desarrollo cognitivo.

- **Interacciones.** Los estudiantes deben tener tiempo para compartir con el resto de la clase los métodos utilizados en la solución del problema, sus ideas y aprendizajes.

Otro factor que afecta al proceso de enseñanza de los procesos de resolución de problemas es que estas actividades requieren una organización del trabajo en el aula y un tiempo de realización que condiciona la elaboración de los materiales curriculares y las unidades didácticas. Resolver un problema lleva tiempo; requiere una comprensión del mismo, el estudiante debe “prepararlo” hasta que pueda formular de nuevo el problema y plantear hipótesis y verificarlas.

### § **La evaluación de los problemas**

La evaluación de un problema verdadero no se puede evaluar de manera única en un resultado final, como si fuese un simple ejercicio, se debe evaluar todo el proceso de aprendizaje. El problema de evaluar el proceso de aprendizaje es la subjetividad que ello podría conllevar si no se marcan unos criterios claros y de manera previa; por ello, en cada problema, hay que establecer los contenidos que se van a trabajar y unos criterios de evaluación que valoren tanto el nivel, como el grado de profundidad con que se hace. De esta forma la evaluación del diseño de la resolución de los problemas será un proceso de mayor objetividad y mucho más útil a la hora de valorar el aprendizaje realizado por los estudiantes. Además, se deben utilizar otras formas de evaluación como la observación en el aula o las entrevistas.

GIL, D.; MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. y PEREZ, S. (1988 b), indican que el fracaso de la resolución de problemas puede encontrarse en los supuestos y presunciones que subyacen en las investigaciones experto/novato, que pretenden encontrar un método de resolución de problemas que se pueda enseñar en el aula. Esta suposición entra de lleno en la transmisión de la información de forma inductivista y en la creación de algoritmos de resolución, algo que va en contra de la verdadera naturaleza de los problemas científicos, conllevando a una serie de errores, tanto en profesores como estudiantes, en la resolución de problemas:

Falta de reflexión cualitativa previa, los problemas se operativizan pronto.

Tratamiento superficial que no se detiene en la clarificación de los conceptos.

Los conceptos no se comprenden de forma que, en vez de favorecer el aprendizaje significativo, se afianzan las ideas previas.

Los autores, ante estos resultados, vuelven a recalcar en la necesidad de dar un tratamiento científico a la resolución de problemas, utilizar nuevos enfoques que se aproximen a la metodología científica. El desarrollo de un modelo de enseñanza-aprendizaje como investigación requiere que las actividades de aprendizaje se aproximen a las de construcción de conocimientos científicos, e incluir la historia y filosofía de la ciencia en el currículo de ciencias. La contribución de la historia, la filosofía y la epistemología, en un aprendizaje significativo de los conceptos científicos, es crucial; puesto que, las concepciones erróneas sobre la naturaleza de las ciencias transmitidas en la enseñanza impiden la correcta construcción de conocimientos (GIL, D., 1993a).

## **Estilos cognitivos: dimensión dependencia-independencia de campo**

ALPORT (1937) fue el primero en expresar el término, "Estilo Cognitivo" para designar los abordajes individuales en la resolución de problemas, recibir y recuperar información memorizada.

Por lo anterior es conveniente, hacer claridad frente a alguna posible confusión que surge cuando se utiliza el término de estilos de aprendizaje y se desea conocer la existencia de diferencias o no con el concepto de estilo cognitivo. Según CABRERA, J.:

*"...a diferencia de los teóricos de la personalidad, los psicólogos de la educación, en lugar del término estilo cognitivo, comenzaron en muchos casos a hacer uso del término estilo de aprendizaje, explicativo del carácter multidimensional del proceso de adquisición de conocimiento en el contexto escolar... lo que condujo a los más diversos enfoques y modelos teóricos con relación al objeto problema en cuestión".*

Y es reiterativo el hecho de hallar un mismo tipo o dimensión de estilo, clasificado en diferentes taxonomías, bien sea que hagan referencia a estilos de aprendizaje o a estilos cognitivos, tal como sucede con los planteamientos de WITKIN y KOLB, entre otros, como autores de amplia prevalencia y de referencia en este tema en particular (LOO, 2002; GUTIÉRREZ et. al, 2003; SIERRA, 2001; APARICIO y SÁNCHEZ LÓPEZ, 1999., entre otros)

Para establecer una definición conceptual de estilo cognitivo, se hace necesario reconocer que ésta tiene una base biológica y otra de tipo cultural. Primero se debe partir de que todos los sujetos se acercan a los objetos de aprendizaje de manera diferente que establece en el individuo un patrón o estilo particular, el cual, según HEDERICH, es la forma como perciben eventos e ideas que afectan tanto los procesos de enseñanza como los de aprendizaje, además de lo social, lo laboral, la toma de decisiones y el trabajo en equipo, pudiéndose también afirmar que el estilo es la manera preferida de responder a la información y a las situaciones, es habitual en el individuo y no es algo que cambie de manera constante.

Estas tendencias en las respuestas, que en marco del tema se reconocen como estilos, son generalmente inconscientes y son asumidas por el individuo como dentro de su propia naturaleza. Por esto, es difícil que cambie su preferencia de respuesta, es decir, que pase de un estilo a otro si antes no ha reconocido y hecho consciente la forma como responde generalmente a las situaciones que se le presentan.

Es útil aclarar lo relacionado a estilos y las estrategias cognitivas. Los primeros están definidos por rasgos estructurales con los que la gente nace, los segundos son formas de procesar la información que pueden ser aprendidos, o bien, los estilos cognitivos reflejan el modo como una persona piensa y las estrategias cognitivas reflejan los procesos utilizados por el aprendiz para responder a las diferentes situaciones de aprendizaje,

donde la información es presentada de diferentes formas. CAVELLUCCI<sup>10</sup>, señala que, cuantas más estrategias tenga un aprendiz, mejores serán sus oportunidades de enfrentar con las diferentes formas en que le es presentada la información en los diferentes escenarios y situaciones de aprendizaje que le corresponde vivenciar.

CABRERA, J., también sugiere, que de acuerdo con los planteamientos de SCHMECK, las estrategias utilizadas para propiciar el aprendizaje, conducen a la creación de un estilo cognitivo (o de aprendizaje) particular, el cual se constituye en una característica de su personalidad

CHEVRIER et. al. Concluyen que " el estilo de aprendizaje no es solamente una serie de opiniones que el individuo tiene sobre sí mismo, sino una serie de enunciados operativos definitorios de sí mismo en situación de aprendizaje" cuya génesis está apoyada en los mensajes de los padres al modelar la personalidad, influenciando positiva o negativamente sobre el aprendizaje.

El estilo cognitivo se concibe igualmente, como una de las áreas de los estilos psicológicos, en los que, tal y como lo plantean APARICIO y SÁNCHEZ LÓPEZ (1999), la idea básica es que "los procesos de personalidad son fenómenos relativamente estables, pero no estáticos, es decir, son patrones consistentes de cambio".

El estilo cognitivo se sitúa en una generalidad conceptual muy cercana al concepto superordenado de personalidad, pues como explica Klein<sup>11</sup>, el estilo cognitivo es un "estilo de organización" que no solo caracteriza fenómenos de naturaleza perceptiva, sino que llega a abordar el tipo general de relación que cada individuo mantiene con su medio

---

<sup>10</sup> Citado por CABRERA, J La comprensión del aprendizaje desde la perspectiva de los estilos de aprendizaje. Universidad Hermanos Saíz, Pinar del Río, Cuba.

<sup>11</sup> Citado por GARGALLO, Bernardo. Estilos Cognitivos. Reflexividad Impulsividad. Su modificación en el aula. Universidad de Valencia.

ambiente, siendo posible identificar ciertos rasgos básicos en el individuo. El primero de ellos, es que cada estilo cognitivo es un enfoque de procesamiento simbólico y/o perceptual que se mantiene de manera consistente y estable a lo largo de la vida de la persona; sin embargo, tal como lo plantean CARRETERO y PALACIOS (1982) Citado por ARAMBURU, O. M. (2004), existe evidencia de que el entrenamiento puede lograr cambiar en cierto sentido la tendencia cognitiva de una persona, especialmente en la dimensión reflexividad - impulsividad. De manera similar Riding y Rayner (1998)<sup>12</sup>, entienden los estilos cognitivos como una manera automática de responde a información y situaciones, probablemente presentes desde el nacimiento o definida en los primeros años de vida, afectando una vasta área del comportamiento individual y social. Recalcan los estilos, como un aspecto relativamente fijo, pero intervenible, el cual interfiere particularmente en situaciones de aprendizaje, pero también afecta el comportamiento de la persona en cualquier situación de resolución de problemas, independiente de la inteligencia, personalidad o género. Igualmente afirman que la conciencia de los propios estilos ayuda a mejorar el desempeño en los más variados contextos.

### **Diferentes miradas a los estilos.**

Los estilos cognitivos han sido trabajados por varios autores, quienes han establecido varias categorías o dimensiones.

La psicología ha identificado un amplio rango de dimensiones de estilos cognitivos y se han establecido de acuerdo con la polaridad extrema a la que estos tenderían. HEDERICH, C. (2004).

---

<sup>12</sup> En Cavelucci, Lia. Estilos de aprendizagem: em busca das diferenças individuais.

**Dimensión impulsividad / reflexividad:**

Si la persona prefiere llegar a una decisión rápidamente, después de considerar brevemente las opciones; o si prefiere considerar cuidadosamente cada opción, antes de tomar la decisión

**Dimensión divergencia / convergencia:**

Si la persona enfrenta típicamente un problema o tema de manera abierta y exploratoria o si lo hace de manera cerrada y altamente focalizada.

**Dimensión holismo / serialismo:**

Si la persona tiene la tendencia a responder una tarea de aprendizaje por medio de una aproximación holista, basa en hipótesis, o por medio de una aproximación focalizada que se caracteriza por un proceso paso a paso, basado en datos.

**Dimensión adaptación / innovación:**

Si frente a una situación problemática la persona tiene preferencia por " hacer las cosas mejor", o si tiende más bien a "hacer las cosas de manera diferente"

**Dimensión visualización / verbalización:**

Si la modalidad preferida de representación de ideas y conceptos en la mente es el visual (imágenes) o si, por el contrario es verbal (palabras, oraciones)

**Dimensión concentración / barrido:**

Si, frente a una serie de tareas, la persona prefiere ordenarlas una después de la otra y no comenzar una hasta tanto haya terminado la otra, o si su tendencia es a ir trabajando en todas por periodos cortos de tiempo.

**Dimensión concreción / abstracción:**

Si para el aprendizaje de algo nuevo la persona acude a experiencias concretas o si prefiere manejar ideas abstractas.

□ **Dimensión Independiente / sensible:**

Tendencia de una persona a asignarle una organización y estructura propias a la información disponible para realizar una tarea o resolver un problema con independencia de la forma como ha sido presentada o, en contraste, la tendencia a resolver la tarea o problema manejando la información disponible sin desprenderla del contexto en que ha sido presentada y sin cambiarle su estructura y organización iniciales. HEDERICH, C. (2004)

§ **Clasificación de los estilos cognitivos según las dimensiones.**

H. Witkin: Plantea el estilo dependiente de campo, cuando hace referencia a los individuos que generan una respuesta, de acuerdo con la percepción global que tienen de las situaciones; y el estilo independiente de campo, para aquellos cuya percepción es analítica e inductiva

D. Kolb: Establece cuatro categorías de estilos

- Divergente: Se basa en la experiencia concreta, en la observación reflexiva y en su habilidad imaginativa
- Asimilador: Se basa en la experimentación activa. Su conceptualización es abstracta y deductiva apegándose más a las cosas que a las personas
- Convergente: Su conceptualización es abstracta y su observación es reflexiva y tiene un bajo interés por el uso práctico de las teorías
- Acomodador: Se basa en la experiencia concreta y en la experimentación activa, son adaptables e intuitivos y aprenden por ensayo y error.

Jung: Su clasificación incluye cuatro categorías de acuerdo a la forma con la que el individuo tiende a responder a ciertas situaciones: sensitivo (basado en la sensación), intuitivo (basado en su intuición), racional (basado en su pensamiento) y sentimental (basado en sus sentimientos).

Existen otras clasificaciones generadas por otros autores, tales como, D. Merrit quien clasifica los estilos en amigable, analítico, conductor y expresivo. B McCarthy quien establece cuatro categorías: imaginativo, analítico, de sentido común y dinámico y Riding y Rayner quienes plantean las polaridades holista-analítico para referirse a la tendencia del individuo a organizar la información por partes o como un todo, y verbal-imaginético, para el caso en que el individuo tiende a representar la información en el pensamiento, bien sea a nivel verbal o por medio de imágenes mentales.

Niegel Cross: plantea que el estilo cognitivo se reconoce como las diferentes maneras tipológicas propias del ser humano para recibir, almacenar, procesar y confrontar la información. Por definición, cada estilo cognitivo cumple con las características de ser una modalidad de procesamiento especialmente adecuada para las exigencias del entorno. Esto significa que, al tiempo que favorece y enfatiza cierto grupo de habilidades, desfavorece y relega otras Cross retoma las siguientes definiciones de acuerdo con los autores que las formulan<sup>13</sup>:

- Independiente de Campo: El estilo independiente y dependiente de campo se define por la utilización de los medios de confrontación que el sujeto utiliza para recoger información y acomodarla. El individuo independiente de campo se caracteriza por una búsqueda al interior de la información necesaria para la resolución de problemas,
- Dependiente de Campo: El individuo dependiente de campo, muestra una fuerte tendencia a buscar esta información en el contexto social

---

<sup>13</sup>WITKIN, H. and GOODLNOUCH. D. (1977) citado por GARCÍA RAMOS, J.M. (1989). Los estilos cognitivos y su medida.

- Convergente: Primariamente relacionado con la apropiación de información sobre una formulación y con la producción o convergencia en una sola y acertada respuesta o número limitado de respuestas acertadas
- Divergente: Relacionado con diferentes posibilidades de respuestas y un número mayor de las mismas.
- Serialista: Describe que el sujeto aprende una pequeña parte del conocimiento cada vez, antes de dar paso al siguiente, trata de que cada punto este perfectamente claro para seguir al otro
- Holista o Totalista: El sujeto procura entender al ámbito total del asunto con el fin de ubicar el conocimiento dentro de un marco de referencia
- Impulsivo: Tienen a manifestar la primera respuesta que se les ocurre y su respuesta es generalmente inconclusa, inacabada e incorrecta
- Reflexivo: Dejan transcurrir tiempo antes de proponer una solución a un problema, en el cual incorporan procesos de análisis y verificación y la solución generalmente es correcta.

Reconociendo que existen evidencias experimentales que demuestran la existencia de diferentes estilos cognitivos (cognoscitivos), en términos psicológicos, que según Cross<sup>14</sup> son formas como un individuo se aproxima al objeto de conocimiento; la investigación Pensamiento, Creatividad y Filiación Académica, plantea la necesidad de abordar la comprensión de los planteamientos teóricos generados alrededor de los estilos que se citan a continuación.

---

<sup>14</sup> CROSS NIGEL, Métodos de Diseño y métodos de aprendizaje. Traducción de Camilo Ospina C. y Patricia Sarmiento. Universidad Nacional de Colombia. 1991

Dentro del proceso de encontrar solución a una situación, problema o reto planteado (diseño), el individuo aprende del problema o situación en la medida en que lo aborda para conocer más de él, a la vez que va planteando alternativas para solucionarlo.

La forma como el individuo aborda la situación, que se convierte en su objeto de conocimiento, y la forma como plantea soluciones para conocerlo mejor o para solucionarlo, depende de su estilo particular o estilos predominantes.

### **Estilos convergente divergente.**

GUILFORD (1967) citado por GARCÍA RAMOS, J.M. (1989). Fue el primero en hacer referencia a estos dos estilos de pensamiento, señalando que estos se encuentran presentes en diferente grado en los individuos, pudiendo existir predominancia de uno frente al otro, altos niveles de ambos, y de igual forma, bajos niveles de ambos en un mismo individuo.

#### **§ Pensamiento convergente.**

Inicialmente relacionado con la apropiación de la información y con la generación y búsqueda de una sola y acertada solución o respuesta correcta a una situación, reto o problema. Las preguntas que se hacen para este estilo de pensamiento son cerradas induciéndose al individuo a que devuelva una respuesta única y correcta. Pensamiento divergente Predomina la capacidad para generar una alta cantidad de respuestas a una pregunta, o de ofrecer una variada gama de alternativas de solución a una situación, reto o problema.

Las preguntas que se hacen para este estilo de pensamiento son abiertas induciendo en el individuo la posibilidad de ofrecer varias respuestas o alternativas de solución.

Algunos indicadores asociados a este estilo son: fluidez, flexibilidad, originalidad y elaboración.

El pensamiento divergente estuvo asociado en alto grado a la capacidad creativa de los individuos, señalándose que era la cualidad más deseada para que un individuo fuese calificado como creativo, pero es reconocido hoy en día que no solo la divergencia es

deseable para ser creativo, ésta debe estar complementada con una adecuada capacidad de pensamiento convergente. De hecho, es necesario ser divergente en las etapas de generación de ideas y alternativas dentro del proceso creativo, e incorporar la convergencia para evaluar y seleccionar la solución o soluciones correctas a la situación, reto o problema estando los individuos en capacidad de pensar tanto de manera divergente como convergente. El asunto acá es, la articulación adecuada de los dos estilos de pensamiento dentro de un proceso de solución creativa.

HUDSON, B. (1973) citado por SIERRA, J. (2001) suministró evidencias que indicaban que los estudiantes de ciencias tendían a la convergencia debido a su necesidad de encontrar soluciones prácticas y usos adecuados a un objeto, mientras que los estudiantes de artes, tendían a la divergencia debido a que no estaban obligados a ser prácticos.

Algunas prácticas pedagógicas no tienen en cuenta su necesidad de orientarse de manera divergente o convergente, o tener en cuenta el estilo de pensamiento predominante de los individuos dentro de los procesos de enseñanza - aprendizaje, como tampoco reconocen la necesidad de estos dos dentro del proceso de solución de una situación, tal como lo estableció HUDSON (1973). Así pues es, un individuo con un estilo de pensamiento convergente puede verse desfavorecido cuando las estrategias didácticas son de carácter exclusivamente divergente y viceversa.

### **Estilos impulsivo y reflexivo.**

KAGAN, PEARSON y WELCH (1966) citado por SIERRA, J. (2001) investigaron las formas como los niños se aproximaban a la resolución de problemas estableciendo las diferencias en la forma como estos se aproximaban a la solución, encontrándose estos dos estilos cognitivos (cognoscitivos) Estilo impulsivo Tendencia del individuo a manifestar la primera respuesta que se le ocurre, siendo generalmente incorrecta. Estos individuos tienden a desconocer los errores y toman decisiones rápidamente

### **Estilo reflexivo.**

Tendencia del individuo a dejar transcurrir un tiempo antes de proponer una solución al problema, siendo la respuesta generalmente la correcta. Estos individuos tienden a

considerar la relativa corrección de las respuestas alternativas persistiendo en tareas difíciles, eludiendo cometer errores y suprimiendo las respuestas potencialmente incorrectas

De acuerdo con los estudios de Kagan, los individuos reflexivos se destacan más en la lectura y el razonamiento inductivo.

Algunas prácticas pedagógicas privilegian métodos de tipo deductivo, siendo necesaria la implementación de prácticas reflexivas que promuevan y estimulen comportamientos inductivos, pero sin descartar la impulsividad que puede resultar favorable como comportamiento cuando se abordan situaciones en ciencias sociales y humanidades. Igualmente, es conveniente anotar que de acuerdo con MARCHES. A. (1980) citado por SIERRA, J. (2001), la naturaleza de una situación a resolver, se puede encontrar únicamente examinándola a través de alternativas, es decir, que el proceso de resolución se la reconoce mejor, y por tanto se puede llegar a mejores soluciones dado que intervienen tanto procesos de pensamiento divergente como convergente, lo cual señala que éstos no son mutuamente excluyeres, sino que son necesarios y se complementan.

### **Estilos independiente de campo y dependiente de campo.**

Herman Witkin (1969) citado por GARCÍA RAMOS, J.M. (1989) encontró que los individuos difieren, unos de otros, en la manera de percibir el mundo y de percibirse ellos mismos. Su investigación básicamente se enfocó en el grado en que diferentes personas eran influidas por el contexto que ellos veían o en el que encontraban problemas, señalando estas diferencias como diferencias en el estilo cognoscitivo. Su trabajo fue desarrollado durante los años 50 dentro de la teoría de la diferenciación psicológica abarcando el funcionamiento perceptual - cognitivo además de factores sociales y afectivos del ser humano y fundamentándose en una fuerte base neurofisiológica.

Hederich define estos estilos como la tendencia de una persona a asignarle una organización y estructura propias a la información disponible para realizar una tarea o resolver un problema con independencia de la forma como ha sido presentada o, en contraste, la tendencia a resolver la tarea o el problema manejando la información

disponible sin desprenderse del contexto en que ha sido presentada y sin cambiarle su estructura y organización iniciales.

§ **Estilo independiente de campo.**

Estilo cognoscitivo de un individuo que es relativamente libre del contexto. Estos individuos rinden más que las dependientes de campo al ser enfrentadas a la resolución de problemas en los cuales los elementos esenciales pueden ser aislados de un contexto particular y nuevamente desarrollados en una nueva relación. Establecen unas claras separaciones entre ellos y su entorno, incluidas las personas que los rodean y no se basan en la adscripción al grupo o en la empatía personal cuando están desarrollando algún tipo de trabajo en equipo. Su fortaleza es centrarse en los objetivos de la tarea y tienden a dirigir y organizar el grupo pudiendo llegar a ser autoritarios.

Estos individuos construyen conceptos a partir de sucesivas reformulaciones de una información inicial, abstraen con facilidad y tienden a orientarse hacia los temas relacionados con las matemáticas y las ciencias.

§ **Estilo dependiente de campo.**

Estilo cognoscitivo de un individuo que es influido por el contexto. Estos individuos perciben la organización total del campo dominante, mientras que las partes del campo se perciben como fundidas con el fondo. Esta percepción muestra una cualidad analítica. Se perciben y definen a sí mismos como parte de un todo que los abarca. Son adscriptivos y sociales y se basan más en la empatía que en los objetivos de la tarea dentro de un grupo luciendo poco centrados, pero dando cohesión al grupo.

Estos individuos tienen la tendencia a construir conceptos de manera acumulativa en donde la información no es absoluta sino relativa y se orientan hacia los temas relacionados con las ciencias sociales y humanas.

Witkin encontró una relación extremadamente alta entre la habilidad para resolver cierto tipo de problemas y el grado de dependencia de campo del individuo. Una alta independencia de campo es deseable cuando el individuo se enfrenta al proceso de

resolución de una situación en particular, mientras que quienes manifiestan dificultades en estos procesos resultan ser a la vez altamente dependientes de campo.

También afirma este autor, que entre más habilidad tenga un individuo para identificar diferencias perceptuales y patrones cognoscitivos en los individuos, así también es mayor la habilidad para decidir el método apropiado de enseñanza. Sugiere que mapas cognoscitivos que reflejen los patrones en los cuales estén las características cognoscitivas de un individuo ayudan a identificar las debilidades y las fortalezas del estilo de aprendizaje y esto puede determinar por lo tanto la manera en que se le debe enseñar a alguien.

### **Estilo serialista holista.**

Estos conceptos proceden de la teoría general de aprendizaje y enseñanza de PASK, Gordon (1975) citado por GARCÍA RAMOS, J.M. (1989), quien planteó que existen dos formas de aprender, una forma serial o por series ordenadas y una forma holística. Ninguna de las dos es mejor o preferible que la otra, el asunto está en que algunas estrategias dentro del proceso enseñanza aprendizaje se articulan más con un estilo que con otro, incidiendo directamente en la forma como los individuos aprenden. Esto es, una estrategia de enseñanza puede o no servirle al estilo de aprendizaje de un individuo, pues una situación a resolver presentada de manera serial, sería difícil de abordar por un individuo holista y viceversa. Lo más conveniente es presentarlo a los estudiante en ambos dos estilos.

#### **§ Estilo serialista.**

Algunas de las características de los individuos con este estilo son: procede por pasos lógicos, trata de que cada punto está perfectamente claro antes de seguir al otro, toma rutas rectas a través del material de aprendizaje sin digresión o información innecesaria, estudia y lee página por página considerando cada nueva idea hasta que la entienda, comprende, recuerda y recapitula a partir de un cuerpo completo de información, en términos de cuerdas de unión cognoscitivas en donde los tópicos están relacionados por datos simples que los une en relaciones de bajo orden, enseña de la misma manera como aprendió

### § **Estilo holista.**

Algunas de las características de los individuos con este estilo son:

Procede de una forma más amplia recogiendo trozos de información que no necesariamente son lógicos pero que le ayudaran a recordar algunos hechos.,

le gustan diferentes formas de aprendizaje y se acerca a las ideas desde diferentes perspectivas, lee un libro saltándose páginas, va de capítulo en capítulo de figura en figura, hasta que encuentra que en el material eventualmente todo encaja, aprende, recuerda y recapitula como un todo formalmente en términos de relaciones de alto orden.

Algunos experimentos señalan que grupos de individuos a los que se les enseña dentro de su mismo estilo (serialista, holista) alcanzan mejores resultados en los procesos enseñanza aprendizaje que aquellos que se encuentran en grupos en donde el estilo de enseñanza y las estrategias didácticas están diseñadas para individuos de un estilo diferente al suyo.

### **Impacto en los procesos de enseñanza aprendizaje.**

En primera instancia, se señalan a continuación algunos estudios que nos permiten dar cuenta del abordaje del que han sido objeto los estilos cognitivos y de los resultados obtenidos de estos, con el propósito, no solo de indicar la importancia del estudio de los estilos cognitivos, sino también, del impacto de estos en la enseñanza.

LOO, (2002) citado por GARCÍA RAMOS, J.M. (1989): El principal propósito de este estudio fue estimar la distribución de los estilos de aprendizaje sugeridos por Kolb, entre la población de estudiantes en áreas administrativas en Estados Unidos, a través de un estudio meta-analítico. Los resultados de la muestra tomada permitieron observar que estos estilos no estaban distribuidos equitativamente. Se encontró una alta proporción de asimiladores y una baja proporción de acomodadores.

Tinajero y Páramo<sup>15</sup>: Aplicaron pruebas comúnmente utilizadas para evaluar las dimensiones Controles Cognitivos y Dependencia Independencia de Campo-DIC a 154 estudiantes de Psicología. Efectuando análisis de conglomerados, revelaron la existencia de coincidencia entre la dependencia-independencia de campo y algunos controles cognitivos

Gutiérrez et al. (2003): Uno de los objetivos de su estudio era determinar las similitudes y diferencias que pueden existir entre los resultados obtenidos en el Test de Figuras Enmascaradas y los tests de estabilometría.

Observaron que pudo realizarse una correlación entre las líneas de investigación que se han realizado en el marco de la estabilometría con plataformas de fuerza y el constructo dependencia - independencia de campo y que aunque lucen en apariencia dispares, son cercanas en muchos conceptos.

Sierra (2001): Este estudio utilizó metodología de tipo ex-post-facto y el principal objetivo era, analizar las relaciones existentes entre las variables más significativas para el grupo de niños sordos seleccionados (integración y no integración) y de oyentes, respecto del resultado obtenido por estos en la prueba de estilos cognitivos GEFT de Witkin (1971). Los resultados de la investigación manifiestan diferencias significativas en el resultado de la prueba entre los propios sordos, respecto de las variables edad, tipo de centro escolar y tipo de comunicación utilizada

---

<sup>15</sup> Controles Cognitivos y Dependencia-Independencia de Campo: Avances en la Consecución de un Modelo Integrador. Universidad de Santiago de Compostela y Universidad Complutense de Madrid. En <http://copsa.cop.es/congresoiberoa/base/basicos/r115.htm>, Consultada en abril 19 de 2011

Aparicio y Sánchez-López (1999): El objetivo general de este estudio era comprobar que la adaptación realizada para el MIPS (Inventario Millón de Estilos de Personalidad) en España es adecuada, de tal forma que cumpliera con los criterios psicométricos necesarios para su uso. Algunos resultados mostraron que en las polaridades de los Estilos Cognitivos en el grupo de los sujetos españoles las puntuaciones más altas corresponden a la escala Sistematización (34,3) mientras que para los datos estadounidenses corresponden a la escala innovación con un valor de 39,1, aunque en la escala sistematización tiene unos valores similares (35,9).

Dentro del contexto nacional, el establecimiento de las regiones cognitivas en Colombia por parte de Virginia Gutiérrez Pineda y a la posterior tendencia cognitivas en las regiones colombianas por parte de Cristian Hederich, se plantean profundas implicaciones educativas, debido a que puede hablarse de que cuando el estilo de enseñanza no corresponde a las formas culturalmente predeterminadas de aprender, de conocer o de expresarse, se generan problemas tales como desmotivación, indisciplina y deserción. Para lo anterior puede citarse que el sistema educativo colombiano, al menos para el sector oficial, favorece el logro del aprendizaje del independiente de medio, el cual es el menos frecuente en la población; mientras que los sensibles al medio (dependientes de campo) parecen ser mejor evaluados por sus maestros en contraposición al "castigo" que los independientes reciben en razón de su comportamiento. Esto conlleva la necesidad de ajustar el estilo de enseñanza del maestro al estilo de aprendizaje del estudiante al tratar con temas difíciles y complejos, lo cual reviste especial importancia sobre todo para aquellos estudiantes de bajos desempeños, y más aún, si se tiene en cuenta que cada fortaleza generada por un estilo, conlleva implícitamente una debilidad o carencia asociada, que es la fortaleza del otro estilo.

Hederich plantea que en un salón de clases con grupos heterogéneos de trabajo, para los estilos dependiente e independiente de campo, la relación entre estos será a la vez que de oposición, de complementariedad, siendo la relación natural entre estos dos estilos la de la colaboración.

El estilo cognitivo afecta significativamente el aprendizaje y proceso de pensamiento de los estudiantes, siendo por esto importante tener en cuenta que los modelos educativos implantados en Latinoamérica, por tradición han sido transferidos desde la cultura

anglosajona sin mayores adaptaciones al contexto particular nuestro. Modelos estos que han sido desarrollados para llevar a cabo procesos de educación en poblaciones cultivadas y de altos ingresos (Lennon 1998)<sup>16</sup> y que implantados en una cultura diferente, con seguridad podría atribuírseles el alto índice de ausentismo, repitencia y mortalidad académica que traen consigo, muy posiblemente debido a que la distancia cognitiva alcanza una amplitud extrema cuando se ponen en juego la comprensión y ejecución de tareas escolares que están separadas de los conocimientos y conductas intelectuales del alumno, estableciéndose con esto un obstáculo de proporciones mayúsculas para alcanzar el éxito en el aprendizaje. La consideración de una contradicción entre los medios y los fines del actual sistema de educación se hacen más evidentes cuando debido a que algunas facetas del sistema favorecen cierto tipo de comportamientos característicos de determinados estilos, pero por otro lado, niegan la posibilidad de aprendizaje que tal estilo puede brindar, lo cual amplía la distancia cognitiva del estudiante frente a sus nuevos aprendizajes.

## **Ciencia-Tecnología-Sociedad (C-T-S)**

Se entiende por educación bajo un enfoque Ciencia-Tecnología y Sociedad (CTS) como el modelo de enseñanza alternativo que procura favorecer el proceso de aprendizaje de las ciencias en función de propiciar el interés de los principales protagonistas de la educación, los estudiantes.

Al respecto, MEMBIELA, P. (2002) expone que la finalidad principal de la educación C-T-S (Ciencia-Tecnología-Sociedad) es promover la alfabetización científica en ciencia y tecnología, para que los ciudadanos puedan participar en el proceso democrático de toma de decisiones y así promover la acción ciudadana en la resolución de problemas relacionados con la ciencia y la tecnología en nuestra sociedad.

---

<sup>16</sup> Iriarte Diaz, F; Cantillo, K; polo, A. (2000).

Es así, como el enfoque ciencia, tecnología y sociedad forma parte de un proceso educativo que procura estrechar las distancias existentes entre los contenidos del currículo de ciencias y la ciencia de los especialistas, debido a que las concepciones actuales del currículo no propician un verdadero acercamiento del discente hacia la ciencia, y a su vez, no permite apreciar los beneficios que el quehacer científico ha producido en el día a día del ser humano. De esta forma la nueva concepción de la ciencia en la escuela bajo la perspectiva de formación científica para la ciudadanía, y no para la formación netamente científica, promete opciones de aprendizaje a las necesidades educativas reales. VILCHES, A. (1993).

En este sentido, RAMSEY (1993) citado por SOLBES, J. y VILCHES, A. (2004), comentan que desde la perspectiva de la responsabilidad social, la formación científica debe dar lugar a estudiantes que puedan participar en la resolución de asuntos sociales relacionados con la ciencia. Esto permite entonces suponer que el estudiantado debe estar dispuesto a actuar y debe llevarlo a cabo de manera efectiva como ciudadano, usando los valores y las habilidades que proceden tanto de la ciencia como de esta sociedad democrática.

Bajo esta figura, se establece una relación ciencia-sociedad que implica la reorientación que debe darse a los programas curriculares de enseñanza de las ciencias, y a su vez, contribuir a la formación de un ciudadano responsable con la sociedad, involucrado con los problemas reales y con capacidad para tomar decisiones. Y por otro lado, la tecnología está relacionada con la ciencia y la sociedad, en virtud de que los avances que en materia tecnológica se producen, y que inciden de manera directa en la ciencia y por ende en la sociedad misma.

En contraste a lo anterior, existen muchos expertos que no validan la existencia de esa trilogía Ciencia-Tecnología-Sociedad. Al respecto, SANTOS, M.E. (2002) citado MEMBIELA, P. (2002), expone que constituye un gran error pedagógico la separación Ciencia, Sociedad y Tecnología. Esto suele hacerse porque cada una de ellas “tienen sus prácticas y discursos propios”; y que hay puentes muy estrechos que las unen. Asimismo, se considera la existencia de tres sistemas que se establecen en estas interrelaciones, que son los contextos: tecno-científicos, socio-científicos y socio-tecnológicos, para hacer

más evidente la interdependencia de los mismos. A continuación se presenta en el cuadro 4, la validación de dichos postulados: MEMBIELA, P. (2002)

La interrelación de estos tres componentes da origen a lo que hoy se conoce como el enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad. En la actualidad, se incorpora un nuevo elemento, llamado Ambiente (CTSA), esto permite acentuar la enseñanza de las ciencias en procura de una mejor actitud hacia la ciencia y re-direccionando la atención a aspectos más asociados a la formación de mejores futuros ciudadanos.

Tomando como referencia lo expuesto, se trata de focalizar los objetivos de la educación CTS para favorecer la incorporación de contenidos científicos con una elevada repercusión social, así como establecer las distintas relaciones que tiene la ciencia con la política, la economía, el ambiente, la ética, entre otras disciplinas.

En otro orden de ideas, es importante reflexionar en el cómo se puede operacionalizar la incorporación de una nueva educación bajo una perspectiva CTS en el aprendizaje de las ciencias.

En este sentido, existen muchas propuestas curriculares para implementar una alfabetización tecno-científica, MARCO, B.; IBÁÑEZ, M<sup>a</sup>. T. y ALBERO, A. (2000) en su trabajo “La alfabetización científica” propone tres niveles de alfabetización, a saber:

- Alfabetización básica, escolar o funcional, vinculada al currículo de ciencias en la etapa de Educación Secundaria.
- Alfabetización cívica o ciudadana, que procura un nivel de inserción de aspectos de la sociedad y su relación con los temas científicos.
- Alfabetización científica cultural, que procura establecer la interdisciplinariedad entre los distintos campos de la ciencia.

Haciendo caso a lo expuesto por MARCO, et. al. (2000), esta alfabetización básica implica que se presente un acercamiento de los contenidos que el estudiante aprende a través de los distintos medios de comunicación, que por cierto presentan una visión parcializada y a veces distanciada de la ciencia. Así como, aquellos contenidos que se manejan desde la

enseñanza formal, que suelen estar muy alejados de los intereses de los educandos. Esto implica la incorporación de estrategias de aprendizaje mucho más amplias y contextualizadas.

**Cuadro 4. Interdependencia de los sistemas implicados en las relaciones C-T-S. Membiela, P.(2002)**

SISTEMA TECNO-CIENTÍFICO	SISTEMA SOCIO-CIENTÍFICO	SISTEMA SOCIO-TECNOLÓGICO
<p>Los avances y el poder de una se transforman en avances y poder de la otra.</p> <p>Conjugan la sanción de la verdad con la sanción de eficacia.</p> <p>Son condición y consecuencia una de la otra.</p> <p>Ambas recurren a los conocimientos y a los procesos técnicos existentes, para continuarlos o refutarlos.</p> <p>Exigen equipos interdisciplinarios que incluyen científicos y tecnólogos.</p> <p>La "ciencia estratégica" se ha</p>	<p>Comprensión pública de la ciencia.</p> <p>Implicaciones en acciones prácticas con toma de decisiones</p> <p>Situar el conocimiento científico en las prácticas de lo cotidiano.</p> <p>Comprensión de la "ciencia como empresa social"</p> <p>Aproximación cultural de la ciencia.</p> <p>Comprensión de lo que acerca y lo que separa ciencia, pseudociencia y no</p>	<p>La sociedad como motor de la técnica</p> <p>A nivel del imaginario social: solución a sueños humanos como volar.</p> <p>A nivel de modelos económicos organizativos: objetos necesarios en el sistema económico o social.</p> <p>A nivel de factores sociopolíticos y de ideologías sociales: cibernética como un sistema utópico de cambio social a través de la comunicación.</p> <p>La técnica como motor de la sociedad</p>

<p>ido aproximando a la tecnología en la medida en que ha ido privilegiando, cada vez más, el aspecto operativo.</p>	<p>ciencia.</p>	<p>A nivel de su impacto en los medios natural y cultural.</p> <p>A nivel de los modos de sentir y ver el mundo: la tecnología modifica las necesidades y sueños de la sociedad.</p>
--	-----------------	--

Por otra parte, la alfabetización ciudadana involucra la educación CTS y la alfabetización científica, debido a que ambas tienen un contenido propio de la educación ciudadana. Este proceso abarca una estrecha relación entre los saberes científicos y el conocimiento ciudadano, para favorecer un aprendizaje que permita entender el mundo en el que se vive.

Y por último, el nivel de alfabetización cultural procura redimensionar la alfabetización científica en función de crear una cultura científica para todos los seres humanos, sean científicos o no. Este nivel promueve la visión humanística, social y ética de las ciencias. Lo que se pretende es que los estudiantes obtengan un conocimiento amplio de las ciencias, que sin ser tan profundo les permita entender el lenguaje que las ciencias utilizan.

Tal como lo manifiestan ACEVEDO, J., VÁZQUEZ, A. Y MANASSERO, M (2003), la alfabetización científica y tecnológica está íntimamente unida a lo social y cultural, por lo que quizá no sea posible establecer un modelo universal para su desarrollo práctico, aun cuando sus finalidades, propósitos y objetivos generales sean los mismos.

En otras palabras, la alfabetización científico-tecnológica es posible en la medida en que los responsables de impartir la docencia se valgan de estrategias como las empleadas bajo un enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad que bajo la perspectiva de la integración de

las ciencias favorezca la formación de un ciudadano integral, dispuesto a ser receptivo al conocimiento científico y tecnológico.

### **Concepto, origen y evolución del movimiento ciencia, tecnología y sociedad (CTS)**

El enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) se caracteriza por ser un paradigma alternativo de estudio que atiende el fenómeno científico-tecnológico en el contexto social. Al definir su objeto de estudio, autores como GONZÁLEZ et. al.. (2009) señalan que la expresión “Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS)” suele definir un ámbito de trabajo académico cuyo objeto de estudio está constituido por los aspectos sociales de la ciencia y la tecnología, tanto en lo que concierne a los factores sociales que influyen sobre el cambio científico-tecnológico, como en lo que atañe a las consecuencias sociales y ambientales.

En concordancia con este objeto de estudio se ha planteado como objetivo específico comprender la dimensión social de la ciencia y la tecnología, tanto desde el punto de vista de sus antecedentes sociales, como de sus consecuencias sociales y ambientales; es decir, tanto por lo que atañe a factores de naturaleza social, política y/o económica que regulan el cambio científico-tecnológico, como por lo que concierne a las repercusiones éticas, ambientales o culturales de ese cambio (GONZÁLEZ GARCÍA et al., 1996) en QUINTERO CANO, C. A. (2009).

Así pues, los estudios CTS se presentan con una imagen crítica, no reductiva y contextualizada. No se entiende la ciencia y la tecnología como procesos autónomos que sigan una lógica interna de desarrollo, sino como un proceso preferentemente social, donde no solamente los elementos epistemológicos o técnicos desempeñan un papel decisivo en la génesis y consolidación de los productos científicos tecnológicos (IBARRA, A.; LÓPEZ CERREZO, J. A., 2001).en QUINTERO CANO, C. A. (2009).

Los estudios sociales de la ciencia y la tecnología, o estudios sobre Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS), se constituyen en un campo de trabajo, donde se trata de entender el fenómeno científico-tecnológico en su contexto social, tanto en relación con sus

condicionantes sociales como en lo que atañe a sus consecuencias sociales y ambientales.

Así entonces, se trata de asegurar el estudio de los aspectos sociales que tiene la ciencia y la tecnología a través de los procesos educativos, como actividad humana inherente al hombre (científico y técnicos) en su proceso de desarrollo, pero enfatizando en el poder explicativo e instrumental que tiene en contextos sociopolíticos dados.

Autores como OGBURN, W. F. en su obra “El cambio social”, citado por QUINTERO CANO, C. A. (2009) en un artículo conjunto con DOROTHY S. THOMAS, plantean que la evolución social de la ciencia y la tecnología ha de ser estudiadas tanto desde la perspectiva sincrónica como diacrónica. La perspectiva sincrónica hace énfasis en el estudio de las sociedades y culturas más destacados como conjunto de elementos relacionados entre sí y que afectan a la ciencia. Por otro lado, la perspectiva diacrónica se centra en el proceso de evolución y cambio de la experiencia humana a lo largo de las distintas épocas y sociedades; estas dos perspectivas son tenidas en cuenta en las perspectivas de CTS.

Teniendo en cuenta los aspectos anteriormente tratados, se abordarán las perspectivas y los enfoques de este movimiento conocido como CTS.

En resumen, se presentan de una manera sucinta los componentes y diferencias que presentan cada enfoque y se toman como antecedentes que dieron origen a la propuesta, como alternativa académica de estudio y enseñanza de la dimensión social de la ciencia y la tecnología.

Para el análisis del cuadro 5, se señalan las convergencias y divergencias más significativas que se presentan en estos dos modelos.

**Cuadro 5. Componentes y diferencias significativas de los enfoques CTS GONZÁLEZ GARCÍA, et al. (1996) citado en QUINTERO CANO, C. A. (2009).**

TRADICIÓN EUROPEA	TRADICIÓN AMERICANA
Institucionalización académica en Europa (en sus orígenes)	Institucionalización administrativa y académica en Estados Unidos(en sus orígenes)
Énfasis en los factores sociales antecedentes	Énfasis en las consecuencias sociales
Atención a la ciencia y, secundariamente, a la tecnología.	Atención a la tecnología y secundariamente, a la ciencia.
Carácter técnico y descriptivo	Carácter práctico y valorativo
Marco explicativo: ciencias sociales (sociología, psicología, antropología, etc.)	Marco evaluativo: ética, teoría de la educación, etc

Las dos líneas convergen en la institucionalización académica de CTS, que se traduce en su introducción en el diseño curricular de lo que se enseña; también presenta convergencias en:

1. El rechazo de la imagen de la ciencia como actividad pura.
2. La crítica de la concepción de la tecnología como ciencia aplicada y neutral.
3. La condena la tecnocracia, hecho que permite generar la diversificación de programas para ser encausados en procesos multidisciplinares, enfatizando en la dimensión social de la ciencia y la tecnología.
4. Ambas se fundamentan en las ciencias sociales. Hacen énfasis en el método científico y procedimientos metodológicos de análisis rigurosos.

5. Desde una perspectiva educativa los dos enfoques constituyen alternativas complementarias en el proceso educativo, tratando de favorecer la conexión entre la ciencia y la realidad que vive el individuo en la sociedad. Por consiguiente, para la generación de actitudes y valores de racionalidad, tolerancia y solidaridad, es imprescindible un aprendizaje de inmediata aplicación en la vida del educando, no sólo para el civismo democrático, sino también para la vida.

En este sentido, la educación científica y tecnológica a nivel curricular reclama nuevos modelos de enseñanza en los que la selección de los contenidos tenga más en cuenta la relevancia social de los temas, en los que las estrategias metodológicas estén orientadas hacia el estímulo de vocaciones en ciencia y tecnología y el desarrollo de las capacidades para la participación pública.

Así pues, el movimiento CTS presenta las siguientes características en el contexto latinoamericano (VACCAREZZA, L. 1998):

Se crea una comunidad de interés por el conocimiento epistemológico, es decir, se forma un colectivo que se interesará por los conocimientos específicos de CTS (seminarios, talleres, etc.)

CTS se presenta más como un campo de conocimiento que como un área de intervención-acción (saber específico).

Algunos sectores actúan independientemente (falta de integración) definiendo líneas de acción entre lo que es la investigación académica y la intervención organizacional.

Las comunidades disciplinares mantienen su rasgo de identidad propia, es decir, mantienen independencia ideológica.

Se cuestiona el carácter interdisciplinario o por lo menos el multidisciplinar del movimiento CTS; y el papel de las universidades como multiplicadores de las ideas de CTS.

Hoy se incursiona más hacia la investigación académica y la publicación académica, es decir, en la actualidad el movimiento está en manos de científicos sociales (en sus inicios

estaba en manos de los representantes de otras disciplinas). QUINTERO CANO, C. A. (2009)

### **El movimiento CTS en la educación.**

El campo CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad) se proyecta a nivel educativo en numerosos países latinoamericanos mediante programas y materiales CTS en enseñanza secundaria y universitaria. Entre ellos, el Comité de Educación de la Red CTS, en cuanto a la preparación de cursos a distancia (cursos virtuales) para la formación de docente en el enfoque CTS y presentando nuevas estrategias para el fomento de la preparación de materiales didácticos.

A pesar de esta iniciativa, su desarrollo es desigual en los distintos países latinoamericanos (BAZZO, W., 1998; SUTZ, J., 1998). Así, en algunos contextos, estos estudios han tenido un enfoque hacia aspectos de política científica o bien sobre indicadores en la gestión de la innovación y cambio técnico o sobre la fundación de disciplinas y comunidades científicas o sobre la relación universidad empresa o la prospectiva tecnológica o sobre impacto social del conocimiento. No obstante, se observa un cierto olvido en el abordaje de temas relacionados con el medio ambiente, la divulgación y apropiación social del conocimiento y, en general, de la variable social como categoría del conocimiento.

Los tópicos predominantes en la formación CTS en América Latina se pueden identificar a partir del perfil profesional que los programas de formación proponen a sus educandos pues se trata de adquirir pericia. Así lo demuestran los estudios realizados por DAGNINO, R., THOMAS, H. Y GÓMEZ, E. (1998).

Al respecto, la carencia fundamental de la evolución del campo CTS en la región, se explica por la escasa atención brindada a los problemas de la ciencia y la tecnología a lo largo del proceso educativo del individuo. Como tarea pendiente queda facilitar la comprensión de los contenidos de la ciencia, desde su dinámica de producción, de forma que la sociedad se apropie del contenido y evolución del conocimiento. Desde esta perspectiva, se hace necesario avanzar en propuestas educativas que faciliten la comprensión y la participación en los sistemas de ciencia y tecnología. En este sentido, el

diseño, experimentación y evaluación de materiales curriculares para la formación en CTS constituye una pequeña aportación en esta línea.

A manera de conclusión, en América Latina la reflexión sobre CTS ha derivado más bien hacia la constitución de un campo de conocimiento, que hacia la formación de un movimiento social. Los inicios de la problemática de CTS, independientemente de su posición o perspectiva teórica, parecen estar comprometidos con una militancia crítica de la ciencia y la tecnología.

De hecho permiten afirmar que se requiere de propuestas académicas que ayuden a fortalecer el movimiento CTS en América Latina; situación que hace de la propuesta investigativa, diseño, experimentación y evaluación de materiales curriculares para la formación en CTS, un aspecto necesario y útil para el fortalecimiento del modelo alternativo CTS.

Así pues, los elementos expuestos anteriormente son base para el estudio de una metodología didáctica donde se aplique el enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad en estudiantes de educación media, que en apartes posteriores se hará la descripción respectiva.

### § **Ciencia, tecnología y sociedad (CTS) en Colombia**

De acuerdo con OSORIO, C. (1999), en el contexto colombiano, los estudios sociales en ciencia y tecnología han estado muy enfocados hacia la investigación sociohistórica (por ejemplo, COLCIENCIAS, 1994), a la divulgación de estudios histórico filosóficos (PALÁU, L. A., 1998) y al análisis de procesos de gestión y seguimiento de los actores. De ahí que pocos resultados se vean reflejados en el campo de la investigación y de las políticas públicas. Estos planteamientos sirven de base para afirmar que, al igual que en el resto de América Latina, Colombia se encuentra en un proceso de construcción.

La dinámica de la educación juega un papel predominante en el mundo contemporáneo debido al valor que ha adquirido el saber como condición indispensable para el desarrollo de los pueblos. Además, la función social más importante de la educación es la de dotar a las generaciones de jóvenes de capacidades que le permitan desempeñarse con propiedad en la sociedad de la producción (RODRÍGUEZ ACEVEDO, G., 1998). Según

TOFFLER, A. Y TOFFLER, H. (1971), vivimos en una sociedad del conocimiento, caracterizada porque la base de la producción son los datos, las imágenes, los símbolos, la ideología, los valores, la cultura, la ciencia y la tecnología. Por tal razón, la calidad de la educación está ligada a un conjunto de factores (medio ambiente, condiciones mínimas de los establecimientos, materiales y docentes preparados) que posibilitan la orientación hacia nuevas formas de comprensión en los planos cognitivo, afectivos y psicomotor

De ahí que, la falta de la calidad de la educación, constituye hoy día el principal problema educativo en los países (TORANZOS, 1996), debido a la crisis del modelo educativo mundial. Para Colombia se ha convertido en el principal problema (MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL, 1991), pues ese deterioro de la calidad de la educación es notorio, de acuerdo a los resultados obtenidos en áreas como las matemáticas, ciencias y lenguaje, ya que estas áreas generan un conjunto de conocimientos y capacidades, que permiten a las personas continuar aprendiendo a lo largo de sus vidas (MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL, SABER, 1992).

Otro elemento, es la falta de docentes mejor calificados y planteles bien dotados de materiales educativos y textos escolares suficientes y apropiados (MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL, 1995). En este sentido, SCHIEFELBEIN, E. (1995) entiende que las variables que más pesan en la explicación del rendimiento del estudiante son: las características del plantel y el proceso pedagógicos. Así pues, la ausencia notable de docentes que trabajen procesos educativos desde donde promuevan diferentes aspectos de comprensión sobre los temas científicos y de desarrollos tecnológicos, contribuyen a fomentar los graves problemas de calidad de la educación y, al mismo tiempo, acrecientan el bajo nivel de percepción que se tiene sobre la ciencia en Colombia (COLCIENCIAS, 1994; MEN, 1995).

Más aun, los docentes de ciencias, poco centran su interés en generar espacios discursivos que contribuyan a la superación de los obstáculos epistemológicos (GIORDAN, A y DE VECCHI, 1995. citado en QUINTERO CANO, C. A., 2009), ya que siguen un nivel de estructura interna en donde los conocimientos son presentados como productos acabados, sin mayor relación con los contextos sociales y culturales. Sobre todo, la tendencia en la enseñanza de las ciencias ha estado centrada en los contenidos,

con un fuerte enfoque reduccionista, técnico y universal, lo que ha llevado a una vasta crítica internacional, desde los comienzos de los años ochenta, centrado en la necesidad de reconceptualizar y reformular la educación en ciencias.

De este modo se encuentra que la educación a nivel de básica en el área de tecnología e informática (Art. 23 de la Ley General de Educación, 1994) en Colombia se encuentra articulada a una concepción en educación técnica orientada hacia el trabajo, con el ánimo de responder a las necesidades de modernización y desarrollo del país. Debido al vertiginoso desarrollo tecnológico, la educación técnica centrada en destrezas y habilidades a menudo se vuelve rápidamente obsoleta (MEN, 1995).

En contraste con esta situación para la educación en tecnología en la enseñanza básica, se han sugerido propuestas en torno a la importancia de involucrarle una perspectiva CTS que contemple diferentes puntos, a saber: un enfoque constructivista del aprendizaje; abordar problemas sociotécnicos relevantes para los estudiantes; situar estos problemas en contextos específicos; introducir el análisis sociofilosófico, ético, político, económico, en estos problemas; promover el desarrollo de capacidades necesarias para argumentar en torno a la toma de decisiones sobre cuestiones CTS, etc.. Desde esta perspectiva se puede resaltar el papel de CTS como favorecedor de la apertura del ámbito escolar al medio social (ACEVEDO, J. A., 1994).

Por otro lado, teniendo en cuenta la ley marco, los esfuerzos por llevar los estudios sociales en ciencia y tecnología a la educación básica y media se encuentran en proceso de implementación, a través del Ministerio de Educación Nacional. Desde la década anterior, con la nueva Constitución colombiana desde 1991 (República de Colombia) y la Ley Marco de Ciencia y Tecnología (República de Colombia, 1990), se creó el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología. La promulgación de la Ley General de Educación en Colombia (Congreso de la República de Colombia, 1994), permite construir el currículum vinculando la participación de las comunidades a través de un Proyecto Educativo Institucional (PEI). El reconocimiento de los saberes científicos, la educación en tecnología y la educación ambiental, entre otros, se constituyen en formas de conocimiento que pueden ayudar a construir una nueva sociedad preparada para el mundo global en que actualmente se vive.

En esta línea, el Plan Decenal de Educación (MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL, 1996) busca fomentar la cultura científica y tecnológica a partir de una conciencia crítica hacia la investigación y la experimentación científica. En este sentido se puede considerar que se abre un conjunto de posibilidades para la introducción de temáticas en CTS al currículum de la educación básica y media en Colombia. Por esta razón, la preocupación por los estudios sociales de la ciencia y la tecnología en la educación básica, cara a las nuevas exigencias de un mundo transformado por estos conocimientos, es un asunto relativamente reciente en Colombia. Actualmente hay posibilidades normativas y curriculares para que estos temas puedan ser incluidos en este nivel educativo (OSORIO, C., 1997).

Además, en este contexto surge una iniciativa sin precedentes del actual gobierno (2005-2010): la de implementar la revolución educativa.

Como se puede apreciar, el movimiento Ciencia, Tecnología y Sociedad en Colombia está en un proceso de expansión y que ésta depende de la formulación que se hace desde el sector educativo y a los movimientos alternos que se presenta con diferentes nombres, ya sea ciencia y tecnología, tecnología e informática, ciencia, tecnología e innovación, entre otros.

Así entonces, tendrían sentido las unidades curriculares CTS bien sean integradas en programas ya establecidos en ciencia, tecnología e ingeniería, ciencias sociales, o en cursos de arte y lenguajes; o bien estructuradas como cursos independientes para alcanzar las cinco fases propuestas a saber:

1. Formación de actitudes de responsabilidad personal en relación con el ambiente natural y con la calidad de vida.
2. Toma de conciencia e investigación de temas CTS específicos, enfocados tanto en el contenido científico y tecnológico, como en los efectos de las distintas opciones tecnológicas, sobre el bienestar de los individuos y el bien común.
3. Toma de decisiones con relación a estas opciones, tomando en consideración factores científicos, técnicos y éticos, económicos y políticos.

4. Acciones individuales y sociales responsables, encaminadas a llevar a la práctica el proceso de estudio y toma de decisiones, generalmente en colaboración con grupos comunitarios.
5. Generalización a consideraciones más amplias de teorías y principios, incluyendo la naturaleza (sistémica) de la tecnología y sus impactos sociales y ambientales, la formulación de políticas en las democracias tecnológicas modernas, y los principios éticos que pueden guiar el estilo de vida y las decisiones políticas sobre el desarrollo tecnológico.

Para alcanzar el cometido propuesto, se plantean algunas ideas para la implantación educativa de la perspectiva CTS; por ejemplo, una tipología de casos de estudio CTS y una propuesta para la educación CTS (MARTÍN GORDILLO, M. y LÓPEZ CEREZO, A., 1998). Entre otros autores, Medina y Sanmartín (1990) señalan como ejemplos típicos de temas CTS la degradación del medio ambiente, la polución tóxica, el agotamiento de los recursos naturales, el control de las armas nucleares, etc., así como otras manifestaciones acerca del modo en que la sociedad tecnológica afecta la calidad de vida.

Pero uno de los problemas más frecuentes que entraña la adopción de esta perspectiva en la enseñanza es la falta de sistematización de sus contenidos. El hecho de que este tipo de planteamientos denuncien y renuncien a la compartimentación disciplinar en sus análisis presenta dificultades para aumentar su presencia en los medios educativos que, por definición, tienen en la compartimentación disciplinar una de sus señas de identidad principales. Los análisis CTS desperdician con ello la oportunidad de organizar currículos sustantivos, permaneciendo limitada su presencia educativa a los intersticios adjetivos de la transversalidad de las disciplinas (MARTÍN GORDILLO, M. y LÓPEZ CEREZO, A., 1998).

Por otra parte, la educación desde los enfoques CTS tiene como objetivo la alfabetización científica y tecnológica de los ciudadanos. De ahí que una sociedad desarrollada por las ciencias y las tecnologías requiera que los ciudadanos manipulen saberes científicos y técnicos, y puedan responder a necesidades actuales de diferente naturaleza a saber:

1. Profesionales, por cuanto se obligan ampliar y renovar las competencias, más aún para investigadores.
2. Utilitarias, al reconocer que todo saber es poder.
3. Democráticas, ya que la alfabetización puede preparar a la ciudadanía en modelos participativos y permite debatir la tecnocracia que maneja los aspectos públicos relacionados con el desarrollo tecnocientífico.
4. Metafísico y lúdico, por cuanto provee elementos que ayudan a vivir más plenteramente con la ciencia, a partir de una comprensión más amplia de la misma y a saber vivir en el mundo en medio de numerosos interrogantes y crecientes complejidades.

En el contexto educativo los enfoques en CTS mediante la alfabetización buscan contribuir a la enseñanza de los estudiantes a partir de la información relevante sobre las ciencias y las tecnologías de la vida moderna, con la perspectiva de que puedan analizarla y evaluarla, reflexionar sobre esta información, definir los valores implicados en ella y tomar decisiones al respecto, reconociendo que su propia decisión final está, así mismo, basada en valores (CUTCLIFFE, S. H. 1990).

## 5. Diseño metodológico

### Introducción

Al plantear la metodología más adecuada a los objetivos de este estudio se asumió que, al tratarse de una investigación educativa en didáctica de las Ciencias Experimentales, presentaba una modalidad de investigación social que implicaba la utilización de procedimientos tanto cualitativos como cuantitativos.

Las respuestas escritas de los estudiantes fueron interpretadas mediante métodos cualitativos que permitiera identificar las ideas y razonamientos (redes sistémicas, determinación de niveles de resolución, clasificación de observaciones o datos en categorías). Posteriormente, estos resultados debidamente ordenados en frecuencias o en rangos de categorías fueron tratados de forma cuantitativa. La medición cuantitativa fue de tipo ordinal, donde cada observación fue colocada en una posición relativa con respecto a todas las demás, creando diferentes niveles de corrección o de complejidad.

En la actualidad, en el tema de la investigación en didáctica, ya no es un tropiezo el enfrentar los paradigmas experimental-cuantitativo e interpretativo-cualitativo (Keevs, 1998)<sup>17</sup>. Ya que a partir de 1980 y gracias a la Psicología, específicamente del aprendizaje, que exige métodos más cualitativos para profundizar en la estructura

---

<sup>17</sup> **KEEVES, J.** Methods and processes in research in science education. Citado por Varela, María Paloma. La resolución de problemas en la enseñanza de las ciencias. Aspectos didácticos y Cognitivos.1998.

cognitiva de los estudiantes, se favorece la entrada de enfoques metodológicos que mezclan ambos tipos de procedimientos. Cook y Reichardt (1986)<sup>18</sup> plantean de forma muy clara la importancia de utilizar ambos métodos sin tener que escoger entre el paradigma cuantitativo y el cualitativo:

*“La investigación evaluativa tiene por lo común propósitos múltiples que han de ser atendidos bajo diferentes condiciones que, a menudo, exigen variedad de métodos. Empleados en conjunto y con el mismo propósito, los dos tipos de métodos pueden vigorizarse mutuamente para brindarnos percepciones que ninguno de los dos podría conseguir por separado. Ya que los métodos cuantitativos y cualitativos tienen con frecuencia sesgos diferentes, será posible emplear a cada uno para someter al otro a comprobación y aprender de él”* (Cook y Reichardt, 1986, p. 43).

Esta misma cuestión surge en otras disciplinas. De hecho, una de las grandes preguntas dentro de la epistemología es: ¿Hay sólo un método que identifique la creación científica? Fourez (1998)<sup>19</sup> recoge los resultados de los estudios epistemológicos de los últimos años que “se han interesado en examinar de cerca cómo funcionan los laboratorios para poder describir, mediante un análisis epistemológico-socioantropológico, el modo concreto del proceder de las investigaciones”. Sus conclusiones son que los científicos frente a problemas utilizan diversos métodos y modos de abordarlos, y que “hay que evitar creer que la práctica de los científicos sigue fielmente lo que ellos dicen que hacen”.

---

<sup>18</sup> **COOK, T.D. y REICHARDT, C.S.** Métodos cualitativos y cuantitativos en investigación evaluativa. Morata, Madrid. 1986.

<sup>19</sup> **FOUREZ, G.** La construcción del conocimiento científico. Narcea, Madrid. P.60. 1998 (digitalizado).

Por una parte, los procesos de razonamiento, observacionales y experimentales implicados en la Ciencia evolucionan de manera histórica; y, por otra, los científicos transforman sus métodos y normas cuando aprenden, en la práctica, lo que se gana con ese cambio. (Chalmers, 1992)<sup>20</sup>

Tras esta reflexión teórica, y debido a las características propias que definen la investigación en Didáctica, se tomó la opción de utilizar ambas metodologías de trabajo de acuerdo con las necesidades surgidas en el diseño de la investigación.

Teniendo en cuenta el perfil del estudio, y el objetivo mismo, son muchas las pretensiones al abordar un tema tan delicado como es el aprendizaje y en especial en éste campo de las ciencias biológicas con una estrategia metodológica como es la resolución de problemas (MRP) y el enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad (C-T-S) en un contexto real de aula. Esta propuesta implicó desde un inicio aspectos como:

## **Malla curricular de la investigación: contenidos programáticos de biología**

Los contenidos de la asignatura de Biología en el que se concentró el estudio son los de Genética. La elección de estos contenidos en concreto obedeció, principalmente, a que el calendario académico del año 2011, inició con el tema de genética en décimo grado. Aunado a lo anterior, la Genética es uno de los pocos temas de la Biología que permite el empleo de resolución de problemas. Es verdad, que estos problemas son de tipo cerrado y difiere un poco con los que proponen en este estudio. Sin embargo, este hecho permitió determinar diferencias de aprendizaje entre grupos de estudiantes que trabajen contenidos similares, con problemas cerrados o con problemas abiertos. La Genética es

---

<sup>20</sup> CHALMERS, A. La ciencia y cómo se elabora. Siglo XXI, Madrid. 1992. (digitalizado)

uno de los contenidos biológicos más propicios para trabajar el enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad debido a la gran incidencia en el desarrollo social de los nuevos avances científicos. Estos contenidos fueron aplicados en el nivel de educación media vocacional, basados en los estándares básicos de competencias del Ministerio de Educación Nacional, MEN, de décimo grado<sup>21</sup>.(Ver figura 2).

Se tuvo en cuenta los nuevos avances en Genética. Además, de la herencia mendeliana y el concepto de mutación, también se incluyeron contenidos de ingeniería genética, debido a sus aplicaciones sociales y éticas. Estos contenidos son imprescindibles para un lenguaje científico y tecnológico de los estudiantes, como también para comprender todos los avances en el desarrollo de la Genética.

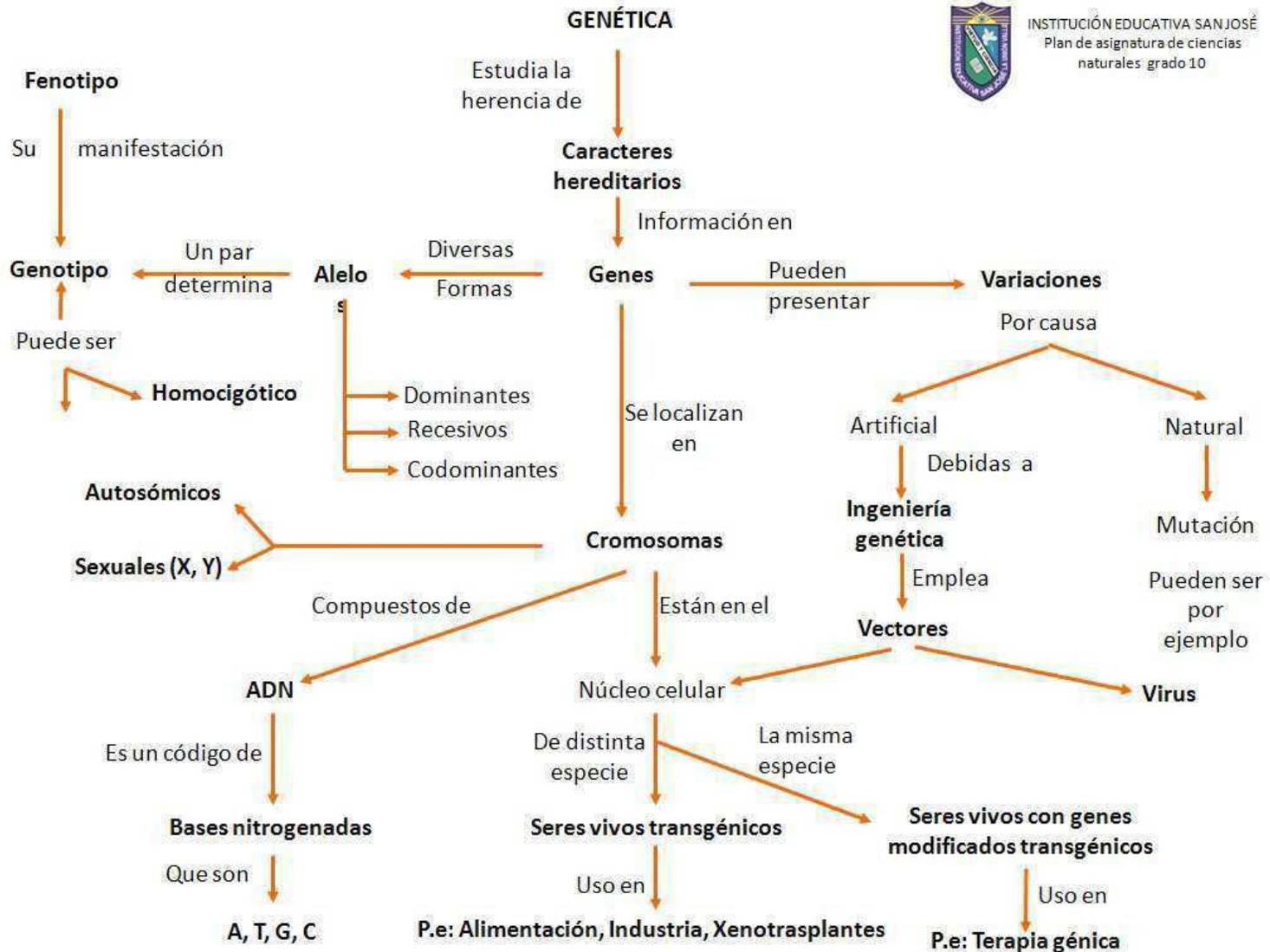
## **Adaptación a la metodología.**

Debido a que no todos los estudiantes han tenido la experiencia con la Metodología de resolución de problemas (MRP) fue necesario realizar un aprendizaje previo (Ver Anexo R). Para ello, los estudiantes que hicieron parte del estudio trabajaron con problemas abiertos y otras actividades que les ayudara a familiarizarse con la metodología, durante las sesiones de clase

---

<sup>21</sup> **Ministerio de Educación Nacional, MEN.** Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. Formar en ciencias: ¡el desafío! Lo que necesitamos saber y saber hacer. Guía No.7, julio 2004.

**Figura 2** Contenidos que fueron aplicados en el estudio, basados en los estándares básicos de competencias del Ministerio de Educación Nacional, MEN.



INSTITUCIÓN EDUCATIVA SAN JOSÉ  
Plan de asignatura de ciencias naturales grado 10

Ya en otro campo, existen otras dificultades en el proceso de enseñanza aprendizaje en la resolución de problemas, el estilo cognitivo Dependencia Independencia de Campo (DIC) que fueron abordadas para disminuir los factores individuales de aprendizaje; muy específicamente, si los problemas eran abiertos.

## **Intervención en los grupos experimentales.**

Debido a la situación actual de estudio, la metodología de trabajo dentro del aula fue orientada bajo la metodología investigación-acción, donde el docente jugó con el doble rol de profesor e investigador. Respecto a este papel de profesor-investigador, otro de los aspectos en el estudio es que el trabajo con el Grupo Experimental y con el Grupo Control, fue simultáneo, lo ideal hubiese sido un profesor ajeno al estudio, con este último grupo. Debido a la gran diferencia existente entre el papel de un profesor en un tipo de enseñanza más tradicional, donde es más un transmisor de información, y el papel de un profesor en una metodología constructivista como es la Metodología de resolución de problemas, donde es más un guía o mediador entre el estudiante y el conocimiento.

## **Recolección de datos**

La obtención de los datos se llevó a cabo en torno a cuatro momentos:

### **Inicial.**

Antes de empezar a trabajar los contenidos de Genética en el aula, los grupos desarrollaron pruebas idénticas que permitieron diagnosticar el punto de partida en lo referente a preconceptos (Genética y de Ciencia), resolución de problemas abiertos y actitudes relacionadas con la Ciencia y relativas a Ciencia-Tecnología-Sociedad. Los estudiantes del grupo experimental también llevaron a cabo el test GEFT de figuras enmascaradas para determinar su nivel de Dependencia o de Independencia de Campo (DIC).

## **Participación en el aula.**

Durante el desarrollo de la temática del periodo, se llevaron a cabo actividades basadas en la resolución de problemas abiertos, en el grupo experimental se recolectó las producciones de los estudiantes para poder valorarlas y determinar el impacto y evolución por parte de los estudiantes en su aprendizaje, y la relación entre éste último y el estilo cognitivo de Dependencia o de Independencia de Campo.

### **§ Valoración de la influencia del estilo cognitivo Dependencia-Independencia de Campo (DIC)**

Para poder realizar el contraste de esta hipótesis se halló el estilo cognitivo DIC de cada sujeto del GEXP. Se ha utilizado el Test de Figuras Enmascaradas (GEFT) (Witkin y otros, 1987) diseñado para colectivos, siendo una adaptación del Test EFT.

Esta prueba consta de 18 ítems divididos en dos grupos, en principio del mismo nivel de dificultad, precedidos de 7 ítems que sirven de entrenamiento y no influyen en la calificación obtenida. Cada uno de esos ítems es una figura compleja donde está enmascarada otra más simple que debe ser identificada. La puntuación total de un sujeto en esta prueba es la suma de los elementos realizados correctamente en un tiempo limitado, por lo tanto la escala va de 0 a 18. Se entiende que una clasificación alta en la prueba indica una mayor capacidad para encontrar figuras simples en figuras complejas, lo que se traduce en un mayor grado de Independencia de Campo, y una clasificación baja en la prueba se traduce en un mayor grado de Dependencia de Campo. El número de aciertos se lleva a una escala de intervalos en la que se establecen cuatro niveles de menor a mayor independencia de campo. Ver anexo Q.

Nivel 1: DIC- MBA (Muy bajo): de 0 a 5 formas correctas

Nivel 2: DIC-BA (Bajo): de 6 a 9 formas correctas

Nivel 3: DIC- ME (Medio): de 10 a 13 formas correctas

Nivel 4: DIC-AL (Alto): de 14 a 18 formas correctas

## **Primeros resultados.**

Al finalizar el trabajo en el aula concerniente a los contenidos de Genética, los grupos; experimental y control, realizaron pruebas idénticas que permitieron conocer su nivel de aprendizaje en todos los aspectos relativos a conceptos, procedimientos y actitudes que fueron incluidos en este estudio.

## **Resultados finales.**

Al cabo de cinco meses de haber finalizado el proceso de enseñanza aprendizaje, los estudiantes del grupo experimental, afrontaron una última prueba para determinar el grado de “retroceso” de los aprendizajes tanto del nivel conceptual como procedimental.

## **Proceso de la investigación**

A continuación se describen las fases llevadas a cabo en el estudio:

### **Etapas Preliminar**

En esta etapa se realizó el análisis cualitativo del problema que permitiera identificar las hipótesis y el diseño más apropiado para la resolución del mismo. Para luego adentrar en las fases de resolución, recolección de datos y análisis de los mismos.

Como parte del análisis cualitativo del problema se llevó a cabo las siguientes actividades:

Decidir nivel y contenido a trabajar en el aula y revisión bibliográfica sobre:

1. Las investigaciones llevadas a cabo en relación con la propuesta de trabajo, la metodológica por resolución de problemas, MRP.
2. las investigaciones llevadas a cabo con relación a los preconceptos de los estudiantes sobre Genética y sobre la Naturaleza de la Ciencia.
3. Y otros aspectos, como los estudios relacionados con procedimientos, actitudes, modelos de unidades didácticas, etc.

## **Etapa aplicativa en el aula**

Esta etapa, se desarrolló durante los tres primeros meses del año 2011. (Primer periodo académico, calendario B).

Previo a esta etapa se estableció el tipo de contenidos curriculares a trabajar dentro de los temas de genética, tanto en el grupo experimental como en el grupo control, y los momentos y la forma de cómo iba a llevar a cabo la recolección de la información tanto en el grupo control, como en el experimental.

La recolección de datos y el análisis de los mismos, sobre preconceptos de los estudiantes en relación a los temas de Genética, con la Naturaleza de la Ciencia, con los procedimientos de resolución de problemas y con las actitudes relacionadas con la Ciencia y relativas a Ciencia-Tecnología-Sociedad.

Evaluación nivel de Dependencia o de Independencia de Campo (DIC) de los estudiantes del grupo experimental a través de la prueba colectiva test de figuras enmascaradas GEFT.<sup>22</sup>

Adelanto de la fase de preconceptos utilizando la Metodología por resolución de problemas (MRP) por parte de los estudiantes del grupo experimental.

Organización del trabajo dentro del aula de clase, para los ejercicios previos de resolución de problemas a realizarse de forma cooperativa (grupos de cuatro personas). VIGOTSKY, L.S. (1978).

## **Etapa de análisis de resultados**

Esta etapa se dio inicio al finalizar el proceso experimental (enseñanza-aprendizaje) tanto del grupo control como el experimental. Los análisis fueron tanto cualitativos como

---

<sup>22</sup> **Within y otros.** The Embeded Figures Test, EFT, 1987

cuantitativos, usando la estadística como herramienta, para confirmar que en el grupo llamado experimental presentó:

1. Actitud positiva o negativa, hacia la metodología desarrollada en el aula.
2. Cambio conceptual y en el procedimiento.
3. Relación entre el estilo cognitivo de Dependencia o de Independencia de Campo (DIC) de los estudiantes y su capacidad de enfrentar y resolver problemas abiertos.
4. Continuidad del cambio conceptual y de procedimientos en el grupo experimental.

También verificar las diferencias entre los aprendizajes finales realizados por los estudiantes del grupo experimental y del grupo control relacionado con:

1. Conceptos de Genética y Naturaleza de la Ciencia
2. Procedimientos para resolver los problemas abiertos y cerrados
3. Las actitudes que atañen con la Ciencia y Ciencia, Tecnología y Sociedad

## **Hipótesis del estudio**

Durante el desarrollo del proyecto se llevó a cabo un análisis sobre los fundamentos teóricos que están en la base de este estudio. En consecuencia se pudo plantear hipótesis del estudio que fuesen coherentes con el marco de referencia, cumpliendo la tarea de derrotero a seguir.

### **Hipótesis inicial**

Los grupos experimental y control son homogéneos en sus conocimientos iniciales para cada uno de los aspectos estudiados en la investigación.

Esta hipótesis se concretó, para cada uno de los aspectos o variables evaluadas en este estudio, con los siguientes supuestos:

Supuesto inicial 1: Los estudiantes del grupo experimental y del grupo control son homogéneos en los preconceptos de genética y herencia.

Supuesto Inicial 2: Los estudiantes del grupo experimental y del grupo control son homogéneos en los preconceptos sobre la naturaleza de la ciencia.

Supuesto inicial 3: Los estudiantes del grupo experimental y del grupo control son homogéneos en los preconceptos de solución de un problema abierto.

Supuesto inicial 4: Los estudiantes del grupo experimental y del grupo control son homogéneos en las actitudes iniciales que manifiestan respecto a la ciencia.

Supuesto inicial 5: Los estudiantes del grupo experimental y del grupo control son homogéneos en las actitudes iniciales que manifiestan respecto a las relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad.

### **Hipótesis de participación en el aula**

Las hipótesis para este momento, pretendió diferenciar la evolución positiva en el aprendizaje de los diversos contenidos, que realizó el grupo experimental, durante, y tras el desarrollo del periodo académico, basada en una Metodología de resolución de problemas. Estas hipótesis se centraron en el aprendizaje de la metodología; en el cambio conceptual que se produjo en relación con los contenidos de Genética; y en la influencia del estilo cognitivo Dependencia o de Independencia de Campo (DIC) como una diferencia individual importante en el aprendizaje realizado.

#### **§ Hipótesis 1 de participación en el aula**

El desarrollo en el aula de una Metodología de resolución de problemas produce en los estudiantes del grupo experimental, una evolución significativa hacia niveles de resolución más complejos.

### § **Hipótesis 2 de participación en el aula**

El estilo cognitivo Dependencia-Independencia de Campo (DIC) de cada individuo, afecta de forma significativa el nivel de resolución de problemas abiertos alcanzado por los estudiantes del grupo experimental.

### **Hipótesis final 1.**

Esta hipótesis tenía dos enfoques muy claros, no sólo se pretendía contrastar que existen diferencias entre los aprendizajes realizados por el grupo experimental y el grupo control, sino que el grupo experimental era significativamente mejor para todo tipo de conocimiento que se evaluó en esta fase de la investigación.

### § **Hipótesis primeros resultados**

Existen diferencias significativas en el aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes, a favor del grupo experimental, que ha trabajado con la metodología de resolución de problemas.

Esta hipótesis se hizo mucho más concreta con los siguientes supuestos:

Supuesto primeros resultados 1: Existe un aprendizaje significativamente mayor de los conceptos sobre Genética y herencia, contextualizados a la postura científica actual a favor del grupo experimental, que ha trabajado con la metodología de resolución de problemas, respecto al grupo control.

Supuesto primeros resultados 2: Existe un aprendizaje significativamente mayor de los contenidos conceptuales sobre la Naturaleza de la Ciencia en el grupo experimental, que ha trabajado con la metodología de resolución de problemas, respecto al grupo control.

Supuesto primeros resultados 3: Existe un aprendizaje significativamente mayor de los procedimientos de resolución de problemas (abiertos y cerrados) a favor del grupo experimental, que ha trabajado con la metodología de resolución de problemas, respecto al grupo control.

Supuesto primeros resultados 4: Se manifiestan actitudes significativamente más favorables relacionadas con la Ciencia a favor del grupo experimental, que ha trabajado con la metodología de resolución de problemas, respecto al grupo control.

Supuesto primeros resultados 5: Se pone de manifiesto una postura significativamente más definida y favorable hacia las relaciones ciencia, Tecnología y Sociedad a favor del grupo experimental, que ha trabajado con la metodología de resolución de problemas, respecto al grupo control.

### **Hipótesis de resultados finales**

Se ha demostrado en la práctica docente que con el paso del tiempo se produce un cierto retroceso en los conocimientos adquiridos por los estudiantes. La hipótesis, de este momento en especial, se refirió a la permanencia en el tiempo de los aprendizajes realizados por el grupo experimental a través de la metodología de resolución de problemas. Para ello se compararon los resultados obtenidos por el grupo experimental en la fase de primeros resultados, con los derivados en pruebas realizadas cinco meses después.

Entre estos dos últimos momentos, los estudiantes no tuvieron que trabajar los contenidos del estudio, como tampoco se llevó a cabo la metodología del estudio.

#### **§ Hipótesis de resultados finales**

El cambio producido en el aprendizaje de los contenidos por la metodología de resolución de problemas, en el grupo experimental, es poco significativo en el tiempo.

Esta hipótesis se hizo mucho más concreta con los siguientes supuestos:

Supuesto de resultados finales 1: El cambio conceptual sobre Genética y herencia prevalece en el tiempo.

Supuesto de resultados finales 2: El cambio conceptual sobre la Naturaleza de la Ciencia persiste en el tiempo.

Supuesto de resultados finales 3: El cambio respecto a la metodología de resolución de problemas abiertos perdura en el tiempo sin cambios significativos.

## **Características y contexto de las muestras**

El grupo llamado experimental se eligió por ser un grupo representativo de la Institución Educativa y el criterio de selección del grupo control, se centra en el rendimiento académico, ya que se asemeja al anterior, disminuyendo teóricamente las diferencias entre las unidades experimentales.

En toda investigación donde se aplican tratamientos estadísticos para su posterior análisis, siempre se plantea el interrogante si el tamaño de muestra es representativo de la población.

En cuanto a la representatividad de la muestra se puede decir que los grupos experimentales, presentaban numerosas similitudes que permitieron intuir que eran homogéneos y representativos para el tipo de estudio que se quería llevar, dichas características fueron:

1. Grupos de estudiantes de un centro público y de la misma Institución educativa.
2. Contenidos curriculares similares en el área de las Ciencias de Naturales
3. El mismo nivel socioeconómico de las familias de los estudiantes que hacen parte del estudio, pudiéndose considerar como medio. El nivel cultural en algunos padres es bajo ya que el 35% de la población no alcanzaba a tener estudios secundarios terminados. Es de aclarar que el 80% de las madres de estos estudiantes trabajaban exclusivamente como amas de casa.
4. La edad media de los estudiantes de ambos grupos al dar inicio al estudio fue de 14 años y 6 meses para el grupo experimental y 15 años y 2 meses para el grupo control. También presentaba proporción similar de niños y niñas, siendo mayor el número de niñas. En el grupo experimental fueron 11 mujeres que constituyeron el 52,38% de la clase y 10 varones que representaron el 47,62%. El grupo

experimental de este estudio estuvo formado por 21 estudiantes y de acuerdo a los Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales del Ministerio de Educación Nacional, en décimo grado se inicia con el tema de genética. El grupo control estaba formado por 21 estudiantes, con similar carga académica. Es conveniente aclarar que los dos grupos pertenecían a la Institución Educativa San José, de la Unión Valle del Cauca y que solo se tomó este número de estudiantes debido a la limitación de personal, caso concreto el docente investigador.

## **Metodología e instrumentos utilizados en el estudio**

### **Metodología, recolección y tipo de investigación**

Al proponer una metodología adecuada para los objetivos propuestos en este estudio, los escritos de los estudiantes fueron analizados mediante métodos cualitativos de interpretación y después de coleccionar sus ideas y razonamientos fueron procesados por redes sistémicas, para posteriormente, ordenarlos en frecuencias o en rangos de categorías y ser manejados de forma cuantitativa.

En el Cuadro 6, se puede visualizar lo desarrollado en cada uno de los momentos de la fase experimental, en los cuadros 7, 8, 9 y 10, se relacionan el tipo de prueba, la forma de recolección de la información, los grupos implicados, las hipótesis de partida, y el estadístico aplicado en el análisis de los resultados.

**Cuadro 6. Momentos de recolección de datos.**

ACTIVIDADES	ene-11				feb-11				mar-11				abr-11				may-11				jun-11				jul-11				ago-11				sep-11				oct-11			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Desarrollo del Trabajo de Grado	[Barra azul continua desde ene-11 hasta may-11]																																							
Aplicación de la guía	[Barra azul]																																							
Aplicación de la prueba 1					[Barra azul]																																			
Aplicación de la prueba 2					[Barra azul]																																			
Aplicación de la prueba 3					[Barra azul]																																			
Aplicación de la prueba 4					[Barra azul]																																			
Aplicación de la prueba 5					[Barra azul]																																			
Aplicación de la prueba 6					[Barra azul]																																			
Aplicación de la prueba 7					[Barra azul]																																			
Aplicación de la prueba 8					[Barra azul]																																			
Aplicación de la prueba 9					[Barra azul]																																			
Aplicación de la prueba 10					[Barra azul]																																			
Aplicación de la prueba 11									[Barra azul]																															
Obtención de los resultados	[Barra azul continua desde ene-11 hasta oct-11]																																							

**Cuadro 7. Actividades, Pruebas y estadísticas aplicadas en la parte inicial.**

<b>ETAPA EXPERIMENTAL DEL TRABAJO DE GRADO</b>					
<b>DATOS</b>	<b>PRUEBAS APLICADAS</b>				
	<b>Conceptos de Genética</b>	<b>Conceptos Naturaleza de la Ciencia.</b>	<b>Procedimientos resolución de problemas</b>	<b>Actitudes relativas a la Ciencia</b>	<b>Actitudes C-T-S</b>
<b>TIPO</b>	8 ítems: 3 con tablas, 4 con cuatro opciones y sus justificaciones	12 ítems con 4 discriminantes cada uno	Problema abierto	50 ítems (escala de 0 a 5)	9 ítems con 4 discriminantes cada uno
<b>RECOLECCION</b>	Frecuencia de respuesta.	Frecuencia de respuesta.	Frecuencia de respuesta por niveles (0 a 3) en cada variable	Frecuencia de respuesta.	Frecuencia de respuesta.
<b>MUESTRA</b>	Grupo experimental (n = 21) Grupo control (n = 21)				
<b>HIPÓTESIS NULA</b>	<b>HIPÓTESIS INICIAL:</b> Los grupos experimental y control son homogéneos para cada uno de los aspectos estudiados.				
<b>HIPÓTESIS ALTERNATIVA</b>	Los grupos experimental y control no son homogéneos (presentan diferencias significativas) para cada uno de los aspectos estudiados				
<b>ESTADÍSTICO</b>	Chi-cuadrado ( $X^2$ ).				

**Cuadro 8. Resumen de la pruebas aplicadas, con cada uno de los estadísticos empleados en los resultados obtenidos durante el periodo académico en la intervención en el aula aplicando el Método de Resolución de problemas.**

ETAPA EXPERIMENTAL DEL TG		
ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN EL AULA		
DATOS	PRUEBAS	
	PROBLEMAS	Actitud hacia MRP
TIPO	13 Problemas abiertos en el tema de Genética, abordando los siguientes temas: Herencia mendeliana Herencia no mendeliana Herencia de caracteres adquiridos Ingeniería genética y biotecnología	12 ítems en una escala 1 a 5
RECOLECCIÓN DE DATOS	Frecuencia de respuesta distribuidos en niveles de 0 a 3 Variables de contenidos: se evaluaron los esquemas conceptuales (EC) de los problemas: EC1: problemas P2, P3, P5, P6, P12 EC2: problemas P1, P2, P3, P4, P6, P7, P12 EC3: problemas P6, P8, P9	Frecuencia de respuesta.
	Grupo experimental (n = 21)	
HIPÓTESIS NULA	Los estudiantes del Grupo experimental, tras el aprendizaje realizado a lo largo de la unidad didáctica, obtienen resultados homogéneos.	
HIPÓTESIS ALTERNATIVAS	Hipótesis 1: La aplicación del Método de Resolución de Problemas genera en los estudiantes del Grupo Experimental una evolución significativa hacia niveles de resolución más complejos.  Hipótesis 2. El estilo cognitivo Dependencia-Independencia de Campo (DIC) de cada individuo influye de forma significativa en el nivel de resolución de problemas en los estudiantes del Grupo Experimental.	
ESTADÍSTICO EMPLEADO	Hipótesis 1 ANOVA  Hipótesis 2. Análisis de correlación de Pearson	

**Cuadro 9. Resumen de las pruebas aplicadas y sus métodos de análisis estadístico en los primeros resultados finales.**

ETAPA EXPERIMENTAL DEL TG ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN EL AULA APLICADO EN EL TERCER PERIODO ACADEMICO 2011 PRIMEROS RESULTADOS FINALES					
DATOS	PRUEBAS				
	Conceptos de Genética	Conceptos Naturaleza Ciencia.	Procedimiento resolución problemas	Actitudes relativas hacia la Ciencia	Actitudes C-T-S
TIPO	7 ítems  3 problemas cerrados (2 causa-efecto, y 1 efecto causa)  4 preguntas..	10 ítems abiertos	Problema abierto	6 ítems abiertos	8 ítems abiertos
RECOLECCION DE DATOS	Frecuencia de respuestas correctas  Frecuencia de la nota global de la prueba  Frecuencia de respuestas recolectadas en Red sistémica.	Frecuencia de respuesta Red sistémica	Frecuencia de respuesta por niveles (de 0 a 3).	Frecuencia de respuesta Red sistémica.	Frecuencia de respuesta Red sistémica.
MUESTRA	Grupo experimental (n = 21)  Grupo control (n=21)				
HIPÓTESIS NULA	El Grupo Experimental y el Grupo Control obtienen los mismos resultados en lo que se refiere al aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes.				
HIPÓTESIS ALTERNATIVA	Existen diferencias significativas en el aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes, a favor del Grupo Experimental.				
ESTADÍSTICO EMPLEADO	Chi-cuadrado ( $\chi^2$ ).  ANOVA				

**Cuadro 10. Síntesis de todas las pruebas, datos, muestras, hipótesis y estadístico utilizado para el contraste de la Hipótesis Final II.**

<b>ETAPA EXPERIMENTAL DEL TG</b> <b>ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN EL AULA</b> <b>APLICADO EN EL TERCER PERIODO ACADÉMICO 2011</b>			
<b>DATOS</b>	<b>PRUEBAS</b>		
	Conceptos de Genética	Conceptos sobre la Naturaleza de la Ciencia	Procedimientos de resolución de problemas
<b>TIPO</b>	6 Ítems abiertos	5 Ítems abiertos	Problema abierto
<b>RECOGIDA DE DATOS</b>	Frecuencia de respuesta	Frecuencia de respuesta	Frecuencia de respuesta por niveles (0 a 3)
<b>MUESTRA</b>	Grupo experimental (n = 21)  Grupo control (n = 21)		
<b>HIPÓTESIS NULA</b>	El cambio producido en el aprendizaje de los contenidos por el Método de Resolución de Problemas, en el Grupo Experimental, prevalece en el tiempo.		
<b>HIPÓTESIS ALTERNATIVA</b>	El cambio producido en el aprendizaje de los contenidos por el Método Resolución de Problemas, en el Grupo Experimental, No prevalece en el tiempo		
<b>ESTADÍSTICO EMPLEADO</b>	Chi-cuadrado ( $\chi^2$ ).  ANOVA		

### § **Instrumentos utilizados**

Los diferentes instrumentos utilizados en la recolección de datos fueron tomados de otros autores, y se especifica el por qué fueron elegidas y si sufrieron algún tipo de modificación, y otras fueron elaboradas para ajustarse a la propuesta del estudio.

### § **Pruebas desarrolladas para la hipótesis inicial**

Las pruebas iniciales de recolección de datos consistieron en su gran mayoría en ítems cerrados y tomados de otros autores que ya las habían validado. Las razones para su elección fue el hecho de que son más fáciles de contestar aquellos interrogantes donde los discriminantes ya están preseleccionados; y porque los resultados que se obtengan pueden ser comparados con los de otras investigaciones. Las pruebas fueron diseñadas para diagnosticar los conceptos, procedimientos y actitudes de los grupos experimentales.

### § **Prueba de preconceptos**

Los preconceptos que se pretendieron estudiar en este trabajo fueron de dos tipos: relacionados con la Genética y herencia, y con la Naturaleza de la Ciencia.

### § **Prueba inicial de preconceptos de Genética y herencia**

Elaboración. Fueron seleccionadas de la bibliografía preguntas ya validadas por otros métodos de indagación. Las fuentes fueron:

*Banet y Ayuso (1995)*, las preguntas de la 2 a la 8

*Woods-Robinson y otros (1998)*, la pregunta 1

La única modificación ha sido incluir en la pregunta 1 y 2 otras opciones de elección (D - no estoy seguro y NS - no lo sé).

Las preguntas seleccionadas recogen la siguiente escala de juicios sobre:

1. La localización de la información hereditaria: preguntas 1, 2, 3 y 4
2. La herencia de padres a hijos: preguntas 6 y 7

### 3. La herencia de caracteres de caracteres adquiridos: preguntas 5 y 8

En esta prueba inicial, no se planteó ningún problema clásico de genética porque los estudiantes no habían enfrentado este tipo de situaciones. Tampoco se crearon situaciones sobre conocimiento relativo a diferenciar entre cromosomas y cromátidas; genes y alelos; o mitosis y meiosis, porque no son propias de las preconcepciones de los jóvenes. Ver Anexo A.

#### § **Prueba inicial de preconceptos sobre Naturaleza de la Ciencia**

Se obtuvo de diversos trabajos y libros sobre este tema:

Lock y Miles (1993), VOSTS, pregunta 1

*Durant y otros (1989)*, preguntas 2, 5 y 10

*Solomon y otros (1996)*, preguntas 3, 7, 8, 9 y 12

*Borreguero y Rivas (1995)*, preguntas 4, 6 y 11.

La principal modificación, que se llevó a cabo sobre estas preguntas, fue el de unificar el número de respuestas. En algunas preguntas se añadió una respuesta extra del tipo “No lo sé, o unas veces sí y otras no”.

Las preguntas tenían el siguiente grado de ideas:

1. Forma de trabajo en Ciencia: preguntas 5, 7, 10, y 12
2. Teorías: preguntas 2, 3, 4, 7 y 8
3. Relacionado con los científicos: pregunta 11
4. Ciencia, Tecnología y Sociedad: preguntas 6 y 1

Se relaciona la prueba inicial de preconceptos de Naturaleza de la Ciencia, ver Anexo B.

### § **Prueba sobre procedimientos**

Esta prueba permitió conocer y verificar que tanto el grupo experimental como el control, no tenían la capacidad de dar respuesta a los problemas a ser planteados en el estudio.

El contenido del ejercicio estaba contextualizado en el tema de la salud por la familiaridad que éste representaba para los discentes y sus preconcepciones les permitiría abordar más fácilmente el problema.

Los escritos hechos por los estudiantes fueron analizados usando como base las distintas etapas metodológicas propuestas en el estudio (método a resolución de problemas).

Ejercicio:

Los laboratorios “San José” están creando nuevos fármacos para el tratamiento de enfermedades. ¿Cómo pueden estar seguros que funcionan?

### § **Pruebas de actitud**

Hablar de actitud ante la Ciencia, genera una amplia gama de aspectos: la propia Ciencia en un sentido amplio; las relaciones de la C-T-S y el estudio de la Ciencia en el aula. Teniendo en cuenta este último se llevaron a cabo dos encuestas; una que revisa aspectos de la relación Ciencia-Tecnología-Sociedad; y una segunda que se centra en las actitudes científicas y de la Ciencia.

### § **Prueba inicial de actitudes respecto a las relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad**

La primera encuesta diagnosticaba las actitudes, relacionando la perspectiva y postura que adoptaban los estudiantes en los diversos temas de la Ciencia, Tecnología y Sociedad, en especial aquellos temas de financiación de la investigación científica; el papel de la ciencia y la tecnología en la resolución de problemas sociales; responsabilidad frente a las consecuencias de un descubrimiento; el uso de la ingeniería genética y el control de la investigación científica.

El diseño de la encuesta, se llevó a cabo seleccionando interrogantes de diversos trabajos que habían profundizado manera detallada en el tema:

*Lock y Miles (1993)*. Quien tomó como referencia una encuesta tipo Likert, para detectar actitudes en el tema de genética, con base a lo anterior se elaboró la pregunta 2.

1. *VOSTS (Views on Science, Technology and Society), Fleming, 1987*, las preguntas 1, 4, 5, 6, 7 y 8.
2. *Borreguero y Rivas (1995)*, en su trabajo además de usar ítems procedentes del VOSTS, que también se incluyen en este trabajo, elaboran nuevos ítems que llaman encuesta Alfacien, preguntas 3 y 9.

En algunos puntos se cambió la redacción, o se incluyeron datos, para hacerlas más fáciles para los estudiantes

Los interrogantes utilizados en la encuesta relacionados con Ciencia-Tecnología-Sociedad, fueron:

1. Con respecto a la finalidad de la Ciencia y el gasto en investigación: preguntas 5, 6 y 7.
2. Contextualizado al papel del científico dentro de la sociedad: preguntas 4 y 8.
3. En cuanto a los límites de la Ciencia y la Tecnología: preguntas 2 y 9.
4. Todo lo referente a la influencia de la Ciencia y la Tecnología en la Sociedad: preguntas 1 y 3.

Se describe la encuesta aplicada en la prueba inicial relacionada con las actitudes ante Ciencia, Tecnología y Sociedad. Ver Anexo C.

#### § **Prueba inicial de actitudes relacionadas con la Ciencia**

El segundo cuestionario es el *Protocolo de Actitudes relacionadas con la Ciencia*, diseñado y aplicado por *Vasquez y Manassero (1997)*. Los autores diseñaron este instrumento, como una encuesta tipo Likert, basándose en los resultados obtenidos en otras investigaciones sobre estas actitudes en los estudiantes.

Los cambios en la encuesta fueron mínimos. Se sustituyó las posibles respuestas por números. Se consideró que la terminología AT, A, I, D, DT (que identificaban posturas de acuerdo total, acuerdo, indecisión, desacuerdo y desacuerdo total), eran poco claras para los estudiantes y se escogió una escala numérica, desde la postura del desacuerdo total (1) al acuerdo total (5); y, el cero (0) incluye la respuesta “No lo sé”.

La encuesta planteaba la siguiente gama de actitudes ante la Ciencia:

□ **Actitudes sobre la Ciencia**

1. Actitudes favorables, la Ciencia vista como algo útil, pragmática.

Frases: 1, 3, 5, 12, 19, 24, 31, 32 y 40

2. Actitudes desfavorables, la Ciencia vista como un peligro o sin utilidad.

Frases: 6, 8, 13, 20, 34, 36, 38, 43 y 48

3. Actitudes sobre la visión de las características de la Ciencia.

Frases: 9, 11, 14, 16, 44, 45, 46 y 47

□ **Actitudes hacia la Ciencia:**

1. Actitudes favorables hacia la Ciencia y su estudio, interés y motivación.

Frases: 7, 17, 22, 27, 29, 33, 35, 39, 41, 42, 49 y 50

2. Actitudes desfavorables hacia la Ciencia y su estudio, falta de motivación.

Frases: 2, 4, 10, 15, 18, 21, 23, 25, 26,28, 30 y 37

A continuación se describe la prueba inicial de actitudes relacionadas con la Ciencia. Ver anexo D.

### § **Pruebas para el contraste de las hipótesis de participación en el aula.**

#### § **Hipótesis 1 de participación en el aula: aprendizaje de la Metodología de Resolución de Problemas**

Para indagar la evolución en el aprendizaje de la Metodología de Resolución de Problemas, se llevó a cabo una valoración de cada uno de los problemas abiertos que fueron resueltos por los estudiantes del grupo experimental.

Estas variables fueron clasificadas en cuatro niveles, desde el nivel 0 de no realización, hasta el nivel 3 de máxima corrección. Para la recolección de los datos se utilizó una plantilla individual.

Para la recolección de estos datos se utilizó plantillas individuales como la anterior, pero esta vez en los espacios en blanco se referían a los esquemas conceptuales.

#### § **Hipótesis 2 de participación en el aula: influencia del estilo cognitivo Dependencia-Independencia de Campo (DIC)**

En el contraste de esta hipótesis se identificó el estilo cognitivo Dependencia-Independencia de Campo de cada estudiante del grupo experimental. Se utilizó el Test de Figuras Enmascaradas (GEFT) (Witkin y otros, 1987) diseñado para colectivos, siendo una adaptación del Test EFT.

Esta prueba constó de 18 ítems divididos en dos grupos, en principio del mismo nivel de dificultad, precedidos de 7 ítems que sirven de entrenamiento y no influyen en la calificación obtenida. Cada uno de esos ítems es una figura compleja donde está enmascarada otra más simple que debe ser identificada. La puntuación total del estudiante en esta prueba es la suma de los elementos realizados correctamente en un tiempo de 20 minutos, por lo tanto la escala va de 0 a 18. Se entiende que una clasificación alta en la prueba indica una mayor capacidad para encontrar figuras simples en figuras complejas, lo que se traduce en un mayor grado de Independencia de Campo, y una clasificación baja en la prueba se traduce en un mayor grado de Dependencia de Campo. El número de aciertos se llevó a una escala de intervalos en la que se estableció cuatro niveles de menor a mayor independencia de campo:

Nivel 1: DIC-MBA (Muy bajo): de 0 a 5 formas correctas

Nivel 2: DIC-BA (Bajo): de 6 a 9 formas correctas

Nivel 3: DIC-ME (Medio): de 10 a 13 formas correctas

Nivel 4: DIC-AL (Alto): de 14 a 18 formas correctas

#### □ **Pruebas para el contraste de la hipótesis final 1**

Las pruebas finales 1, estuvo compuesta por cuestionarios abiertos que permitían a los estudiantes del grupo control y experimental expresar los conocimientos generados tras el proceso de aprendizaje llevados a cabo en el aula de clase. Estas evaluaciones tenían los contenidos incluidos en los instrumentos de recolección de información de la fase inicial, ya que se pretendía verificar la existencia de diferencias significativas en el aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes en el grupo experimental.

Ya que las pruebas fueron abiertas, se optó por elaborar redes sistémicas como instrumento de recolección de datos (Bliss y otros, 1983; Jorba y San Martí, 1994).

#### § **Pruebas sobre conceptos**

Como ya se ha indicado, los contenidos conceptuales evaluados fueron de dos tipos: referentes a Genética y herencia, y a la Naturaleza de la Ciencia.

#### § **Prueba final de conceptos de Genética y herencia**

La evaluación de los aprendizajes se llevó a cabo a partir de los resultados obtenidos en un problema abierto, de un ejercicio típico de la enseñanza tradicional.

Esta evaluación para el grupo control presentaba preguntas teóricas tipo problema cerrado del perfil causa-efecto.

Para la recolección de la información de la prueba teórica, además de valorarla de forma clásica con una calificación de 0 al 5, se elaboró una red sistémica que facilitara el análisis

de comparaciones entre ideas y conocimientos que los estudiantes utilizaban en sus respuestas. En la red sistémica los resultados fueron organizados en torno a tres contenidos conceptuales, que fueron tratados a lo largo del tercer periodo académico: localización de la información hereditaria, la herencia de padres a hijos y la herencia de caracteres adquiridos.

Esta evaluación, también se utilizó para determinar si los estudiantes del grupo experimental, gracias a la Metodología de resolución de problemas, eran capaces de solucionar los problemas cerrados con los que hasta ese momento no se habían enfrentado.

El examen de teoría propuesto para el grupo control fue el siguiente. Ver anexo E.

□ **Prueba final de conceptos sobre la Naturaleza de la Ciencia**

La encuesta utilizada fue abierta y reunía los mismos temas incluidos en la prueba inicial para poder realizar comparaciones; e incluso, algunas de ellas fueron similares e incluso las mismas, pero sin opciones de respuesta.

A continuación se hace una relación de la gama de ideas utilizadas en la prueba:

1. Ideas sobre cómo se trabaja en Ciencia: preguntas 1, 2, 4, 5 y 10.
2. Ideas sobre lo que son las teorías: preguntas 4, 7 y 8.
3. Ideas sobre los científicos: pregunta 6.
4. Ideas sobre las relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad: preguntas 9 y 10.

Se hace relación de las preguntas de esta prueba. Ver Anexo F.

#### □ **Prueba sobre los procedimientos**

Los grupos; experimental y control enfrentaron un problema abierto cuya resolución requería de estrategias de resolución propias de la metodología de resolución de problemas asumida en este estudio.

El problema escogido trataba de una situación familiar porque estos casos se enmarcan dentro del caso más sencillo de herencia mendeliana; y podía ser fácilmente abordado; y, de hecho, se acostumbra como ejemplos al interior del aula. Para su solución, se debían utilizar dos primeros esquemas conceptuales: la localización de la información hereditaria y la herencia de padres a hijos. Cabe aclarar que este problema no fue resuelto en clase, esto para el caso del grupo experimental.

Para la valoración de la prueba se tuvo en cuenta los mismos criterios y niveles de resolución para cada una de las variables (metodológicas y de Argumentación) que se llevó a cabo en la valoración de los problemas abiertos realizados durante las clases del tercer periodo al interior del aula de clase.

Ejemplo del Problema aplicado:

Una pareja tiene un niño que se parece más al padre que a la madre. ¿Cómo es esto posible?

#### □ **Pruebas donde se valoraron las actitudes**

Es conveniente recordar que en uno de los apartes de este trabajo fue el de estudiar las actitudes relacionadas con la Ciencia y las relaciones de la Ciencia, Tecnología y la Sociedad, algunas de la cuáles fueron centradas en temas de Genética. En el primer caso se elaboró una encuesta abierta. En relación con los aspectos Ciencia, Tecnología y Sociedad.

#### □ **Prueba final donde se valoran las actitudes relacionadas con la Ciencia**

Las preguntas incluidas en la prueba final fueron ajustadas a la escala de actitudes, relativas a la Ciencia, que fueron utilizadas en el cuestionario inicial:

1. Actitudes sobre la Ciencia, preguntas 4, 5 y 6
2. Actitudes favorables, la Ciencia vista como algo útil, pragmática
3. Actitudes desfavorables, la Ciencia vista como un peligro o sin utilidad
4. Actitudes sobre la visión de las características de la Ciencia
5. Actitudes hacia la Ciencia, preguntas 1, 2 y 3
6. Actitudes favorables hacia la Ciencia y su estudio
7. Actitudes desfavorables hacia la Ciencia y su estudio

Se hace relación de las preguntas de esta prueba. Ver Anexo G.

#### **Prueba final de actitudes para las relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad**

Para estas pruebas fueron utilizados dos instrumentos de medida, una encuesta abierta y una situación problémica de toma de decisiones.

En la encuesta final, donde se interroga a los estudiantes sobre las relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad, y aplicabilidad de la ingeniería genética, las preguntas 1 y 2 son similares a las que utilizan Solbes y Vilches (1992) para detectar ideas de los estudiantes sobre la relación de la Física y la Química con la Sociedad.

La serie de aspectos relativos a las relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad coinciden con el cuestionario inicial en:

1. El papel del científico dentro de la Sociedad, pregunta 3.
2. La influencia de la Ciencia y la Tecnología en la Sociedad, preguntas 1, 2 y 6.
3. La finalidad de la Ciencia y el gasto en investigación, preguntas 4 y 5.
4. Los límites de la Ciencia y la Tecnología, preguntas 6, 7 y 8.

Se hace relación de los interrogantes de la prueba. Ver Anexo H.

Para esta parte final del estudio se llevó a cabo situación problemática donde los estudiantes realizaron un análisis de una situación que les permitió tener una postura propia de toma de decisiones. La prueba valoró la incorporación de los conocimientos científicos relativos a Genética y que estos se encuentren relacionados con la Ciencia, Tecnología y la Sociedad.

Situación problemática:

Imagina que en tu familia se han presentado varios casos de cáncer de colon, ¿te harías un test genético?

Las respuestas aportadas por los estudiantes reflejaron una amplia gama de ideas y actitudes hacia la Ciencia, la Tecnología y su relación con la Sociedad. Estas pruebas fueron organizadas, como en todas las pruebas anteriores, en una red sistémica.

#### § **Pruebas para el contraste de la hipótesis de resultados finales**

Al inicio de este trabajo se había planteado como hipótesis, el efecto de la Metodología de resolución de problemas en el cambio conceptual, de procedimientos y actitudes, y, para considerar alguna variación en el grupo experimental, estos debían perdurar en el tiempo.

Para analizar dicha persistencia, en lo relativo a conceptos y procedimientos, se compararon los resultados de las pruebas finales I con los de los resultados finales, que se llevaron a cabo cinco meses después.

#### § **Pruebas sobre conceptos**

Las pruebas de los resultados finales, sobre conceptos estuvieron referidas a los dos tipos de contenidos conceptuales trabajados a lo largo del periodo académico en lo que concierne a Genética y a la Naturaleza de la Ciencia. Ambas pruebas se estaban construidas con ítems abiertos, siendo elaboradas a partir de las ideas principales obtenidas en las pruebas iniciales y finales. Al igual que estas últimas, los resultados obtenidos fueron organizados en redes sistémicas.

Prueba de resultados finales de conceptos de Genética y herencia

Los interrogantes para esta encuesta se centraron en los aspectos más relevantes de los esquemas conceptuales que estaban presentes en las pruebas iniciales y en los problemas abiertos.

La relación entre los interrogantes y el contenido conceptual aplicado en la prueba se describe a continuación:

1. Localización de la información hereditaria: preguntas 1 y 2.
2. La herencia de padre a hijos: preguntas 3 y 4.
3. La herencia de caracteres adquiridos: preguntas 5 y 6.

Las gráficas para el interrogante 1 se obtuvieron de la INTERNET. En cuanto al interrogante 6, ésta surge de la práctica docente del profesor de Biología.

Se relaciona los interrogantes creados para esta prueba. Ver Anexo I.

#### **Prueba de resultados finales sobre la Naturaleza de la Ciencia**

Los interrogantes elaborados para esta encuesta correspondían a aspectos de la Naturaleza de la Ciencia que fueron tratados en la prueba inicial y final I.

La correlación entre los interrogantes y el tipo de contenido conceptual tratado fue el siguiente:

1. Concepciones sobre cómo se trabaja en Ciencia, preguntas 1 y 2.
2. Concepciones sobre lo que son las teorías científicas, pregunta 3.
3. Concepciones sobre los científicos, pregunta 4.
4. Concepciones sobre las relaciones Ciencia, Tecnología y la Sociedad. Pregunta 5

Se hace la relación de los diferentes interrogantes de la encuesta. Ver Anexo J..

#### □ **Prueba sobre procedimientos**

Para poder comprobar el nivel de permanencia de las etapas de la Metodología de resolución de problemas, para el grupo experimental se generó una encuesta abierta cuya formulación atendía lo que comúnmente se trabaja en educación media: modelo de herencia mendeliana y, a nivel conceptual, para lo cual se requirió de la utilización de los dos primeros esquemas conceptuales: la localización de la información hereditaria y la herencia de padres a hijos.

Problema:

¿Cómo podría saber usted, si alguno de tus futuros hijos nacerá con algún defecto en su visión?

#### § **Prueba sobre la actitud de los estudiantes hacia la metodología de resolución de problemas.**

Se relaciona la encuesta. Ver Anexo K.

Para establecer si la forma de trabajo propuesta en el aula generaba una actitud positiva hacia el aprendizaje de las Ciencias en general, y hacia la resolución de problemas en particular, se aplicó en el grupo experimental una encuesta, basada en 12 ítems tomados del trabajo de investigación de Varela (1994). La prueba tipo Likert, cuyos ítems se puntuaban en una escala de cinco valores (1 a 5), siendo necesaria la argumentación de su respuesta.

Esta encuesta estaba diseñada alrededor de cuatro organizadores:

Características de la tarea realizada (resolución de problemas abiertos) en cuanto a nivel de dificultad, facilidad para el aprendizaje de conceptos y adquisición de destrezas científicas: ítems 1, 2, 3, 4 y 5

Incidencia sobre la autoconfianza del estudiante para la resolución de problemas y su actitud hacia las Ciencias: ítems 6, 10 y 12

Factores relacionados con la metodología de trabajo y el papel jugado por el profesor: ítems 7 y 11

Posible transposición de conocimientos a otras materias científicas y a posibles actividades fuera del aula (dominio cotidiano): ítems 8 y 9.

### § **Técnicas de análisis de datos**

Este trabajo, como bien se comentó al inicio del proyecto presenta un modelo de investigación social que implica la utilización de técnicas cualitativas y cuantitativas.

Los análisis de tipo cualitativo, propios de estudios de tipo etnográfico o social, serán aplicados en el proceso de interpretar y valorar los razonamientos e ideas de los estudiantes. En especial serán utilizados en la valoración de los niveles de resolución de cada una de las variables de los problemas abiertos, y en el análisis de las pruebas finales, donde se debe extraer los aportes de los estudiantes.

Para el análisis de las encuestas abiertas fueron utilizadas las redes sistémicas, método propuesto Bliss y otros, 1983; Jorba y Sanmartí, 1994. En estas redes se trabajó con categorías bien definidas, donde se pretendía recolectar de manera fiel la naturaleza de los datos.

El análisis de tipo cuantitativo, propio del área de las Ciencias Experimentales, estuvo basado en el tratamiento estadístico de los datos obtenidos por los estudiantes en las distintas pruebas. La bibliografía consultada se ha centrado en análisis estadísticos aplicados a estudios de tipo social (Guilford, J.P.; Fruchter, Benjamín, 1984; Fernández Díaz y otros, 1990; González López- Valcárcel, 1991; Martínez Arias, 1995). La hipótesis a comprobar, el tipo de datos, y los grupos experimentales implicados, permitieron utilizar el programa estadístico "R"<sup>23</sup>. En el contraste de las hipótesis se trabajó con estadística

---

<sup>23</sup> R es un lenguaje y entorno de programación para análisis estadístico y gráfico. Se trata de un proyecto de software libre. Fue desarrollado inicialmente por Robert Gentleman y Ross Ihaka del Departamento de Estadística de la Universidad de Auckland en 1993. Su desarrollo actual es responsabilidad del R Development Core Team.

inferencial. Sólo se manejó la estadística descriptiva al realizar las correlaciones entre variables

## 6. Resultados y discusión

Los resultados agrupados y posteriormente analizados han sido diversos, debido a la intencionalidad de comprobar diferentes suposiciones surgidas de las hipótesis del trabajo, a ello suma el número elevado de encuestas y pruebas que los estudiantes debieron enfrentar. Por lo anterior, se hará una exposición de los alcances del estudio en el siguiente orden:

1. Análisis de acuerdo al orden en que se hizo recolección de la información durante el desarrollo del trabajo.
2. Análisis de los alcances logrados en cada una de las hipótesis planteadas y suposiciones surgidas de una manera individualizada.

### **La semejanza de los grupos analizados: hipótesis inicial**

Las hipótesis, se sustenta sobre éste supuesto inicial:

Los grupos, experimental y control son homogéneos en lo que respecta a sus preconceptos, para cada uno de los aspectos estudiados.

Esta homogeneidad se hace necesaria para poder llegar a conclusiones sobre las posibles causas y las diferencias que se observen en las muestras al final de la intervención por parte del docente, objeto mismo del estudio. De este modo, si al final del proceso se encuentran diferencias significativas, éstas pueden atribuirse al proceso de enseñanza-aprendizaje y no a las diferencias presentadas inicialmente entre los grupos de estudiantes evaluados.



En el punto donde se describe la naturaleza y entorno de las muestras, se pudo identificar los factores que en común compartían el Grupo Experimental (GEXP) y el Grupo Control (GCON) como: estrato, edad media, porcentaje de cada sexo, etc. Sin embargo, esta similitud externa de las muestras no fue suficiente para poder contrastar las hipótesis iniciales de este trabajo. Para ello y para continuar con el mismo, se hizo necesario que los dos grupos desde el punto de vista estadístico fueran homogéneos para cada uno de los aspectos evaluados, los cuales fueron: aprendizajes de conceptos (sobre Genética y herencia, incluyendo el concepto de Naturaleza y Ciencia), procedimentales (aplicación del método de resolución de problemas abiertos) y actitudinales (relacionados con la Ciencia y sobre las relaciones C-T-S).

Para ello, fueron seleccionadas pruebas validadas por otros investigadores, a las que se les hicieron las modificaciones necesarias para que se ajustasen al interés del trabajo, permitiendo el contraste de cada una de los cinco supuestos en las que se concreta la hipótesis inicial:

- Contenidos de Genética y herencia
- Contenidos sobre la Naturaleza de la Ciencia
- Procedimientos de Resolución de Problemas
- Actitudes relacionadas con la Ciencia
- Actitudes relativas a las relaciones Ciencia Tecnología y Sociedad

Para esta finalidad se utilizó el test de la Chi-cuadrado que es una de las pruebas más utilizadas en el estudio de dos grupos independientes cuando el nivel de medición es nominal. La hipótesis nula del estadístico fue que las frecuencias de respuestas dadas por los dos grupos eran homogéneas frente a la alternativa, que no lo fueron. Se decidió de antemano considerar no significativos aquellos contrastes en los que se obtenían  $p > 0,1$ , y así detectar con claridad los casos en los que había homogeneidad. Por lo tanto, valores superiores a 0,1 apoyaban las hipótesis iniciales.

Las limitaciones de este estadístico ya se han comentado con anterioridad.

A continuación se hará el análisis de los resultados obtenidos, para el contraste de cada una de los cinco supuestos; y una comparación, con los resultados obtenidos en otras investigaciones, que permiten identificar los grupos pertenecientes al trabajo como representativos de una población N.

### **Supuesto inicial 1: contraste de la uniformidad en relación a los preconceptos en genética y herencia**

Este primer supuesto se formula como:

Los estudiantes del Grupo Experimental (GEXP) y del Grupo Control (GCON) son homogéneos en relación a sus preconceptos de Genética y herencia.

En el cuadro 11, se describen los resultados de la prueba inicial de contenidos conceptuales de Genética y herencia. Las respuestas a los interrogantes 1 y 2, donde se debían completar unas tablas, aparecen en forma de afirmaciones que se analizan de manera independiente.

**Cuadro 4. Resultados de la prueba inicial de conceptos de Genética y herencia. Los valores apoyan la hipótesis de homogeneidad (\*\*p<0,01, \*p<0,05, \*p<0,1)**

		GRUPO CONTROL (N = 21)		GRUPO EXPERIMENTAL (N= 21)		Prueba de chi cuadrado
Género	Masculino	8	38,10	10	47,62	
	Femenino	13	61,90	11	52,38	
CUESTIONARIO		N	%	N	%	
1. ¿Los siguientes seres vivos tienen cromosomas?	Árboles	14	66,67	4	19,05	0,00501 ***
	Bacterias	9	42,86	9	42,86	0,21495
	Helechos	12	57,14	14	66,67	0,75068
	Hongos	8	38,10	11	52,38	0,53524
	Insectos	16	76,19	16	76,19	0,71714
	Mamíferos	19	90,48	18	85,71	1,00000
	Virus	3	14,29	5	23,81	0,69435
1.1 ¿Los siguientes seres vivos tienen información genética?	Árboles	16	76,19	13	61,90	0,50442
	Bacterias	7	33,33	14	66,67	0,06408 *
	Helechos	12	57,14	16	76,19	0,32611
	Hongos	8	38,10	13	61,90	0,21704
	Insectos	18	85,71	18	85,71	0,65924
	Mamíferos	20	95,24	18	85,71	0,59913
	Virus	6	28,57	2	9,52	0,23845
1.2 ¿Los siguientes seres vivos tienen células?	Árboles	16	76,19	15	71,43	1,00000
	Bacterias	8	38,10	13	61,90	0,21704
	Helechos	11	52,38	16	76,19	0,19770
	Hongos	12	57,14	16	76,19	0,32611
	Insectos	17	80,95	16	76,19	1,00000
	Mamíferos	20	95,24	18	85,71	0,59913
	Virus	5	23,81	5	23,81	0,71714
2.- ¿Tienen genes?	Célula muscular	10	47,62	14	66,67	0,3496
	Espermatozoide	18	85,71	20	95,24	0,5991
	Glóbulo blanco	2	9,52	9	42,86	0,0352 **
	Neurona	9	42,86	12	57,14	0,5371
	Ovulo	18	85,71	18	85,71	0,6592
2.1- ¿Tienen cromosomas?	Célula muscular	10	47,62	14	66,67	0,3496
	Espermatozoide	19	90,48	17	80,95	0,6592
	Glóbulo blanco	2	9,52	8	38,10	0,0701 *
	Neurona	11	52,38	13	61,90	0,7552
	Ovulo	18	85,71	16	76,19	0,6944
2.3- ¿Tienen cromosomas sexuales	Célula muscular	2	9,52	4	19,05	0,6592
	Espermatozoide	21	100,00	19	90,48	0,4687
	Glóbulo blanco	0	0,00	3	14,29	0,2308
	Neurona	2	9,52	2	9,52	0,5991
	Ovulo	20	95,24	19	90,48	1,0000
2.4- ¿Llevan información hereditaria?	Célula muscular	7	33,33	11	52,38	0,3496
	Espermatozoide	18	85,71	18	85,71	0,6592
	Glóbulo blanco	1	4,76	6	28,57	0,0977 *
	Neurona	5	23,81	9	42,86	0,3261
	Ovulo	17	80,95	18	85,71	1,0000
3. células humanas son muy diferentes entre sí. ¿A qué se debe esta diversidad?	a. La información hereditaria sólo la llevan las células reproductoras (espermatozoides y óvulos).	11	52,38	4	19,05	0,0780 *
	b. Aunque las células sean distintas, todas llevan la misma información hereditaria	5	23,81	9	42,86	
	c. Las células son distintas porque llevan distinta información hereditaria.	5	23,81	8	38,10	
	d. No estoy seguro de la respuesta	0	0,00	0	0,00	

4. Cuando una célula muscular se divide, ¿qué puede ocurrir?	3.1 Justificaciones:	a.La célula recibe información hereditaria según la función que va a desempeñar	10	47,62	11	52,38	0,6486	
		b.Las células reproductoras no llevan información hereditaria, sus diferencias se deben a las funciones que desempeñan en el organismo.	1	4,76	1	4,76		
		c.Aunque todas las células llevan la misma información hereditaria, sólo una parte se utiliza en cada clase de células.	9	42,86	6	28,57		
	4.1 Justificaciones:		d. Otra justificación	1	4,76	3	14,29	0,2915
			A. Unas veces produce una célula muscular, pero otras veces otras células distintas	4	19,05	2	9,52	
			b. Siempre produce otra célula muscular.	11	52,38	18	76,19	
			c. No estoy seguro de la	4	19,05	3	14,29	
			u.No estoy seguro de la	2	9,52	0	0,00	
			u. Esto es debido a la información hereditaria	7	33,33	9	42,06	
			u. Esto es debido a las necesidades del organismo.	4	19,05	2	9,52	
	a. Esto es debido a la función que desempeña	6	28,57	9	42,86	0,3453		
	A. Depende del estado de salud del organismo, que éste funcione correctamente o no.	4	19,05	1	4,76			
b.- Características humanas que determinan y distinguen a un ser humano	5.1 Calvicie	a) Herencia	7	33,33	13	61,90	0,3971	
		b) Herencia y ambiente	7	33,33	2	14,29		
		c)no estoy seguro	2	9,52	1	4,76		
		d) Ambiente y algo la herencia	3	14,29	3	14,29		
		e)solo el medio ambiente	2	9,52	1	4,76		
		5.2 Caracteres	a) Herencia	9	42,86	4	19,05	0,4420
		b) Herencia y ambiente	5	23,81	9	42,86		
		c)no estoy seguro	3	14,29	4	19,05		
		d) Ambiente y algo la herencia	1	4,76	2	9,52		
		e)solo el medio ambiente	3	14,29	2	9,52		
		5.3 Color de ojos	a) Herencia	10	65,71	15	71,43	0,6257
		b) Herencia y ambiente	1	4,76	2	9,52		
		c)no estoy seguro	1	4,76	1	4,76		
		d) Ambiente y algo la herencia	1	4,76	1	4,76		
		e)solo el medio ambiente	0	0,00	2	9,52		
		5.4 Color de piel	a) Herencia	6	23,81	7	33,33	0,4174
		b) Herencia y ambiente	9	42,86	7	33,33		
		c)no estoy seguro	2	9,52	0	0,00		
		d) Ambiente y algo la herencia	3	14,29	6	28,57		
		e)solo el medio ambiente	2	9,52	1	4,76		
	5.5 Peso	a) Herencia	2	9,52	2	9,52	0,7478	
	b) Herencia y ambiente	7	33,33	4	19,05			
	c)no estoy seguro	2	9,52	1	4,76			
	d) Ambiente y algo la herencia	5	23,81	6	28,57			
	e)solo el medio ambiente	5	23,81	8	38,10			

6.-Una pareja tiene dos hijos de 14 y 16 años de edad, ambos varones. El mayor se parece mucho al padre y el menor menos; dicen que se parece más a la madre. ¿Cuál de las siguientes causas puede explicar esto?	a. El menor lleva más información hereditaria de la madre que del padre, por eso se parece más a su madre	2	9,52	3	14,29	0,9938
	b. Los dos llevan la misma información hereditaria del padre que de la madre, pero en un caso se utiliza o manifiesta la del padre y en el otro la de la	16	76,19	15	71,43	
	c. Si el primero se parece al padre, el segundo se parecerá a	1	4,76	1	4,76	
	d. El mayor lleva más información hereditaria del padre que de la madre, por lo que se parece más a su padre.	1	4,76	1	4,76	
	e. No estoy seguro(a) de la causa.	1	4,76	1	4,76	
7.-Una pareja en la que el color de los ojos del hombre y la	a. Ocurre a veces.	18	85,71	17	80,95	0,7943
	b. Ocurre muchas veces	2	9,52	2	9,52	
	c. Es prácticamente imposible.	1	4,76	1	4,76	
7.1 Justificaciones:	a. Puede tener lugar alguna mutación	0	0,00	1	4,76	0,4934
	b. Pueden llevar información hereditaria de ojos azules.	5	23,81	6	28,57	
	c. Puede haber algún antepasado en la familia (abuelos, bisabuelos...) que tuviera ojos	16	76,19	13	61,90	
	d. La información de los padres es la correspondiente a ojos marrones, por eso el bebé debe tener ojos marrones.	0	0,00	1	4,76	
8. ¿Cuál será el color de la piel de las siguientes generaciones de personas de piel blanca que viven en África?	a. En el momento del nacimiento, el bebé de los individuos descendientes tiene el mismo color de la piel que de los colonos primeros.	3	14,29	3	14,29	0,5548
	b. Entre los descendientes puede haber de color de piel blanca, negra o morena.	11	52,38	14	66,67	
	c. En el momento del nacimiento, el bebé de los individuos descendientes tiene el color de la piel más moreno que el de los primeros colonos.	7	33,33	4	19,05	
	d. No estoy seguro de la	0	0,00	0	0,00	

8.1 Justificaciones:	a. El nuevo clima no introducirá cambios en la información hereditaria sobre el color de la piel.	4	19,05	7	33,33	0,6757
	b. El nuevo clima sí introducirá cambios en la información hereditaria sobre el color de la piel.	4	19,05	2	9,52	
	c. Después de tantas generaciones, se ha ido produciendo un cambio en la información hereditaria, hasta llegar a la situación actual.	12	57,14	11	52,38	
	d. Otras posibilidades	1	4,76	1	4,76	

En los dos primeros ítems se recogen las ideas de los estudiantes respecto a la localización de la Información hereditaria, en las que se pueden considerar homogéneos. Así lo son 49 de las 55 preguntas. En los otros ítems la heterogeneidad se debe a que hay diferencias significativas en los porcentajes de estudiantes que opinan que “las células tienen cromosomas” (pregunta 1.5, mejor en el GEXP), y que “todos los seres vivos contienen información hereditaria”. Sin embargo, en el mismo ítem 1 los dos grupos pueden considerarse homogéneos en las cuestiones 1.02, 1.03 y 1.04 en las que se plantea la presencia o no de células en diversos seres vivos; y en la pregunta 1.1 donde se relacionan cromosomas con la información hereditaria. Lo mismo ocurre en el ítem 3 en cuestiones similares limitada para células humanas, como: “todas las células humanas tienen información hereditaria” (pregunta 3.1). Este hecho pone de manifiesto que, en realidad, los estudiantes de ambos grupos tienen muchas dudas sobre la localización de la información hereditaria, y sólo unos pocos presentan ideas correctas sobre la relación entre información hereditaria, genes, cromosomas y células. Son habituales respuestas, en estudiantes de ambos grupos, del tipo: “las plantas son seres vivos, tienen células, no tienen cromosomas y sí tienen información genética”, o bien “las células musculares no tienen información hereditaria, sí tienen cromosomas, no tienen genes y no tienen cromosomas sexuales”.

También se acepta la homogeneidad de ambos grupos al responder a la pregunta 3, a pesar que como grupo de preguntas plantea heterogeneidad en la respuesta, sobre el por qué de la existencia de células humanas diferentes (llevan distinta información

hereditaria), y en el tipo de justificaciones que usan (la información que llevan depende de su función).

Para la pregunta 4, también se considera homogéneo a los estudiantes de ambos grupos en sus ideas sobre el resultado de una célula muscular al dividirse (otra célula muscular). Sin embargo, aunque hay una gran diversidad en las justificaciones, hay poca homogeneidad en la justificación, que se debe a dos factores, uno es el hecho de que un porcentaje de los estudiantes del GCON no eligen ninguna justificación y, el otro es la dificultad de diferenciar entre lo que es la función de la célula o la necesidad del organismo. Ambas respuestas son las más elegidas, aunque presentan gran diferencia los porcentajes por cada grupo.

En la pregunta 5, Los grupos se pueden considerar homogéneos respecto a sus ideas sobre la influencia hereditaria o ambiental en la herencia de diversos caracteres humanos como el color de ojos, color de piel, peso o calvicie. Para color de ojos y pelo consideran de mayor relevancia la información genética; para la calvicie dudan entre herencia y ambiente; y para el peso consideran que el ambiente es importante.

Respecto a la pregunta 6, se acepta la homogeneidad de ambos grupos en sus ideas sobre la herencia de padres a hijos. En un porcentaje muy alto responden que la información genética de un individuo procede a partes iguales de cada uno de sus padres.

Los resultados de la pregunta 7 apoyan la hipótesis de homogeneidad de los grupos respecto a sus creencias sobre la aparición de caracteres distintos de los padres en los hijos. La justificación más usada, tanto para GEXP y GCON, es ambigua (algún antepasado con ojos azules) y supone el salto de información de una generación a otra sin especificar el cómo.

En la pregunta 8, se acepta de nuevo la homogeneidad de los dos grupos en cuanto a que ambos creen que los caracteres adquiridos se heredan, pero no en las justificaciones utilizadas porque sólo en el GEXP hay algunos estudiantes que consideran que el clima puede modificar la información hereditaria. En este caso, como el grupo que utiliza justificaciones más alejadas de los conocimientos científicos es el GEXP, esta diferencia no afecta de forma importante las hipótesis que serán analizadas posteriormente.

Después de este análisis se puede concluir que:

Los estudiantes del GEXP y del GCON son homogéneos al realizar la relación en cuanto a sus ideas y preconcepciones de Genética y herencia.

Los resultados no distan mucho de los que han sido obtenidos en otras investigaciones con estudiantes de similares condiciones. A continuación se pretende comparar los anteriores resultados con los obtenidos en los trabajos que han servido como referente de selección de los ítems de esta prueba, además, corroborar si los estudiantes de diversos lugares tienen las mismas creencias o preconcepciones.

Ya específicamente en lo que respecta a los ítems seleccionados, las preguntas focalizadas en la localización de la información hereditaria, fueron tomados de Wood-Robinson y otros (1998) y Banet y Ayuso (1995). Se pudo observar que los estudiantes del proyecto en mención, como los de estas investigaciones, dudan de la presencia de células en vegetales, pero no en animales; y en gran medida reconocen la existencia de cromosomas y de información genética en animales, pero no tanto en plantas o microorganismos. Lo anterior confirma la gran confusión sobre la localización de la información genética, ya que muy pocos estudiantes asocian la información heredable con genes, cromosomas, o con su presencia en cualquier tipo de célula. Resultados similares se recogen en otros estudios (Caballer y Jiménez, 1992; Banet y Ayuso, 2000; Lewis y otros 2000a).

Lo que sí es recurrente en la mayoría de los estudiantes, tanto de los trabajos de referencia, como el llevado a cabo es el error de localización de la información genética sólo en gametos, y en menor medida en otras células, en especial la neuronas, donde consideran que allí está la información. En cuanto a los cromosomas sexuales, más del 92% de los estudiantes los localizan exclusivamente en los gametos. Banet y Ayuso (1995), a través de entrevistas, descubren que los discentes combinan esta idea con la de que caracteres muy específicos, como el color de piel, pueden localizarse en las células correspondientes. También coinciden los resultados en el pensamiento mayoritario de que las diferentes células llevan distinta información genética. Esta idea también aparece en otras investigaciones (Hackling y Treagust, 1984; Wood-Robinson y otros 1998; Lewis y otros 2000b). De igual forma, los estudiantes piensan que una célula al dividirse genera

otra célula, generalmente igual, no por su información genética sino del tipo de tarea o función que cumple esta en el organismo.

Este primer esbozo de los conceptos que tienen los jóvenes sobre la localización de la información genética es la base de otros preconceptos más elaborados de los procesos de la herencia y, por ende, está muy presente en el trabajo de resolución de problemas que se llevó y más adelante se abordará. Este trabajo y en conjunto con el de otros investigadores, permite asegurar que los estudiantes se encuentran muy alejados de la visión científica actual.

En cuanto a la herencia de padres a hijos, los resultados obtenidos en el estudio de referencia (Banet y Ayuso, 1995) se repiten en los grupos experimentales (GEXP y GCON). Los estudiantes asociaron caracteres como el color del pelo, o de los ojos, a la herencia recibida de los padres. Sin embargo, plantearon que la calvicie es un carácter que asocian tanto a herencia como a influencia del ambiente; y de manera más reincidente al ambiente. La generalidad de los estudiantes de los estudios reconocen que los hijos reciben la mitad de su información hereditaria de cada uno de sus padres; siendo este porcentaje más alto en los estudiantes del estudio (76,19 y 71,43%) que en los del estudio de Banet y Ayuso (53-65%). También coinciden los altos porcentajes de estudiantes que reconocen que una pareja de ojos marrones puede tener un hijo con ojos azules debido a la existencia de un antepasado de ojos azules. Esa idea de salto de la información genética entre generaciones, sin asociarlo con la información genética de los padres, es una idea previa muy habitual de la sociedad.

El conjunto de ideas, que manifiestan los estudiantes sobre la transmisión de la información hereditaria, también conforman un esquema conceptual que les permite explicar los diferentes caracteres que ellos u otras personas han heredado. Este segundo esquema conceptual sobre la herencia de padres a hijos también fue trabajado a lo largo del tercer periodo académico. El punto de partida conceptual de los estudiantes del estudio permite vislumbrar que se alejan de manera considerable de la visión científica actual porque realmente desconocen qué, y cómo, la información genética de los padres pasa a los hijos. Ramagoro y Wood-Robinson (1995), también apuntan resultados con la misma tipología y justificaciones en las respuestas.

En cuanto a la herencia de caracteres adquiridos, la mayoría del estudio y los de referencia (Banet y Ayuso, 1995), creen que los descendientes de personas de piel blanca que vivan en África nacerán con pieles más oscuras. En este caso, el porcentaje de estudiantes que mantienen esta creencia es mayor en el estudio. La prevalencia de estos conceptos, siempre se han manifestado en muchas otras investigaciones (Deadman y Kelly, 1978; Kargbo y otros, 1980; Hackling y Treagust, 1984; Ramagoro y Wood-Robinson, 1995), citados por Banet y Ayuso (1995)

## **Supuesto inicial 2: comparación de la uniformidad en relación a los prejuicios sobre la naturaleza de la ciencia**

En el cuadro 12, se resume los datos obtenidos en la prueba inicial de contenidos sobre la Naturaleza de la Ciencia, para el contraste de este segundo supuesto:

Los estudiantes del GEXP y del GCON son semejantes en relación a sus ideas o conocimientos iniciales sobre la Naturaleza de la Ciencia.

A la vista de los resultados obtenidos se puede considerar que ambos grupos de estudiantes son homogéneos en relación con sus ideas sobre aspectos como: qué es y cómo se trabaja en Ciencia y el papel de los experimentos; qué son las teorías y el por qué de los cambios en las mismas; las características de los científicos, y lo que es la tecnología y la biotecnología. Plasmando sus respuestas mayoritarias:

**Cuadro 5. Resultados de la prueba inicial de contenidos sobre la Naturaleza de la Ciencia. Los valores apoyan la hipótesis de homogeneidad (\*\*p<0,01, \*p<0,05, \*p<0,1).**

Género	GRUPO CONTROL (N= 21)		GRUPO EXPERIMENTAL (N= 21)		Prueba de chi cuadrado	Valor de p	
	Masculino	Femenino	N	%			N
<b>CUESTIONARIO</b>							
1. La biotecnología es:	a. Combinar la biología y la tecnología.	12	57,14	8	38,10	2,1333	0,3442
	b. Usar organismos vivos para crear productos que pueden ser alimentos, antibióticos, etc.	5	23,81	5	23,81		
	c. Manipular el ADN de los seres vivos para obtener productos que pueden ser alimentos, antibióticos, etc.	4	19,05	8	38,10		
	d. No lo sé.	0	0,00	0	0,00		
2. Cuando los científicos hablan de la teoría de la evolución de Darwin se refieren a:	a. Un presentimiento o una idea.	1	4,76	4	19,05	3,4476	0,3276
	b. Una explicación bien establecida.	10	47,62	11	52,38		
	c. Un hecho probado.	9	42,86	9	42,86		
	d. No lo sé.	1	4,76	0	0,00		
3. ¿Qué es una teoría científica?	a. Una idea sobre algo que ocurrirá.	1	4,76	1	4,76	2,2737	0,5170
	b. Una explicación sobre cómo ocurren las cosas.	9	42,86	12	57,14		
	c. Un hecho que ha sido probado con muchos experimentos.	11	52,38	8	38,10		
	d. No lo sé.	1	4,76	0	0,00		
4. Cuando los científicos no están de acuerdo es porque:	a. No se han descubierto aún todos los hechos.	4	19,05	0	0,00	0,9370	0,7272
	b. Cada científico conoce hechos diferentes o trabaja con teorías científicas diferentes.	14	66,67	13	61,90		
	c. Debido a diferentes opiniones personales y valores o a la influencia de gobiernos, centros de investigación, etc.	3	14,29	2	9,52		
	d. No lo sé.	0	0,00	0	0,00		
5. ¿Supon que una droga, no funciona bien. ¿Cuál de estos tres métodos que podrían utilizar los científicos para investigar el problema?	a. Hablar con los pacientes para tener su opinión.	3	14,29	2	9,52	0,3788	0,6445
	b. Usar sus conocimientos de medicina para decidir la bondad de la droga.	9	42,86	7	33,33		
	c. Dar la droga a algunos pacientes, pero no a otros. Y entonces, comparar lo que ocurre en cada grupo.	9	42,86	12	57,14		
	d. No lo sé.	0	0,00	0	0,00		
6. Un tecnólogo es:	a. Algo parecido a la ciencia o la aplicación de la ciencia.	6	28,57	4	19,05	3,5158	0,3187
	b. Nuevos instrumentos, computadores, etc.	4	19,05	4	19,05		
	c. Inventar, diseñar cosas...	7	33,33	12	57,14		
	d. Un modo de resolver problemas prácticos.	4	19,05	1	4,76		
7. Piensan que los científicos saben lo que va a ocurrir antes de hacer un experimento?	a. Sí	1	4,76	2	9,52	3,3918	0,1429
	b. No	3	14,29	8	38,10		
	c. No lo sé	0	0,00	0	0,00		
	d. Unas veces sí y otras no.	17	80,95	11	52,38		

8. Muchas de las viejas teorías científicas han sido reemplazadas por otras nuevas. Esto es porque:	a. Ahora tenemos mejor tecnología.	3	14,29	6	28,57	5,6114	0,1321	
	b. Se disponen de más evidencias.	12	57,14	13	61,90			
	c. Las personas, al vivir en diferentes tiempos, tienen una forma diferente de explicarse.	6	28,57	1	4,76			
	d. No lo sé.	0	0,00	1	4,76			
9.- Los científicos piensan que toda la materia (sólidos, gases y líquidos) está formada por partículas minúsculas. Esto es porque:	a. Los científicos pueden ver las partículas por sus microscopios.	6	28,57	4	19,05	1,4435	0,6954	
	b. Los científicos pueden probar con experimentos que las partículas existen.	11	52,38	12	57,14			
	c. Los científicos pueden explicar lo que ocurre imaginando cómo las partículas se mueven.	4	19,05	4	19,05			
	d. No lo sé.	0	0,00	1	4,76			
10. ¿Qué significa estudiar algo científicamente?. Se refiere a:	a. Construcción de teorías.	4	19,05	6	28,57	0,1313	0,7171	
	b. Método experimental.	17	80,95	15	71,43			
	c. Otras respuestas.	0	0,00	0	0,00			
	d. No lo sé.	0	0,00	0	0,00			
11. Los científicos proyectan características como honestidad, objetividad, etc. más que los demás en su trabajo.	a. Proyectan más estas características para que no ocurran desastres.	6	28,57	9	42,86	1,5429	0,6724	
	b. Las proyectan más por la naturaleza de su trabajo.	9	42,86	6	28,57			
	c. Porque han sido influidos por compañías y gobiernos.	3	14,29	2	9,52			
	d. Todo el mundo debe tener estas características.	3	14,29	4	19,05			
12.-¿Por qué crees que los científicos hacen experimentos?	a. Para realizar nuevos descubrimientos.	5	23,81	4	19,05	0,1546	0,9256	
	b. Para poner a prueba sus explicaciones sobre cómo ocurren las cosas.	11	52,38	12	57,14			
	c. Para crear algo que podría ayudar a la gente.	5	23,81	5	23,81			
	d. No lo sé.	0	0,00	0	0,00			

### § La Ciencia está asociada al método experimental y a las teorías

- No identifican con claridad cuál debe ser el mejor diseño experimental;
- Desconocen si los científicos esperan un resultado concreto en sus experimentos;
- Las teorías fluctúan entre una explicación y un hecho probado, aunque piensan que las afirmaciones científicas se pueden comprobar;
- Las teorías científicas cambian por la aparición de nuevos datos o de nuevas tecnologías;

- Los científicos presentan características personales como honestidad, objetividad, etc.;
- La tecnología se relaciona con la resolución práctica de problemas gracias a instrumentos como los computadores, y la biotecnología con la obtención de productos a partir de seres vivos con o sin su ADN modificado.

Después de describir los aportes de los estudiantes se puede concluir que:

Los estudiantes del GEXP y del GCON son homogéneos en relación a sus ideas o conocimientos iniciales sobre la Naturaleza de la Ciencia.

Estos resultados no difieren mucho de los alcanzados en otras investigaciones. Para ello se hará una comparación de los resultados obtenidos con aquellos trabajos que se han tenido como referente de esta prueba, y así corroborar si los estudiantes de diversos ámbitos prevalecen con las mismas creencias.

#### § **Ideas sobre cómo se trabaja en Ciencia**

Los ítems 10 y 5 fueron propuestos por Durant y otros (1989) en un estudio sobre la comprensión de la Ciencia por parte del público (la muestra fue de más de 2000 ingleses mayores de 18 años). Esta misma encuesta se aplicó a estudiantes españoles de 14 a 18 años (Ibáñez, 1994). Las respuestas se clasificaron en tres opciones. Estas últimas tan poco científicas, como “hablar con los pacientes para tener su opinión” o “usar los conocimientos de medicina para tomar una decisión”, son elegidos por más del 50% de los estudiantes en ambos estudios.

Los ítems (12 y 7), propuestos por Solomon y otros (1996). Tratan aspectos relativos a la experimentación donde concluyen basados en un estudio anterior (1994), que las ideas de los estudiantes sobre lo que son los experimentos y las teorías, no sólo proceden del ámbito de la ciencia escolar sino, también, del lenguaje diario. Los estudiantes de estos estudios, al igual que éste, dan respuestas similares sobre el papel que cumplen los experimentos dentro de una investigación, como se recoge por otros autores como Carey y otros 1989; Ryan y Aikenhead, 1992; Duveen y otros 1993. Se asocia, por igual, con la

comprobación de explicaciones y con el hecho de descubrir o crear cosas útiles. Los estudiantes, por otra parte, dudan sobre si los científicos saben lo que va a ocurrir o no, antes de hacer un experimento. En el trabajo de referencia más del 50% de estudiantes elegían la opción “Sí”, un 35% la de “No” y un 20% la de “No lo sé”. En el ejercicio llevado a cabo en la Institución Educativa, se incluyó la opción “Unas veces sí y otras no”, siendo seleccionada por más del 80.94% de los estudiantes. Esta idea sobre el factor sorpresa de los experimentos, también está reflejada por Carey y otros (1989) y Duveen y otros (1993).

La conclusión a la que llegó Solomon y otros (1996) es que los estudiantes tienen un visión de la Ciencia como “ciencia de cómic”, coincidiendo con lo expuesto por Duveen y otros (1993).

#### § **Ideas sobre lo que es una teoría**

Los ítems 2, 3, 8 y 9 tratan aspectos relativos a la entidad de las teorías científicas y su permanencia en el tiempo. Las preguntas fueron propuestas por Solomon y otros (1996) (ítem 3, 9 y 8), Durant (1989) (ítem 2), y Borreguero y Rivas (1995) (ítem 4). De acuerdo con los resultados obtenidos en este trabajo (y en los estudios de referencia) más del 30% de los estudiantes relacionan las teorías científicas con una explicación bien establecida, el 51,14% lo consideran como hechos probados en contraste con el 45% reportado en los estudios de referencia que asocian las teorías con ideas o suposiciones.

En cuanto, al reemplazo de unas teorías por otras sólo el 14,29% consideran que ese cambio se debe al mejor uso de la tecnología o al conocimiento de nuevos datos. Sin embargo, en el ítem 6 sobre la causa de los desacuerdos entre científicos, los estudiantes se inclinan por respuestas concernientes al uso de diversas teorías o aportaciones hechas por los científicos, puesto que entre ellas no existen diferencias.

#### § **Ideas sobre los científicos**

De acuerdo a la revisión bibliográfica, sobre este aspecto existen numerosos trabajos, y todos coinciden en la imagen estereotipada de los científicos. Para éste caso particular el interés se centraba en el concepto mismo del investigador, más no de la imagen que

refleja o percibe el estudiante del profesional de las ciencias. Para el caso concreto del trabajo que realiza un investigador y las características asociadas a él.

Se incluyó una encuesta de Borreguero y Rivas (1995), que a su vez la toman de un trabajo anterior (Ryan, 1987). Los resultados son semejantes a estos, oscilando entre el 29 y 43% donde los estudiantes consideran que los científicos no proyectan algunas características como la honestidad más que cualquier otro empleado.

En el caso particular del estudio, los estudiantes plantean que los científicos sí proyectan la honestidad, debido al trabajo que realizan, con un 42,86 y 28,57% GEXP y GCON, respectivamente.

#### § **Ideas sobre las relaciones C-T-S**

En las preguntas 1 y 6 se abordan dos temas de actualidad y desarrollo como es la tecnología y la biotecnología. El primer tema se tomó de Borreguero y Rivas (1985) y de trabajos más amplios sobre el tema como el de Rennie y Jarvis (1995). La mayoría de los estudiantes, en cualquiera de estos estudios y en el caso particular, asocian la tecnología como lo que compete a computadoras, máquinas, electricidad y en algunos casos, inventos; idea que ya aparece en trabajos anteriores como el de Raat y De Vries (1987). Algunos estudios llegan a la conclusión de que una visión más diversificada y amplia de la tecnología se adquiere con la edad (Rennie y Jarvis, 1995).

El ítem 1 propuesto por Lock y Miles (1993) corresponde a una pregunta abierta para la cual el 30% de los estudiantes decían no saber que era la biotecnología, un 20% lo identificaba con la unión de la tecnología y la Biología, y el 50% restante lo relacionaba con el uso de organismos vivos o de procesos biológicos, incluyendo en un porcentaje muy pequeño la manipulación del ADN. Los resultados obtenidos en este trabajo indican que los estudiantes tienen diversas opiniones y la mayoría (42,86% y 61,90%) lo asocia con la obtención de productos a partir de seres vivos. La diferencia entre estos resultados y los de la referencia se debe a que el ítem es cerrado y, también, hay que tener en cuenta que la información sobre los progresos biotecnológicos ha sido mucho más abundante en estos últimos años (después de 1993). Además, hay que sumar que la TV,

el Cine y los Medios de comunicación han acercado los avances tecnológicos y biotecnológicos a los Estudiantes como algo cotidiano y realizable.

### **Supuesto inicial 3: comparación de la uniformidad en relación a los procedimientos de resolución de un problema abierto**

La formulación completa de este supuesto es:

- Los estudiantes del GEXP y del GCON se comportan de manera similar en los procedimientos iniciales que usan en la resolución de un problema abierto.

La prueba inicial de procedimientos consistió en el siguiente problema abierto:

- Los laboratorios SAN JOSÉ, están creando nuevos fármacos para el tratamiento de enfermedades. ¿Cómo pueden estar seguros de su efectividad?

En teoría las pautas que deberían seguir los estudiantes para abordar la resolución del problemas se describen en los siguientes puntos:

#### **Variable Metodológica 1. Análisis cualitativo del problema**

Antes de abordar la solución del problema, éste debe ser analizado, delimitado y evaluado. Para ello, se deben conocer los siguientes parámetros:

¿Qué tipo de enfermedad o enfermedades puede curar el fármaco? La curación de una enfermedad será definida como la desaparición de los síntomas. Reformular el problema:

¿El fármaco X es efectivo frente a la enfermedad Y?

¿Cuáles son los factores fisiológicos, psíquicos, ambientales, etc. causantes de la enfermedad o que pueden influir en su desarrollo y curación?

¿Cuál puede ser el efecto del fármaco y cómo debe ser administrado?

Plantear variables como tipo de población afectada (edad, sexo, peso, dieta); manifestaciones de la enfermedad; interacción de la enfermedad con otras enfermedades, con sustancias químicas o procesos metabólicos, etc.

### **Variable Metodológica 2. Emisión de hipótesis:**

El nuevo fármaco será efectivo si los síntomas de la enfermedad desaparecen tras su administración.

### **Variable Metodológica 3. Elaboración de una estrategia de resolución:**

Realizar las primeras investigaciones clínicas con animales de laboratorio a los que se ha provocado la enfermedad. En cada diseño experimental se controlarán todas las variables y se utilizan grupos control.

Paso de la experimentación a humanos si los resultados en animales son prometedores. Tener en cuenta los problemas éticos que plantea la experimentación en humanos y controlar todas las variables antes mencionadas: edad, sexo y características del paciente, cantidades de sustancia, tiempos de tratamiento, efectos secundarios, etc. Por ejemplo: se selecciona un número elevado de individuos de un mismo sexo, dentro de un margen de edad, y con hábitos higiénicos y alimentarios similares. Se divide la muestra de forma aleatoria en grupos que tomen diversas cantidades del fármaco, además del grupo que tome placebo, y se decide el tiempo de administración.

### **Variable Metodológica 4. Resolución:**

Puesta en práctica del diseño experimental anterior

### **Variable Metodológica 5. Análisis de los resultados:**

Recolección de los datos de la investigación de forma estadística y en gráficos. La valoración positiva o negativa de los mismos llevará a distintos tipos de comprobaciones.

En la valoración de la resolución del problema sólo se consideraron las variables metodológicas y de argumentación. No se tuvieron en cuenta las variables de contenido

por dos razones, la primera es que no está relacionada con la Genética y segundo a este nivel académico no se trabaja ningún esquema conceptual que sea interesante para este trabajo de investigación. A continuación se presentan los datos obtenidos (ver cuadro 13):

Las soluciones planteadas por los estudiantes se analizaron bajo el criterio del MRP. Por supuesto, ningún estudiante de esta Institución piloto conoce esta metodología, y, por lo tanto, no la aplicaron a la prueba; sin embargo, se hizo una clasificación observando si en su planteamiento de resolución hay una formulación de hipótesis o un análisis de resultados, etc.

Los estudiantes pertenecientes a los dos grupos no llevaron a cabo ningún análisis cualitativo del problema, como tampoco partieron de una hipótesis. En su resolución, sólo, en parte, se puede reconocer un método resolutivo, porque el problema se enmarca dentro de la investigación médica que no les resulta desconocida. Conocen que se investigan medicamentos y otros productos en animales antes de utilizarlos en personas, y saben que se investiga primero con pequeños grupos de población antes de generalizar el uso de una determinada sustancia.

En cuanto al nivel de argumentación en la resolución del problema, en ambos grupos, es nula o mínima (nivel 0).

Algunos ejemplos de resolución por parte de estudiantes en los dos grupos son:

Estudiante del GEXP identificado con el número 10; “Primero probaría el tratamiento con un animal y si ese animal no sufre ninguna enfermedad lo probaría con personas”

**Cuadro 6. Resultados de la prueba inicial de procedimientos de resolución de problemas. Los valores en negrita apoyan la hipótesis de homogeneidad**

		GRUPO CONTROL (N = 21)		GRUPO EXPERIMENTAL (N= 21)		Prueba de chi cuadrado	Valor de p
Género	Masculino	8	<b>38,10</b>	10	<b>47,62</b>		
	Femenino	13	<b>61,90</b>	11	<b>52,38</b>		
VARIABLES METODOLÓGICAS (VM)		N	%	N	%		
Análisis cualitativo del problema VM1	Nivel 0	17	80,95	21	100,00	2,4868	0,1148
	Nivel 1	4	19,05	0	0,00		
	Nivel 2	0	0,00	0	0,00		
	Nivel 3	0	0,00	0	0,00		
Emisión de hipótesis VM2	Nivel 0	21	100,00	21	100,00	0,0000	1,0000
	Nivel 1	0	0,00	0	0,00		
	Nivel 2	0	0,00	0	0,00		
	Nivel 3	0	0,00	0	0,00		
Elaboración de estrategias de resolución VM3	Nivel 0	2	9,52	3	14,29	1,6286	0,4430
	Nivel 1	9	42,86	12	57,14		
	Nivel 2	10	47,62	6	28,57		
	Nivel 3	0	0,00	0	0,00		
Resolución del problema VM4	Nivel 0	20	95,24	21	100,00	0,0000	1,0000
	Nivel 1	1	4,76	0	0,00		
	Nivel 2	0	0,00	0	0,00		
	Nivel 3	0	0,00	0	0,00		
Análisis de los resultados VM5	Nivel 0	19	90,48	21	100,00	0,5250	0,4687
	Nivel 1	2	9,52	0	0,00		
	Nivel 2	0	0,00	0	0,00		
	Nivel 3	0	0,00	0	0,00		
VARIABLE DE ARGUMENTACION VA	Nivel 0	20	95,24	21	100,00	0,0000	1,0000
	Nivel 1	1	4,76	0	0,00		
	Nivel 2	0	0,00	0	0,00		
	Nivel 3	0	0,00	0	0,00		

Estudiante GCON identificado con el número 2: “Pienso que antes de utilizar los fármacos con seres humanos deberían hacer prácticas o pruebas con, por ejemplo, animales, para ver si esas drogas hacen daño”

Los resultados obtenidos permiten indicar que:

Los estudiantes del GEXP y del GCON son homogéneos en los procedimientos iniciales que usan en la resolución de un problema abierto.

Es imposible que los estudiantes puedan seguir una metodología de trabajo que desconocen y, por lo tanto, esta prueba debería obviarse; sin embargo, se ha reportado como resultado por dos razones. La principal era constatar que ambos grupos presentaban los mismos niveles y estrategias a la hora de enfrentarse a un problema

abierto. La segunda, era tener un diagnóstico para el trabajo posterior en el desarrollo del tercer periodo académico y proyectar cambios para el próximo año lectivo. Tanto en el proceso de aprendizaje de la metodología, como en el proceso de resolución de problemas a lo largo del periodo académico, los estudiantes podrán comprobar al finalizar el proceso el desarrollo y aplicación de nuevas herramientas que les permita mejorar su nivel de resolución de problemas abiertos.

Como ya se había planteado con anterioridad, cualquier nuevo procedimiento debe ser enseñando a los estudiantes de manera previa si se pretende valorar posteriormente.

### **Supuesto inicial 4: comparación de la uniformidad en relación a las actitudes relacionadas con la ciencia**

En el Cuadro 14 se presentan los resultados de la prueba utilizada para el contraste de este supuesto:

Los estudiantes del GEXP y del GCON son homogéneos en las actitudes iniciales que manifiestan respecto a la Ciencia

Para facilitar el análisis de los datos, las cincuenta frases sobre las que los estudiantes manifestaron su posición, se agruparon según las actitudes asumidas por los estudiantes con respecto a la Ciencia:

- Actitudes sobre la Ciencia (entendida como conocimiento)
  - Favorables
  - Desfavorables
  - Características de la Ciencia

- Actitudes hacia la Ciencia (entendida como disciplina de estudio)
  - Favorables
  - Desfavorables

La valoración que los estudiantes dan a cada una de las frases varía del 0 al 5 en una escala de tipo Likert., donde cero (0) significa “no lo sé”; 1 y 2 “desacuerdo” en mayor o menor grado; 3 “duda”; y 4 y 5 “acuerdo” en menor o mayor grado. Para evitar posibles desviaciones de las respuestas de los estudiantes, que tienen que decidir entre grados de acuerdo o desacuerdo, se han sumado los valores obtenidos en 1 y 2, y en 4 y 5. Los valores 0 y 3 se han mantenido separados porque se ha considerado que es diferente no tener opinión, o dudar sobre la que se tiene.

El estadístico Chi-cuadrado se aplicó para cada frase de la prueba y para el conjunto de todas aquellas que reflejan una misma actitud de forma global. Cuadro 14.

A partir de los resultados tomados de forma global, para cada uno de los aspectos relativos a las actitudes que se valoraron, se pudo observar que es aceptable la hipótesis de homogeneidad entre los grupos en lo que respecta a las actitudes que se declaran sobre y hacia la Ciencia.

### **Actitud favorable sobre la Ciencia.**

Los estudiantes de ambos grupos tienen una imagen positiva de la Ciencia y sus avances. Las frases donde hay más diferencia de opinión es la número 12, donde se plantea si “la ciencia es necesaria para todos”; sin embargo, ésta es muy similar a otras donde los dos grupos contestan de forma homogénea y favorable. Por ejemplo, presentan homogeneidad al considerar que “las enfermedades pueden curarse gracias a la Ciencia” (frase 5), y no en la frase “la gente vive más saludablemente gracias a la Ciencia” (frase 12).

En las afirmaciones donde se presenta a la Ciencia como algo “valioso” (19) y “útil” (40), la falta de homogeneidad se debe a que en el GCON eligen en porcentajes algo más bajos la opción de acuerdo total. Sin embargo, en cuestiones donde se dice que “tenemos

---

un mundo mejor para vivir” (1) o “un futuro mejor depende de la Ciencia” (32), ambos grupos son homogéneos, y es el GCON el que presenta un porcentaje mayor en respuestas favorables. Esta sensación de falta de coherencia entre las opciones elegidas por los estudiantes puede deberse a la forma en que se expresan los interrogantes. Una misma cuestión expresada de forma más tajante, o de forma más concreta, puede hacer que se desvíen por una u otra respuesta, o que opten por la de “duda”. Por lo tanto, el mejor análisis es el que se obtiene de una visión general de todos los ítems para un mismo aspecto.

Cuadro 7. Resultados de la prueba inicial de actitudes relacionadas con la Ciencia

SITUACION	FRECÜENCIA	GRUPO CONTROL (N = 21)												GRUPO EXPERIMENTAL (N = 21)												X <sup>2</sup>	valor P	valor P		
		0		1		2		3		4		5		0		1		2		3		4		5						
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%					
Actitud favorable sobre la ciencia	1	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	14	66,67	7	33,33	0	0,00	1	4,76	2	9,52	1	4,76	7	33,33	10	47,62	6,86	0,14	0,59		
	3	2	9,52	5	23,81	9	42,86	2	9,52	2	9,52	1	4,76	0	0,00	3	14,29	9	42,86	3	14,29	4	19,05	2	9,52	3,70	0,59			
	5	1	4,76	10	47,62	6	28,57	2	9,52	2	9,52	0	0,00	2	9,52	6	28,57	6	28,57	4	19,05	2	9,52	1	4,76	3,00	0,70			
	12	0	0,00	0	0,00	1	4,76	0	0,00	15	71,43	5	23,81	2	9,52	0	0,00	1	4,76	2	9,52	7	33,33	9	42,86	8,05	0,09 *			
	19	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	9,52	9	42,86	10	47,62	2	9,52	0	0,00	0	0,00	5	23,81	9	42,86	5	23,81	4,95	0,18			
	24	1	4,76	3	14,29	4	19,05	5	23,81	4	19,05	4	19,05	4	19,05	2	9,52	1	4,76	3	14,29	3	14,29	8	38,10	4	19,05		3,31	0,65
	31	1	4,76	6	28,57	9	42,86	4	19,05	1	4,76	0	0,00	3	14,29	7	33,33	7	33,33	4	19,05	0	0,00	0	0,00	2,33	0,68			
	32	2	9,52	1	4,76	3	14,29	1	4,76	9	42,86	5	23,81	2	9,52	0	0,00	3	14,29	4	19,05	9	42,86	3	14,29	3,30	0,65			
	40	2	9,52	2	9,52	7	33,33	2	9,52	6	28,57	2	9,52	2	9,52	3	14,29	3	14,29	6	28,57	5	23,81	2	9,52	3,89	0,57			
	Actitud desfavorable hacia la ciencia	6	0	0,00	5	23,81	7	33,33	2	9,52	7	33,33	0	0,00	3	14,29	1	4,76	12	57,14	3	14,29	2	9,52	0	0,00	9,96		0,04 **	0,35
8		0	0,00	20	95,24	0	0,00	1	4,76	0	0,00	0	0,00	1	4,76	12	57,14	2	9,52	6	28,57	0	0,00	0	0,00	8,57	0,04 **			
13		0	0,00	7	33,33	9	42,86	3	14,29	2	9,52	0	0,00	2	9,52	4	19,05	5	23,81	6	28,57	2	9,52	2	9,52	6,96	0,22			
20		0	0,00	0	0,00	1	4,76	1	4,76	14	66,67	5	23,81	1	4,76	1	4,76	1	4,76	3	14,29	11	52,38	4	19,05	3,47	0,63			
34		0	0,00	0	0,00	1	4,76	3	14,29	8	38,10	9	42,86	1	4,76	1	4,76	0	0,00	4	19,05	5	23,81	10	47,62	3,89	0,57			
36		0	0,00	1	4,76	3	14,29	3	14,29	9	42,86	5	23,81	1	4,76	1	4,76	1	4,76	8	38,10	8	38,10	2	9,52	5,62	0,35			
38		3	14,29	0	0,00	2	9,52	3	14,29	13	61,90	0	0,00	4	19,05	1	4,76	2	9,52	5	23,81	7	33,33	3	9,52	5,44	0,36			
43		1	4,76	10	47,62	9	42,86	1	4,76	0	0,00	0	0,00	2	9,52	9	42,86	5	23,81	5	23,81	0	0,00	0	0,00	4,20	0,24			
48		2	9,52	4	19,05	5	23,81	5	23,81	4	19,05	1	4,76	2	9,52	3	14,29	8	38,10	4	19,05	2	9,52	2	9,52	1,95	0,86			
Características de la ciencia		9	0	0,00	12	57,14	6	28,57	2	9,52	1	4,76	0	0,00	2	9,52	8	38,10	6	28,57	3	14,29	2	9,52	0	0,00	3,33	0,50	0,52	
	11	0	0,00	0	0,00	1	4,76	1	4,76	7	33,33	12	57,14	1	4,76	1	4,76	0	0,00	4	19,05	7	33,33	8	38,10	3,60	0,35			
	14	1	4,76	10	47,62	7	33,33	2	9,52	1	4,76	0	0,00	2	9,52	6	28,57	7	33,33	6	28,57	0	0,00	0	0,00	4,33	0,36			
	16	2	9,52	3	14,29	8	38,10	3	14,29	3	14,29	2	9,52	2	9,52	2	9,52	8	38,10	4	19,05	3	14,29	2	9,52	0,34	1,00			
	44	0	0,00	1	4,76	2	9,52	4	19,05	11	52,38	3	14,29	2	9,52	0	0,00	2	9,52	4	19,05	9	42,86	4	19,05	3,34	0,65			
	45	1	4,76	10	47,62	5	23,81	4	19,05	1	4,76	0	0,00	2	9,52	7	33,33	9	42,86	3	14,29	0	0,00	0	0,00	3,15	0,53			
	46	0	0,00	0	0,00	1	4,76	1	4,76	10	47,62	9	42,86	1	4,76	1	4,76	0	0,00	5	23,81	7	33,33	7	33,33	6,45	0,27			
	47	3	14,29	3	14,29	7	33,33	2	9,52	5	23,81	2	9,52	2	9,52	3	14,29	8	38,10	3	14,29	4	19,05	2	9,52	0,58	0,99			
	Actitud favorable hacia la ciencia	7	0	0,00	0	0,00	1	4,76	3	14,29	12	57,14	5	23,81	2	9,52	0	0,00	1	4,76	2	9,52	8	38,10	8	38,10	3,69	0,45		0,37
		17	0	0,00	12	57,14	5	23,81	1	4,76	2	9,52	1	4,76	1	4,76	10	47,62	4	19,05	6	28,57	0	0,00	0	0,00	7,86	0,16		
22		2	9,52	1	4,76	1	4,76	6	28,57	9	42,86	2	9,52	4	19,05	2	9,52	2	9,52	3	14,29	6	28,57	4	19,05	3,60	0,61			
27		0	0,00	10	47,62	10	47,62	0	0,00	0	0,00	1	4,76	1	4,76	10	47,62	5	23,81	4	19,05	1	4,76	0	0,00	8,67	0,12			
29		0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	9,52	10	47,62	9	42,86	1	4,76	0	0,00	1	4,76	6	28,57	8	38,10	5	23,81	5,37	0,25			
33		2	9,52	0	0,00	1	4,76	5	23,81	11	52,38	2	9,52	3	14,29	1	4,76	2	9,52	3	14,29	6	28,57	6	28,57	5,30	0,36			
35		0	0,00	1	4,76	0	0,00	2	9,52	9	42,86	9	42,86	3	14,29	0	0,00	0	0,00	2	9,52	9	42,86	7	33,33	4,25	0,37			
39		0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	4,76	11	52,38	9	42,86	0	0,00	0	0,00	0	0,00	6	28,57	9	42,86	6	28,57	4,37	0,11			
41		3	14,29	4	19,05	5	23,81	4	19,05	3	14,29	0	0,00	5	23,81	3	14,29	6	28,57	3	14,29	2	9,52	2	9,52	2,58	0,76			
42		0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	4,76	12	57,14	8	38,10	1	4,76	1	4,76	2	9,52	3	14,29	9	42,86	5	23,81	6,12	0,29			
49	1	4,76	0	0,00	5	23,81	1	4,76	11	52,38	3	14,29	1	4,76	1	4,76	6	28,57	4	19,05	7	33,33	2	9,52	3,98	0,55				
50	1	4,76	2	9,52	0	0,00	4	19,05	9	42,86	5	23,81	1	4,76	1	4,76	2	9,52	10	47,62	6	28,57	2	9,52	2,14	0,83				
Actitud desfavorable hacia la ciencia	2	1	4,76	0	0,00	0	0,00	2	9,52	6	28,57	12	57,14	2	9,52	0	0,00	0	0,00	2	9,52	10	47,62	7	33,33	2,65	0,45	0,39		
	4	0	0,00	1	4,76	1	4,76	1	4,76	9	42,86	9	42,86	1	4,76	1	4,76	0	0,00	2	9,52	10	47,62	7	33,33	2,64	0,76			
	10	0	0,00	9	42,86	8	38,10	2	9,52	1	4,76	1	4,76	2	9,52	4	19,05	10	47,62	5	23,81	0	0,00	0	0,00	7,45	0,19			
	15	1	4,76	7	33,33	5	23,81	6	28,57	1	4,76	1	4,76	5	23,81	8	38,10	4	19,05	4	19,05	0	0,00	0	0,00	5,24	0,39			
	18	0	0,00	2	9,52	0	0,00	4	19,05	9	42,86	6	28,57	1	4,76	0	0,00	1	4,76	2	9,52	11	52,38	6	28,57	4,87	0,43			
	21	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	9,52	7	33,33	12	57,14	1	4,76	1	4,76	0	0,00	4	19,05	10	47,62	5	23,81	6,08	0,19			
	23	0	0,00	0	0,00	2	9,52	1	4,76	13	61,90	5	23,81	1	4,76	0	0,00	1	4,76	6	28,57	6	28,57	7	33,33	7,82	0,10 *			
	25	3	14,29	4	19,05	1	4,76	3	14,29	8	38,10	0	0,00	4	19,05	0	0,00	2	9,52	7	33,33	5	23,81	5	23,81	8,50	0,15			
	26	1	4,76	5	23,81	7	33,33	5	23,81	3	14,29	0	0,00	2	9,52	3	14,29	7	33,33	7	33,33	1	4,76	1	4,76	3,17	0,67			
	28	1	4,76	3	14,29	2	9,52	6	28,57	7	33,3																			

### **Actitud desfavorable sobre la Ciencia.**

Los estudiantes no presentaron actitudes desfavorables hacia la Ciencia, sobre todo porque rechazan que sea algo inútil (frases 38 y 43) lo que refuerza el análisis del punto anterior. En los aspectos en los que no hay homogeneidad entre grupos son aquellos que se refieren a que "un mayor conocimiento científico supone mayores preocupaciones" (6) y "la Ciencia no ayuda por igual a todo el mundo" (8). Sin embargo, queda claro que los estudiantes manifiestan una actitud favorable hacia la Ciencia como conjunto de conocimientos que permite una mejora en la calidad de vida; aunque, también, reconocen que no soluciona todos los problemas y que, según su percepción, está en la base de otros.

### **Características de la Ciencia.**

Los estudiantes de ambos grupos consideran de forma mayoritaria que "la Ciencia es el camino para conocer el mundo" (16), y que en este proceso la "curiosidad" (11) y "la aceptación de nuevas ideas" (45) son elementos importantes. En la pregunta 14 se observa homogeneidad al tema "para destacar en Ciencia hay que ser muy inteligente" debido a que las respuestas del GCON se reparten entre todas las opciones.

### **Actitud favorable hacia la Ciencia.**

La actitud general de ambos grupos hacia el estudio de la Ciencia es buena (frases 7, 17, 27, 33, 42, 49, 50) aunque consideran que no es fácil (39). Las dos afirmaciones en las que sus repuestas son homogéneas son la 29, "Aprender nuevas cosas de ciencias me hace sentir bien" y la 41 "La Ciencia es necesaria para todos"; aunque, en ambas, más de la mitad de los estudiantes de los dos grupos están de acuerdo con ellas. Se vuelve a detectar falta de coherencia de las actitudes de los estudiantes según el tipo de afirmación a la que se enfrenten, sobre todo si no tienen mucho sentido para ellos o son muy categóricas.

### **Actitud desfavorable hacia la Ciencia.**

La mayoría de los estudiantes de ambos grupos están en desacuerdo con las afirmaciones que se hacen en este tema, como era de esperar tras el análisis del punto anterior. La única, donde la falta de homogeneidad es más significativa, es la 23 ("La

ciencia es completamente aburrida”); sin embargo, ambos grupos se pueden considerar homogéneos cuando la misma pregunta se plantea de forma positiva en el tema anterior “La ciencia es entretenida” (7). Este es un ejemplo más que pone de manifiesto el hecho de que la forma de redactar una afirmación puede influir en el tipo de respuesta. Para la pregunta 7 el valor-p que se obtiene es de 0,45, y para la 23 de 0,1. La influencia de esta última frase es muy alta en el resultado global; ya que, si se elimina, el valor-p para todo este tema pasa a ser 0,39; es decir, no hay diferencias significativas.

Basado en éste análisis, se puede sugerir que:

- Los estudiantes del GEXP y del GCON son homogéneos en las actitudes iniciales que manifiestan respecto a la Ciencia.
- No sólo los grupos del estudio son homogéneos entre sí, sino que manifiestan actitudes relacionadas con la Ciencia similares a las que pueden presentar otros estudiantes de su edad. Al comparar los resultados obtenidos en el estudio con los que obtuvo Vázquez y Manassero (1997) en el trabajo del cuál ha sido tomada la prueba. Cabe anotar que la manera de redacción de las afirmaciones es diferente a los del referente tomado.
- Los autores en su estudio, aclaran como defecto metodológico el pretender medir una actitud de un estudiante a partir de un solo ítem, y que para definir patrones más sólidos se han de tomar perspectivas mucho más genéricas. En el análisis de resultados que se acaba de realizar, se muestran claramente evidencias de este hecho. En algunas de las afirmaciones, los estudiantes manifiestan actitudes contradictorias con lo que anteriormente habían manifestado.
- Otra de las conclusiones a las que llegaron los autores, y que también se puede corroborar en éste estudio, es que los estudiantes muestran de forma más clara actitudes favorables en los ítems que indican alguna característica negativa o de rechazo hacia la Ciencia. En estos casos es más evidente que la opción elegida por ellos es la de „estar en desacuerdo”; mientras que, no es tan clara la elección de la opción „estar de acuerdo” cuando se refiere a aspectos positivos o halagadores de la Ciencia.

- La conclusión final de Vázquez y Manassero (1997) es que los estudiantes muestran una actitud “moderadamente favorable y positiva hacia la Ciencia”. Ya abordando por temas se puede observar que las actitudes más favorables las obtienen en relación con la imagen que tienen de la Ciencia como conocimiento (lo que en el presente trabajo se ha llamado actitudes „sobre la Ciencia”); y algo menos favorables hacia las características de la Ciencia (también incluida en el tipo de actitud anterior) y la enseñanza de la Ciencia (lo que se le llamó „hacia la Ciencia”). Ya en el estudio realizado en la Institución Educativa San José, se observó coincidencias con lo observado y planteado por Vázquez y Manassero (1997). Es de destacar que, además, los estudiantes en ambos estudios, presentan una actitud menos favorable hacia los ítems que reflejan los problemas y preocupaciones que genera la Ciencia, y la falta de atractivo de la Ciencia como actividad o trabajo al que dedicarse; y una actitud más favorable hacia las ideas sobre la utilidad de la Ciencia, o la curiosidad como elemento que define a la actividad científica.

### **Supuesto inicial 5: comparación de la uniformidad en relación a las actitudes relativas a las relaciones ciencia, tecnología y sociedad.**

En el cuadro 15, se resumen los datos obtenidos en la prueba inicial de actitudes respecto a las relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad (C-T-S) para el contraste de este supuesto:

Los estudiantes del GEXP y del GCON son semejantes en las actitudes iniciales que declaran sobre las relaciones C-T-S

Esta prueba representa alto grado de dificultad para los estudiantes porque algunas cuestiones son confusas, y las opciones de respuesta que se les dio pudieron resultarles imprecisas. Aún así, los grupos pueden considerarse homogéneos. Las respuestas mayoritarias abordaron ideas como:

**Cuadro 8. Resultados de la prueba inicial de actitudes con relación a Ciencia, Tecnología y Sociedad. Los valores apoyan la hipótesis de homogeneidad ( $p > 0,1$ ).**

		GRUPO CONTROL (N = 21)		GRUPO EXPERIMENTAL (N = 21)		Prueba de chi cuadrado	Valor de p
Género	Masculino	8	38,10	10	47,62		
	Femenino	13	61,90	11	52,38		
CUESTIONARIO		N	%	N	%		
1. La investigación científica y tecnológica debe ser totalmente libre.	a. Los científicos no son responsables de los resultados de la investigación y deberían investigar sin pensar en las consecuencias.	3	14,29	2	9,52	1,2526	0,7404
	b. Sería imposible establecer reglas regulando las normas de investigación. El criterio del científico será el mejor posible.	5	23,81	7	33,33		
	c. Es necesario formar a los ciudadanos de los riesgos potenciales de las investigaciones para que puedan controlar su posible aplicación.	9	42,86	10	47,62		
	d. Dejar la decisión en manos de los políticos no es una buena solución, porque es sospechoso cómo pueden usar los avances científicos y tecnológicos.	4	19,05	2	9,52		
2. Los medios de comunicación, frecuentemente, anuncian descubrimientos científicos que constantemente crean nuevas controversias. El ciudadano común:	a. Cree que obtendrá algunos beneficios y que la Ciencia y la Tecnología son sólo productos de consumo.	10	47,62	10	47,62	1,1667	0,7610
	b. Le gustaría entenderlo mejor.	4	19,05	4	19,05		
	c. Piensa que la Ciencia y la Tecnología son difíciles de entender; por ello, se siente inseguro y en peligro; y tiene nostalgia de tiempos pasados, cuando se sintió más cómodo.	5	23,81	3	14,29		
	d. Piensa que el progreso científico y tecnológico no ha sido satisfactorio.	2	9,52	4	19,05		
3. Los científicos e ingenieros deberían decidir en la distribución mundial de los alimentos porque:	a. Los científicos tienen el conocimiento, tienen una mejor comprensión del tema y toman mejores decisiones.	5	23,81	5	23,81	1,8009	0,6147
	b. El gobierno debe decidir, pero los científicos aconsejar.	5	23,81	2	9,52		
	c. El público debe decidir, pero los científicos aconsejar.	1	4,76	2	9,52		
	d. La decisión debería ser compartida entre los científicos y los ciudadanos.	10	47,62	12	57,14		

4.- Los avances en Ciencia y Tecnología ofrecen poca ayuda en la resolución de problemas como la pobreza, el crimen, el desempleo, etc.	a. Estos problemas sociales son el precio que debemos pagar por los avances en Ciencia y Tecnología. La Ciencia y la Tecnología resuelven muchos problemas sociales, pero también los causan o empeoran.	9	42,86	5	23,81	3,1429	0,3701
	b. La cuestión no está en que la Ciencia ayude, sino en que la gente use la Ciencia y la Tecnología prudentemente.	10	47,62	14	66,67		
	c. Ciencia y tecnología pueden ayudar a resolver algunos problemas sociales pero no otros. Es difícil que se resuelvan estos problemas sino es aumentando el nivel de vida.	2	9,52	1	4,76		
	d. Ciencia y tecnología podrían resolver estos problemas mientras se tenga el apoyo adecuado (dinero y libertad de investigación).	0	0,00	1	4,76		
5- El gobierno colombiano debería aportar dinero a la investigación científica para explorar lo desconocido de la Naturaleza y el Universo	a. El gobierno debería dar dinero a los científicos porque, comprendiendo nuestro mundo mejor, los científicos lo pueden transformar en un lugar mejor para vivir usando los recursos naturales para nuestro beneficio.	9	42,86	11	52,38	0,6444	0,8862
	b. El gobierno debería dar dinero a las investigaciones científicas para ayudarnos a entendernos mejor a nosotros mismos y a nuestro mundo, pero corresponde a otros determinar si este conocimiento se usa de forma correcta o no.	5	23,81	5	23,81		
	c. El gobierno debería costear las investigaciones científicas por la única razón de investigar el funcionamiento del mundo en el que vivimos.	2	9,52	1	4,76		
	d. El gobierno debería costear las investigaciones científicas, para que Colombia no se retrase y dependa de otros países	5	23,81	4	19,05		

6- El gobierno colombiano debería dar dinero a la investigación científica, sólo si los científicos pueden demostrar que sus investigaciones mejorarían la calidad de vida actual en Colombia.	a. El dinero sólo debería gastarse en investigaciones relacionadas directamente con fines beneficiosos como cuidar el medio ambiente, la salud o la agricultura.	12	57,14	10	47,62	1,6580	0,6463
	b. Incluso pensando que la ciencia intenta mejorar la calidad de vida, a menudo, es imposible saber si la investigación será beneficiosa o no. Por eso se debe invertir dinero en la investigación científica.	5	23,81	7	33,33		
	c. El gobierno debería costear la investigación científica porque siempre tiene un impacto, directo o indirecto en la sociedad.	3	14,29	4	19,05		
	d. El gobierno debería costear la investigación científica por ninguna otra razón que no sea investigar el funcionamiento de nuestro mundo.	1	4,76	0	0,00		
7.-Sería mejor invertir en investigación tecnológica que en científica.	a. Sólo invertir en investigación tecnológica, es más productiva que la investigación científica.	0	0,00	0	0,00	1,4386	0,4871
	b. Sólo invertir en investigación científica porque se necesita el conocimiento científico, y la tecnología ha empeorado la calidad de vida.	1	4,76	2	9,52		
	c. En ambas, no hay diferencias, cada una aporta sus ventajas a la humanidad; y, además, interactúan y se complementan	20	95,24	18	85,71		
	d. En ninguna.	0	0,00	1	4,76		
8. El uso de la ingeniería genética para modificar la información genética de los seres vivos (microorganismos, plantas, animales), sólo es admisible cuando:	a. Se modifican genéticamente seres vivos para que sean más resistentes a las condiciones ambientales; o para obtener mejores variedades de plantas de cultivo o de animales de granja.	9	42,86	7	33,33	3,0119	0,3898
	b. Se modifican genéticamente seres vivos para obtener vinos y cervezas de forma más rápida; frutas que tardan en pudrirse o con mejor sabor; carnes de mejor calidad; leche con poca grasa; etc.	3	14,29	4	19,05		
	c. Se modifican genéticamente seres vivos para obtener medicamentos como los antibióticos; vacunas; hormonas como la insulina.	4	19,05	8	38,10		
	d. En ningún caso es admisible la manipulación genética de los seres vivos. La ingeniería genética va en contra de las leyes de la naturaleza y puede provocar graves peligros como la creación de plagas, nuevas enfermedades,	5	23,81	2	9,52		

9.- Los científicos deben ser responsables del daño que produzcan sus descubrimientos porque:	a. Es parte del trabajo científico y deben ser conscientes de los efectos posibles; y, por lo tanto, deben hacer buen uso de sus descubrimientos.	16	76,19	16	76,19	1,1429	0,7667
	b. Las personas que los usan son responsables.	1	4,76	0	0,00		
	c. La responsabilidad debe ser compartida.	3	14,29	4	19,05		
	d. Los resultados no se pueden predecir y, por tanto, los científicos no son responsables.	1	4,76	1	4,76		

- Las decisiones sobre cuestiones sociales (distribución de alimentos) deberían ser compartidas entre los científicos y los ciudadanos, con un 47,62% y 57,14%, para GCON y GEXP, respectivamente.
- Los científicos son responsables del daño que produzcan sus descubrimientos y específicamente ser conscientes de los efectos posibles; y, por lo tanto, deben hacer buen uso de sus descubrimientos. Cerca del 76% en GEXP y GCON, se acogen a dicha respuesta;
- La Ciencia no resuelve todos los problemas. La cuestión no está en que la Ciencia ayude, sino en que la gente use la Ciencia y la Tecnología prudentemente, esta opción presentó un comportamiento del 47,62% y 66,67%, para GCON y GEXP, respectivamente;
- Los ciudadanos no comprenden todos los descubrimientos científicos y se sienten inseguros, aunque esperan que sean beneficiosos, esta opción presentó un comportamiento del 47,62% tanto para GEXP, como para GCON;
- El dinero de investigación debería destinarse a trabajos que puedan transformar el mundo en un lugar mejor para vivir, esta opción presentó un comportamiento del 42,86% y 52,38%, para GCON y GEXP, respectivamente;
- Los ciudadanos deben conocer los riesgos potenciales de algún tipo de investigación; el uso de la ingeniería genética es admisible para la obtención de medicamentos, y no tanto para otros fines. Esta opción presentó un comportamiento del 42,86% y 33,33%, para GCON y GEXP, respectivamente.
- En el ítem 7 la respuesta presenta homogeneidad, pero se puede observar un alto porcentaje en el interrogante; “Sería mejor invertir en investigación tecnológica que en científica” y cuya opción fue: “En ambas, no hay diferencias, cada una aporta

sus ventajas a la humanidad; y, además, interactúan y se complementan mutuamente” en un 95,24% y 85,71%, en GCON y GEXP, respectivamente.

Por lo tanto, se puede concluir que:

Los estudiantes del GEXP y del GCON son homogéneos en las actitudes iniciales que manifiestan sobre las relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad.

Al comparar los resultados del estudio con los que se obtuvieron en las investigaciones de las que se han tomado los distintos ítems, se puede concluir:

### **El papel de los científicos en la Sociedad.**

Los ítems 3 y 9 se centran en este aspecto y están tomados de Borreguero y Rivas (1995) que a su vez los toma de otros trabajos del VOSTS (Views on Science, Technology and Society: Aikenhead, 1987; Ryan, 1987). En estos estudios, al igual que en el trabajo, se confirma que los estudiantes distinguen en la figura del científico la de un experto que debería decidir en temas de incidencia social; aunque en su gran mayoría plantean que la decisión debería ser compartida con los ciudadanos. Por otra parte, los estudiantes identifican a los científicos como los únicos responsables de los daños que puedan ocasionar sus hallazgos. Ryan (1987), al estudiar las respuestas dadas a varios ítems donde se plantean, desde diversos puntos de vista, la responsabilidad de los científicos ante sus descubrimientos, concluye que las respuestas son similares y de alguna manera general: “los científicos son responsables”. Los usuarios, o los gobiernos sólo son tenidos en cuenta, a la hora de buscar responsabilidades.

### **Influencia de la Ciencia y la Tecnología en la Sociedad.**

Los ítems que abordan este tema son: el 6, tomado de Fleming (1987), el 4 de Borreguero y Rivas (1995), y el 7 de ambos estudios.

Ante el papel de la Ciencia y de la Tecnología en la resolución de problemas, en el estudio de referencia y el actual TG, los estudiantes de forma mayoritaria reconocen, por una parte, su importancia en la mejora de la calidad de vida, siempre y cuando se use de

manera correcta; y, por otra parte, el hecho de que no pueden resolver todos los problemas, en especial aquellos de índole social. También concuerdan al pensar que los sentimientos de los ciudadanos ante las noticias de nuevos avances científicos son de inseguridad y temor, y que reclaman saber sobre estos temas tanto como conocer los posibles beneficios de los mismos.

Respecto a la importancia relativa entre la Ciencia y la Tecnología, la gran mayoría de los estudiantes, de los distintos trabajos revisados, indican que se debe invertir en las dos porque, ambas, son necesarias. El trabajo de Fleming (1987), donde se usaban ejemplos concretos del posible uso de la Ciencia y la Tecnología, se aprecia una tendencia algo mayor a preferir la investigación científica sobre la tecnológica. En este caso, se debe a que las investigaciones científicas están asociadas a situaciones que atañen lo social como la curación de enfermedades.

### **Finalidad de la Ciencia y la Financiación a la investigación.**

Los ítems 5 y 6 propuestos por Fleming (1987), corresponden con este tema. De forma mayoritaria, los estudiantes del estudio de referencia y de TG, apoyan la financiación de la investigación científica que mejore la calidad de vida frente a otras investigaciones cuyos fines sean, por ejemplo, aumentar el conocimiento sobre el mundo. La finalidad que los estudiantes ven en la Ciencia es la de descubrir cosas útiles y buenas para la Sociedad y hacer del mundo un lugar mejor para vivir. Cualquier otra finalidad es mal invertir el dinero que podría emplearse de otra forma. En resumen, están diferenciando entre lo que se suele definir en investigación como “ciencia base” y “ciencia aplicada”; y, claramente, se observa una gran inclinación por la ciencia aplicada como la única e importante, lo que demuestra el gran efecto que tienen los medios de comunicación masiva en las decisiones y criterios que deben tener los jóvenes con relación a la ciencia (la aplicabilidad de la misma).

### **Los límites de la Ciencia y la Tecnología.**

Este aspecto es abordado en los ítems 1 tomado de Borreguero y Rivas (1995), y 8 de Lock y Miles (1993). Es curioso que los estudiantes del trabajo de referencia y los del TG, no sólo estén de acuerdo en que se debe dejar investigar a los científicos sin trabas, sino que detecten con porcentajes de respuesta tan elevados la necesidad de que los

ciudadanos sean cultos en temas científicos para que puedan controlar sus posibles riesgos potenciales. En cuanto al uso de la ingeniería genética, uno de los temas que más temores y expectativas está generando en la sociedad actual, apoyan en su gran mayoría el uso de la misma para obtener medicamentos, y no para otros usos. El trabajo de Lock y Miles (1993) es mucho más amplio, y detecta matices como que el uso de la ingeniería genética en microorganismos y plantas es ampliamente aceptada, mientras que se rechaza cuando se aplica a animales; o que los estudiantes dan respuestas más positivas a la aplicación de estas técnicas cuando se las nombra como biotecnología que cuando se las nombra como manipulación o alteración de los genes.

Las conclusiones finales sobre la visión de los estudiantes en relación con las relaciones C-T-S no son muy realistas y mucho menos favorables. En el trabajo de Vázquez y Manassero (1997), que se utilizó en el tema anterior, también se estudian las actitudes de los estudiantes respecto a algunos aspectos sociales de la Ciencia. Los resultados coinciden con lo observado en este análisis, la actitud hacia estos temas es menos favorable que la que manifiestan los mismos estudiantes frente a otros aspectos relativos a la Ciencia.

Borreguero y Rivas (1995) concluyen que, ante la falta de creencias y actitudes realistas en los estudiantes sobre este tema, es necesario establecer una formación en C-T-S. Además de la importancia de estos contenidos, se apoyan en los resultados que obtienen al estudiar una muestra de estudiantes universitarios donde detectan que, como consecuencia del proceso de enseñanza aprendizaje, sólo se produce un ligero cambio de actitud hacia las relaciones C-T-S.

### **Conclusión final sobre el contraste de la hipótesis inicial**

Los grupos experimental y control son homogéneos en sus conocimientos iniciales para cada uno de los aspectos estudiados en la investigación:

- Conocimientos iniciales de Genética y herencia,
- Conocimientos iniciales sobre la Naturaleza de la Ciencia,

- Procedimientos iniciales que usan en la resolución de un problema abierto,
- Actitudes iniciales que manifiestan respecto a la Ciencia, y
- Actitudes iniciales que manifiestan sobre las relaciones C-T-S

## **6.7 El mejoramiento en el aprendizaje a través de una metodología de resolución de problemas: hipótesis de intervención en el aula**

Las hipótesis que sirven de referente tienen como objetivo estudiar la evolución del aprendizaje, llevado a cabo por el GEXP, durante el proceso de enseñanza-aprendizaje vivido en las sesiones de clase durante el tercer periodo del año lectivo 2011, basadas en un modelo de resolución de problemas. Estas hipótesis se centran en dos aspectos:

Hipótesis 1:

El desarrollo en el aula de una MRP va a generar en los estudiantes del GEXP, al final del proceso, un progreso significativo hacia niveles de resolución de problemas más complejos y en su Argumentación.

Hipótesis 2:

El estilo cognitivo DIC de cada individuo influye en la realización de las diferentes fases de resolución o variables metodológicas y de Argumentación.

Los datos, para el contraste de estas hipótesis, son las valoraciones obtenidas por los estudiantes del GEXP en la resolución de cada uno de los problemas abiertos desarrollados durante el tercer periodo académico cuyo tema central era Genética y Herencia.

En el cuadro 16, se citan los tipos de problemas abiertos y los conceptos abordados en los ocho problemas trabajados en el aula de clase.

Los distintos niveles de realización para cada una de las variables estudiadas (metodológicas, argumentación y contenidos) se ordenan en una escala de 0 a 3 (Cuadro 17)

Como ya se planteó, para el análisis estadístico de las Hipótesis 1 y 2 se utilizó la técnica de Análisis de varianza (ANOVA) usando el test F.

En el análisis de la Hipótesis 2 se utilizó una correlación entre la variable DIC, obtenida gracias al test de figuras enmascaradas GEFT (Witkin y otros, 1987), y el resto de variables implicadas en la resolución de problemas.

**Cuadro 16. Secuencia de los problemas abiertos aplicados al GEXP.**

		TIPO	CONCEPTOS ABORDADOS
P0.	¿Cómo se hereda un carácter relacionado con el pelo? (sin tener conocimiento de la manera cómo actúan los cromosomas)	1	C1 y C2
P1.	¿Cómo se hereda un carácter relacionado con el pelo? (teniendo conocimiento de la manera cómo actúan los cromosomas)	1	C1 y C2
P2.	¿Qué ocurriría si un carácter no fuese ni dominante ni recesivo?		
P3.	La herencia de los grupos sanguíneos A, B, AB y O, era utilizada como prueba para determinar la posible paternidad de los padres de un bebé. ¿Podrías conocer el grupo sanguíneo de un hijo tuyo?	2	C1 y C2
P4.	¿Qué ocurriría si el gen para un carácter se localizase en los cromosomas sexuales?	2	C1 y C2
P5.	¿Qué pasaría si un carácter estuviera determinado por más de un gen?		
P6.	¿Podría aparecer un nuevo carácter en una familia?		
P7.	La calvicie es un asunto que preocupa más a hombres que a mujeres. ¿Por qué crees que este carácter aparece principalmente en varones?	2	C1 y C2
P8.	Un grupo de personas de piel blanca colonizó una región del Africa del Sur. Una vez establecida su comunidad, realizaron matrimonios entre ellos. ¿Cómo crees que será la piel de los bebés que nazcan después de muchas generaciones?	2	C1 y C2

Tipos de problemas: 1 = herencia mendeliana; 2 = herencia no mendeliana; 3 = herencia de caracteres adquiridos; 4 = aplicaciones biotecnológicas;  
 Conceptos: C1 = la localización de la información hereditaria; C2 = la herencia de padres a hijos; C3 = la herencia de caracteres adquiridos).

## **Hipótesis 1. Diferencia en el aprendizaje al utilizar la metodología de resolución de problemas en el aula.**

La formulación de esta Hipótesis 1 es:

El desarrollo en el aula de una MRP va a generar en los estudiantes del GEXP, al final del proceso, un progreso significativo hacia niveles de resolución de problemas más complejos y en su argumentación.

Para analizar la evolución en el aprendizaje de la MRP, a lo largo de la resolución de problemas abiertos, se valoró las resoluciones de cada uno de los estudiantes del GEXP.

Las variables metodológicas (VM) se recogen en el cuadro resumen (cuadro 16).

La variable de argumentación (VA), se define, según el nivel de explicitación y elaboración de cada una de las Variables Metodológicas, de la siguiente forma:

**Nivel 0:** Nula o mínima; cuando no se resuelve el problema o se abordan como máximo dos VM hasta un nivel máximo de 1.

**Nivel 1:** De escasa a suficiente; cuando, como máximo, el nivel alcanzado en todas las VM es 1, e incluso al menos dos llegan al nivel 2.

**Nivel 2:** Satisfactoria; cuando todas las VM llegan como mínimo a nivel 2 (o si una VM se queda en nivel 1, al menos una o dos de las demás variables deben superar el nivel 2).

**Nivel 3:** Extensa; cuando todas las VM llegan al nivel 2, y al menos 2 al nivel 3

Este análisis se llevó a cabo mediante la técnica ANOVA, utilizando el test F, para determinar si existen diferencias significativas entre los valores medios (por niveles) obtenidos en cada una de las variables, siendo aplicadas de la siguiente manera:

- Un primer análisis conjunto de todas y cada una de las variables en todos los problemas y para todos los estudiantes. Este primer análisis nos permitirá contrastar la hipótesis.

- Un segundo análisis más pormenorizado de cómo se produce esta evolución en el aprendizaje a lo largo de la resolución de los problemas.

### § **Primer análisis: estudio global de todos los problemas y variables**

Para este primer análisis estadístico se utilizó el test F. La hipótesis nula es que no existen diferencias significativas, frente a la hipótesis alternativa donde se confirma las diferencias. Los resultados obtenidos se agrupan en el siguiente Cuadro 18.

Como se puede observar, se rechaza la hipótesis nula para todos los valores y, se confirma que existen diferencias significativas entre grupos, para el conjunto de todos los problemas, y para cada variable metodológica y de argumentación. Por lo tanto, sobre el aprendizaje del Método por Resolución de Problemas (MRP), se puede concluir:

El desarrollo en el aula de una MRP ha producido en los estudiantes del GEXP, al final del proceso, una evolución significativa hacia niveles de resolución más complejos de las variables metodológicas y de argumentación.

### § **Segundo análisis: progreso del aprendizaje a lo largo de la resolución de los problemas**

En este segundo análisis se estudió los valores medios por cada uno de los niveles, que obtienen los estudiantes en la resolución de todos los problemas desarrollados a lo largo del periodo académico, para cada una de las variables metodológicas (VM). No se incluyó el de argumentación (VA) por ser única y por lo tanto no hay manera de comparar.

- De acuerdo con los resultados de la prueba F (Cuadro 18) se pudo concluir que los estudiantes del GEXP tuvieron una evolución significativa en el manejo de las diferentes variables metodológicas a lo largo de la resolución de los problemas.

Una representación gráfica de los resultados se describe en la figura 8.

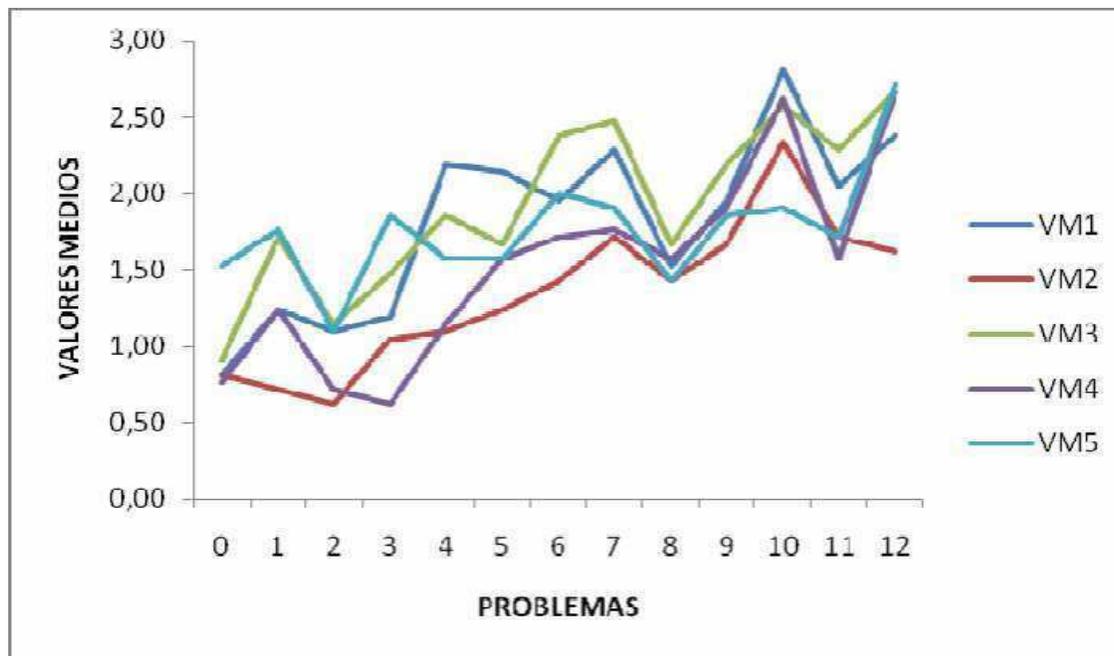
**Cuadro 9. Frecuencia de las variables metodológicas, de acuerdo al nivel, evaluadas en los problemas desarrollados en el aula con el grupo experimental**

FRECUENCIA DE LAS VARIABLES METODOLÓGICAS, DE ACUERDO AL NIVEL, EVALUADAS EN LOS PROBLEMAS DESARROLLADOS EN EL AULA CON EL GRUPO EXPERIMENTAL (N= 21)																											
VARIABLES METODOLÓGICAS (VM)		P0		P1		P2		P3		P4		P5		P6		P7		P8		P9		P10		P11		P12	
		N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%
Análisis cualitativo del problema VM1	Nivel 0	6	28,57	3	14,29	6	28,57	2	9,52	2	9,52	4	19,05	4	19,05	2	9,52	10	47,62	1	4,76	4	19,05	2	9,52	1	4,76
	Nivel 1	13	61,90	11	52,38	9	42,86	13	61,90	13	61,90	10	47,62	14	66,67	11	52,38	11	52,38	20	95,24	17	80,95	16	76,19	11	52,38
	Nivel 2	2	9,52	6	28,57	4	19,05	6	28,57	6	28,57	7	33,33	3	14,29	8	38,10	0	0,00	0	0,00	0	0,00	3	14,29	9	42,86
	Nivel 3	0	0,00	1	4,76	2	9,52	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Emisión de hipótesis VM2	Nivel 0	5	23,81	9	42,86	9	42,86	6	28,57	6	28,57	4	19,05	2	9,52	1	4,76	12	57,14	7	33,33	1	4,76	8	38,10	8	38,10
	Nivel 1	15	71,43	9	42,86	11	52,38	8	38,10	7	33,33	8	38,10	8	38,10	7	33,33	9	42,86	14	66,67	12	57,14	11	52,38	13	61,90
	Nivel 2	1	4,76	3	14,29	1	4,76	7	33,33	8	38,10	9	42,86	11	52,38	10	47,62	0	0,00	0	0,00	8	38,10	2	9,52	0	0,00
	Nivel 3	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	3	14,29	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Elaboración de estrategias de resolución VM3	Nivel 0	4	19,05	8	38,10	3	14,29	1	4,76	5	23,81	10	47,62	13	61,90	11	52,38	7	33,33	17	80,95	9	42,86	15	71,43	7	33,33
	Nivel 1	15	71,43	11	52,38	13	61,90	11	52,38	14	66,67	8	38,10	8	38,10	10	47,62	14	66,67	4	19,05	12	57,14	6	28,57	14	66,67
	Nivel 2	2	9,52	2	9,52	4	19,05	7	33,33	2	9,52	3	14,29	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
	Nivel 3	0	0,00	0	0,00	1	4,76	2	9,52	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Resolución del problema VM4	Nivel 0	8	38,10	1	4,76	7	33,33	9	42,86	3	14,29	10	47,62	6	28,57	1	4,76	11	52,38	5	23,81	8	38,10	9	42,86	7	33,33
	Nivel 1	10	47,62	15	71,43	13	61,90	11	52,38	12	57,14	10	47,62	15	71,43	4	19,05	8	38,10	13	61,90	13	61,90	12	57,14	14	66,67
	Nivel 2	3	14,29	4	19,05	1	4,76	1	4,76	6	28,57	1	4,76	0	0,00	15	71,43	2	9,52	3	14,29	0	0,00	0	0,00	0	0,00
	Nivel 3	0	0,00	1	4,76	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	4,76	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00
Análisis de los resultados VM5	Nivel 0	1	4,76	1	4,76	6	28,57	8	38,10	1	4,76	9	42,86	2	9,52	2	9,52	3	14,29	4	19,05	7	33,33	7	33,33	6	28,57
	Nivel 1	10	47,62	6	28,57	9	42,86	8	38,10	8	38,10	12	57,14	17	80,95	19	90,48	8	38,10	16	76,19	9	42,86	13	61,90	15	71,43
	Nivel 2	8	38,10	11	52,38	4	19,05	5	23,81	11	52,38	0	0,00	2	9,52	0	0,00	8	38,10	1	4,76	5	23,81	1	4,76	0	0,00
	Nivel 3	0	0,00	3	14,29	2	9,52	0	0,00	1	4,76	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	9,52	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00

**Cuadro 10. Comportamiento de las variables metodológicas evaluadas en los problemas desarrollados en el aula con el grupo experimental**

COMPORTAMIENTO DE LA VARIABLES METODOLOGICAS EVALUADAS EN LOS PROBLEMAS DESARROLLADOS EN EL AULA CON EL GRUPO EXPERIMENTAL (N= 21)															
VARIABLES METODOLÓGICAS (VM)	P0	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	VALOR F	VALOR P
Análisis cualitativo del problema VM1	0,81	1,24	1,10	1,19	2,19	2,14	1,95	2,29	1,52	1,95	2,81	2,05	2,38	106,4880	2,0000E-16 ***
Emisión de hipótesis VM2	0,81	0,71	0,62	1,05	1,10	1,24	1,43	1,71	1,43	1,67	2,33	1,71	1,62	95,3990	2,0000E-16 ***
Elaboración de estrategias de resolución VM3	0,90	1,71	1,14	1,48	1,86	1,67	2,38	2,48	1,67	2,19	2,57	2,29	2,67	134,8264	2,0000E-16 ***
Resolución del problema VM4	0,76	1,24	0,71	0,62	1,14	1,57	1,71	1,76	1,57	1,90	2,62	1,57	2,67	170,2044	2,0000E-16 ***
Análisis de los resultados VM5	1,52	1,76	1,10	1,86	1,57	1,57	2,00	1,90	1,43	1,86	1,90	1,71	2,71	23,1937	2,4480E-06 ***

**Figura 3. Representación de los valores medios obtenidos en cada variable por Problema planteado en el Aula.**



VM1 = Análisis cualitativo del problema; VM2 = Emisión de hipótesis; VM3 = Diseño de una; Estrategia de resolución; VM4 = Resolución; VM5 = Análisis de resultados

En la Figura 8. Se puede observar que los valores medios por niveles para cada variable metodológica ascienden a lo largo de las pruebas; sin embargo, no lo hacen de manera continua, presentando oscilaciones en el progreso para desarrollar cada uno de los ejercicios planteados en clase.

Al trabajar en el aula con problemas, es de esperar que los últimos sean más complejos que los primeros, y que el progreso en el aprendizaje sea paulatino. Sin embargo, como lo evidencia el gráfico se hallaron grandes oscilaciones relacionadas con el tipo de problema, que se había definido con anterioridad ajustándose a los criterios de clasificación de la educación media y el desarrollo teórico de la Genética. Las oscilaciones descendentes se producen en los primeros problemas de cada tipo (P0, P2 y P8); y las ascendentes en los últimos problemas de los mismos (P12, P7 y P9). En el tipo de

problema 4 (Ingeniería genética o aplicaciones biotecnológicas) el orden de realización de los problemas (P10, P11), no es apreciable porque ambos se refieren a diferentes técnicas.

En el caso particular, el grado de dificultad acrecentó entre un problema y el siguiente. Esta mayor dificultad al iniciar la resolución de otro tipo de problema no se debe por haber incluido nuevos esquemas conceptuales (a excepción de los problemas de tipo 3, herencia de caracteres adquiridos), sino por la complicación en los modelos de herencia lo que implica que los estudiantes deben tener presente un mayor número de hipótesis posibles, y por lo tanto de estrategias de resolución.

### § Conclusiones relacionadas con la hipótesis 1

A modo de resumen, se puede concluir que los estudiantes han progresado de forma significativa en el aprendizaje de la Metodología Resolución por Problemas, subrayando que:

- Los estudiantes son capaces de aplicar la MRP a distintos tipos de problemas de Genética, según el modelo de herencia implicado, y según los marcos teóricos requeridos para su resolución.
- La Argumentación del proceso de resolución aumenta de forma significativa desde los primeros a los últimos problemas.
- En la resolución de problemas, las variables metodológicas en las que más evolucionan los estudiantes desde los primeros a los últimos problemas son el Análisis cualitativo del problema (VM1) y la Elaboración de una estrategia de resolución (VM3). En ambas cabe destacar la importancia fundamental que tiene la reflexión.
- La VM5 (Análisis de resultados) es la que supone una mayor dificultad quizás debido a que implica mayores exigencias cognitivas. Sin embargo, los estudiantes, dentro de las limitaciones de su edad y su nivel de desarrollo cognitivo en el que se encuentran, son capaces de evolucionar de forma estadísticamente significativa desde sus análisis iniciales a los finales.

## **Hipótesis 2 de intervención en el aula: contraste de la influencia del estilo cognitivo Dependencia Independencia de Campo (DIC)**

La formulación de esta Hipótesis 2 es:

El estilo cognitivo Dependencia-Independencia de Campo (DIC) de cada individuo, influye de forma significativa en el nivel de resolución de problemas abiertos, alcanzado por los estudiantes del GEXP.

Las relaciones entre el estilo cognitivo DIC y la resolución de problemas ya han sido tratadas de forma amplia en el estudio de Varela (1994) sobre aspectos didácticos y cognitivos de la resolución de problemas. La autora identifica la influencia de la variable DIC en la consecución por parte de los estudiantes de niveles más altos de resolución de problemas, y de utilización de los esquemas conceptuales. Otros trabajos también identifican las mismas relaciones (Corral, 1982; Niaz y Lawson, 1985; Pozo; 1987; Acevedo, 1989, López Rupérez, 1991; Oliva 1999b).

Para relacionar los resultados del TG sobre el cambio de procedimientos con la variable DIC, los estudiantes del GEXP realizaron el test GEFT, o Test de Figuras Enmascaradas (Witkin y otros, 1987), antes de iniciar el Tercer Periodo Académico. Este test evalúa la capacidad de romper un campo visual organizado, para quedarse con una parte de él y separarla del todo. Desde una interpretación estricta del mismo, los resultados reflejan la capacidad para percibir figuras enmascaradas. Sin embargo, las diferencias individuales en la realización del test, parecen estar relacionadas con otros aspectos o áreas de la actividad psicológica de la persona, además de las diferencias en el funcionamiento perceptivo. Las tareas perceptivas pueden servir para evaluar dimensiones amplias e importantes del funcionamiento personal, entre ellos los estilos cognitivos.

Diversos estudios afirman que, en muchos estudiantes, influye la manera particular de presentar la tarea (Lawson, 1976; Niaz, 1989, López Rupérez, 1991). Se dice, por lo tanto, que las tareas o actividades contienen “efectos de campo” porque producen un efecto sobre el comportamiento de muchos de los sujetos que se tienen que enfrentar a las mismas.

Los individuos a los que se les puede denominar dependientes de campo (DC) tienen dificultades en desenmascarar una figura simple en los dibujos complejos de igual manera, en resolver otro tipo de problemas que requieren aislar un elemento esencial de su contexto para aplicarlo a otro. Estos sujetos tienden a confiar en las fuentes externas del campo perceptivo frente a las fuentes internas y muestran más eficacia en razonamientos de tipo global. Por lo tanto, están más influidos por el contexto, al que prestan más atención aprendiendo mejor los aspectos sociales; y, de la misma forma, tienden a aceptar opiniones de personas que sean consideradas como autoridad en la materia. (Witkin y otros, 1987).

Los individuos llamados independientes de campo (IC) tienen más facilidad para desenmascarar una figura simple, en dibujos más complejos, porque experimentan la realidad de forma articulada, siendo capaces de percibir los elementos como distintos de su entorno y, de reorganizarlos cuando ya están organizados. Estos sujetos tienden a confiar en las fuentes internas de la información frente a las externas, y muestran una mayor eficacia en razonamientos de tipo analítico. Por lo tanto, no están tan influidos por el contexto, ni por las opiniones de otras personas, ya sea sobre sí mismos o sobre otros temas. (Witkin y otros, 1987).

Los autores del test concluyen que la habilidad de desenmascarar tareas perceptivas está asociada a la comprensión y resolución de problemas no-perceptivos, en este caso en particular, la resolución de problemas abiertos.

Se recuerda que el número de figuras desenmascaradas, por cada uno de los estudiantes, se asocia con diferentes niveles de la variable DIC en una escala de intervalos con 4 niveles:

Nivel 1: DIC- MBA (Muy bajo):	de 0 a 5 formas correctas
Nivel 2: DIC-BA (Bajo):	de 6 a 9 formas correctas
Nivel 3: DIC- ME (Medio):	de 10 a 13 formas correctas
Nivel 4: DIC-AL (Alto):	de 14 a 18 formas correctas

La distribución por niveles en el GEXP fue la siguiente,

Nivel 1 = 0%;

Nivel 2 = 14,29%;

Nivel 3 = 42,86%;

Nivel 4 = 42,86%.

A partir de los datos de cada uno de los estudiantes del GEXP, sobre sus niveles de resolución de los problemas abiertos y su DIC, se pretende determinar si existe una interrelación entre estas dos variables.

Para el contraste de la Hipótesis 2, se requirió estudiar la influencia del estilo cognitivo DIC en la realización de las variables metodológicas y de argumentación.

§ **Supuesto 2.1: comparación de la relación del estilo cognitivo de campo, DIC, en la realización de las variables metodológicas (VM) y de argumentación (VA)**

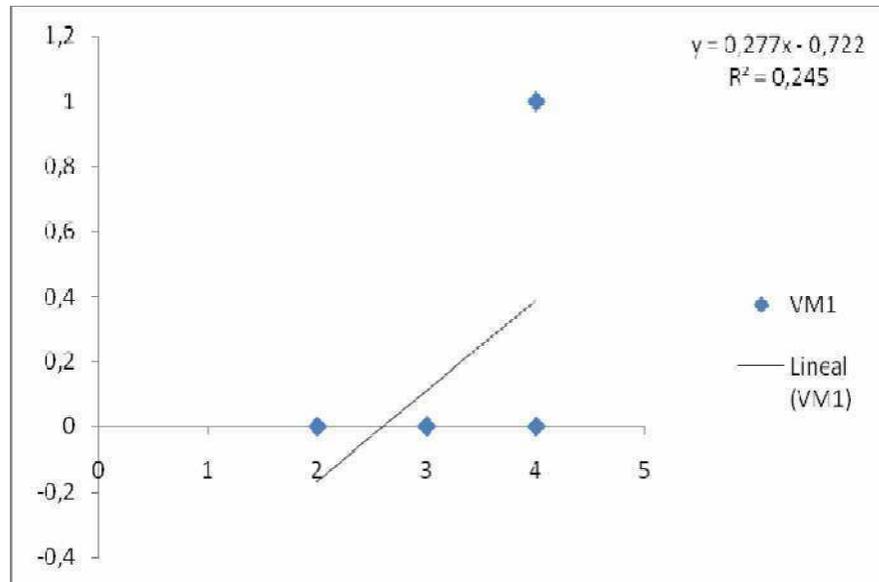
La formulación de este supuesto es:

El estilo cognitivo DIC de cada individuo se correlaciona con la realización de las diferentes fases de resolución o variables metodológicas y de argumentación.

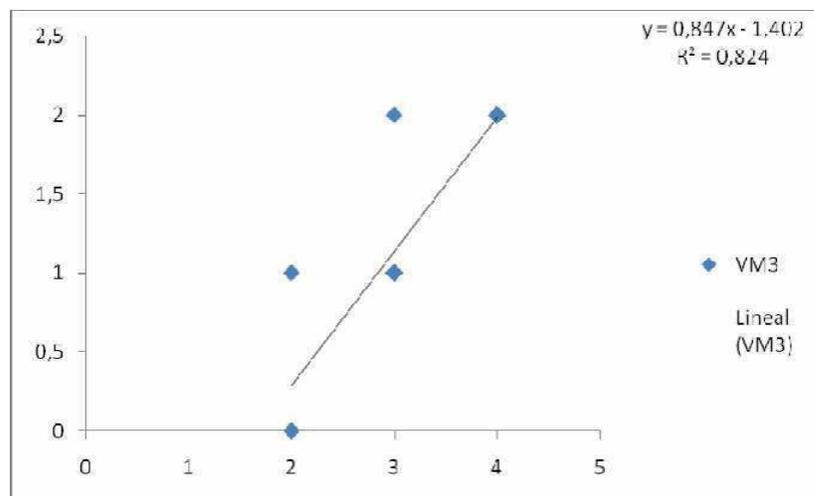
Para estudiar la existencia de relaciones entre estas variables, se realizó una correlación de Pearson para cada una de las VM y la VA, a lo largo de la resolución de problemas, y el nivel DIC de cada estudiante. Es conveniente recordar que los niveles de valoración de cada una de las variables van del 0 al 3, y los del DIC del 1 al 4. El análisis se ha realizado para cada una de las VM por la gran relevancia que todas ellas tienen en el proceso de resolución de problemas.

Los resultados obtenidos se recogen en las siguientes representaciones gráficas:

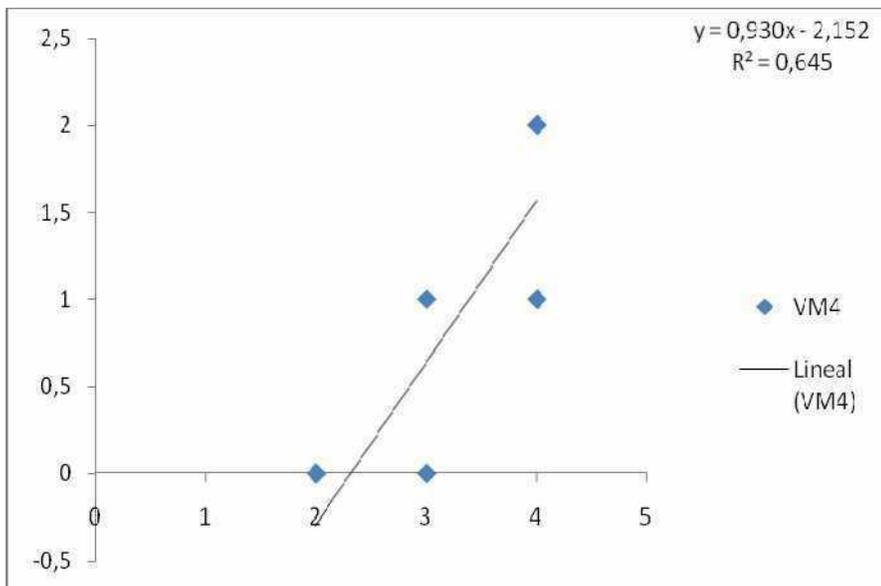
**Figura 4. Representación gráfica de la Correlación de Pearson entre la Variable Metodológica 1 (Análisis cualitativo del problema) y el estilo cognitivo DIC.**



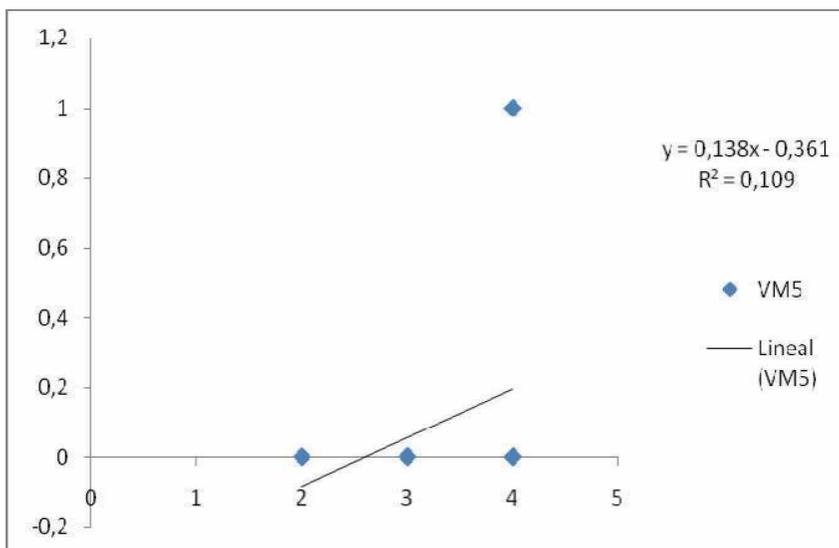
**Figura 5. Representación gráfica de la Correlación de Pearson entre la Variable Metodológica 3 (Elaboración de una estrategia de resolución) y el estilo cognitivo DIC.**



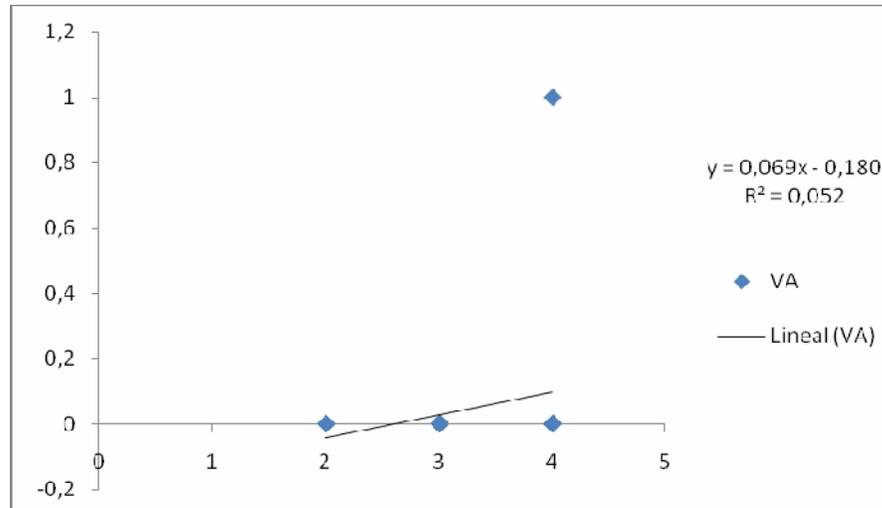
**Figura 6. Representación gráfica de la Correlación de Pearson entre la VM4 (Resolución) y el estilo cognitivo DIC.**



**Figura 7. Representación gráfica de la Correlación de Pearson entre la VM5 (Análisis de Resultados) y el estilo cognitivo DIC.**



**Figura 8. Representación gráfica de la correlación de Pearson entre la VA (Argumentación de Resultados) y el estilo cognitivo DIC.**



Observando las Figuras se puede plantear que los estudiantes con nivel DIC alto presentan, también, valoraciones altas para cada una de las variables estudiadas, y de la misma forma se asocian los valores bajos de ambas variables. (Ver cuadro 19)

**Cuadro 11. Coeficiente de correlación de variables metodológicas y argumentativas comparadas con los aciertos en la prueba GEFT y el nivel GEFT obtenido por el Grupo Experimental.**

	VARIABLES METODOLÓGICAS Y DE ARGUMENTACIÓN							
	VM1	VM2	VM3	VM4	VM5	VA	RESULTADOS FINALES	PROMEDIO VM y VA
<b>ACIERTOS GEFT</b>	0,280	-	0,889**	0,785*	0,143	0,087	0,252	0,803 **
<b>NIVEL GEFT</b>	0,245	-	0,825**	0,645*	0,110	0,052	0,199	0,685 *

\*\* Correlación significativa; \* Correlación moderada

Los resultados obtenidos se corresponden de forma general con los recogidos en otras investigaciones citadas con anterioridad, y apoyan la influencia del estilo cognitivo DIC de

cada individuo en su aprendizaje, en este caso, en la resolución de problemas abiertos. Por lo tanto se concluye que:

El estilo cognitivo DIC de cada individuo influye en la realización de las diferentes fases de resolución o variables metodológicas y de argumentación.

De forma más descriptiva, se puede observar que el estilo cognitivo DIC presenta una mayor influencia en algunas de las variables metodológicas. Se ha considerado que en las representaciones gráficas donde hay una correlación entre valores altos, medios y bajos de ambas variables, la influencia del estilo cognitivo es más evidente que en las que sólo hay correlación entre valores altos. Para cada una de las variables se puede precisar que:

- **VM1:** Análisis cualitativo del problema. Se puede concluir que, los estudiantes más independientes de campo (DIC-ALTO), son los que realizan un mejor análisis cualitativo del problema, porque sus características cognitivas les permiten identificar mejor los condicionantes del mismo; aunque, no se pueden diferenciar entre los estudiantes con DIC intermedio o más bajo respecto a esta VM. (ver Anexo Q).
- **VM2:** En esta variable ninguno de los jóvenes, incluyendo los de nivel alto de DIC, elaboraron hipótesis; llama la atención éste fenómeno ya que se supone que estos estudiantes deben tener la capacidad de elaborar no sólo hipótesis y sustentar sus argumentos de una manera coherente, debido a sus características cognitivas, sino que también deben procesar mejor la información, distinguiendo entre lo relevante y lo que no lo es, y tener mayor capacidad para controlar las variables de un problema. Así quedó planteado en otras investigaciones (Carretero, 1982, Corral, 1982, Palacios y otros 1989, Varela, 1994).
- **VM3:** Elaboración de una estrategia de resolución. Con los resultados de este análisis, se puede indicar que los estudiantes más independientes de campo realizan mejor esta variable que los dependientes de campo, porque sus características cognitivas les permite seleccionar y utilizar diferentes estrategias; aquellas, que sean las más adecuadas para resolverlo. La influencia sobre esta variable del estilo cognitivo DIC es muy alta y significativa.

- **VM4:** Resolución del problema. Es la variable menos afectada por el estilo cognitivo DIC. Todos los niveles de resolución del problema, bajos o altos, (menos el 0) están asociados a valores medios y altos de DIC. Revisando los resultados recogidos en la Figura 11. sobre esta variable, los estudiantes, aunque evolucionan de forma significativa en su realización, presentan relativamente poca diferencia desde los problemas iniciales a los finales, ya que obtienen valoraciones altas desde el principio. Esto permite plantear que la resolución de los problemas de Biología no implica grandes dificultades a los estudiantes, y menos a los independientes de campo, porque es una actividad que les resulta familiar y que no implica el uso de algoritmos complejos.
  
- **VM5:** Análisis de resultados. Esta variable está muy afectada por el estilo cognitivo DIC porque, además de encontrarse asociados los diferentes niveles de cada variable, se requiere un DIC muy alto para realizar esta tarea con niveles de complejidad 2 y 3. Ahora se puede explicar por qué esta variable es la que obtiene la valoración media más baja entre todas las variables metodológicas, y en la que los estudiantes, aunque evolucionan de forma significativa, lo hacen en menor grado desde los problemas iniciales a los finales (ver Figura 12). La razón de esta dificultad es que sólo los estudiantes con DIC más alto disponen de estrategias o habilidades cognitivas que les permita ir más allá de los resultados planteados para poder contrastarlos con la hipótesis o para poder plantear la validez de los mismos.
  
- **VA:** Variable de argumentación. El nivel de argumentación de los estudiantes está muy relacionado con su estilo cognitivo DIC. Sólo un estudiante, que era de alto valor DIC (15) obtuvo calificación final bajo (1).

## **Diferencias en el aprendizaje de los grupos investigados: hipótesis final I**

La hipótesis que se plantea al finalizar el proceso de enseñanza-aprendizaje se refiere a las diferencias que existen en los aprendizajes realizados por los grupos de investigación;

el GEXP tras el trabajo con Resolución de Problemas y sus aplicaciones y el GCON siguiendo una metodología tradicional. La hipótesis que se puede plantear al final I es:

Existen diferencias significativas en el aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes, a favor del GEXP, que ha trabajado con la MRP, respecto al GCON.

Esta hipótesis tan amplia se resume en cinco supuestos que se refieren a estos aspectos:

- Contenidos de Genética y herencia,
- Contenidos sobre la Naturaleza de la Ciencia,
- Procedimientos de Resolución de Problemas abiertos y cerrados,
- Actitudes relacionadas con la Ciencia
- Actitudes relativas a las relaciones Ciencia Tecnología y Sociedad.

Las pruebas para el contraste de estos supuestos, excepto un examen de corte clásico elaborado al final del periodo para el Grupo Control, se han diseñado como pruebas totalmente abiertas. Se ha optado por la elaboración de redes sistémicas como instrumento de recolección de datos y para el contraste de la hipótesis se ha utilizado el estadístico Chi-Cuadrado. La hipótesis nula es que ambos grupos son homogéneos, frente a la alternativa de que el GEXP es mejor.

### **Supuesto final I-1: comparación del aprendizaje de conceptos sobre genética y herencia**

Este supuesto está definido de la siguiente forma:

Existe un aprendizaje significativamente mayor de los conceptos sobre Genética y herencia con esquemas conceptuales más cercanos a la postura científica actual a favor del GEXP, que ha trabajado con la MRP, respecto al GCON.

El contraste de este supuesto se hizo tomado los datos de dos pruebas diferentes:

- a) La prueba de contenidos de Genética o examen clásico, que permite determinar el aprendizaje desde un punto de vista más académico
- b) La resolución del problema abierto final, donde se pueden valorar los niveles alcanzados por los estudiantes en el uso de los esquemas conceptuales implicados.

### **Análisis de la prueba final de contenidos de genética**

Los grupos de trabajo se enfrentaron a un ejercicio teórico formado por preguntas y problemas de tipo cerrado diseñado para el Grupo Control.

A continuación se recogen impresiones de este ejercicio que consta de tres problemas cerrados (preguntas 1 a 3) y de cuatro preguntas teóricas sobre temas concretos (preguntas 4 a 7). Ver figura 14.

Para el análisis de los resultados obtenidos se tomó como referente las respuestas de los estudiantes de los dos grupos, de diversas formas:

1. Una valoración pregunta por pregunta, considerando la corrección en su contestación.
2. Elaborando una red sistémica de ideas o conceptos que son utilizados por los estudiantes en sus respuestas.

Figura 9. Prueba final de contenidos de genética



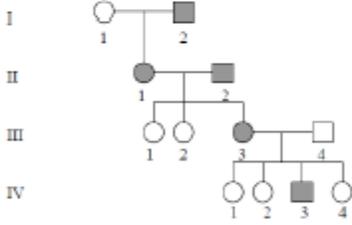
**INSTITUCIÓN EDUCATIVA "SAN JOSE"**  
**LA UNION VALLE**  
 Nit. 821.000.279-6  
 DANE 17640000019

**Anexo 5**  
**El examen de teoría propuesto para el grupo control**

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha de nacimiento dd/mm/año \_\_\_\_\_ sexo \_\_\_\_\_ curso \_\_\_\_\_

- La miopía es debida a un gen dominante; su alelo recesivo produce una visión normal. ¿Un hombre y una mujer miopes podrán tener un hijo de visión normal? Razona tu respuesta.
- En la especie humana la ictiosis es una enfermedad debida a un gen situado en el segmento diferencial del cromosoma Y. Un hombre con ictiosis, ¿podrán tener hijos varones que no posean esta enfermedad? Razona tu respuesta.
- La coiloniquia se puede heredar, es una malformación de las uñas en forma de cuchara. Determina el genotipo de los individuos del siguiente árbol genealógico. (Los símbolos en negro son los individuos afectados).



¿Cómo crees que es la herencia de este carácter?

- Herencia determinada por el sexo, porque \_\_\_\_\_
- Herencia determinada por un gen localizado en un cromosoma distinto a los sexuales, porque \_\_\_\_\_

¿Qué alelo crees que es el dominante?

- El de uñas de cuchara, porque \_\_\_\_\_
- El de uñas normales, porque \_\_\_\_\_

### § Primer estudio: valoración de las preguntas

En el cuadro 20, se describen los porcentajes de acierto para cada pregunta.

**Cuadro 20. Resultados obtenidos en la prueba final sobre Contenidos de Genética. Los valores con marcadores apoyan la hipótesis alternativa de que el GEXP es significativamente mejor que el GCON (\*\* $p < 0,01$ ; \*\* $p < 0,05$ ; \* $p < 0,1$ ).**

Género	GRUPO CONTROL (N = 21)		GRUPO EXPERIMENTAL (N= 21)		Prueba de chi cuadrado	Valor de P	
	Masculino						
	Femenino						
CUESTIONARIO		N	%	N	%		
1. La miopía es debida a un gen dominante; su alelo recesivo produce una visión normal. ¿Un hombre y una mujer miopes podrán tener un hijo de visión normal?		6	28,57	15	71,43	6,0952	0,0136 **
2. En la especie humana la ictiosis es una enfermedad debida a un gen situado en el segmento diferencial del cromosoma Y. Un hombre con ictiosis, ¿podrán tener hijos varones que no posean esta enfermedad?		3	14,29	11	52,38	5,2500	0,0219 **
3. La coiloniquia se puede heredar, es una malformación de las uñas en forma de cuchara.							
a) Determina el genotipo de los individuos del siguiente árbol genealógico.		0	0,00	11	52,38	12,3167	0,0004 ***
b) ¿Cómo crees que es la herencia de este carácter?		6	28,57	12	57,14	2,4306	0,1190
4. Si una célula al final de la meiosis presenta 10 cromosomas, ¿cuántos cromosomas poseerá la célula madre de esa meiosis?		10	47,62	18	85,71	5,2500	0,0219 **
5.Cuál es la secuencia de ADN complementaria de: A C C T A C A C A		20	95,24	19	90,48	0,0000	1,0000
6. Escribe el ARN sintetizado a partir de la siguiente secuencia de ADN:		10	47,62	12	57,14	0,0955	0,7574
7. Cita cuatro aplicaciones de la ingeniería genética.		5	23,81	10	47,62	1,6593	0,1977

A continuación se hará un análisis de estos resultados para cada una de las preguntas.

Respecto a la resolución de los tres problemas cerrados (preguntas 1 a 3), que serán tratados con mayor profundidad en el contraste del supuesto Final I-3 (procedimientos de resolución de problemas), se puede decir que los resultados del GEXP son significativamente mejores.

En la pregunta 4 (“Si una célula al final de la meiosis presenta 10 cromosomas, ¿Cuántos...?”), la respuesta válida es que la célula madre tiene 20 cromosomas y, al ser una pregunta directa y concreta, los estudiantes de ambos grupos no se han extendido mucho en su respuesta. En cuanto a la realización de dibujos de células que se dividen por meiosis, es minoritario en ambos grupos.

Los resultados obtenidos muestran que el GEXP conoce significativamente mejor como se produce el reparto de cromosomas que tiene lugar durante la meiosis, frente al GCON.

En las investigaciones sobre didáctica de la Genética se ha puesto de manifiesto la importancia que tiene el hecho de que los estudiantes entiendan bien la meiosis a la hora de resolver correctamente problemas cerrados (Cavallo, 1996). En el caso de este estudio, es llamativo que el GCON, con menos de un 50% (47,62%) de aciertos, estudió la meiosis con todas sus fases, tal y como se exige en los estándares básicos de competencias para éste nivel académico<sup>24</sup>. Los estudiantes del GCON recibieron una explicación acompañada de dibujos en el tablero y videos, e hicieron un mural con una célula de ocho cromosomas en sus distintas fases de meiosis con plastilina. Sin embargo, el GEXP no estudió la meiosis de forma clásica, con sus fases, y usando dibujos, sino que aprendió el significado de la meiosis en la actividad de “Cariotipo y herencia de cromosomas” en la que distribuían al azar, usando monedas, sus cromosomas para tener un bebé. También debían aplicar el concepto de reparto de cromosomas de generación en generación si querían resolver correctamente los problemas abiertos. Se observó que algunos estudiantes del GEXP resolvían esta pregunta aplicando sus conocimientos sobre la meiosis de las células humanas: “Si las células humanas tienes 46 cromosomas y los gametos 23, entonces...”

---

<sup>24</sup> Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. Formar en ciencias. Lo que necesitamos saber ysaber hacer ¡el desafío!. 2004

Las preguntas 5 (“Cuál es la secuencia de ADN complementaria de ACCTACACA...”) y 6 (“Escribe el ARN sintetizado a partir de la siguiente secuencia de ADN...”), son preguntas típicas de exámenes que contemplan los contenidos de Genética Molecular. El criterio de calificación en ambas ha sido aceptar como correctas las respuestas donde todas las bases nitrogenadas se asociasen a su complementaria. Las respuestas correctas en ambos grupos son similares y muy elevadas, sin que se den diferencias significativas. Se puede decir que la metodología seguida por el GEXP, que no está basada en el aprendizaje teórico y memorístico, consigue, además de sus propios objetivos, los mismos que la metodología más tradicional seguida por el GCON.

En la pregunta 7 (“Cita cuatro aplicaciones de la ingeniería genética”), a la hora de calificarla se ha identificado el número de estudiantes que responden con 1, 2, 3 o 4 aplicaciones. En ninguno de los dos grupos hay respuestas en blanco o con un solo ejemplo. Los resultados obtenidos indican que ambos grupos pueden considerarse iguales o bien que las diferencias no son significativas.

A continuación se recogen los ejemplos citados por ambos grupos:

- Estos resultados indican, que la metodología seguida permite alcanzar a los estudiantes del GEXP los conocimientos exigidos escolarmente y, además, favorece una visión sobre la ingeniería genética más amplia. El GCON, dentro del aula, ha trabajado más con los aspectos relativos a la modificación de los seres vivos para su uso en alimentación; y, prácticamente, todos sus ejemplos se refieren a ese tipo de aplicación biotecnológica. El GEXP, aunque trabajó de forma más profunda todos los aspectos relativos a los test genéticos y la terapia génica, propone también ejemplos en otras aplicaciones biotecnológicas. Ver cuadro 21.

**Cuadro 21. Ejemplos de aplicaciones de la ingeniería genética presentados por los estudiantes del GEXP y GCON en la prueba final de contenidos de Genética.**

		GRUPO EXPERIMENTAL (N= 21)		GRUPO CONTROL (N = 21)	
Género	Masculino	8	38,10	10	47,62
	Femenino	13	61,90	11	52,38
CUESTIONARIO		N	%	N	%
<b>Modificación de seres vivos</b>					
Mejora en la producción agrícola y ganadera		4	19,05	6	28,57
Producción de fármacos		0	0,00	1	4,76
Creación de transgénicos		10	47,62	1	4,76
Producción nuevas materias primas		0	0,00	2	9,52
trasplantes de genes entre diferentes especies		1	4,76	0	0,00
<b>Estudio del genoma</b>					
Clasificar e identificar especies que hasta el momento		0	0,00	0	0,00
Investigación del Genoma humano		2	9,52	0	0,00
<b>Pruebas genéticas</b>					
Investigación forense		10	47,62	0	0,00
Detectar nuevas enfermedades		6	28,57	0	0,00
Identificar paternidades		3	14,29	0	0,00

Considerando la parte escolar que implica la valoración de los ejercicios en términos de notas, se procedió a puntuarlos siguiendo el criterio de calificación implantado en el sistema de evaluación de las Instituciones Educativas del Municipio.

En el cuadro 22, se relacionan las notas que van del 0 al 5 en números enteros y el porcentaje de estudiantes que obtienen esa puntuación. La nota 0 recoge las calificaciones de 0 a 0,9, y así con el resto de las notas hasta el 5

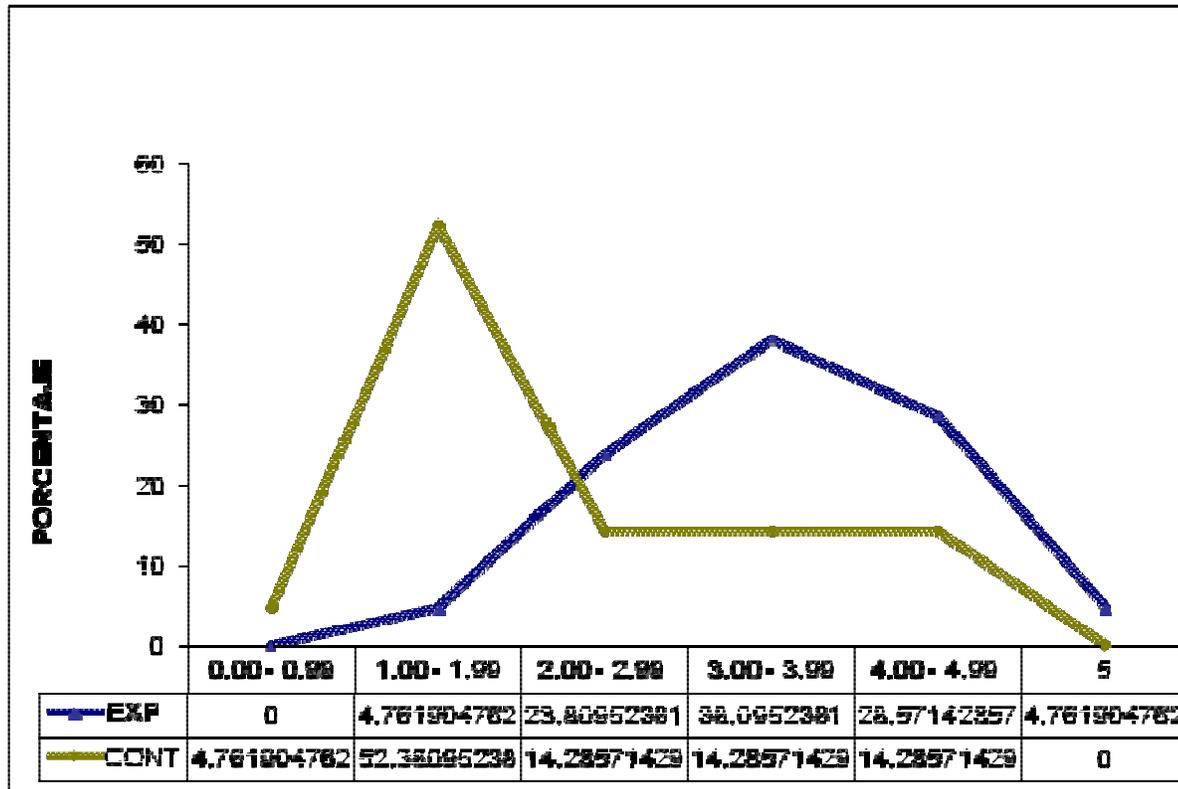
Una representación de estos resultados se recoge en la siguiente Figura, en la que se puede ver que la mayoría de los alumnos del GCON, cerca del 52,38%, se concentran entre la nota de 1 a 2; mientras que la mayoría del GEXP, 38,10%, oscilan entre las notas de 3 a 4

**Cuadro 12. Resultados sobre las notas obtenidas por ambos grupos en la prueba final de contenidos de Genética. El valor obtenido apoya la hipótesis alternativa de que el GEXP es significativamente mejor que el GCON (\*\* $p < 0,05$ )**

		GRUPO EXPERIMENTAL (N= 21)		GRUPO CONTROL (N = 21)		Prueba de chi cuadrado	Valor de P
Género							
	Masculino	8	38,10	10	47,62		
	Femenino	13	61,90	11	52,38		
CALIFICACIÓN		N	%	N	%		
	0,00 - 0,99	0	0,00	1	4,76	<b>14,1061</b>	0,015 **
	1,00 - 1,99	1	4,76	11	52,38		
	2,00 - 2,99	5	23,81	3	14,29		
	3,00 - 3,99	8	38,10	3	14,29		
	4,00 - 4,99	6	28,57	3	14,29		
	5,00	1	4,76	0	0,00		

Los resultados obtenidos permiten concluir que la MRP, además de sus propios aprendizajes, permite a los estudiantes alcanzar de forma satisfactoria los objetivos previstos en el currículo escolar para este curso y nivel, incluso con resultados significativamente mejores a los obtenidos por el GCON, que sólo trabajó con el tipo de preguntas y problemas que aparecían en esta prueba.

**Figura 10. Porcentaje de alumnos del GEXP y GCON que obtienen una puntuación del 0 al 5 en la prueba escrita de contenidos conceptuales de Genética de la fase final.**



### § Segundo estudio: red sistémica de conceptos

A partir de las explicaciones, relativamente explícitas, que los estudiantes dan en sus respuestas, en especial en la resolución de los problemas cerrados, se elaboró una red sistémica de las mismas.

A pesar de que la prueba final de contenidos no es, en sentido estricto, de tipo abierto, se decidió analizarlo mediante una red sistémica porque, además de verificar el aprendizaje conceptual realizado por los estudiantes, permite realizar una comparación más exacta ya que esta misma técnica de análisis se empleó para la prueba final II, de contenidos conceptuales de Genética, en el GEXP.

Las categorías recogidas, en la siguiente red sistémica, se ajustan a los tres esquemas conceptuales estudiados en la investigación: la localización de la información hereditaria, la herencia padres a hijos, y la herencia de los caracteres adquiridos. Esta última categoría no es tratada de forma detallada en ninguno de los problemas de la prueba escrita. En principio, los estudiantes no deberían manifestar ninguna idea al respecto. Sin embargo, en la resolución de los problemas realizan afirmaciones sobre sus creencias en cuanto a lo que se hereda o no; e incluso, algunos intentan explicar la posibilidad de tener hijos no miopes o sin ictiosis, tomando como base posibles mutaciones.

Los resultados obtenidos muestran que, de forma significativa, los estudiantes del GEXP tienen un mayor dominio de los conceptos sobre Genética y herencia, con ideas más cercanas a la postura científica actual, que los estudiantes del GCON. Se puede decir entonces que tras el proceso de enseñanza aprendizaje, se ha producido un cambio conceptual en el GEXP y no en el GCON que mantiene las mismas ideas que se recogían en la prueba inicial de contenidos.(ver cuadro 23).

**Cuadro 13. Red sistémica sobre las ideas que utilizan los estudiantes en la realización de la prueba escrita final sobre conceptos de Genética. Los valores en apoyan la hipótesis alternativa de que el GEXP es significativamente mejor que el GCON (\*\*\*) $p < 0,01$ ).**

			GRUPO EXPERIMENTAL (N= 21)		GRUPO CONTROL (N = 21)		Prueba de chi cuadrado	Valor p
GENERO		Masculino	8	38,10	10	47,62		
		Femenino	13	61,90	11	52,38		
TEMA GENERAL	CONCEPTOS DE LOS ESTUDIANTES		N	%	N	%		
Localización de la información genética	En los Genes	En autosomas	15	71,43	6	28,57	24,8571	0,00015 ***
		En cromosomas	4	19,05	0	0,00		
		Sin localizar	2	9,52	11	52,38		
	En los Gametos	0	0,00	1	4,76			
	Ninguna respuesta	0	0,00	3	14,29			
Herencia de los padres y los hijos	Los dos padres	Al azar y al 50%	17	80,95	3	14,29	22,4000	0,00044 ***
		Más o menos la mitad	2	9,52	4	19,05		
	De los padres o ancestros	0	0,00	3	14,29			
	Sólo el padre dominante	2	9,52	3	14,29			
	Ninguna respuesta	0	0,00	8	38,10			
Herencia de caracteres	Sólo en los gametos.		18	85,71	6	28,57	16,9412	0,00021 ***
	El ambiente o las mutaciones afectan los caracteres heredados		1	4,76	0	0,00		
	Ninguna respuesta		2	10	15	71,43		

### § Análisis del uso de esquemas de tipo conceptual en la prueba final de resolución de un problema abierto

Esta prueba, además de permitir analizar diferencias en los procedimientos desarrollados por los dos grupos, expresa los contrastes en el uso de las variables de contenidos y complementa el análisis anterior.

En la resolución de un problema abierto es más fácil detectar el nivel de concreción de los distintos esquemas conceptuales, que utiliza el estudiante, porque en su resolución deben

hacer uso de los esquemas de manera explícita. Sin embargo, en la prueba anterior, sólo se podía identificar el uso de conceptos.

El problema abierto final al que se enfrentaron los estudiantes del grupo Experimental y Control fue el siguiente (P12)

Un matrimonio tiene un hijo que se parece más al padre que a la madre. ¿Cómo puede ser esto posible?

Hay que aclarar que el problema, presenta una formulación típica de éste nivel académico en el tema de herencia mendeliana y, que a nivel conceptual, requiere de la utilización de los esquemas conceptuales sobre la localización de la información hereditaria y la herencia de caracteres de padres a hijos.

Los resultados obtenidos se resumen en el cuadro 24.

Los resultados obtenidos para ambos esquemas conceptuales permiten considerar de forma significativa que los estudiantes del GEXP utilizan los esquemas conceptuales, sobre la localización de la información hereditaria y sobre la herencia de caracteres de padres a hijos, con mejor nivel y mayor complejidad que los estudiantes del GCON.

A partir del análisis de los resultados de estas dos pruebas, examen clásico y problema abierto, se puede decir que el GEXP presenta esquemas conceptuales más cercanos a la postura científica actual; mientras que en el GCON están más alejados o son alternativos, y se puede concluir que:

Existe un aprendizaje significativamente mayor de los conceptos sobre Genética y herencia con esquemas conceptuales cercanos a la postura científica actual a favor del GEXP, que ha trabajado con la Metodología de Resolución de Problemas, respecto al GCON.

**Cuadro 14. Resultados obtenidos del uso de los esquemas conceptuales en la resolución del problema abierto final. Los apoyan la hipótesis alternativa de que el GEXP es significativamente mejor que el GCON (\*\*p<0,01)**

		GRUPO EXPERIMENTAL (N= 21)		GRUPO CONTROL (N = 21)		Prueba de chi cuadrado	Valor p
GENERO		N	%	N	%		
	Masculino	8	38,10	10	47,62		
	Femenino	13	61,90	11	52,38		
TEMA GENERAL	CONCEPTOS DE LOS ESTUDIANTES	N	%	N	%		
Localización de la información genética	Nivel 0	0	0,00	1	4,76	42,000000	0,000000 ***
	Nivel 1	0	0,00	20	95,24		
	Nivel 2	1	4,76	0	0,00		
	Nivel 3	20	95,24	0	0,00		
Herencia de los padres y los hijos	Nivel 0	0	0,00	0	0,00	14,000000	0,000912 ***
	Nivel 1	1	4,76	5	23,81		
	Nivel 2	2	9,52	10	47,62		
	Nivel 3	18	85,71	6	28,57		

Los resultados obtenidos de los dos grupos, experimental y control, en esta fase del TG, difieren de manera considerable de los que se obtuvieron en la fase inicial. Al inicio los grupos, eran homogéneos en cuanto a sus preconcepciones sobre contenidos de Genética; sin embargo, al final de la misma, el GEXP es significativamente mejor. A continuación se presenta, para cada bloque de contenidos, un resumen describiendo la situación de cada grupo al inicio y al final del proceso.

- Con relación a las ideas sobre la localización de la información hereditaria, ambos grupos, dudaban sobre si todos los seres vivos tenían información genética, y sobre si ésta se encontraba o no en los cromosomas, y éstos en las células. Tampoco tenían claro si los genes se encontraban o no en los cromosomas, aunque sí los asociaban a información genética. Al final del aprendizaje realizado, siguiendo dos metodologías diferentes, la mayoría de los estudiantes del GEXP localizan los genes en los cromosomas y no exclusivamente en los sexuales o en células como los gametos, y utilizan el nivel más alto de este esquema conceptual (20 de 21 estudiantes); mientras que los estudiantes del GCON mantienen en su

mayoría los conocimientos y los esquemas conceptuales previos al aprendizaje (nivel 1) con 20 estudiantes.

- Respecto a la herencia de padres a hijos, ambos grupos en la prueba inicial sabían que la información de un hijo procede de sus dos padres, aunque desconocían cómo podía pasar esta información de generación a generación. Explicaban algunos casos de herencia como el color de ojos por un proceso de salto de la información de los abuelos a los nietos sin pasar por los padres. Al finalizar el aprendizaje, la mayoría de los estudiantes del GEXP saben que la información que reciben los seres vivos procede de cada padre al 50% (uno solo de cada par de cromosomas), que el proceso es totalmente al azar y, que se puede heredar genes aunque estos no se manifestaran (18 estudiantes de 20) en el nivel 3 de complejidad en el uso de este esquema conceptual. Sin embargo, los estudiantes del GCON mantienen sus dudas iniciales sobre el proceso de la herencia de caracteres, y siguen admitiendo que se puede heredar más información de un padre que de otro o que existen saltos entre generaciones y, en su nivel de uso de este esquema conceptual, la mayoría mantienen posturas alternativas (nivel 1 y 2) con 5 y 10 estudiantes de 21, respectivamente.

Por otra parte, se debe resaltar que en otros trabajos (Garret, 1986; Gil y Carrascosa, 1985; Martínez y Varela, 1996), también se recoge la validez de esta metodología en el aprendizaje conceptual, superando los resultados obtenidos por otros tipos de metodologías, y permitiendo que este aprendizaje sea más significativo y útil para los estudiantes. Varela (1994).

A continuación se hará un contraste de éste supuesto con las siguientes apreciaciones:

- Los estudiantes del GEXP, que han trabajado con la MRP, modifican sus ideas iniciales, en todos los esquemas conceptuales, hacia otras más científicas a diferencia del GCON que mantiene las iniciales.

- La MRP permite que los estudiantes, además de conseguir los objetivos propios de esta metodología, alcancen los objetivos curriculares definidos para éste tema específico y al grado o nivel académico que actualmente pertenecen.
- Los estudiantes del GEXP, frente al GCON, realizan un aprendizaje más significativo y útil de los contenidos conceptuales gracias a la Metodología, lo que les permite realizar razonamientos más elaborados sobre la herencia, y tener una visión más holística de las aplicaciones de la ingeniería genética en la actualidad.

## **Supuesto final I-2: comparación del aprendizaje de los contenidos conceptuales sobre la naturaleza de la ciencia en los grupos evaluados**

La formulación completa de este supuesto es el siguiente:

Existe un aprendizaje significativamente mayor de los contenidos conceptuales sobre la Naturaleza de la Ciencia a favor del GEXP, que ha trabajado con la MRP, respecto al GCON.

Los estudiantes, tanto del grupo experimental como el control han realizado la siguiente prueba final de contenidos sobre la Naturaleza de la Ciencia:

1. ¿Qué entiendes por Ciencia?
2. ¿Cuáles de estas profesiones consideras que es una actividad científica trabajados en: biología, cocina, contabilidad, física, ingeniería, química, matemáticas, mecánica?, ¿por qué?, ¿hay alguna que consideres la más científica?
3. ¿Cómo crees que se trabaja o se hace Ciencia?
4. ¿Qué es una hipótesis?, y ¿una teoría?
5. ¿En qué momento, dentro de una investigación sobre Genética, se puede realizar un experimento?
6. Indica las características que creas debe tener una persona para ser un científico/a.

7. Cuando los científicos, sobre una misma investigación, llegan a resultados diferentes, ¿a qué crees que es debido?
8. Muchas teorías científicas han sido reemplazadas por otras nuevas. ¿Por qué crees que ha sido?
9. ¿Qué entiendes por Tecnología?, ¿y por biotecnología?
10. Pon ejemplos de avances científicos, y de avances tecnológicos, en el campo de la Biología

La prueba recoge la misma gama de aspectos, relativos a la Naturaleza de la Ciencia, que fue analizada en la prueba inicial, pero esta vez de forma abierta; por ello, los resultados aparecen en forma de red sistémica en el cuadro 26.

Los resultados obtenidos permiten apreciar diferencias significativas entre las respuestas de los dos grupos, en especial, en los aspectos relativos a la epistemología (cómo se hace Ciencia, cuándo se realizan experimentos, qué son las hipótesis, el por qué de la evolución de las teorías científicas). También presentan diferencias en sus ideas sobre lo que es la Tecnología y los avances tecnológicos y científicos. Las respuestas de los dos grupos se pueden considerar homogéneas en relación con el concepto de ciencia, lo que son las teorías, y lo que es la Biotecnología.

En el cuadro 25 se presenta el análisis de las ideas reflejadas por los estudiantes en cada uno de los cuatro aspectos sobre la Naturaleza de la Ciencia que se han tenido en consideración. Para ello, se ha seleccionado ejemplos de las respuestas y argumentos más relevantes de los estudiantes de ambos grupos, tanto si son respuestas idénticas como diversas.

**Cuadro 15. Red sistémica de los resultados de la prueba final sobre la Naturaleza de la Ciencia. Los valores apoyan la hipótesis alternativa de que el GEXP es significativamente mejor que el GCON (\*\*p<0,01, \*p<0,05 \*p<0,1).**

			GRUPO EXPERIMENTAL (N= 21)		GRUPO CONTROL (N = 21)		Prueba de chi cuadrado	Valor P
GENERO		Masculino	8	38,10	10	47,62		
		Femenino	13	61,90	11	52,38		
TEMA GENERAL	CONCEPTOS DE LOS ESTUDIANTES		N	%	N	%		
La Ciencia es	Conocimiento	a partir de un método está relacionado con la tecnología	4	19,05	2	9,52	3,833	0,42903
		estudio de	3	14,29	2	9,52		
		13	61,90	11	52,38			
	una materia de estudio	0	0,00	2	9,52			
	No lo se	1	4,76	3	14,29			
La Ciencia se hace	Resuelve problemas utilizando el método científico		7	33,33	2	9,52	9,707	0,02123 **
	llevando a cabo	experimentos	10	47,62	7	33,33		
		observaciones	4	19,05	6	28,57		
		No lo se	0	0,00	6	28,57		
Los experimentos se realizan	Después de plantear la hipótesis		17	80,95	4	19,05	18,648	0,00092 ***
	Otros momentos	en cualquier lugar	2	9,52	3	14,29		
		cuando se obtienen resultados al final de comprobar los resultados	1	4,76	1	4,76		
		No lo sé	1	4,76	9	42,86		
		0	0,00	4	19,05			
Las hipótesis son	presunciones de	Resultados de algo que puede ser cierto o no	21	100,00	5	23,81	25,846	0,00001 ***
		Teoría no comprobada	0	0,00	11	52,38		
		0	0,00	2	9,52			
	No lo se	0	0,00	3	14,29			
La teoría es	Conocimiento	que solo falta validar ya probado por la investigación	3	14,29	9	42,86	5,000	0,17180
		parecido a una hipótesis	15	71,43	10	47,62		
		1	4,76	0	0,00			
	No lo sé	2	9,52	2	9,52			
Cuando obtienen resultados diferentes	Utilizan diferentes teorías		4	19,05	4	19,05	2,503	0,47478
	Uso de diferentes Hipótesis		14	66,67	11	52,38		
	Errores cometidos		3	14,29	4	19,05		
	No lo sé		0	0,00	2	9,52		
cambios de la teoría	Nuevos descubrimientos		8	38,10	3	14,29	7,091	0,06906 *
	Nuevas tecnologías		4	19,05	6	28,57		
	Nuevos estudios		7	33,33	4	19,05		
	Hay errores en las teorías antiguas		2	9,52	8	38,10		
Características de los científicos	Deben tener conocimientos		4	19,05	4	19,05	6,234	0,39752
	inteligencia	ser inteligente	2	9,52	6	28,57		
		Tener imaginación y creatividad	3	14,29	0	0,00		
	Tener curiosidad		6	28,57	5	23,81		
	trabajador, honesto, responsable, ordenado.		4	19,05	3	14,29		
	Solidario		2	9,52	2	9,52		
	No lo sé		0	0,00	1	4,76		
La tecnología y la biotecnología son	Tecnología	Máquinas e inventos	18	85,71	11	52,38	7,261	0,06403 *
		Técnicas	1	4,76	6	28,57		
		Ayuda a otras ciencias	2	9,52	2	9,52		
		No lo sé	0	0,00	2	9,52		
	Biotecnología	Aplicación de los desarrollos tecnológicos a la biología	17	80,95	16	76,19		
Estudio de diferentes cosas		3	14,29	2	9,52			
No lo sé		1	4,76	3	14,29			
Diferencias entre Ciencia y Tecnología	Avances científicos	conocimientos teóricos	18	85,71	15	71,43	9,273	0,00969 ***
		Técnicas	3	14,29	0	0,00		
		No lo sé	0	0,00	6	28,57		
	Avances tecnológicos	conocimientos teóricos	0	0,00	3	14,29		
		Técnicas	21	100,00	12	57,14		
		No lo sé	0	0,00	6	28,57		

### 6.10.1 Ideas sobre cómo se trabaja en Ciencia.

Respecto a la idea general que tienen los estudiantes sobre qué es la Ciencia, la mayoría de ellos, en ambos grupos, la relacionan con el estudio de la Naturaleza o del por qué de las cosas (33,33% del GEXP, y 19,05% del GCON). Ejemplos de respuestas de ambos grupos son para el GEXP: El Estudiante 2 (E.2) “Ciencia es el estudio que trata de todo lo relacionado con la naturaleza y las fuerzas de ella”; y para el GCON: E.17: “Es lo que estudia todo lo relacionado con nuestro entorno” La visión de la Ciencia que transmiten los estudiantes en esta primera pregunta es simplista e inductivista, la Ciencia como acumulación de conocimientos que se obtienen por observación de la Naturaleza (Gil, 1993a).

Por otra parte, la Ciencia como un conjunto de conocimientos, que surgen de una determinada forma de trabajar, es identificada por 6 de los estudiantes (20%) del GEXP, frente a tan sólo 2 del GCON (10,52%). Ejemplos de respuestas son, del GEXP: E.4

“Yo entiendo por Ciencia todo aquello que ha tenido que pasar por una comprobación, experimento, es decir, todo aquello que ha sido comprobado y desarrollado según unas pautas y criterios”, E.19 “Para mí, la Ciencia, es cuando un grupo de personas se ponen a investigar sobre un determinado problema, realizan experimentos, inventan cosas o realizan teorías”; y del GCON: E.11 “El método o métodos de estudio que estudian un campo determinado; por ejemplo, la Biología es la ciencia que estudia la vida”, E.19 “Conjunto de acciones que explican el por qué de las cosas y lo demuestran con teorías”. En estas respuestas los estudiantes transmiten una visión de la Ciencia como proceso; aunque, en el GEXP, se refleja la idea del problema a resolver, de la comprobación; mientras que, en el GCON, el proceso es más rígido porque tiene que seguir un protocolo, un método. Es de destacar que sólo en el GCON se identifica a la Ciencia como una asignatura (9,52%), y un porcentaje mayor de estudiantes de este grupo no responden a la pregunta (14,29%).

Sobre las ideas de cómo se hace Ciencia, un 33,33% de los estudiantes del GEXP indican las mismas fases de resolución de problemas que ellos siguieron al trabajar con problemas de Genética (E.3: “Analizando, improvisando, haciendo hipótesis, haciendo estrategias, y dando resultados”; E.18: “Como los problemas que hemos hecho,

planteando hipótesis e intentando demostrarla”). Los estudiantes del GCON identifican el trabajo científico mayoritariamente con acciones aisladas de experimentar, o de estudiar y observar sin identificar unas pautas de trabajo (E.9 “Creo que se trabaja haciendo muchos experimentos y muchas investigaciones”, E.19 “Experimentando. Haciendo reaccionar unas cosas con otras para ver si pueden ser buenas para el ser humano”). Se encuentra nuevamente un número importante de estudiantes del GCON (28,57%) que no dan ninguna respuesta.

En cuanto al papel de los experimentos dentro de una investigación y, el momento en qué se deben realizar, la influencia de la MRP en las respuestas del GEXP es evidente. El 80,95% de estos estudiantes indican que los experimentos se hacen tras el análisis de la situación y el planteamiento de la hipótesis que se quiera comprobar, tal y como ellos han estado trabajando en el aula. Un ejemplo de respuesta sería: E.1

“Cuando hayas realizado los análisis, es decir, cuando ya se ha analizado la situación, los factores, etc., se realiza una hipótesis y después la verificamos con el experimento o la resolución del problema”. Sin embargo, en el GCON, sólo el 19,05% de los estudiantes dan una respuesta similar (E.8 “Cuando se tiene una hipótesis de ello y se quiere comprobar”). La mayoría de estos estudiantes contestan que los experimentos se realizan al final para comprobar resultados, o que no lo saben (E.7 “Cuando se sabe con certeza lo que va a pasar”), respuesta muy acorde con la visión empirista de la actividad científica que han manifestado en cuestiones anteriores.

La idea de los estudiantes sobre qué es una hipótesis, también refleja posturas opuestas sobre la Naturaleza de la Ciencia en ambos grupos. Todos los estudiantes del GEXP identifican una hipótesis con el posible resultado que se espera en una investigación, tras la realización de un análisis o estudio del problema, y antes de entrar en la experimentación (E.7 “Una hipótesis es una suposición acerca de un problema a la hora de resolverlo”, E.13 “Una hipótesis es algo que tu planteas antes de realizar una investigación”). Los estudiantes del GCON (52,38%) también identifican el término hipótesis con una conjetura sobre algo; pero sin relación con el proceso de investigación

“La hipótesis es algo que no está seguro”). Sólo 5 estudiantes (23,81%), asocian las

hipótesis con trabajos de investigación (E.11 “Una idea que aún no es segura del todo, algo que se cree pero todavía no se ha comprobado”).

Desde un punto de vista epistemológico una hipótesis científica es un enunciado verificable con cierto grado de generalidad; y, por lo tanto, no cualquier proposición o afirmación tiene que serlo (Bunge, 1987) y, como se aprecia en las respuestas, esto es lo que diferencia al GCON respecto al GEXP.

### § Ideas sobre lo que es una teoría

Un porcentaje elevado de estudiantes de ambos grupos definen teoría como un tipo de conocimiento, o bien demostrado o resultante de una investigación. A continuación se enuncian algunos ejemplos de respuestas emitidas por estudiantes de los grupos evaluados; GEXP: E.10 “Una teoría es una idea que ya se ha verificado y hemos visto que es válida. Anteriormente ésta había sido una hipótesis”. GCON: E.9 “Una teoría es algo confirmado”. El concepto de teoría está presente en la enseñanza de las Ciencias porque los contenidos se explican dentro de las teorías científicas en los que se encuentran.

La diferencia entre ambos grupos no está en la forma en que se define una teoría sino en cómo se genera. Los estudiantes del GEXP no sólo han oído hablar de la teoría cromosómica de la herencia en el aula, sino que la han tenido que aplicar en el análisis cualitativo de cada problema que resolvían; y, por ello, han asumido que la Ciencia es un proceso de creación. Esto explica por qué, la idea de la teoría científica como un conocimiento establecido, fijo, es argumentada por sólo un 14,29% del GEXP frente al 42,86% del GCON (E.17 “Una teoría es algo que lleva mucho tiempo allí y que te sirve de guía para realizar una investigación”).

El conocimiento científico como un proceso de construcción que evoluciona y sufre cambios se refleja en dos aspectos de la encuesta.

A la pregunta de por qué los científicos podían obtener resultados diferentes en una misma investigación, la respuesta más frecuente en ambos grupos es que los científicos trabajan con distintas teorías, datos o hipótesis. Sin embargo, la idea de distintas hipótesis de trabajo como respuesta aparece en el GEXP con un porcentaje (66,67%) muy superior

al del GCON (52,38%). A continuación se describen algunos ejemplos de respuesta dadas por los estudiantes. Para el GEXP: E.1 “A las diferentes hipótesis, a los diferentes modos de ver y realizar una cosa, porque todo no tiene un solo camino”, E.12 “A que cada uno ha planteado una hipótesis diferente y por lo tanto sus resoluciones son distintas. Al principio una hipótesis puede parecer lógica, pero al acabar el problema puedes apreciar si la hipótesis era correcta o equivocada”; y para el GCON: E. 6 “Porque han utilizado métodos diferentes”, E.19 “A diferentes puntos de vista, o a poca claridad a la hora del experimento”.

Cuanto se analizó la respuesta de los estudiantes al interrogante; del por qué las teorías científicas cambian a lo largo del tiempo, se halló una diferencia significativa, desde el punto de vista epistemológico, entre las respuestas de los grupos estudiados, mientras la visión es mayoritaria en los estudiantes del GCON (38,10%) es la de la Ciencia fuera de su contexto histórico, donde lo actual es lo bueno y lo anterior no sirve (E.12 “Porque han aparecido otras teorías nuevas mucho más fiables y creíbles”). Esta idea sólo es mantenida por un 9,52% de los estudiantes del GEXP; mientras que el resto se inclina por los nuevos descubrimientos teóricos o tecnológicos, o diferentes hipótesis, para explicar la evolución de las teorías científicas. Se puede decir entonces, que los estudiantes del GCON mantienen visiones de la Ciencia como algo lineal, sin referente histórico y descontextualizado (Gil, 1993a).

### **Ideas sobre los científicos.**

Sobre las aptitudes, conocimientos o destrezas, que los estudiantes valoran en los científicos, los del GCON resaltan la inteligencia, y en segundo lugar el conocimiento y el interés (E.15 “Creo que debe ser inteligente al máximo y ser bueno en la materia”, E.19 “inteligente, paciente, solitario, perfeccionista, autoexigente, interesado en el tema”). Sin embargo, en el GEXP se pondera por igual la importancia de estos tres aspectos: inteligencia, conocimiento e interés. La diferencia radica en que la idea de inteligencia es mucho más amplia en el GEXP, donde los estudiantes la asocian a tener imaginación y creatividad que les permita resolver problemas (E.1 “Debe ser inteligente, creativo, con facilidad de entender las cosas, con una mente muy abierta y que saque conclusiones por sí mismo”). La creatividad y la imaginación son imprescindibles en el proceso de creación

que supone la Ciencia, y la MRP ha permitido a los estudiantes del GEXP darse cuenta de ello. La relación entre la resolución de problemas y la creatividad ha sido tratada por Garret (1988).

### **Ideas sobre las relaciones C-T-S.**

Las respuestas de ambos grupos sobre lo qué es la Tecnología difieren. La tecnología como algo relacionado con máquinas, inventos, y técnicas es valorada por un 85,71% de estudiantes del GEXP y por un 52,38% del GCON (E.14 “Ciencia que consiste en crear máquinas que faciliten la calidad de vida, el trabajo”). La mayoría de los estudiantes del GCON asocian la Tecnología a disciplinas o estudios de diversas cosas, incluidas las máquinas y técnicas (E.10 “Los estudios de matemáticas que comprueban las investigaciones”, E.11 “Ciencia que estudia las innovaciones creadas por el hombre”).

En cuanto a cómo definen Biotecnología, la mayoría de los estudiantes dicen que es “la aplicación de la tecnología a la Biología” sin dar mayores explicaciones (80,95% del GEXP y 76,19% del GCON).

Respecto a las diferencias entre Ciencia y Tecnología, se puede observar las asociaciones que realizan los estudiantes al identificar avances científicos y tecnológicos.

Los avances científicos se relacionan, en ambos grupos, con avances en el desarrollo teórico de la Ciencia (85,71% en el GEXP, y 71,43% en el GCON). La mayoría de los ejemplos se refieren a cuestiones relacionadas con la Medicina (vacunas, medicamentos, estudios del aparato circulatorio, etc.), y sobre todo a los nuevos descubrimientos en Genética (genoma humano, transgénicos, clonación, etc.). Sin embargo, todos los estudiantes del GEXP relacionan los avances tecnológicos con el desarrollo práctico de la Ciencia, con nuevos instrumentos y técnicas, frente al 57,14% de los estudiantes del GCON. El resto del GCON o no responde o los asocia con avances teóricos. Los ejemplos de avances tecnológicos se centran en instrumentos utilizados en medicina (radiografías, microscopios, escáner, etc.), en medios de transporte y en medios de comunicación.

Algunos ejemplos de respuestas son:

GEXP: E.6 “Avances científicos son el conocimiento del Genoma humano y el conocimiento de nuevas enfermedades. Avances tecnológicos son máquinas capaces de actuar como un corazón o que le ayuden a funcionar, o máquinas que sin atravesar la piel de la madre pueden ver al bebé que se encuentra en el interior”

GCON: E.12 “Avances científicos son las clonaciones, y el desciframiento del código genético. Avances tecnológicos son la protección de cultivos y los antibióticos”

Con base en los resultados obtenidos se puede concluir que existe un aprendizaje significativamente mayor de los contenidos conceptuales sobre la Naturaleza de la Ciencia a favor del GEXP, que ha trabajado con la MRP, respecto al GCON.

Al inicio de la investigación, ambos grupos eran considerados homogéneos en cuanto a sus conocimientos sobre la Naturaleza de la Ciencia; sin embargo, al final de la misma, los estudiantes del GEXP manifiestan que la forma en la que han trabajado en el aula es lo más parecido, al trabajo de los científicos; y por eso presentan una visión de la Naturaleza de la Ciencia significativamente más correcta desde el punto de vista epistemológico. Los estudiantes del GEXP tienen una visión más holística y contextualizada de la Naturaleza de la Ciencia y la Tecnología.

Las diferencias que presentan los estudiantes del GEXP y GCON al finalizar su aprendizaje son a grandes rasgos las siguientes:

- Los estudiantes del GEXP, que han trabajado con una MRP, modifican sus ideas iniciales sobre el trabajo de investigación identificando la Ciencia con un proceso de creación que surge como respuesta a la resolución de un problema. Los estudiantes del GEXP presentan una visión más actualizada de la Naturaleza de la Ciencia respecto a una visión mucho más empírica, mantenida por el GCON.
- La MRP ha permitido a los estudiantes del GEXP asumir que las teorías científicas pueden cambiar a lo largo del tiempo ante nuevos avances teóricos o prácticos, o ante el planteamiento de nuevas hipótesis de trabajo. Los estudiantes del GCON mantienen sus ideas iniciales sobre las teorías como conocimiento establecido y verdadero.

- Los estudiantes del GEXP, al trabajar con la MRP, identifican en los científicos las características que ellos han considerado necesarias en su trabajo en el aula. Por ello ven a los científicos como personas que tiene una mente abierta, capaz de resolver problemas con imaginación y creatividad, a diferencia del GCON que mantiene estereotipos como que los científicos son sabios, inteligentes y perfeccionistas.
  
- Las ideas que sobre Tecnología y Biotecnología tienen ambos grupos al final del aprendizaje no difieren de las que presentaban al inicio. Sin embargo, los estudiantes del GEXP diferencian de forma más clara, que los del GCON, los avances científicos de los tecnológicos.

### **Supuesto final I-3: comparación del aprendizaje de los procedimientos de resolución de problemas abiertos y cerrados**

Este supuesto está definido de la siguiente forma:

Existe un aprendizaje significativamente mayor de los procedimientos de resolución de problemas (abiertos y cerrados) a favor del GEXP, que ha trabajado con la MRP, respecto al GCON.

Gracias al análisis realizado con anterioridad, se conoce que los estudiantes del GEXP han evolucionado de forma significativa en su aprendizaje de la MRP.

Para poder llevar a cabo el contraste de esta hipótesis se analizará los resultados obtenidos por los dos grupos en la resolución de problemas abiertos y cerrados.

#### **Estudio de la resolución de problemas abiertos**

Ambos grupos se han enfrentado, al final de su aprendizaje sobre la Genética y la herencia, a la resolución de un problema abierto (P12):

“Un matrimonio tiene un hijo que se parece más al padre que a la madre. ¿Cómo puede ser esto posible?”

El problema seleccionado para esta prueba fue relacionado a parecidos familiares, y por su formulación corresponde con los que habitualmente se trabajan en Secundaria y grado 10. Por lo tanto, puede ser resuelto por cualquier estudiante que haya estudiado Genética, independientemente de la metodología seguida.

El GCON no ha trabajado con problemas abiertos; entonces, ¿por qué medir las diferencias entre ambos grupos en la forma de resolver este tipo de problemas?

Antes que todo, se debe hacer un referente y es que el GEXP ha mejorado de forma significativa en el uso de estrategias de resolución de problemas; pero se desconoce el aprendizaje de procedimientos realizado por el GCON. Este grupo ha sido entrenado en la resolución de problemas cerrados y puede que haya desarrollado estrategias que deban compararse con las del GEXP para determinar si las diferencias son significativas.

La valoración de la resolución de los problemas por parte del GCON, que no se ha entrenado en la MRP, ha consistido en diferenciar si realizaban análisis cualitativo del problema, emisión de hipótesis, etc., aunque no identificaran de manera clara las fases del proceso de Argumentación.

Dentro de la resolución de un problema abierto se miden dos tipos de variables: metodológicas (VM) y Argumentación (VA) con relación al aprendizaje de conceptos sobre Genética y herencia.

En el cuadro 26 se recogen los datos relativos a la resolución del problema abierto final:

**Cuadro 16. Resultados de la prueba final de procedimientos. Los valores apoyan la hipótesis alternativa de que el GEXP es significativamente mejor que el GCON (\*\*\*) $p < 0,01$ ).**

		GRUPO EXPERIMENTAL (N= 21)		GRUPO CONTROL (N = 21)		Prueba de chi cuadrado	Valor p
Género	Masculino	8	38,10	10	47,62		
	Femenino	13	61,90	11	52,38		
VARIABLES METODOLÓGICAS (VM)		N	%	N	%		
Análisis cualitativo del problema VM1	Nivel 0	0	0,00	20	95,24	40,00000	0,000000 ***
	Nivel 1	1	4,76	1	4,76		
	Nivel 2	9	42,86	0	0,00		
	Nivel 3	11	52,38	0	0,00		
Emisión de hipótesis VM2	Nivel 0	0	0,00	0	0,00	16,26087	0,000294 ***
	Nivel 1	4	19,05	4	19,05		
	Nivel 2	0	0,00	11	52,38		
	Nivel 3	17	80,95	6	28,57		
Elaboración de estrategias de resolución VM3	Nivel 0	0	0,00	21	100,00	42,00000	0,000000 ***
	Nivel 1	2	9,52	0	0,00		
	Nivel 2	1	4,76	0	0,00		
	Nivel 3	18	85,71	0	0,00		
Resolución del problema VM4	Nivel 0	0	0,00	18	85,71	31,94286	0,000001 ***
	Nivel 1	4	19,05	1	4,76		
	Nivel 2	5	23,81	0	0,00		
	Nivel 3	12	57,14	2	9,52		
Análisis de los resultados VM5	Nivel 0	1	4,76	21	100,00	38,18182	0,000000 ***
	Nivel 1	6	28,57	0	0,00		
	Nivel 2	12	57,14	0	0,00		
	Nivel 3	2	9,52	0	0,00		
VARIABLE DE ARGUMENTACION VA	Nivel 0	0	0,00	21	100,00	42,00000	0,000000 ***
	Nivel 1	4	19,05	0	0,00		
	Nivel 2	2	9,52	0	0,00		
	Nivel 3	15	71,43	0	0,00		

Los resultados muestran de forma muy clara que hay diferencias significativas en los procedimientos de resolución de problemas abiertos que aplicaron los estudiantes de los grupos experimentales, y en la Argumentación del proceso, a favor del GEXP.

Dentro de las Variables Metodológicas, es la de emisión de hipótesis (VM2) donde los estudiantes del GCON presentan un mayor grado de realización, aunque significativamente inferior al GEXP. Anteriormente se observó que era fácil para los estudiantes plantear hipótesis, o posibles respuestas, a problemas muy cercanos a su vida cotidiana y las preguntas de Biología, les son muy familiares. La mayoría de los estudiantes del GCON plantean una posible respuesta (hipótesis) del problema, que puede ser correcta desde el punto de vista de la teoría cromosómica de la herencia, pero que no surge de ningún análisis previo de la misma. Muy pocos estudiantes del GCON

analizaron la situación antes de emitir su hipótesis, y ninguno planteó una estrategia de resolución, o un análisis de resultados.

En cuanto a la Argumentación en el proceso de resolución se detectaron grandes diferencias entre los estudiantes de ambos grupos. La resolución de problemas siguiendo una Metodología de Resolución requiere por parte del estudiante una mayor explicitación de sus ideas (método) y de lo que se lleva a cabo en cada momento y proceso. Los estudiantes del GCON no justifican su proceso de resolución porque en su gran mayoría consideran que dar una respuesta concreta al problema es solucionarlo. Ejemplos de este tipo de soluciones son: E.9 “Porque uno de los genes que el padre ha pasado a su hijo es dominante sobre el gen recesivo que ha pasado al hijo su madre”, E.15 “Porque el hijo ha heredado más genes del padre que de la madre”.

### **Estudio de la resolución de problemas cerrados**

Retomando la prueba inicial de contenidos de Genética, elaborada para el grupo GCON, se puede analizar los resultados obtenidos por los dos grupos en la resolución de los tres problemas cerrados que se plantearon.

Los resultados que se recogen en el cuadro 27, para los problemas cerrados, eran:

**Cuadro 17. Resultados de la prueba final de problemas cerrados. Los valores apoyan la hipótesis alternativa de que el GEXP es significativamente mejor que el GCON (\*\* $p < 0,01$ , \*\* $p < 0,05$ ,  $p < 0,1$ )**

		GRUPO EXPERIMENTAL (N= 21)		GRUPO CONTROL (N = 21)		Prueba de chi cuadrado	Valor p
GENERO	Masculino	8	38,10	10	47,62		
	Femenino	13	61,90	11	52,38		
PROBLEMAS		N	%	N	%		
La miopía es debida a un gen dominante; su alelo recesivo produce una visión normal. ¿Un hombre y una mujer miopes podrán tener un hijo de visión normal?		15	71,43	6	28,57	6,0952	0,0135547 **
La ictiosis es debida a un gen en situado en el segmento diferencial del cromosoma Y. Un hombre con ictiosis, ¿podrá tener hijos varones que no posean esta enfermedad?		15	71,43	3	14,29	11,7639	0,0006039 ***
La coiloniquia es una malformación en las uñas que tienen forma de cuchara. a) Determina el genotipo de los individuos del siguiente árbol genealógico.		11	52,38	2	9,52	7,1300	0,0075806 ***
b) ¿Cómo crees que es la herencia del carácter? ¿Qué alelo crees que es dominante?		11	52,38	6	28,57	1,5812	0,2085913

A partir de estos datos, se puede decir que hay diferencias significativas en los procedimientos de resolución de problemas cerrados que llevaron a cabo los estudiantes de ambos grupos, a favor del GEXP.

Al estudiar las resoluciones de los estudiantes de ambos grupos para poder identificar los factores que hacen que el GEXP, que hasta el momento no había trabajado con problemas cerrados de Genética, los resuelva significativamente mejor que el GCON, que sólo ha trabajado con este tipo de problemas. En este análisis más detallado, se incluirán los ejemplos más representativos de los aspectos que se pretendan resaltar, en algunos

casos los fallos más comunes, y en otras las semejanzas o diferencias, en el tipo de resolución.

□ **Problema cerrado 1: “La miopía es debida a un gen dominante...”**

El criterio de calificación seguido ha sido aceptar como válidas las respuestas en las que se razone que padres miopes heterocigóticos pueden tener hijos con visión normal. Llegar a la conclusión de que la probabilidad de tener un hijo con visión normal es del 25% supondría un nivel de resolución más alto.

Los resultados entre ambos grupos son muy dispares y el valor obtenido del Chi-cuadrado, nos permite concluir que el GEXP es significativamente mejor en la resolución de un problema causa-efecto. No sólo se trata de la diferencia entre los aciertos del GEXP (71,43%) frente al GCON (28,57%), sino de la forma en que, los estudiantes que lo resuelven correctamente, en verdad lo hacen. En el GCON, de 6 sujetos que responden correctamente, sólo dos acompañan su razonamiento con el cuadrado de Punnett. En el GEXP, de los 15 estudiantes que contestan correctamente utilizando cuadros de Punnett o dibujos de cromosomas para apoyar su razonamiento, solo uno no hizo este ejercicio. Incluso hay estudiantes que plantean los diversos cruces entre genotipos de miopes para luego identificar el único cruce en el que pueden surgir individuos con visión normal. Los estudiantes que lo resuelven de forma gráfica, en ambos grupos, dan los resultados en forma de proporciones o porcentajes frente a los que sólo justifican su respuesta.

En cuanto a la profundidad de las justificaciones para responder a este interrogante se tomará como referencia la del único estudiante del GEXP que lo resuelve sin esquemas, y la de uno de los estudiantes del GCON. Es evidente que, aunque la resolución elegida del GEXP es la peor de todas las consideradas correctas, usa más conceptos científicos y de forma más adecuada.

GEXP (E.7): “La miopía es dominante, y el alelo recesivo produce visión normal. Los padres miopes pueden ser AA/Aa. Pero ese bebé o ese niño puede tener perfectamente una visión normal. Porque puede haber un fenotipo que manifieste un carácter recesivo, ya sea de la madre o del padre. Porque la información es cogida al azar. Y esa información puede ser cogida de los abuelos de ese niño. El niño es aa porque al cogerlo

al azar ha habido un fenotipo que se ha manifestado recesivo y por lo tanto el niño es de visión normal”.

GCON (E.10): “Sí, debido a que no son personas puras, es decir que provienen de otras personas, y los hijos pueden tener rasgos de los abuelos y no nacer con miopía, pero lo más probable es que sí nazcan con miopía”.

□ **Problema cerrado 2: “En la especie humana la enfermedad conocida como ictiosis se debe a...”**

El criterio de calificación seguido ha sido aceptar como válidas las respuestas en las que se explica que este gen, al localizarse en el cromosoma Y, sólo se manifiesta en varones cuyos cromosomas sexuales son XY. Por lo tanto, un hombre con ictiosis, siempre transmitirá a su descendencia masculina la enfermedad, porque el cromosoma “Y” de los hijos procede del padre.

Los resultados obtenidos difieren en ambos grupos, 71,43% de aciertos en el GEXP y 14,29% en el GCON; y de nuevo en este problema de tipo causa-efecto, estadísticamente el GEXP también es significativamente mejor. Además hay diferencias en la forma de resolverlos. De los 15 estudiantes del GEXP que responden correctamente a esta pregunta, 8 utilizan cuadros de Punnett o esquemas de cruces para apoyar su solución. De los 3 estudiantes del GCON que justifican su respuesta de forma válida; ninguno utiliza estas estrategias para fundamentar su respuesta. Un sujeto del GCON (E.14), cuya respuesta no es válida, es el único que utiliza un cuadro de Punnett; pero cruza a dos varones ( $XY * XY$ ); y sus explicaciones lógicamente son confusas. Ésta es la transcripción de su respuesta: “Sí, se podrá dar una persona sin esta enfermedad y tendrá el genotipo XX, por lo que será una mujer. Se explica por la segunda ley de Medel, ya que al autofecundar híbridos se puede dar una descendencia con el fenotipo XX (recesivo)”. Es evidente que este estudiante pretende dar una explicación con muchos datos de los que ha aprendido en clase, ejemplo de ello confunde la segunda ley de Mendel (segregación) con la segunda ley de Newton. Sin embargo, la poca significación o claridad que los mismos tienen para él, hace que los mezcle o confunda con otros tipos de conocimientos. Este ejemplo de respuesta es representativo de una situación muy típica que se produce en los exámenes de muchas asignaturas. Los estudiantes memorizan datos que no tienen

ningún significado para ellos, y al utilizarlos en un examen pueden cometer incorrecciones, desde el punto de vista del profesor, aunque no para ellos. En ninguno de los problemas de este ejercicio, y en ninguna otra prueba, se detectó respuestas de este tipo en el GEXP. Por ello se puede plantear de manera “atrevida” que la MRP ha generado en los estudiantes del GEXP un aprendizaje más coherente y comprensivo de los conceptos de Genética y herencia.

Las justificaciones o razonamientos empleados por los discentes tanto del grupo Experimental como del Control, que respondieron de manera más acertada, son análogas, a continuación se transcriben algunas de las respuestas:

GEXP (E.8): “Pienso que no, ya que como el gen está en el cromosoma Y, y además lo manifiesta, su hijo manifestará la ictiosis. Si tuviera una hija ésta seguro que no lo manifestará ya que ella lleva los cromosomas X que no llevan genotipo para dicha enfermedad. En conclusión, pienso que no ya que el genotipo del padre porta la enfermedad y si tiene un hijo éste tiene que heredar la información genética de este cromosoma”.

GCON (E.8): “No podría tenerlos, pues el gen situado en el segmento diferencial Y se los traspasaría a los hijos, pero sólo a los varones, pues las mujeres no poseen el cromosoma Y, sino XX”:

Los estudiantes del CGON utilizan justificaciones no muy válidas, desde un punto de vista científico, porque si el individuo de fenotipo dominante es heterocigótico no se puede tener la seguridad del tipo de genotipo de sus descendientes. Este tipo de razonamientos menos elaborados y científicos, sólo son usados por tres estudiantes del GEXP que no llegan a completar correctamente los genotipos del árbol genealógico.

Por otra parte, las respuestas erradas a esta segunda pregunta son muy similares en ambos. (Ver cuadro 28)

**Cuadro 18. Justificaciones utilizadas por los estudiantes de los dos grupos que respondieron de forma válida al punto b) del problema 3. El valor obtenido apoya la hipótesis alternativa de que el GEXP es significativamente mejor que el GCON (\*\* $p < 0,01$ , \*\* $p < 0,05$  \* $p < 0,1$ ).**

		GRUPO EXPERIMENTAL (N = 21)		GRUPO CONTROL (N = 21)		Prueba de chi cuadrado	Valor P
GENERO	Masculino	8	38,10	10	47,62		
	Femenino	13	61,90	11	52,38		
JUSTIFICACIONES		N	%	N	%		
Cuando se cruza con uno recesivo se transmite		1	4,76	1	4,76	0,5250	0,4687
No se pueden definir los genotipos de este árbol genealógico si el carácter fuese recesivo, y se puede demostrar en cada cruce		9	42,86	1	4,76	6,4343	0,0112 **
La primera descendencia ha sido afectada		3	14,29	2	9,52	0,0000	1,0000
<b>TOTAL</b>		13	61,90	4	19,05		

Tras el análisis realizado, tanto de la resolución del problema abierto como de los cerrados, se puede concluir que:

- Existe un aprendizaje significativamente mayor de los procedimientos de resolución de problemas (abiertos y cerrados) a favor del GEXP, que ha trabajado con la MRP, respecto al GCON.
- Estos resultados, en cuanto a la mayor eficacia a la hora de resolver problemas de los estudiantes familiarizados en la MRP, frente a los estudiantes que lo han hecho con la metodología tradicional de resolución de problemas como ejercicios, coinciden con los aportados por otras investigaciones (Ramírez, 1990; Varela, 1994).

Además, se puede añadir los siguientes apartes:

- La MRP permite desarrollar procedimientos apropiados para que el estudiante pueda enfrentar cualquier tipo de problema; ya sea abierto, cerrados, causa-efecto, efecto-causa.
- Los estudiantes del GEXP son mejores resolviendo problemas que sus compañeros del GCON, ya que:
- Utilizan esquemas, incluyendo el cuadro de Punnett, para explicar la herencia de la miopía y de la ictiosis, lo que les permite visualizar las resoluciones de los problemas.
- Resuelven de forma correcta, tanto problemas tipo causa-efecto como efecto-causa, porque hacen un análisis del problema que se les plantea.
- El aprendizaje conceptual es más coherente y comprensivo y por ello sus razonamientos son más elaborados y cercanos a lo que comúnmente lo hace un científico.

### **Supuesto final I-4: comparación de las actitudes relacionadas con la ciencia**

La formulación de este supuesto es la siguiente:

Se manifiestan actitudes significativamente más favorables relacionadas con la Ciencia a favor del GEXP, que ha trabajado con la MRP, respecto al GCON.

A continuación se indican las preguntas de esta prueba final que recoge los mismos aspectos que se medían en la prueba inicial: actitudes científicas o sobre la Ciencia y actitudes hacia la Ciencia

1. ¿Crees que es necesario que se orienten contenidos de Genética en el instituto?, ¿Por qué?
2. ¿Para qué crees que te va a ser de utilidad la Genética que has estudiado en el instituto?
3. ¿Crees que todo el mundo debería tener conocimientos sobre Genética, o sólo deberían estudiarla los futuros biólogos, médicos, etc.?, ¿Por qué?

4. La Genética ¿ha favorecido a la humanidad o la ha perjudicado? Pon ejemplos que apoyen tus ideas.
5. El pasado año, en las campañas de vacunación (recuerda, por ejemplo la campaña de vacunación contra el Tétanos al inicio de año), se podía dar la oportunidad de elegir entre una vacuna sintética creada en el laboratorio a partir de compuestos químicos, y una vacuna obtenida a partir de microorganismos. ¿Qué tipo de vacuna te pondrías?, ¿Por qué?
6. El trabajo realizado por los científicos, ¿crees que presenta algún tipo de características especiales?, ¿cuáles?

El instrumento para organizar las respuestas de los estudiantes de ambos grupos fue la red sistémica. Los resultados obtenidos fueron los siguientes. (Ver cuadro 29):

Los resultados muestran que hay diferencias significativas en las actitudes relativas a las características de la Ciencia y en las actitudes hacia la Ciencia, a favor del GEXP. Sin embargo, no existen diferencias significativas en las actitudes científicas o sobre la Ciencia que manifiestan ambos grupos.

Al analizar estos resultados estudiando de forma separada los dos aspectos valorados sobre estas actitudes, y seleccionando las respuestas más representativas de los estudiantes.

### **6.12.1 Actitudes sobre la Ciencia**

Para identificar las actitudes favorables o desfavorables de los estudiantes sobre la Ciencia, se tiene las respuestas a las preguntas 4 y 5.

La pregunta 4 es muy general, se refiere a cómo contemplan los estudiantes el papel de la Genética desde el punto de vista del progreso de la humanidad, y qué tipo de ejemplos apoyan sus ideas. Los resultados dicen que los estudiantes de ambos grupos tienen una visión muy positiva de los avances en Genética en general; sin embargo es en el GEXP donde cada estudiante aporta más de un ejemplo para apoyar sus ideas (terapias génicas, conocimiento del genoma humano, seres vivos transgénicos).

**Cuadro 19. Red sistémica de los resultados de la prueba final sobre las actitudes relacionadas con la Ciencia. Los valores apoyan la hipótesis alternativa (\*\* $p < 0,01$ , \*\* $p < 0,05$  \* $p < 0,1$ ).**

		GRUPO EXPERIMENTAL (N= 21)		GRUPO CONTROL (N = 21)		Prueba de chi cuadrado	Valor P	
GENERO		Masculino	38,10	10	47,62			
		Femenino	61,90	11	52,38			
TEMA GENERAL	CONCEPTOS DE LOS ESTUDIANTES	N	%	N	%			
Actitudes sobre la Ciencia	Conducta	Favorable	18	85,71	17	80,95	1,029	0,5979
		Condiciona	3	14,29	3	14,29		
		Desfavorable	0	0,00	0	0,00		
		No responde	0	0,00	1	4,76		
	Conducta ante la nueva Vacuna	Favorable	10	47,62	9	42,86	4,526	0,104
		Desfavorable	11	52,38	8	38,10		
		No responde	0	0,00	4	19,05		
	Característica de la ciencia	Metodología	11	52,38	5	23,81	16,821	0,001 ***
		Trabajo específico	10	47,62	4	19,05		
		No existe diferencia	0	0,00	4	19,05		
		No responde	0	0,00	8	38,10		
	Actitudes hacia la Ciencia	Favorable	Todos deben tener conocimiento de genética	20	95,24	14	66,67	3,860
Intermedia		Útiles para seguir en la academia	11	52,38	7	33,33	0,875	0,350
Desfavorable		Sólo para futuros biólogos o médicos	1	4,76	7	33,33	3,860	0,049 **

Algunos ejemplos de respuestas son, para el GEXP : E.1 “Ha favorecido sin duda a la humanidad, gracias a la genética podemos tomar muestras de ADN y mediante ella saber las enfermedades desconocidas y poder tomar medidas; encontrar un asesino sin tener testigos, hacer experimentos que permitan curar enfermedades, etc.”; y para el GCON:

“La ha favorecido, gracias a ella se han curado numerosas enfermedades, se han creado vacunas y alimentos mejores, y se han conseguido saber problemas o malformaciones de los fetos”.

La pregunta 5 plantea la posibilidad de elegir entre una vacuna tradicional (microorganismos inactivos), o una vacuna sintética creada en laboratorio. Se consideró que la elección de la vacuna sintética, o de las dos sin diferenciar, se corresponde con una visión favorable de la Ciencia actual porque se valoran como válidos y seguros los

progresos técnicos que se desarrollan en los centros de investigación; mientras que, la elección de una vacuna tradicional, supone cierta duda hacia los nuevos avances. Los resultados fueron similares, cercanos 47,62% y 42,86%, GEXP y GCON, respectivamente. Los estudiantes de ambos grupos eligen una vacuna sintética, manifestando por tanto una actitud favorable hacia los nuevos avances en investigación. Es de destacar que sólo en el GCON se halla un porcentaje importante de estudiantes (19,05%) que no tienen una opinión al respecto.

Algunos ejemplos de respuestas en ambos grupos son, para el GEXP : E.7 “Me pondría una vacuna creada en un laboratorio porque seguramente hubiesen buscado el gen de esa enfermedad y lo hubiesen manipulado para que no se manifieste”, E.8 “No lo sé puesto que las dos están bien, pero creo que elegiría la vacuna obtenida a partir de microorganismos, ya que es nuestro propio cuerpo quien se defiende”; y para el GCON: E.3 “La de a partir de compuestos químicos porque está más estudiada y elaborada que la otra que es natural”, E.9 “La vacuna a partir de microorganismos porque de lo que se fabrica en el laboratorio no confiaría”

Otro de los aspectos que se incluye dentro de las actitudes sobre la Ciencia, en la pregunta 6, se refiere al tipo de características que, según la visión de los estudiantes, definen la actividad científica.

En este punto, las respuestas dadas por el GEXP manifiestan una visión sobre las características de la Ciencia significativamente más favorable y acorde con la propia actividad científica. Esta diferencia entre ambos grupos se debe a dos factores.

El primero, más de la mitad (57,14%) de los estudiantes del GCON no responden, o consideran que no existen características que diferencien el trabajo realizado por los científicos. El segundo, reconocer que la actividad científica se caracteriza por una metodología específica de trabajo es algo que han hecho de forma mayoritaria los estudiantes del GEXP, y de forma minoritaria los del GCON.

Algunos ejemplos de respuestas en ambos grupos son, para el GEXP : E.14 “Si porque en los demás trabajos es todo más sistemático y los científicos tienen que razonar más y buscar soluciones a problemas”, E.16 “Creo que el trabajo de los científicos presenta la característica especial de la investigación”; y para el GCON: E.3 “Si, es muy lento, muy puntualizado, muy perfecto, muy limpio, y sobre todo muy complicado y preciso”, E.11 “Sí, que utilizan métodos y medios específicos en su trabajo, y es un trabajo en el que nunca dejarán de investigar porque continuamente se están averiguando nuevas cosas sobre la vida y los seres vivos”.

### **Actitudes hacia la Ciencia**

Los estudiantes han reflejado sus actitudes favorables o no hacia la Ciencia al contestar a las tres primeras preguntas del cuestionario. La pregunta 1 y 3, sobre la necesidad de realizar estudios de Ciencias, se han fundido en una sola porque las respuestas que dan los estudiantes se enmascaran. La pregunta 2 hace referencia a la utilidad que para ellos tienen los estudios de Genética que han realizado.

Los estudiantes del GEXP manifiestan actitudes significativamente más favorables hacia la Ciencia y su estudio que los estudiantes del GCON. La mayoría de los estudiantes del GEXP (95,24%) consideran que estos estudios son importantes para todos los ciudadanos, independientemente de lo que vayan a estudiar o hacer en un futuro. Esta opinión sólo es mantenida por el 66,67% de los estudiantes del GCON. Una proporción similar de estos estudiantes, en ambos grupos, también manifiestan una postura intermedia sobre el estudio de las Ciencias porque consideran que es útil para tener más conocimientos sobre aspectos que importan a todos, y es útil para seguir posteriores estudios. La causa de que las respuestas de ambos grupos sean significativamente diferentes, se debe al alto porcentaje de estudiantes del GCON (33,33%) que sólo ven útil el estudio de contenidos científicos para aquellas personas que vayan a utilizarlos en su profesión.

Algunos ejemplos de respuestas dadas por estudiantes de ambos grupos son, para el GEXP: E.4 “Puede servir lo estudiado en clase para varias cosas, una para cultivarte más y así aprender más cosas, otra para en un futuro próximo llegar a ser médico, biólogo,

etc., y por último para resolver problemas de la vida cotidiana”, E.10 “Todo el mundo debería tener estos conocimientos, ya que la genética va a ser la base del futuro. Quien no sepa nada de ello no entenderá la sociedad y se encontrará perdido, sin saber qué hacer”; y para el GCON, E.12 “Creo que todo el mundo debería tener conocimientos de genética porque ayudaría a la sociedad a asustarse menos de las situaciones y a conocer más de la ciencia”, E.18 “Yo pienso que las personas que no van a estudiar eso no deberían estudiarlo porque pueden aprovechar ese tiempo para estudiar otra asignatura que en un futuro les vaya a servir más. Y lo digo porque la genética es difícil y requiere mucho tiempo de estudio, además quiero ser abogada”.

El análisis realizado de los resultados obtenidos, permite afirmar que, aunque ambos grupos de estudiantes consideran de forma favorable los avances científicos en Genética, al igual que gran parte de la sociedad, se acepta el supuesto alternativo en éste tema específico:

Se manifiestan actitudes significativamente más favorables relacionadas con la Ciencia a favor del GEXP, que ha trabajado con la MRP, respecto al GCON.

Los resultados que se obtuvieron, de ambos grupos, en esta fase difieren de los que se obtuvieron en la fase inicial.

Al inicio de la investigación, Los dos grupos se consideraban homogéneos en las actitudes que manifestaban sobre y hacia la Ciencia; sin embargo, al finalizar la misma, los estudiantes sólo siguen siendo homogéneos en sus actitudes favorables hacia la investigación científica y sus avances. Actitud que es compartida por el resto de la Sociedad, en especial si los avances científicos se refieren a curación de enfermedades y mejora de la calidad de vida.

En la fase inicial de la investigación, antes de comenzar el trabajo de aula, ambos grupos manifestaban actitudes similares sobre las características de la Ciencia y moderadamente favorables hacia su estudio. Ahora, tras la finalización del proceso de enseñanza aprendizaje, los estudiantes del GCON siguen manifestando las mismas actitudes de la fase inicial; mientras que el GEXP ha mejorado considerablemente en sus actitudes sobre

las características de la Ciencia y hacia su estudio, especialmente el grupo reconocido al interior de la Institución como 10-1.

Además, se puede concluir que:

- La MRP permite a los estudiantes del GEXP tener una nueva visión de lo que es el trabajo científico alejándose de la idea de la Ciencia como un conocimiento abstracto y difícil, que sigue manteniendo el GCON.
- La MRP permite a los estudiantes del GEXP sentirse capaces de entender los procesos y conocimientos científicos de forma que su estudio les motive e interese la profundización de los temas.

## **Supuesto final I-5: comparación de las actitudes hacia las relaciones C-T-S**

Este supuesto está definido de la siguiente manera:

Se manifiestan actitudes significativamente más favorables relacionadas con las relaciones C-T-S a favor del GEXP, que ha trabajado con la MRP, respecto al GCON.

La visión que tienen los estudiantes de los grupos en estudio sobre las relaciones C-T-S, y su postura ante temas donde las mismas sean de gran importancia, se ha incorporado gracias a una encuesta.

### **Diagnóstico de la prueba final de actitudes respecto a las relaciones C-T-S**

Las cuestiones de esta prueba, indagan sobre la misma gama de aspectos, referentes a las relaciones C-T-S, que se fueron consideradas en la encuesta inicial.

1. ¿Cómo crees que han influido los conocimientos de Genética en la vida de las personas, o en la Sociedad en su conjunto?.
2. ¿Cómo puede influir la Sociedad en los avances genéticos?

3. Actualmente, se están investigando nuevas formas de curar enfermedades usando la terapia génica. ¿qué deberíamos demandar a los investigadores?, y ¿a los gobiernos?, y ¿a otras personas o instituciones?
4. ¿Crees que es mejor dar dinero a las investigaciones científicas o a las tecnológicas?, ¿por qué? ¿De dónde debe salir ese dinero?
5. ¿Se debe dar dinero público a todo tipo de investigaciones científicas, o sólo a aquellas que sean potencialmente rentables para la sociedad?
6. Nuestro mundo tiene problemas. Indica cuáles crees que son sus causas y sus posibles soluciones:  
Hambre:  
  
Causas: Soluciones  
  
Enfermedades hereditarias:  
  
Causas: Soluciones
7. El Proyecto Genoma Humano va a permitir conocer la información genética humana. ¿Qué ventajas o inconvenientes crees que puede llegar a tener este tipo de conocimientos?
8. ¿Debería tener límites la investigación sobre Genética?, ¿Quién o quienes deberían controlar estas investigaciones?

Como en el resto de pruebas abiertas, se ha optado por el uso de la red sistémica como la mejor herramienta para recolectar y organizar las respuestas de los estudiantes, que son variadas y numerosas. La elaboración del sistema de categorías de esta red se ha centrado en la gama de relaciones C-T-S que fueron tratados en la prueba. Los resultados han sido los siguientes:

Los resultados muestran que los estudiantes de ambos grupos presentan diferencias significativas, a favor del GEXP, en su visión sobre el papel del científico en la Sociedad; la influencia que la Ciencia y la Tecnología tienen en la Sociedad (excepto en el papel de la Ciencia a la hora de solucionar el problema del hambre en el mundo); la influencia de la

Sociedad sobre la Ciencia y la Tecnología; y sobre los límites que debe tener la investigación científica. Por otra parte, las respuestas de ambos grupos se pueden considerar homogéneas en su visión sobre el tipo de investigación que se debe financiar (aunque no difieren sobre el origen de esa financiación); y quién debe poner límites a la investigación científica.

En el cuadro 30 se analizan las respuestas de los estudiantes en cada una de las categorías, recogiendo aquellas que eran más relevantes.

**Cuadro 30. Red sistémica de los resultados de la prueba final sobre las actitudes Ciencia, Tecnología y Sociedad. Los valores apoyan la hipótesis alternativa de que el GEXP tiene una postura significativamente más favorable y definida que el GCON (\*\*p<0,05, \*\*\*p<0,01, \*\*p<0,05 \*p<0,1).**

		GRUPO EXPERIMENTAL (N= 21)		GRUPO CONTROL (N = 21)		Prueba de chi cuadrado	Valor P		
GENERO		Masculino	38,10	10	47,62				
		Femenino	61,90	11	52,38				
TEMA GENERAL	CONCEPTOS DE LOS ESTUDIANTES		N	%	N	%			
Papel de los Científicos	Evitar todo tipo de riesgo		5	23,81	2	9,52	12,5571	0,005699 ***	
	Trabajar para la sociedad		1	4,76	6	28,57			
	Informar de lo que hacen		14	66,67	6	28,57			
	No responde		1	4,76	7	33,33			
Influencia de la CTS en la sociedad	A manera general	De manera positiva	17	80,95	12	57,14	8,5287	0,014061 **	
		De manera mixta	4	19,05	2	9,52			
		De manera negativa	0	0,00	0	0,00			
		No responde	0	0,00	7	33,33			
	En concreto	PROYECTO GENOMA						4,8000	0,090720 *
		Ventajas		21	100,00	14	66,67		
		Inconvenientes		17	80,95	9	42,86		
		No responde		0	0,00	4	19,05		
	La sociedad con respecto la Ciencia y la Sociedad	Solucionar enfermedades genéticas		20	95,24	19	90,48	0,0000	1,0000
		Hambruna en el mundo		1	4,76	2	9,52		
		La sociedad con respecto la Ciencia y la Sociedad	La sociedad mente más abierta	3	14,29	5	23,81	20,5857	0,000034 ***
			La sociedad favorece el avance	17	80,95	3	14,29		
No responde		1	4,76	13	61,90				
Exigencias de los estudiantes como	Más conocimiento en temas de investigación		14	66,67	6	28,57	3,1860	0,671380	
	Mayor investigación con más recursos		11	52,38	14	66,67			
	Mayor confianza a los científicos		4	19,05	1	4,76			
	Las investigaciones sean seguras		5	23,81	2	9,52			
	Control del gobierno ante las investigaciones		0	0,00	2	9,52			
	No responde		0	0,00	7	33,33			
Finalidad de la ciencia en la investigación	Financiación	De todo tipo	12	57,14	12	57,14	2,2857	0,515263	
		De tipo científico	8	38,10	6	28,57			
		Tecnología	1	4,76	1	4,76			
		No responde	0	0,00	2	9,52			
tipo de financiación	Rentable o no	10	47,62	7	33,33	1,6961	0,428254		
	Sólo rentable	11	52,38	13	61,90				
	No responde	0	0,00	1	4,76				
Gasto en la investigación	Origen del dinero	Gobierno	18	85,71	14	66,67	5,0714	0,166641	
		Diversos fondos	1	4,76	1	4,76			
		Sector privado	1	4,76	0	0,00			
		No responde	1	4,76	6	28,57			
Límites de la tecnología y la Ciencia	Deben tener límites	No justificado	8	38,10	3	14,29	7,4656	0,113237	
		No sin justificar	3	14,29	4	19,05			
		Si Justificado	9	42,86	7	33,33			
		Si sin justificar	1	4,76	4	19,05			
		No responde	0	0,00	3	14,29			
	quien pone los límites	Sociedad	1	4,76	1	4,76	2,2103	0,529915	
		Gobierno	8	38,10	4	19,05			
		Los científicos	8	38,10	9	42,86			
No responde		4	19,05	7	33,33				

## **El papel de los científicos en la Sociedad.**

Para la mayoría de los estudiantes del GEXP el papel de los científicos es informar a los ciudadanos y evitar riesgos; y, para la mayoría de los del GCON que responden, su papel es, además de informar, trabajar para la Sociedad. Las respuestas de ambos grupos en este tema son significativamente diferentes porque un elevado número de estudiantes del GCON (33,33%), no tienen ninguna opinión al respecto. Algunos ejemplos de respuestas en ambos grupos son, para el GEXP: E.9 “Deberíamos pedirles, a los investigadores, seguridad y que nos expliquen bien el método que van a utilizar para poder estar seguros de que no van a cometer algún tipo de error.”, E.18 “Que nos informen sobre los nuevos avances y sobre las contraindicaciones”; y para el GCON: E.8 “Deberíamos demandar a los investigadores más información” E.16 “Los investigadores que descubrieran más vacunas”

## **La influencia de la Ciencia y la Tecnología en la Sociedad.**

La visión global de ambos grupos, sobre la influencia que los descubrimientos científicos y tecnológicos (en el campo de la Genética) han tenido en la Sociedad, es mayoritariamente positiva (80,95% GEXP y 57,14% GCON). Ningún sujeto identifica influencias negativas, y unos pocos reconocen para algunos temas aspectos positivos y negativos. Sin embargo, las respuestas de ambos grupos difieren significativamente porque, otra vez, se halla un elevado porcentaje de estudiantes del GCON (33,33%) que no manifiesta ninguna opinión. Ejemplos de respuestas son, para el GEXP: E.12 “Creo que ha influido para mejorar la calidad de vida de la sociedad. Al ser mejores conocedores de nuestro cuerpo, y de las distintas enfermedades que nos afectan, podemos prevenirlas o podemos utilizar varias soluciones”; y para el GCON: E.13 “Pues nos permite saber y solucionar o prevenir enfermedades o mejorar y proteger los alimentos. Ha salvado muchas vidas y por lo tanto ha beneficiado a las personas”.

En cuanto a la influencia de la Ciencia y la Tecnología en la Sociedad, concretando la pregunta en el Proyecto Genoma Humano, las respuestas dadas de forma mayoritaria por ambos grupos coinciden. Identifican aspectos positivos como la de mejorar la calidad de vida, y aspectos negativos como el de generar nuevos problemas éticos y sociales. En el

GEXP la mayoría de los estudiantes reconocen ventajas (100%) e inconvenientes (80,95%) del Proyecto Genoma Humano. Los estudiantes del GCON, que opinan, también dan respuestas similares. La diferencia significativa entre ambos grupos está en el porcentaje de sujetos del GCON (19,05%) que no da su opinión. Ejemplos de respuestas son, para el GEXP: E.12 “Ventajas, se podrán curar y prevenir todas las enfermedades de tipo genético. Inconvenientes, problemas éticos”; y para el GCON: E.1 “Ventajas, prevenir enfermedades; inconvenientes, utilizarlo para ser dioses”.

Respecto a la Ciencia como solución a diversos problemas, ni el GEXP ni el GCON confía en la Ciencia para acabar con el hambre en el mundo. Más expectativas tienen respecto al papel de la Ciencia en la curación de enfermedades genéticas. No obstante, la visión de los estudiantes de ambos grupos respecto a este tema, que ha sido tratado en el aula, no presenta diferencia significativa. Para el GEXP el 95,24% de los estudiantes considera que la terapia génica como la solución a estas enfermedades, el GCON, comparte la respuesta con un 90,48% de aceptación. Algunos ejemplos de respuestas en ambos grupos son, para el GEXP: E.21 “La causa, un gen contiene información sobre una enfermedad y se transmite de padres a hijos. Solución, manejar los genes que las portan e intentar curarles”; y para el GCON: E.7 “La causa, procede de otras generaciones. La solución, intentar solucionarlo con la genética”.

En cuanto a la influencia de la Sociedad en la Ciencia y la Tecnología la mayoría de los estudiantes del GCON no dan ninguna respuesta (61,90%), y por eso hay una diferencia significativa entre las respuestas de ambos grupos. La mayoría del GEXP (80,95%) piensa que la Sociedad puede favorecer unas investigaciones sobre otras aportando más dinero para aquellas que representen solución o interés a la sociedad. Ejemplos de respuestas son, para el GEXP: E.12 “Si la Sociedad apoya a los científicos y consideran que todo lo que éstos hacen es para mejorar nuestra salud, los científicos podrán trabajar con más libertad y sin ningún impedimento. También está el apoyo económico, porque cuanto más dinero sea destinado a la Ciencia, más avanzada podrá estar y sacar de este tercer nivel a mi país”, E.10 “Puede influir negativamente debido a que se pueden plantear problemas éticos y no permitir así que estos avances sigan adelante”; y para el GCON:

“Puede influir mucho la Sociedad pues hasta que la gente no asimila lo que se dice, no lo creen” E.17 “Si la sociedad estuviera en contra de los avances genéticos y de la

manipulación del ADN, no se hubiera permitido su trabajo y no hubiéramos conseguido dichos avances”.

Respecto al papel del ciudadano frente a la Ciencia y a la Tecnología, en ambos grupos las respuestas mayoritarias son que el ciudadano debe ser científicamente más culto (66,67% GEXP y 28,57% GCON), y que debe pedir que se realicen más investigaciones y que haya más recursos (52,38% GEXP y 66,67% GCON). De nuevo, las diferencias significativas se deben a que un tercio (33,33%) de los estudiantes del GCON no dan ninguna respuesta. Algunos ejemplos de contestaciones en ambos grupos son, para el GEXP: E.2 “Deberíamos ser más prudentes con el genoma y se muy confidencial, porque es una cosa muy seria”, E.19 “Que los científicos fueran precisos en sus investigaciones y que hasta que no tuvieran definidos los efectos no lo pusieran al alcance de nadie. Que los gobiernos ayuden las investigaciones para que pudieran avanzar. Que las personas si tienen una enfermedad sin solución se prestaran de voluntarios para probar los remedios inventados”; y para el GCON: E.3 “Creo que deberíamos demandar más información, ya que cada vez podemos controlarlo más todo, bueno pueden (gobiernos, investigadores, etc.). han llegado a sacar un individuo totalmente idéntico a otro con la genética, y si ahora son capaces de esto, ¿para qué se aplicará en el futuro? Por eso yo pediría más información de que la genética va a ser utilizada para cosas buenas como curar enfermedades”.

### **La finalidad de la Ciencia y los gastos en investigación.**

Las respuestas dadas de forma mayoritaria por ambos grupos, son muy similares.

La mayoría apuesta por investigar tanto en cuestiones científicas como tecnológicas sobre todo tipo de cuestiones, aunque preferiblemente si son beneficiosas para la humanidad. También coinciden en que la financiación de las investigaciones debe proceder de los presupuestos del gobierno. Ejemplos de respuestas son, para el GEXP: E.20 “A las dos tanto lo científico como lo tecnológico por igual, debido a que no avanza una sin la otra. Para avanzar en las investigaciones científicas hace falta mucho material tecnológico, por lo tanto, las dos necesitan dinero para avanzar. Ese dinero debería ser el que se están gastando en comprar armas para la guerra o controlar la guerrilla o cuidar los presos de

narcotráfico. En lugar de pagar para esto se debería pagar para salvar vidas o mejorar nuestras condiciones. Se debería dar más dinero a las que sean importantes para la Sociedad, y no a los políticos o contratistas como los Nule; pero también porque algo ayudarán en la Sociedad y en su evolución”; y para el GCON: E.15 “Yo creo que a las dos científica y tecnológica porque las dos nos aportan cosas muy buenas a la humanidad. Creo que el dinero lo debe dar el gobierno. Yo creo que a todas rentables o no porque todas seguro que aportan algo bueno y nuevo a la humanidad”

### **Los límites de la Ciencia y la Tecnología.**

A la pregunta de si la Ciencia debe tener límites, las opiniones de los estudiantes de ambos grupos se decantan entre el sí y el no. La diferencia significativa entre sus respuestas se debe a que la mayoría de los estudiantes del GEXP, justifican su postura; mientras que sólo la mitad, más o menos, de los estudiantes del GCON dan razones para fundamentar su decisión. Algunos ejemplos de respuestas son, para el GEXP: E.19 “No, porque cada día se puede descubrir una cosa y no por eso va a ser menos importante que la anterior. Si hace veinte años hubieran decidido que ya se había descubierto todo, todavía se seguirían muriendo personas por enfermedades que ahora son absurdas”, E.21 “El único límite sería el no dañar al ser humano”; y para el GCON: E.15 “Yo creo que no, porque siempre hay que investigar cosas y hacer nuevos medicamentos, investigar nuevas enfermedades, etc., pero siempre con mucho cuidado para que no se pueda hacer daño al mundo”. E.19 “Sí, si atenta a la integridad humana”.

Sobre la pregunta de quién debe poner límites, las respuestas de ambos grupos apuntan a los científicos como los grandes expertos, bien solos o asesorando al gobierno; y, en segunda opción, al gobierno. Esta es la única pregunta en la que el porcentaje de estudiantes del GEXP que no contesta es elevado (19,05%) y cercano al del GCON (33,33%). Algunos ejemplos de respuestas en ambos grupos son, para el GEXP: E.12 “Debería haber un grupo especializado de investigadores en el gobierno que controlen todas las investigaciones que se hacen en ese país y luego reunirse todos los países y ponerlo todo en común”; y para el GCON: E.2 “Las personas que saben de esos temas”.

Se puede concluir, con base a estos resultados, que el GEXP, respecto al GCON, presenta una postura más favorable y definida hacia las relaciones C-T-S, y ha desarrollado un mayor número de opiniones personales que justifica sus posturas críticas.

Los resultados obtenidos en esta fase de la investigación, sobre las actitudes de ambos grupos hacia las relaciones C-T-S, difieren de los que se obtuvieron en la fase inicial de la misma. Al inicio de la del trabajo, ambos grupos eran homogéneos en estas actitudes; sin embargo, al finalizar la misma, el GEXP manifiesta actitudes significativamente mejores que el GCON, y sólo son homogéneos en cuestiones tan evidentes como que la Ciencia no puede resolver el problema del hambre en el mundo, o que se debe financiar todo tipo de investigación, especialmente si es de carácter científico y rentable para la Sociedad. En estas dos cuestiones ya eran homogéneos en la fase inicial, y no es extraño que lo sigan siendo porque la mayor parte de la Sociedad piensa igual.

En la prueba inicial no se detectaba una falta de opinión por parte de ninguno de los dos grupos, quizá porque los ítems eran cerrados. Sin embargo, en esta prueba abierta es evidente la falta de una opinión propia que presenta un porcentaje importante de los estudiantes del GCON.

Al inicio de la investigación, ambos grupos, se podían considerar homogéneos en sus actitudes hacia el papel de los científicos a los que consideraban expertos en la toma de decisiones respecto a temas sociales relacionados con la Ciencia, y a la vez los veían como responsables de los daños que ocasionan determinados usos de los avances científicos. En esta fase final, más de un tercio (38,10%) de los estudiantes del GCON no saben qué papel juegan los científicos dentro de la Sociedad. El resto del GCON y el 95,24% del GEXP consideran que los científicos trabajan para la Sociedad, deben informar de sus investigaciones a los ciudadanos y deben evitar riesgos en sus investigaciones.

También, ambos grupos, eran al inicio significativamente homogéneos en su visión de la Ciencia y la Tecnología como un agente que mejora las condiciones de vida de las personas, el GEXP ha generado de forma significativa una actitud más crítica y favorable hacia la influencia de la Ciencia y la Tecnología en la Sociedad. En casos concretos como

el Genoma Humano, la gran mayoría del GEXP es capaz de identificar pros y contras, y el 100% cree que estos conocimientos ayudarán a curar enfermedades genéticas. Sólo un 66,67% del GCON comparten esta misma actitud hacia las relaciones C-T-S.

Respecto a la postura de los ciudadanos frente a los avances científicos, en la prueba inicial, ambos grupos pensaban que la población reconocía la importancia de los mismos aunque les hacía sentirse inseguros y, por eso tenían necesidad de mayor información. Los estudiantes del GEXP siguen pensando lo mismo aunque han mejorado significativamente su actitud porque también consideran que los ciudadanos deben pedir más investigaciones y confiar en los científicos. En el GCON, casi un tercio de los estudiantes no tienen ninguna postura al respecto, y como ciudadanos piden de forma mayoritaria que se investigue más.

En la prueba inicial los estudiantes de ambos grupos de forma homogénea pensaban que los ciudadanos cultos debían poner límites a la Ciencia. En la prueba final, y también de forma homogénea, ambos grupos hacen recaer esta responsabilidad en los científicos y en el gobierno asesorado por científicos. Sin embargo, el GEXP presenta una postura significativamente más definida porque a la hora de decidir si hay que poner límites o no a la Ciencia lo hace, de forma mayoritaria, justificando sus decisiones, frente al GCON donde más de la mitad de los estudiantes no las justifica.

Como resumen, los aspectos en los que, de forma más relevante, las actitudes y valoraciones de los estudiantes del GEXP se alejan más de las manifestadas por los estudiantes del GCON son:

- Los estudiantes del GEXP, frente al GCON, pocas veces se abstienen de dar su opinión en las diversas cuestiones planteadas sobre las interrelaciones que se establecen entre la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad.
- Aunque la visión global de la Ciencia como algo positivo prevalece en los componentes de ambos grupos, la mayoría de los estudiantes del GEXP identifican los pros y contras de los nuevos descubrimientos en Genética (17 estudiantes de 21 que suponen el 80,95% de la clase). Mientras que en el GCON sólo 12 estudiantes de los 21, 57,14% de la clase, identifica a la vez pros y contras.

- El GEXP, frente al GCON, muestra una visión más positiva de la Ciencia en torno a sus posibilidades de éxito en el campo de la terapia génica (tema de actualidad y abordado en la sesiones de Aula) Ambos grupos reconocen que la Ciencia y la Tecnología han influido en la Sociedad. Sin embargo, la influencia de la Sociedad en los avances científicos y técnicos, sólo son reconocidos de forma mayoritaria en el GEXP.
- El GEXP, frente al GCON, tiene una visión más crítica, tanto a favor como en contra, de los límites que hay que poner a la investigación científica.

Tras los resultados obtenidos en estas dos pruebas sobre las actitudes C-T-S de los estudiantes, se puede concluir:

Se pone de manifiesto una postura significativamente más definida y favorable hacia las relaciones C-T-S a favor del GEXP, que ha trabajado con la MRP, respecto al GCON

### **Conclusiones acerca de las diferencias obtenidas en la Hipótesis Final I**

Tras los análisis de los diferentes puntos abordados se puede concluir que la hipótesis final I ha sido comparada en cada uno de los cinco supuestos, donde se puede decir, que:

- Existen diferencias significativas en el aprendizaje de conceptos, procedimientos y actitudes, a favor del GEXP, que ha trabajado con la MRP, respecto al GCON.

Las primeras conclusiones sobre estas diferencias en el aprendizaje que han realizado ambos grupos sería.

La MRP, que supone que el trabajo sea analítico, reflexivo y se argumente, permite que el GEXP, frente al GCON, realice un aprendizaje significativo diferenciable en lo que respecta a los contenidos conceptuales de Genética, porque los estudiantes:

- Modificaron sus preconcepciones hacia ideas más científicas e hicieron uso de esquemas conceptuales más cercanos a los esperados

.Realizaron un aprendizaje significativo y útil de los contenidos, lo que les permite realizar razonamientos más profundos sobre ellos.

La MRP, que aporta una visión sobre el trabajo científico más cercana a posturas epistemológicas actuales, esto permite que el GEXP, frente al GCON, realice un aprendizaje significativamente mayor de los contenidos conceptuales sobre la Naturaleza de la Ciencia ya que ellos tienen la capacidad de:

- Saben que las hipótesis surgen de un marco teórico y marcan pautas del diseño experimental y la resolución del problema.
- Asumen que las teorías pueden cambiar porque son construcciones humanas que se apoyan en datos, técnicas o formas de pensar que pueden modificarse a lo largo del tiempo.
- Tienen una visión no estereotipada de los científicos y de su trabajo.
- Diferencian ente avances científicos y avances tecnológicos.

La Metodología de Resolución por Problemas, por las variables metodológicas y de Argumentación que desarrolla, permite que el GEXP, frente al GCON, realice un aprendizaje significativamente mayor de los procedimientos de resolución de problemas, porque los estudiantes:

- Alcanzan un dominio de los contenidos conceptuales, más elaborados y cercanos a las ideas científicas.
- Realizan un análisis cualitativo del problema y un diseño de la estrategia de resolución antes de intentar resolverlo.
- Se ayudan de esquemas que les facilita visualizar la resolución del problema.
- Adquieren unos procedimientos de resolución de problemas apropiados para enfrentarse a cualquier tipo de problema (abiertos, cerrados, causa-efecto, efecto-causa)

La MRP, por desarrollar una forma de trabajo semejante a la actividad científica, permite que el GEXP, frente al GCON, manifieste actitudes significativamente más favorables relacionadas con la Ciencia, porque los estudiantes:

- Tienen una visión de lo que es la Ciencia más cercana y asequible, y no como algo difícil y abstracto que no todo el mundo puede entender.
- Se sienten motivados hacia su estudio al entender los procesos y conocimientos científicos y al sentirse partícipes de su propio aprendizaje.

La MRP, por desarrollar una forma de trabajo semejante a la actividad científica y haber sido aplicada a problemas de la vida diaria, permite que el GEXP, frente al GCON, manifieste una postura significativamente más definida y favorable hacia las relaciones C-T-S, porque los estudiantes:

- Han generado opiniones propias sobre aspectos relativos a las relaciones C-T-S basadas en sus conocimientos.
- Son capaces de identificar los pros y contras de los avances científico-técnicos, y tomar una postura crítica y personal ante ellos porque se plantean cualquier situación de forma analítica.
- Además de reconocer la influencia de la Ciencia y la Tecnología en la Sociedad, también identifican la influencia que ejerce la Sociedad en la Ciencia y la Tecnología.
- Consideran de gran importancia que los científicos informen de sus trabajos, y que los ciudadanos sean cada vez más cultos en especial temas relacionados con su vida cotidiana.
- Tienen una visión positiva de las expectativas que tiene la investigación científica en el campo de la Genética.

Y para finalizar; La MRP permite que los estudiantes del GEXP, además de conseguir los objetivos propios de esta metodología, alcancen los objetivos curriculares definidos para este nivel medio.

## **Persistencia en el tiempo de los aprendizajes realizados: hipótesis final II**

Con el paso del tiempo se produce un cierto retroceso en los conocimientos adquiridos por los estudiantes. Por ello, una vez finalizada la fase de intervención en el aula, y analizados los resultados correspondientes a los aprendizajes realizados por el GEXP frente al GCON, interesa comprobar la permanencia en el tiempo de los mismos. La formulación completa de esta última hipótesis del TG es la siguiente:

El aprendizaje de los contenidos generado por la Metodología Resolutiva de Problemas, en el Grupo Experimental, prevalece en el tiempo y difícilmente sufre un retroceso significativo.

Este estudio se ha centrado sólo en los contenidos que los estudiantes no han vuelto a estudiar en los cinco meses que transcurrieron desde la fase final I y esta última (fase II) que son: conceptos y procedimientos. No se han medido las actitudes sobre y hacia la Ciencia, ni sobre relaciones C-T-S, porque han podido ser influidas por experiencias vividas por los estudiantes en los últimos meses. Por lo tanto, esta hipótesis final II se centra en tres supuestos que abordan los siguientes temas:

- Contenidos de Genética y herencia
- Contenidos sobre la Naturaleza de la Ciencia
- Metodología de resolución de problemas abiertos

Para la correspondiente comparación, el GEXP ha realizado tres pruebas que, al igual que en la fase Final I, son abiertas. La información obtenida de las mismas se ha organizado en redes sistémicas que permitan la comparación entre los dos momentos. En estas pruebas finales I y II, no se repite ninguna pregunta para evitar que los estudiantes intenten reproducir las contestaciones que dieron cinco meses atrás.

Para poder contrastar la hipótesis de este punto se procedió de la siguiente forma:

1. Se determinó si se ha producido un retroceso significativo en los aprendizajes realizados por el GEXP a lo largo del tiempo. Para ello, se han comparado los conocimientos de estos estudiantes en la fase Final I y Final II. Al tratarse de dos muestras relacionadas se ha trabajado con el CHI-CUADRADO y la ANOVA. (prueba de F) La hipótesis nula del estadístico es que los grupos son homogéneos frente a la alternativa de que son inferiores en la fase Final II. Como se pretende apoyar la hipótesis nula frente a la alternativa, se ha optado por aceptarla sólo con un valor de significancia que sea el más discriminante, es decir  $p > 0,1$ .
  
2. En el caso en el que el GEXP haya experimentado un retroceso significativo, se comprobará que su aprendizaje sigue siendo significativamente superior al alcanzado por el GCON al finalizar el trabajo en el aula. Para comparar los resultados del GEXP después del retroceso (Final II) y los del GCON (Final I) se utilizó el CHI-CUADRADO y la ANOVA (prueba de F). La hipótesis nula es que los resultados obtenidos por los dos grupos son iguales frente a la alternativa de que el GEXP sea mejor. En este caso para que los resultados del estadístico rechacen la hipótesis nula de forma significativa los p-valores obtenidos deben ser inferiores a 0,1. En este caso el grado de significancia se marcará con asteriscos (\*\* $p < 0,01$ , \*\* $p < 0,05$  \* $p < 0,1$ )

## **Supuesto final II-1: comparación de la prevalencia del cambio conceptual en el tiempo, sobre genética y herencia**

Este supuesto se define de la siguiente forma:

El cambio conceptual sobre Genética y herencia prevalece el tiempo sin sufrir retrocesos significativos.

Se puede realizar tomando datos de dos pruebas diferentes:

- a. La prueba final II de contenidos de Genética, y

- b. el problema abierto final II, donde se pueden valorar los niveles alcanzados por los estudiantes en el uso de los esquemas conceptuales.

Para tal fin se analizaron las pruebas por separado.

## **Prueba Final II. Contenidos de genética**

La prueba, aunque distinta, recoge todos los aspectos analizados en la prueba final I y permite trabajar con la misma red sistémica.

1. Fíjate en los siguientes seres vivos: (dibujos de una hormiga, un pez, un águila, unas palmeras y una niña con un perro) a) ¿Cuáles de ellos tienen información hereditaria?, b) ¿Dónde se localiza esta información?, ¿En qué tipo de estructuras?:
2. a) ¿Dónde está tu información hereditaria?:  
b) Por ejemplo, ¿tienes información en las células de la piel?. Justifica tu respuesta.
3. Cuando tengas un hijo, ¿qué información hereditaria recibirá de ti?, ¿dónde se localizará, y cómo pasará a tu hijo?
4. Un niño ha nacido con un grupo sanguíneo Rh-, siendo sus dos padres Rh+. Se sabe que algunos antepasados suyos eran Rh-. ¿Cómo ha podido pasar esta información hereditaria desde los bisabuelos o abuelos al niño?
5. Imagina que un grupo de humanos con visión correcta para los colores tuviera que vivir en cuevas con poca luz, viendo sólo en blanco y negro. Esta forma de vida la mantendrían durante muchos años. ¿Cómo sería la visión de los bebés que nazcan después de muchas generaciones?
6. ¿Crees que el SIDA es hereditario?, ¿por qué?

Las preguntas 1 y 2 abordan cuestiones relativas a la localización de la información hereditaria; las preguntas 3 y 4 se refieren a la herencia de padres a hijos; y, por último, las cuestiones 5 y 6 son relativas a la herencia de caracteres adquiridos. La pregunta 6 surge de las dudas generadas en una clase, al interior del Aula, donde los estudiantes piensan, que las enfermedades de transmisión sexual son hereditarias. El cuadro 31 describe los resultados obtenidos:

**Cuadro 31. Red sistémica sobre los contenidos conceptuales de Genética utilizados en la realización de la prueba escrita Final I y Final II. Los valores apoyan la hipótesis nula de homogeneidad; es decir, los estudiantes del GEXP no han sufrido un retroceso significativo en sus conocimientos (\*\* $p < 0,01$ , \*\* $p < 0,05$  \* $p < 0,1$ )**

		GRUPO EXPERIMENTAL 1 (N= 21)		GRUPO EXPERIMENTAL 2 (N= 21)		Prueba de chi cuadrado	Valor P	
GENERO		Masculino	38,10	8	38,10			
		Femenino	61,90	13	61,90			
TEMA GENERAL	CONCEPTOS DE LOS ESTUDIANTES	N	%	N	%			
Localización de la información genética	En los Genes	En autosomas	14	66,67	17	80,95	11,2903	0,02349 **
		En cromosomas	4	19,05	0	0,00		
		Sin localizar	3	14,29	2	9,52		
	En los Gametos	0	0,00	2	9,52			
	Ninguna respuesta	0	0,00	0	0,00			
Herencia de los padres y los hijos	Los dos padres	Al azar y al 50%	16	76,19	21	100,00	3,6324	0,05666 *
		Más o menos la mitad	5	23,81	0	0,00		
	De los padres o ancestros	0	0,00	0	0,00			
	Sólo el padre dominante	0	0,00	0	0,00			
	Ninguna respuesta	0	0,00	0	0,00			
Herencia de caracteres	Sólo en los gametos.	21	100,00	11	52,38	10,6312	0,001112 ***	
	El ambiente o las mutaciones afectan los caracteres heredados	0	0,00	10	47,62			
	Ninguna respuesta	0	0	0	0,00			

Con base a los resultados se puede decir que los estudiantes del GEXP no ha retrocedido de manera significativa en los aprendizajes realizados sobre la localización de la información hereditaria, la herencia entre padres e hijos, y la herencia de caracteres adquiridos, prevaleciendo en el tiempo el cambio de conceptos.

A continuación se describen algunos ejemplos de respuestas otorgadas por los estudiantes:

Sobre la existencia de información hereditaria en diversos seres vivos y su localización:

E.7 “Todos los seres vivos, los dibujos de la prueba, tienen información genética porque son fruto de una unión entre dos seres, 50% de información de cada uno”

E.6 “La información hereditaria se localiza en el ADN que es una secuencia que está en los genes; los genes están en los cromosomas y los cromosomas vienen de la cromatina, que es a la vez la unión del ADN y las Histonas”

Sobre la herencia de padres a hijos:

E.17 “Mi hijo recibirá la mitad de mi información hereditaria y otra media información del padre. Porque al unirse un gameto con otro gameto se produce un cigoto con información genética del padre y de la madre”

“Recibirá 23 cromosomas de la madre y 23 del padre para tener 46 cromosomas”

Sobre la herencia de caracteres adquiridos (vivir mucho tiempo en lugares poco iluminados)

“La visión de los bebés al cabo de muchas generaciones será en blanco y negro, a causa de una mutación, en la que el material genético es alterado.”

E.8 “La visión de las nuevas generaciones sería totalmente a color ya que aunque sus antepasados hayan perdido su visión para los colores”.

## **Comparación del uso de esquemas en la prueba final II de resolución de un problema abierto**

El problema abierto al que se ha enfrentado el GEXP, cinco meses después de abordado el tema en clase, es el siguiente:

“¿Cómo podrías saber si alguno de tus futuros hijos nacerá con algún defecto en su visión?”

Para el contraste del supuesto de este tema, sólo interesa analizar el nivel de uso que hacen los estudiantes del GEXP de los esquemas conceptuales implicados en la resolución de este problema, que son los mismos que se necesitaron para la resolución del problema abierto de la fase Final I: específicamente sobre la localización de la información hereditaria y sobre la herencia de los caracteres adquiridos.

Se añade estos Esquemas en niveles de complejidad del 0 al 3, desde el más alejado al más cercano a la visión científica.

En el cuadro 32 se presentan los resultados del GEXP en la fase final 1 y 2:

Los resultados indican que los estudiantes del EXP utilizan, en la resolución del problema, esquemas conceptuales y que no han desmejorado de manera significativa en su manejo.

Se puede afirmar entonces que gracias al trabajo con una MRP:

El cambio conceptual sobre Genética y herencia permanece en el tiempo sin sufrir retrocesos significativos

De manera pormenorizada, y para cada uno de los contenidos, se puede recalcar que, a pesar del tiempo transcurrido, los estudiantes del GEXP:

- Respecto a la localización de la información hereditaria, siguen planteando que la información genética está contenida en cromosomas de todas las células, y no de forma exclusiva en los cromosomas sexuales o en los gametos.
- Sobre la herencia de padres a hijos, plantean que los hijos reciben la mitad de la información de cada uno de los padres y que el proceso es totalmente al azar.

**Cuadro 20: Resultados sobre el nivel de uso de esquemas en la resolución del problema abierto Final 1 y Final 2. Los valores apoyan la hipótesis nula de homogeneidad; es decir, los estudiantes del GEXP no han sufrido un retroceso significativo en el uso de los mismos (\*\* $p < 0,01$ , \*\* $p < 0,05$ , \* $p < 0,1$ )**

		GRUPO EXPERIMENTAL 1 (N= 21)		GRUPO EXPERIMENTAL 2 (N= 21)		ANOVA	
GENERO	Masculino	8	38,10	8	38,10	Prueba F	Valor p
	Femenino	13	61,90	13	61,90		
ESQUEMA CONCEPTUAL	CONCEPTOS DE LOS ESTUDIANTES	N	%	N	%		
Localización de la información genética	Nivel 0	0	0,00	4	19,05	13,41	0,0007256 ***
	Nivel 1	0	0,00	6	28,57		
	Nivel 2	2	9,52	0	0,00		
	Nivel 3	19	90,48	11	52,38		
Herencia de los padres y los hijos	Nivel 0	0	0,00	4	19,05	6,30	0,0162 ***
	Nivel 1	0	0,00	0	0,00		
	Nivel 2	2	9,52	4	19,05		
	Nivel 3	19	90,48	13	61,90		

## **Supuesto final II-2: comparación de la prevalencia en el tiempo del cambio conceptual sobre la naturaleza de la ciencia**

La formulación de este supuesto es la siguiente:

El cambio conceptual sobre la Naturaleza de la Ciencia permanece en el tiempo.

La prueba utilizada para su contraste recogió aspectos fundamentales tratados en la prueba final I sobre las ideas respecto a: cómo se trabaja en Ciencia (preguntas 1, 2, 3a y 4); lo que es una teoría (pregunta 3b y 3c); las características de los científicos (pregunta 4); y las relaciones C-T-S (pregunta 5).

1. Cuando te venden un producto diciéndote que ha sido probado científicamente, ¿qué es lo que te imaginas?, ¿por qué crees que es mejor que otro producto similar en el que no incluyan esa información?
2. ¿Por qué realizan experimentos los científicos? ¿Crees que son necesarios en todas las investigaciones?
3. ¿Conoces alguna teoría científica?, ¿Cuál?: Sobre la teoría que has indicado:
  - a. ¿Cómo crees que se elaboró?:
  - b. ¿Crees que fue la primera teoría científica que explicaba esos hechos?:
  - c. ¿Por qué crees que ahora se acepta esta teoría?:
4. Describe con todo lujo de detalles como te imaginas a una persona realizando una investigación científica.
5. Pon algún ejemplo de descubrimiento de carácter científico: Y alguno de carácter tecnológico:  
¿Por qué los has enmarcado en el campo de la Ciencia o en el de la Tecnología?:

El siguiente cuadro 33 recoge las ideas que, sobre la Naturaleza de la Ciencia, en las pruebas finales I y II:

Estos resultados permiten afirmar que los estudiantes del GEXP no presentan un retroceso significativo de los conocimientos sobre la naturaleza de la Ciencia entre la

finalización de su aprendizaje (Final I) y pasado 5 meses después de la última clase referida a éste tema (Final II).

Algunos ejemplos de las respuestas dadas por los estudiantes son:

**Cuadro 21. Red sistémica de los resultados obtenidos en la prueba Final I y Final II sobre la Naturaleza de la Ciencia. Los valores apoyan la hipótesis nula de homogeneidad; es decir, los estudiantes del GEXP prevalecen en sus conocimientos de manera significativa. (\*\* $p < 0,01$ , \*\* $p < 0,05$ , \* $p < 0,1$ )**

GENERO		GRUPO EXPERIMENTAL 1 (N= 21)		GRUPO EXPERIMENTAL 2 (N= 21)		Prueba de chi cuadrado	Valor-P	
		Masculino	38,10	8	38,10			
		Femenino	61,90	13	61,90			
TEMA GENERAL	CONCEPTOS DE LOS ESTUDIANTES		N	%	N	%		
La Ciencia se hace	Resuelve problemas utilizando el método científico		8	38,10	11	52,38	10,3045	0,00579 ***
	llevando a cabo	experimentos	11	52,38	2	9,52		
		observaciones	2	9,52	8	38,10		
	No lo se		0	0,00	0	0,00		
Los experimentos se realizan	Después de plantear la hipótesis		13	61,90	8	38,10	9,9552	0,01895 **
	Otros momentos	en cualquier lugar	2	9,52	0	0,00		
		cuando se obtienen resultados	2	9,52	0	0,00		
		al final de comprobar los resultados	4	19,05	13	61,90		
No lo sé		0	0,00	0	0,00			
cambios dela teoría	Nuevos descubrimientos		9	42,86	4	19,05	10,0535	0,01812 **
	Nuevas tecnologías		0	0,00	0	0,00		
	Nuevos estudios		8	38,10	15	71,43		
	Hay errores en las teorías antiguas		4	19,05	0	0,00		
	No lo sé		0	0,00	2	9,52		
Características de los científicos	Deben tener conocimientos		11	52,38	2	9,52	11,0476	0,02603 **
	ser inteligente		8	38,10	15	71,43		
	Tener curiosidad		11	52,38	2	9,52		
	trabajador, honesto, responsable, ordenado.		8	38,10	13	61,90		
	Solidario		0	0,00	0	0,00		
No lo sé		0	0,00	0	0,00			
La tecnología y la biotecnología son	Tecnología	Máquinas e inventos	17	80,95	21	100,00	4,4211	0,10964
		Técnicas	2	9,52	0	0,00		
		Ayuda a otras ciencias	2	9,52	0	0,00		
		No lo sé	0	0,00	0	0,00		
Diferencias entre Ciencia y Tecnología	Avances científicos	conocimientos teóricos	17	80,95	19	90,48	0,1944	0,65924
		Técnicas	4	19,05	2	9,52		
		No lo sé	0	0,00	0	0,00		
	Avances tecnológicos	conocimientos teóricos	0	0,00	0	0,00	0,0000	1,00000
		Técnicas	21	100,00	21	100,00		
		No lo sé	0	0,00	0	0,00		

### 6.16.1 Sobre cómo se trabaja en Ciencia:

Un producto que haya sido probado científicamente significa:

E.10 “Que sus propiedades han sido analizadas y se ha experimentado con animales o humanos”

E.12 “Que ha sido sometido a distintas pruebas y las ha pasado.”

Los experimentos se realizan:

E.3 “Porque los experimentos ayudan a comprobar si funcionan o no.” E.12 “Toda investigación necesita experimentos que aseguren que el producto es bueno en verdad y quedamos más tranquilos”

Sobre las teorías:

Ejemplo de teoría: “La de la evolución de Darwin y la de la sopa primordial de Oparin y Miller.

¿Por qué se acepta?: “Porque ya se han comprobado que pueden ser la explicación al origen de la vida”

Ejemplo de teoría: “La teoría genética”; ¿Cómo crees que se elaboró?:

“Observando el funcionamiento de la herencia y realizando pruebas para ver lo que pasaba”; ¿Fue la primera teoría que explicaba estos hechos?: “No, pienso que se crearon muchas hasta llegar a la válida porque de una se van viendo los errores hasta que se consigue explicarlo todo”; ¿Por qué se acepta?: “Porque se han realizado pruebas para comprobarla en todos los posibles casos”

Sobre los científicos y su trabajo:

“Me imagino a esa persona con todo tipo de instrumentos necesarios para recoger datos y pruebas que le puedan ayudar (cámara fotográfica, recipientes para las muestras, laboratorios). Supongo que después tendría que buscar todo tipo de información sobre lo que quiere investigar y tener conocimientos sobre ello”

“Me la imagino en un laboratorio con todo tipo de instrumentos (tubos de ensayo, matraz, pipetas), sustancias y mucha información (libros, revistas, tesis, enciclopedias) los cuales combina con sus conocimientos para llegar a un resultado”

Sobre las relaciones C-T-S: ¿Qué es Ciencia y qué Tecnología?

“La penicilina y el principio de Arquímedes están relacionados con la Ciencia; y el microondas y mi celular con el avance tecnológico.

“El descubrimiento de la clonación porque lo han investigado científicos, y la televisión porque lo han descubierto ingenieros. Cada uno en su ciencia”

Por lo tanto, la hipótesis de este punto ha sido comparada, y se puede concluir que:

El cambio conceptual sobre la Naturaleza de la Ciencia prevalece en el tiempo, sufriendo pocos cambios en el tiempo.

Relacionando la anterior conclusión, para cada uno, las perspectivas relativas a la Naturaleza de la Ciencia, se puede decir que los estudiantes del GEXP:

- Respecto a sus ideas sobre cómo se trabaja en Ciencia, siguen pensando que la investigación científica se inicia con la resolución de problemas; donde la experimentación pretende contrastar hipótesis que surgen de un análisis de la pregunta.
- En relación con las ideas sobre cómo se crean y evolucionan las teorías, conservan una visión dinámica de ellas, donde lo observan como una obra humana que es modificable ante nuevos descubrimientos o paradigmas.
- En cuanto a las ideas que ellos tienen de los científicos, permanece la imagen del científico con numerosas cualidades donde la creatividad, la curiosidad y el tener una mente abierta es más importante, olvidando los estereotipos comunes de la sociedad.

### **Supuesto final II-3: comparación de la prevalencia en el tiempo del cambio de metodología de resolución de problemas abiertos**

Este supuesto fue definido de la siguiente manera:

El cambio respecto a la metodología de resolución de problemas abiertos permanece en el tiempo sin sufrir retrocesos significativos.

Los estudiantes del GEXP se han enfrentaron el siguiente problema abierto:

¿Cómo podrías saber si alguno de tus futuros hijos nacerá con algún defecto en su visión?

Para el contraste de este supuesto interesan las variables metodológicas (VM) y de Argumentación (VA). Es bueno recordar que su valoración es de 0 al 3 según su nivel de realización.

Los resultados, recogidos en los cuadros 34 y 35 permiten mostrar que los estudiantes del GEXP, excepto para la Variable Metodológica 3 (Elaboración de estrategias de resolución), han sufrido un retroceso significativo respecto a los contenidos referentes a procedimientos.

**Cuadro 22. Resultados de la resolución del problema abierto Final I y Final II. El valor rechaza la hipótesis nula de homogeneidad; es decir, los estudiantes del GEXP han sufrido un retroceso significativo en la realización de Variables Metodológicas (\*\*p<0,01, \*\*\*p<0,05 \*p<0,1.**

		GRUPO EXPERIMENTAL (N= 21)		GRUPO EXPERIMENTAL (N= 21)		ANOVA Valor de F	Valor P
Género	Masculino	8	38,10	8	38,10		
	Femenino	13	61,90	13	61,90		
VARIABLES METODOLÓGICAS (VM)		N	%	N	%		
Análisis cualitativo del problema VM1	Nivel 0	0	0,00	4	19,05	16,5830	0,0002138 ***
	Nivel 1	2	9,52	8	38,10		
	Nivel 2	6	28,57	5	23,81		
	Nivel 3	13	61,90	4	19,05		
Emisión de hipótesis VM2	Nivel 0	0	0,00	3	14,29	11,6980	0,0014540 ***
	Nivel 1	4	19,05	8	38,10		
	Nivel 2	0	0,00	4	19,05		
	Nivel 3	17	80,95	6	28,57		
Elaboración de estrategias de resolución VM3	Nivel 0	0	0,00	4	19,05	19,2040	0,0826700 *
	Nivel 1	4	19,05	11	52,38		
	Nivel 2	2	9,52	2	9,52		
	Nivel 3	15	71,43	4	19,05		
Resolución del problema VM4	Nivel 0	0	0,00	11	52,38	16,6540	0,0002083 ***
	Nivel 1	4	19,05	4	19,05		
	Nivel 2	4	19,05	0	0,00		
	Nivel 3	13	61,90	6	28,57		
Análisis de los resultados VM5	Nivel 0	0	0,00	13	61,90	31,4750	0,0016670 ***
	Nivel 1	6	28,57	4	19,05		
	Nivel 2	15	71,43	4	19,05		
	Nivel 3	0	0,00	0	0,00		
VARIABLE DE ARGUMENTACION VA	Nivel 0	0	0,00	11	52,38	18,9920	0,0000891 ***
	Nivel 1	4	19,05	4	19,05		
	Nivel 2	2	9,52	0	0,00		
	Nivel 3	15	71,43	6	28,57		

**Cuadro 23. Resultados sobre la resolución de problemas abiertos del GEXP en la fase Final II y el GCON en la fase Final I. Los valores apoyan la hipótesis alternativa; el GEXP es significativamente mejor que el GCON**

		GRUPO EXPERIMENTAL-2 (N= 21)		GRUPO CONTROL (N =21)		ANOVA Valor de F	Valor de P
Género	Masculino	8	38,10	10	47,62		
	Femenino	13	61,90	11	52,38		
VARIABLES METODOLÓGICAS (VM)		N	%	N	%		
Análisis cualitativo del problema VM1	Nivel 0	4	19,05	20	95,24	36,25	0,00044 ***
	Nivel 1	8	38,10	1	4,76		
	Nivel 2	5	23,81	0	0,00		
	Nivel 3	4	19,05	0	0,00		
Elaboración de estrategias de resolución VM3	Nivel 0	4	19,05	21	100,00	34,255	0,00077 ***
	Nivel 1	11	52,38	0	0,00		
	Nivel 2	2	9,52	0	0,00		
	Nivel 3	4	19,05	0	0,00		
Resolución del problema VM4	Nivel 0	11	52,38	18	85,71	4,1513	0,04826 **
	Nivel 1	4	19,05	1	4,76		
	Nivel 2	0	0,00	0	0,00		
	Nivel 3	6	28,57	2	9,52		
Análisis de los resultados VM5	Nivel 0	13	61,90	21	100,00	10,435	0,00248 ***
	Nivel 1	4	19,05	0	0,00		
	Nivel 2	4	19,05	0	0,00		
	Nivel 3	0	0,00	0	0,00		
VARIABLE DE ARGUMENTACION VA	Nivel 0	11	52,38	21	100,00	13,188	0,00079 ***
	Nivel 1	4	19,05	0	0,00		
	Nivel 2	0	0,00	0	0,00		
	Nivel 3	6	28,57	0	0,00		

### Conclusiones acerca de la Hipótesis Final II.

Al analizar los apartados anteriores, no se puede considerar la hipótesis Final II debidamente evaluada, sólo se puede decir que la permanencia en el tiempo de los aprendizajes se produce en los contenidos conceptuales: Genética y herencia y Naturaleza de la Ciencia.

Sobre esta permanencia de estos dos aprendizajes en el tiempo, se puede concluir que:

- El trabajo en el aula con la MRP permite el cambio conceptual, y su permanencia en el tiempo, tanto en Genética y herencia, como de los conceptos referentes a la Naturaleza de la Ciencia.
- Todo aprendizaje que se mantiene en el tiempo y cuyo olvido es lento implica la modificación sináptica y la formación de nuevas conexiones o refuerzo de las ya existentes; por lo tanto, la Metodología por Resolución de Problemas permite el

cambio conceptual entendido como reestructuración de los esquemas mentales hacia otros más cercanos a los utilizados por la comunidad científica.

- A pesar de que los estudiantes, con el paso del tiempo, olvidan o dejan de utilizar la MRP para resolver un problema abierto, esto no implica olvido de los conocimientos conceptuales que aprendieron gracias a la misma.

## **Comentarios de parte de los estudiantes hacia la metodología de resolución de problemas**

Ya habiendo realizado los análisis de las diferentes hipótesis, se analizará la actitud y comentarios de los estudiantes hacia la Metodología de Resolución por Problemas, y cómo han percibido las dificultades que han tenido que enfrentar, su evolución en el aprendizaje, y sus logros; es decir, lo que se conoce como aspectos metacognitivos<sup>25</sup>.

El instrumento de recolección utilizado para esta parte del trabajo fue una encuesta que a continuación se relaciona en el Anexo K.

La herramienta, presentaba preguntas relacionadas con:

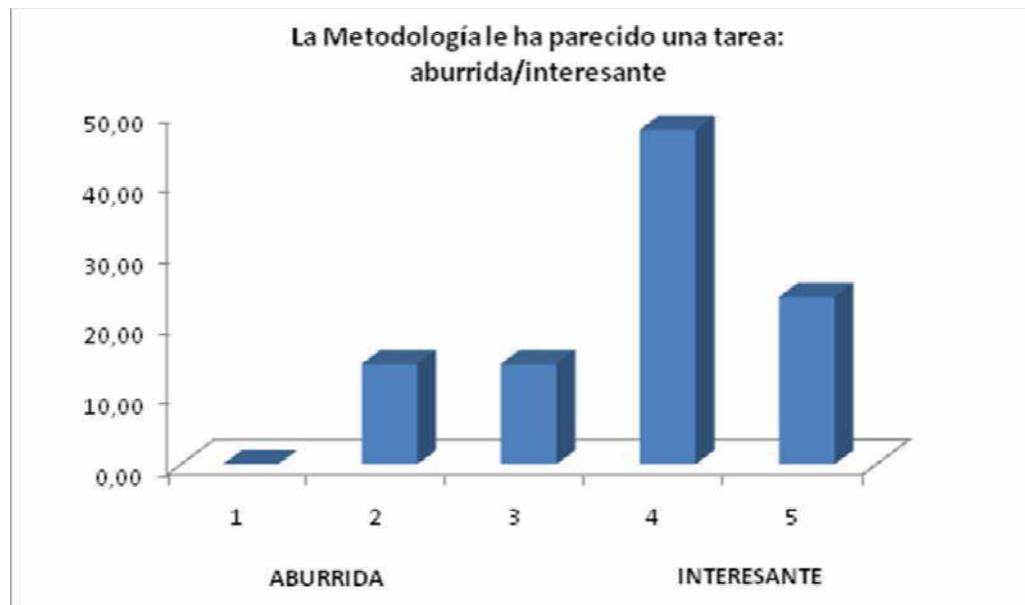
- Características de la tarea (ítems 1, 2, 3, 4 y 5)
- Autoconfianza (ítems 6, 10 y 12)
- Metodología y papel del profesor (ítems 7 y 11)
- Transposición a otras materias (ítems 8 y 9).

A continuación se analiza cada pregunta recogiendo los resultados en una gráfica, e incorporando las razones que emplean los estudiantes a la hora de justificar su respuesta.

---

<sup>25</sup> La Metacognición es conocer y autorregular los propios procesos mentales básicos, requeridos para un adecuado aprendizaje. (Yenny Marentes)

**Figura 11.** Representación gráfica de los resultados de la primera pregunta de la encuesta.

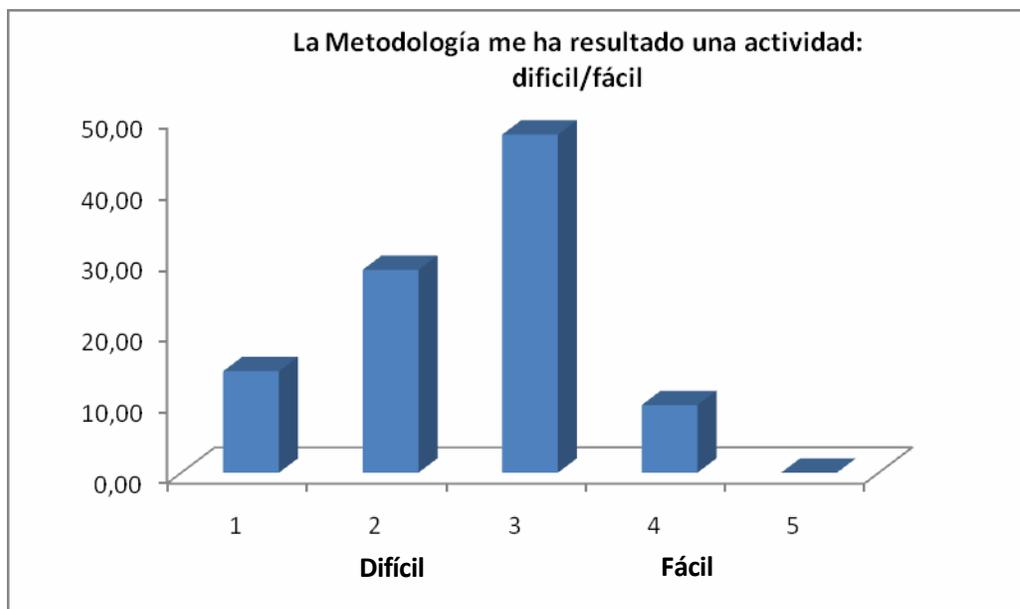


El interés que ha producido este tipo de trabajo es innegable al observar el gráfico. Las razones de esa gran mayoría de estudiantes, a la hora de decir que esta forma de trabajo les ha resultado interesante, están relacionadas con el mayor aprendizaje de conocimientos útiles, y con el hecho de trabajar perfilándose al mundo científico:

- “Ponías en práctica los conocimientos de genética en problemas de la vida cotidiana, que puedes tener a lo largo de tu vida” (E.2)
- “En realidad me ha hecho ver la Ciencia desde algo más cotidiano, y menos aburrido y difícil” (E.12)
- “Me gusta mucho eso de investigar e intentar resolver problemas reales como lo pudiera hacer un científico” (E.18)

Las razones de unos pocos para considerar la tarea aburrida están relacionadas con el esfuerzo exigido por esta forma de trabajo:

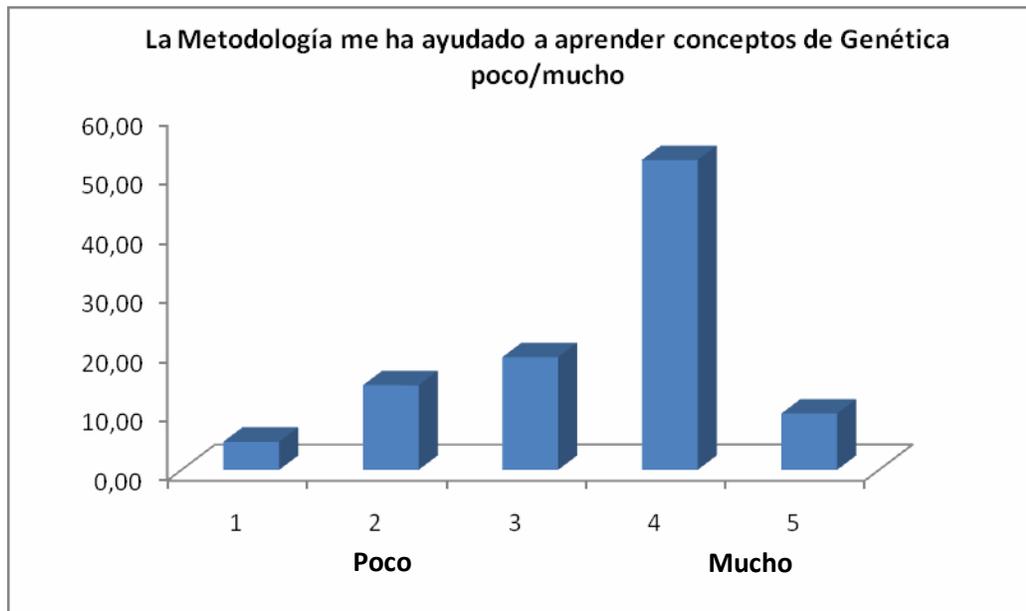
- “Un poco cansada ya que nos has mandado muchos ejercicios y problemas” (E.3)

**Figura 12.** Representación gráfica de los resultados de la pregunta dos de la encuesta.

- La Metodología les ha parecido, a la mayoría de los estudiantes, una actividad de gran dificultad. Sin embargo, esto no ha supuesto una pérdida de interés como se constata en la pregunta 1.

Las respuestas de los estudiantes se centran en los aspectos que les han dado más dificultad:

- “A veces era complicado entender el problema y tomar un camino para su resolución” (E.2)
- “Teníamos que explicar con mucho detalle todos los pasos que dábamos” (E.15)
- “Al principio no era capaz, aunque al final me he superado y he logrado hacer algunas” (E.6)
- “En principio todo es difícil pero luego se han ido haciendo más rápido, pero los problemas no eran fáciles como decía el profe” (E.16).

**Figura 13.** Representación gráfica de los resultados de la pregunta tres de la encuesta.

La gran mayoría de los estudiantes considera que la Metodología les ha ayudado a aprender conceptos de Genética, y sus razones se centran en que es necesario dominar los conceptos para aplicarlos y poder resolver los problemas:

- “Algunos conceptos, aunque más bien me ha ayudado a saberlos aplicar” (E.5)
- “En cada problema los necesitabas utilizar, cuando aparecía uno nuevo lo podías enlazar con los demás, y para el examen me ha ayudado mucho saber ya los conceptos” (E.9)
- “De una manera práctica se entienden, no se aprende de memoria, y se sabe para qué sirven, dónde están, etc.” (E.12)
- “Si no tenías claros los conceptos no podías resolver los problemas” (E.9)

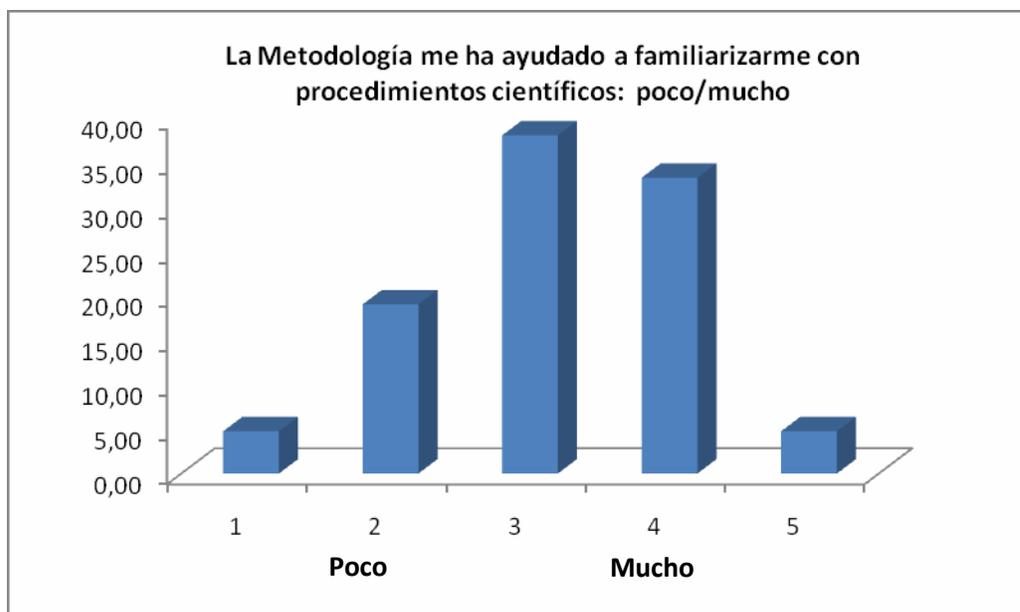
También ponen de manifiesto un hecho que ya se había percibido en el aula al finalizar el periodo y dar comienzo a las pruebas que recopila el temario del periodo. Los estudiantes, o creían que no se había dado teoría para realizar un examen teórico, o creían que no necesitaban estudiar teoría porque la habían trabajado mucho:

- “Con ello dabas muchas cosas que luego me ha servido para hacer bien el examen teórico” (E.6)

La mayoría de las respuestas de los estudiantes se encuentran entre el valor intermedio, y los valores más altos. En las explicaciones que dan reconocen que la forma de trabajo se acerca a la verdadera actividad científica y que los problemas son más cercanos a la realidad:

- “En parte yo creo que sí pero por otra parte los científicos tienen un nivel más alto que nosotros y harán más cosas” (E.11)

**Figura 14.** Representación gráfica de los resultados de la pregunta cuatro de la encuesta.



Las razones que da el único estudiante para una valoración tan baja a esta pregunta son estas:

- “Si, hemos hecho muchos problemas, pero sólo en el papel, no hemos utilizado máquinas ni hecho experimentos otros objetos científicos” (E.21)

Las respuestas se reparten entre los valores 3, 4 y 5. Sumando los valores más altos, más del 50% considera que la Metodología les ha ayudado a resolver los problemas cerrados del examen clásico. Sólo el 10% cree que no le ha ayudado.

Las razones manejadas por la mayoría se centran en el hecho de que cuando aprendes a resolver lo difícil, lo fácil (problemas cerrados) no debe ser problema lo otro.

- “Son iguales sólo que con todos los datos, y por lo tanto más sencillos” (E.6)
- “Me parecen mucho más fáciles, llegan a una conclusión y un sola solución” (E.19)

**Figura 15.** Representación gráfica de los resultados de la pregunta cinco de la encuesta



Las razones de la minoría, que no consideran que los problemas abiertos les ayuden a realizar los otros, son del tipo:

- “Dependiendo del tipo de problema” (E.13)
- “Yo siempre encuentro más de una respuesta” (E.16)

**Figura 16.** Representación gráfica de los resultados de la pregunta seis de la encuesta



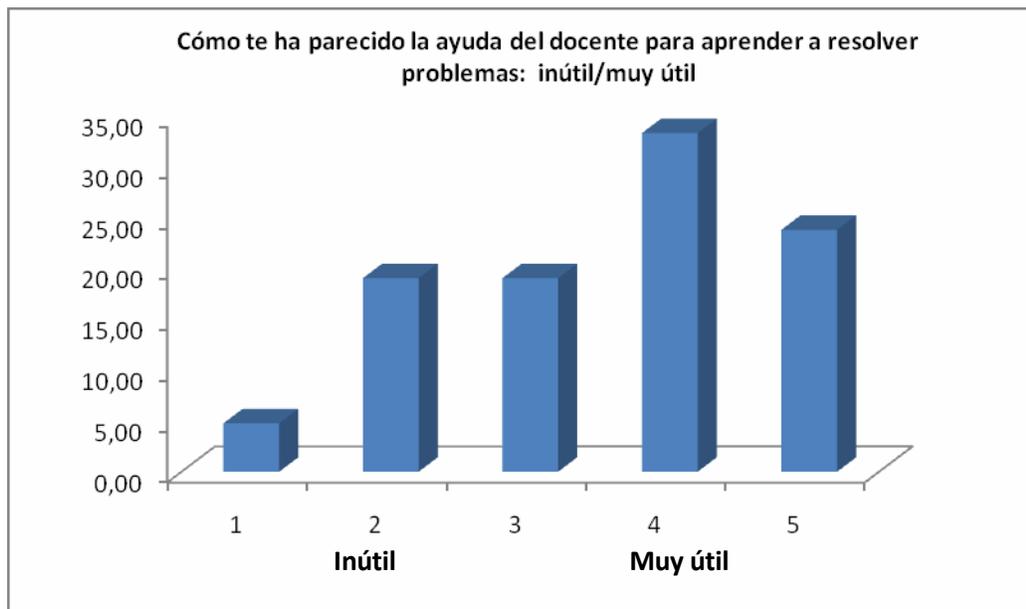
Cerca del 70%, expresa que el trabajar esta metodología les ha dado la confianza suficiente como para enfrentarse a problemas desconocidos. Esta confianza nace de la percepción que tienen de que han aprendido a analizar más detenidamente una situación problemática sea novedosa o no:

- “Al haber aprendido a resolver estos problemas, y de diversas maneras, me veo capaz de resolver un problema desconocido” (E.12)
- “Estas estrategias se aplican y sirven para otros problemas aunque sean distintos” (E.10)

Los que no se sienten tan seguros es porque las dificultades que han tenido a la hora de resolver problemas les hace ser precavidos, o bien reconocen que cada problema necesita de nuevos datos y estrategias:

- “Como en todo hay unos que parecen más fáciles y otros difíciles, necesito algo de base siempre para realizar alguno desconocido” (E.5)
- “No me salen bien, ya que hay que buscar estrategias con que resolverlos y generalmente me quedan malos” (E.17)

**Figura 17.** Representación gráfica de los resultados de la pregunta siete de la encuesta



Aunque este gráfico indica una mayoría de estudiantes contentos de la ayuda recibida por docente, si se analiza las respuestas mucho más detalladamente se encuentra una situación muy curiosa. Estudiantes con valoraciones opuestas coinciden en las razones por las que eligen esa puntuación, y estudiantes que han dado un valor alto a la ayuda recibida por parte del profesor difieren considerablemente en sus argumentos. La razón se encuentra en que unos piensan que el papel del profesor debe ser el de “experto que soluciona el problema”, y otros han aceptado el papel del profesor como „guía”.

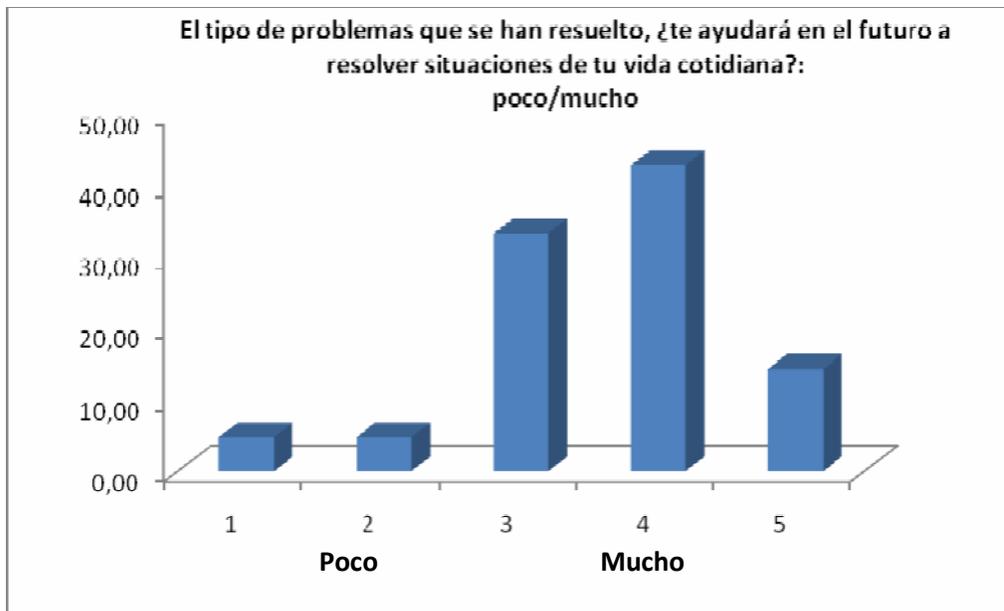
Algunas de las razones de los estudiantes que dieron una puntuación de 2 o 3 han sido:

- “Tampoco nos ha ayudado demasiado sólo nos daba alguna pista de vez en cuando” (E.3)
- “A veces te explicaba las cosas y lo que hacía era presentar más problemas de los que teníamos al principio” (E.17)

Entre los argumentos utilizados por los estudiantes que dieron una puntuación de 4 o 5 tenemos:

- “Nos guiaba pero nos dejaba la resolución a nosotros” (E.14)
- “Él aunque no nos lo resolvía nos encaminaba hacia el problema y nos daba mucha ayuda ya que nos preguntaba mucho sobre nuestra respuesta” (E.15)

**Figura 18.** Representación gráfica de los resultados de la pregunta ocho de la encuesta

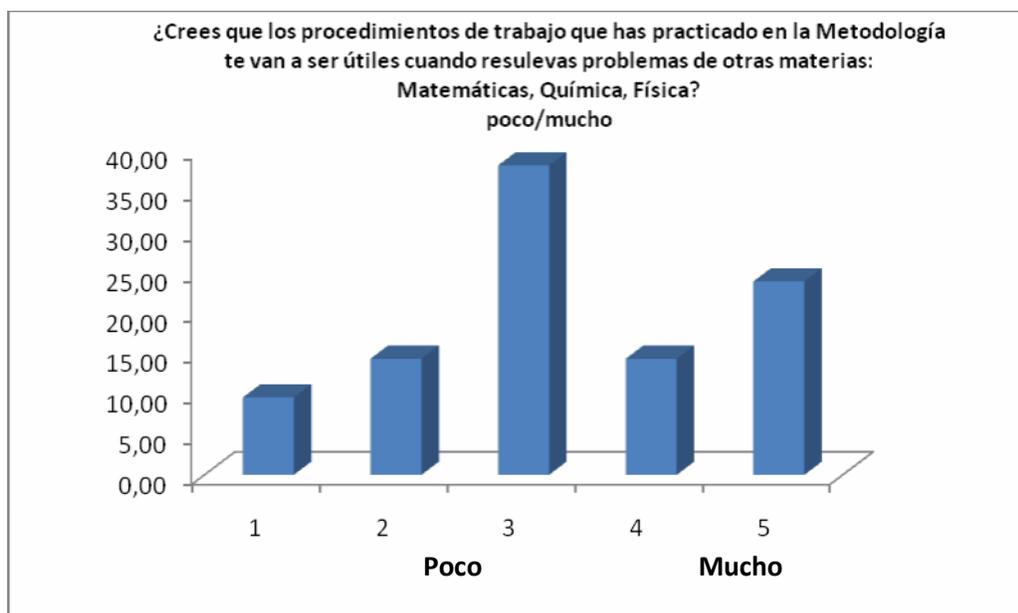


Exceptuando un estudiante que no ve los problemas trabajados en el aula “aplicables a la vida cotidiana”, el resto de la clase considera que los contenidos, en especial los

relacionados a enfermedades, los van a poder utilizar en el futuro. Algunas explicaciones dadas por ellos son:

- “Si la ciencia sigue avanzando la genética en el futuro formará parte de la vida cotidiana” (E.14)
- “Puedes dar opiniones sobre posibles enfermedades o cambios genéticos” (E.15)
- “Sé cómo se trabaja en ciencias, entiendo las noticias que veo en la TV, sé lo que son los transgénicos, etc.” (E.12)

**Figura 19.** Representación gráfica de los resultados de la pregunta nueve de la encuesta



El mayor número de respuestas (33,3%) se encuentran en el valor intermedio de duda o indecisión a la hora de optar por una respuesta; sin embargo, las explicaciones de los estudiantes son cercanas a la utilidad de la Metodología en cualquier campo:

- “Según, yo creo que si, el procedimiento de trabajo es muy bueno, te ayuda a ir resolviendo los problemas desde el principio” (E.20)
- “Pueden servir, porque también en estas materias hay que resolver problemas similares...”

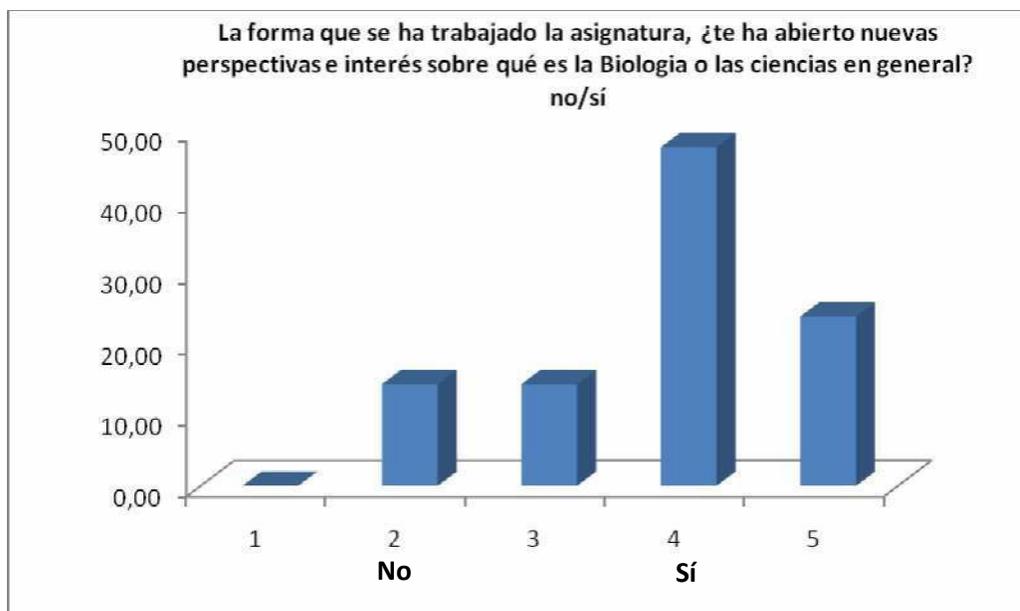
Si sumamos los valores de 4 y 5, otro 33,3% de los estudiantes consideran que la forma de trabajo es útil para cualquier tipo de problema porque:

- “Estos procedimientos pueden aplicarse a otras materias” (E.10)
- “Estos problemas no son sólo específicos para biología, hemos aprendido a analizar la situación para cualquier otra materia y para mí es lo más importante” (E.16)

Sólo un 14,29% de los estudiantes no extrapolan la Metodología a otras disciplinas:

- “No sé, a lo mejor en física” (E.13)
- “No tiene nada que ver, porque son temas diferentes” (E. 17)
- “Cada materia tiene su método de resolución de problemas muy diferente” (E.12)

**Figura 20.** Representación gráfica de los resultados de la décima pregunta de la encuesta

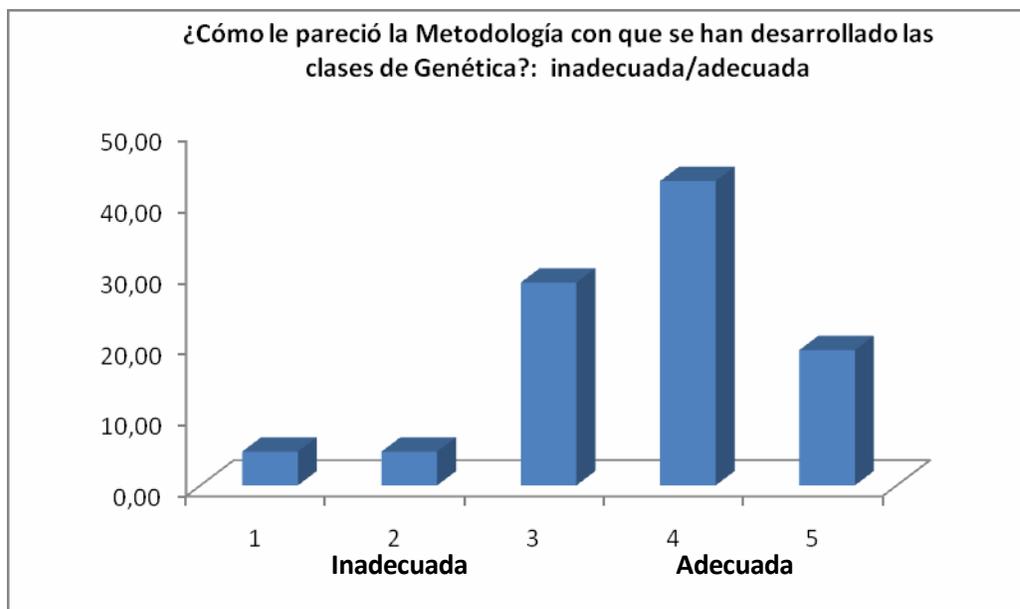


La mayoría de los estudiantes muestran un gran interés sobre la Biología o las Ciencias en general, a partir de esta forma de trabajar en el aula:

- “Me ha parecido que no son tan aburridas como las pintan, sino que pueden ser muy interesantes” (E.5)
- “Antes creía que la biología sólo era animales y plantas” (E.8)
- “Me gustaría estudiar Medicina y esto que me ha hecho que tenga mayor interés por mi futura carrera” (E.12)

El 25% de los estudiantes dan respuestas negativas porque no van a seguir estudiando alguna rama de las Ciencias.

- “Ha sido interesante pero no va conmigo” (E.16)
- “No me interesa la Ciencia en general” (E. 19)
- “Lo que más me gusta en este mundo son la música, la poesía y el dibujo” (E.15)
- “Ha sido todo lo contrario, estos problemas me han parecido muy complicados por lo que ya no tengo tantas ganas como al principio de interesarme por la Biología” (E.17)

**Figura 21.** Representación gráfica de los resultados de la undécima pregunta de la encuesta

Hay dos estudiantes que consideran la metodología utilizada como inadecuada. Las razones que dan, el 61,90% de los estudiantes, para considerarla adecuada son, principalmente, la organización del trabajo en grupos y la dinámica activa seguida en el aula:

- “Ha sido adecuada porque ha hecho que todos prestemos atención y que las clases sean más amenas” (E.13)
- “Buena, ya que en poco tiempo he aprendido muchas cosas casi sin estudiar nada” (E.15)
- “Eran entretenidas y variadas porque te hacían razonar mucho en los problemas. Contaba mucho el trabajo personal diario y eso me gusta” (E.19)
- “Aunque nunca había trabajado así, me gusta esta forma de trabajo” (E.16)

Las respuestas correspondientes al valor intermedio (28,57%), no dan mucha información y son del tipo:

- “No sé si ha sido la adecuada porque nunca antes había visto Genética” (E.7)
- El 9,52%, no la consideró adecuada, sus razones fueron:
- “Todo el tiempo hemos estado haciendo problemas y eso me aburría” (E.17)
- “Hubiese preferido realizar clases más divertidas” (E.9)

**Figura 22. Representación gráfica de los resultados de la duodécima pregunta de la encuesta**



Sólo un 19,05% de los estudiantes no se consideran capaces de resolver problemas, las razones de estos dos estudiantes son:

- “No me va bien con los problemas, especialmente si tienen matemáticas” (E.5)
- “Soy una persona que tengo muy poca confianza en mí” (E.7)

El resto del Grupo Experimental presenta un alto grado de autoconfianza a la hora de resolver otros problemas:

- “Ahora me siento más seguro de mí mismo, antes me parecía imposible que yo resolviera estos problemas” (E.2)
  
- “Yo pensaba que esos problemas no los iba a poder resolver y ahora me doy cuenta que poco a poco los he ido cogiendo” (E.18)

Una valoración global de los datos obtenidos, muestra que las opciones más favorables, extremos 4 y 5 del diferencial de la escala Likert, han sido escogidas como media en un 59,36% de las respuestas. El extremo más negativo del diferencial, puntuaciones 1 y 2, ha sido escogido como media en un 18,33% de las respuestas. Estos valores son muy relevantes en cuanto al grado de aceptación y valoración que esta metodología ha tenido en los estudiantes; y son muy superiores a los obtenidos en pruebas similares realizadas con estudiantes inmersos en modelos de enseñanza de tipo expositivo.

Esta misma prueba, utilizada para medir la actitud de estudiantes de Física hacia la Metodología de Resolución por Problemas (Varela, 1994), obtiene resultados similares sobre los tres primeros aspectos mencionados al inicio: características de la tarea, autoconfianza del estudiante y metodología y papel del docente. Sólo se detectó diferencias en relación a la transposición de estos conocimientos. Los estudiantes de Física, frente a los de Biología, ven más factible usar esta metodología en otras disciplinas científicas. Sin embargo, los estudiantes de Biología, frente a los de Física, ven más fácil la aplicación de estos conocimientos a resolver cuestiones de la vida cotidiana. Esta diferencia se debe a la naturaleza de las dos disciplinas académicas, tanto por el uso habitual de problemas, como por la cercanía de los contenidos con la realidad.

Los resultados obtenidos permiten de alguna manera afirmar que el uso de la Metodología ha incidido en una actitud favorable hacia la tarea de resolver problemas, en el marco del aprendizaje de las Ciencias Biológicas, en éste caso específico.

Dentro de los aspectos metacognitivos, que se han analizado, se puede llegar a las siguientes conclusiones, de acuerdo a lo mencionado por los encuestados:

- La MRP genera interés en los estudiantes porque permite un mayor aprendizaje de conocimientos útiles, y de forma práctica y cercana a lo que es el trabajo de perfil

científico. El aprendizaje realizado es muy útil en la vida diaria porque se ha aprendido a tomar decisiones, pensar y resolver un problema desde el principio, y a discutir en grupos las diferentes opciones de resolución.

Las dificultades en la MRP se relacionan con la elección de un camino o forma de resolución; y con el mayor esfuerzo que es describir de manera detallada todos los pasos y decisiones que se toman.

## 7. Conclusiones y recomendaciones

### Conclusiones

El Trabajo de grado (TG) llevado a cabo tuvo como finalidad de emplear una metodología didáctica bajo un enfoque C-T-S, dentro de los ciclos formativos de genética a nivel medio de la Institución Educativa San José, de la Unión Valle del Cauca<sup>3</sup>. Por ello, los objetivos de cambio conceptual, de procedimientos y de actitudes que se le atribuyen a esta metodología, en el presente estudio, no se han limitado a los contenidos de la disciplina sino que se han ampliado hacia ámbitos de tipo epistemológico. Además se analizó tanto el cambio conceptual respecto a la genética y herencia como a la naturaleza de la ciencia; el cambio metodológico se ha centrado en estrategias propias de la actividad científica, la resolución de problemas; y el cambio de actitudes se ha referido a la ciencia como conocimiento y disciplina de estudio, y a las relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad. Aunado a lo anterior se indagó sobre las interacciones existentes entre el estilo cognitivo Dependencia Independencia de Campo (DIC), en el aprendizaje de la Metodología.

Con este trabajo se pretendía contribuir al desarrollo teórico de la didáctica de las ciencias en aspectos como:

- Beneficiar el aprendizaje significativo de los estudiantes,
- Suscitar metodologías aplicables en el aula que sean más activas y cercanas a perspectivas de las ciencias de la actualidad.
- Aportar más validez a la metodología desarrollada en las últimas décadas, en el campo de la Genética,

- Desarrollar nuevas posibilidades de enfoque a la Ciencia, la Tecnología y la Sociedad a partir de la Metodología aplicada en el estudio.

## **Resumen de los resultados obtenidos**

Como ya se había indicado, se recogen las conclusiones del presente trabajo, de acuerdo a los siguientes contenidos:

### § Conceptos:

- de genética y herencia humana.
- sobre la Naturaleza de la Ciencia

### § Procedimientos:

- de resolución de problemas

### § Actitudes:

- relacionadas con la Ciencia
- relativas a las relaciones C-T-S

### § **Lo relacionado a preconceptos de genética y herencia**

La eficacia de la metodología a la hora de promover el cambio conceptual, sobre genética y herencia, se manifiesta en:

- Los estudiantes, tras el trabajo realizado en el periodo académico modifican sus esquemas conceptuales sobre localización de la información hereditaria, herencia de padres a hijos y herencia de caracteres adquiridos, hacia otros más próximos que son aceptos actualmente por la ciencia.
- Este aprendizaje es, desde el punto de vista estadístico, significativamente mayor que el realizado a través de una metodología tradicional.

- El cambio conceptual sobre estos contenidos prevalecen en el tiempo sin sufrir retrocesos estadísticamente significativos.

Además, se puede concluir que:

- El cambio conceptual sobre los contenidos conceptuales analizados no se ha podido relacionar con características individuales de los estudiantes como el estilo cognitivo Dependencia Independencia de Campo (DIC).

### § **Lo relacionado a los preconceptos de naturaleza de la ciencia**

La eficacia de la Metodología para generar un cambio conceptual, en los preconceptos sobre la Naturaleza de la Ciencia, se vieron reflejadas:

- Los estudiantes, a través del trabajo de resolución de problemas abiertos, modificaron sus ideas respecto a cómo se trabaja actualmente en la Ciencia, qué es una teoría, las características de los científicos y sobre las relaciones C-T-S, evolucionando hacia una visión más actualizada y cercana a la epistemología actual.
- Este aprendizaje es significativamente mayor, desde el punto de vista estadístico, que el que se produce a través de una metodología tradicional.
- El cambio conceptual prevalece en el tiempo sin sufrir retrocesos estadísticamente significativos.

### § **Lo relacionado a procedimientos de resolución de problemas abiertos.**

Sobre el aprendizaje que los estudiantes han realizado de los procedimientos propios de la Metodología, se puede decir:

- Los estudiantes evolucionan de forma significativa (desde el punto de vista estadístico) hacia niveles de resolución más complejos de las variables metodológicas y de argumentación. Dentro de las variables metodológicas, el análisis cualitativo del problema y la elaboración de una estrategia de resolución, son las que más presentaron avances.

- Este avance en la resolución de problemas abiertos fue estadísticamente significativa para los problemas que contenían temas relacionados con herencia mendeliana, herencia no mendeliana, herencia de caracteres adquiridos. Para los problemas relacionados con biotecnología o afines no se apreció dicho avance.
- Los estudiantes fueron capaces de transferir la metodología aprendida de un tipo de problema a otros. Las dificultades que se apreciaron en este proceso se debió a la necesidad de encontrar un nuevo modelo de herencia, siendo la no mendeliana la que presenta las mayores complicaciones a la hora elaborar una estrategia de resolución, como era de esperarse.
- Este aprendizaje es mayor, desde el punto de vista estadístico, que el obtenido a través de una metodología tradicional y, también facultó, a los estudiantes a resolver problemas cerrados de cualquier clase; ya sean causa-efecto o efecto- causa.
- En cuanto al estilo cognitivo DIC de cada individuo se observó de manera clara que influye en la realización de las variables metodológicas, específicamente en la VM3 (Elaboración de una estrategia de resolución) en contraste con el análisis de resultados, donde no se observó ningún tipo de influencia.

#### § **Lo relacionado a las actitudes con la ciencia**

La metodología, se manifiesta como una muy buena estrategia para facilitar el cambio de actitudes que estén relacionadas con la Ciencia, porque:

- Los estudiantes, que han trabajado con esta metodología en el aula, modificaron de manera palpable sus actitudes hacia otras más críticas y favorables, respecto al progreso científico, siendo estas altamente motivadoras para aquellos estudiantes que tienen como meta seguir estudios superiores que presenten este perfil.
- Los estudiantes que trabajaron con esta propuesta metodológica demostraron un cambio de actitud favorable (estadísticamente significativo) que el presentado por

los estudiantes conocidos en el estudio como Control (GCON) que seguían el modelo tradicional empleado habitualmente en las aulas de clase.

### § **Lo relacionado a las actitudes en las relaciones C-T-S**

Al trabajar con esta Metodología se logra cambio en las actitudes C-T-S, porque:

- Los estudiantes, que trabajaron con esta metodología, modificaron sus posturas sobre las relaciones C-T-S hacia otras más definidas y favorables porque fueron generando sus propias apreciaciones y opiniones respecto al papel de los científicos en la Sociedad, la influencia de la Ciencia y la Tecnología en la Sociedad, la finalidad de la Ciencia y los gastos en investigación, como también los límites de la Ciencia y la Tecnología.
  
- Las actitudes hacia las relaciones C-T-S fueron estadísticamente más definidas y favorables en los estudiantes, que trabajaron con la Metodología, en comparación de aquellos jóvenes que hicieron parte del modelo tradicional. Este cambio también se evidenció al presentarse una mayor capacidad crítica y de razonamiento, a la hora de tomar decisiones en una situación problemática personalizada que aborde temas relacionados con Ciencia, Tecnología y la Sociedad.

## **Recomendaciones**

### **Desde el punto de vista de la didáctica**

Dentro de la enseñanza de las ciencias, la resolución de problemas es una actividad esencial en cada una de las disciplinas que la componen. Por ello, y como se ha podido observar en este TG, las investigaciones en didáctica que aborden metodologías que se basan en este tipo de actividades son numerosas. Por ende las implicaciones didácticas que se pueden sugerir, a partir de los logros alcanzados en este trabajo, son una

contribución más del modo como se puede y debe actuar en el aula, para alcanzar aprendizajes significativos.

- La Aplicación de esta Metodología en la enseñanza de la Biología permite, al igual que en otras disciplinas de las ciencias, que los estudiantes reestructuren sus conceptos, produciéndose un cambio en ellos, al igual que en sus procedimientos y actitudes, superando tanto los objetivos curriculares definidos para el nivel medio, como en éste estudio. Por lo tanto, el trabajo de resolución de problemas abiertos, contribuye al enriquecimiento de la enseñanza de la Biología de una manera novedosa y porque no decirlo, más productiva de abordar sus contenidos programáticos.
- Pasando por alto los diferentes contenidos de las asignaturas que hacen parte de las ciencias, la Metodología aplicada se presenta como una estrategia poderosa a la hora de conseguir aprendizajes, que son tan deseados, dentro de esta tarea de la enseñanza. Por tanto, se debe considerar y ojalá de manera oportuna aplicarla en la enseñanza de todas las ciencias, resaltando para el caso la genética, que posibilita el utilizar problemas contextualizados al entorno y a los avances en la CTS, que se potencia aún más en la predisposición de cada discente hacia la resolución de problemas abiertos. Lo anterior incluye el interés de los estudiantes hacia esta forma de trabajo, haciéndolos conscientes del aprendizaje realizado y su utilidad, así como socorrer su autoconfianza a la hora de resolver otros tipos de problemas.
- Ya en lo que se refiere a contenidos conceptuales, en el caso particular de la Genética y herencia, la correlación encontrada entre los distintos esquemas conceptuales analizados como fueron; la localización de la información hereditaria, la herencia de padres a hijos y la herencia de caracteres adquiridos, proporciona una pauta fundamental para la selección y organización de los contenidos, para de esta forma promover nuevos aprendizajes y la reestructuración de esquemas conceptuales, que hasta el momento parecían inmodificables.

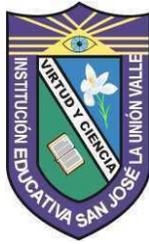
- En el contexto Ciencia Tecnología y Sociedad, muy de moda en la actualidad, promovidos por las Instituciones de Educación Superior (IES) como la Universidad del Valle, permite considerar la Metodología de Resolución de Problemas (MRP) como una estrategia que no sólo se adapta sino que permite el desarrollo de este enfoque. Hay que retomar y referenciar que la resolución de problemas abiertos generó en los estudiantes un cambio conceptual, de procedimientos y actitudes, y que fue más allá de la disciplina en la que se aplicó, finalizando en una nueva visión que sobre la Ciencia tienen ahora los discentes.
- La heterogeneidad de individuos, que se pueda presentar al interior de un aula de clase, no imposibilita la aplicación de esta Metodología. Partiendo del siguiente preconcepto: los estudiantes aprenden de forma diferenciada, tal y como se ha comprobado con la relación entre el estilo cognitivo DIC y la resolución de problemas abiertos, los docentes bajo este precepto deberían, tener en cuenta esta estrategia en la práctica docente.

Para finalizar, no se quiere perder la oportunidad para sugerir el empleo de esta metodología, lógicamente los docentes de las áreas como Biología, Física y Química, supondrían que son los más indicados en seguirla, pero, debería estar presente en los cursos de formación, tanto inicial como permanente, de los docentes que orientan sus áreas a nivel de Educación Secundaria. La utilización de esta propuesta metodológica durante los procesos de enseñanza-aprendizaje, no sólo se ha manifestado, como en parte se recoge en este TG, como promotora de aprendizajes escolares, sino que se considere fundamental para que los profesores lleven a cabo actividades más creativas y motivadoras que potencien su desarrollo profesional y la mejora en la calidad de la enseñanza.

## **Anexos**



## A. Anexo: Problemas planteados con relación a preconceptos de genética y herencia



INSTITUCIÓN EDUCATIVA "SAN JOSÉ"  
LA UNIÓN VALLE  
Nit. 821.000.279-6  
DANE17640000019

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha de nacimiento dd/mm/año \_\_\_\_\_ sexo \_\_\_\_\_ curso \_\_\_\_\_

Completa los cuadros 1 y 2 con las siguientes palabras: **Sí**, **No**, **D** (no estoy seguro), **NS** (no lo sé) o con alguna indicación.

1.- Se han colectado los diferentes seres vivos. Responde, a las preguntas que se plantean.

	¿Contienen información genética?	¿Tienen cromosomas?	¿Tienen células?
Árboles			
Bacterias			
Helechos			
Hongos			
Insectos			
Mamíferos			
Virus			

2.- Tienes colectadas las diferentes células humanas.

	¿Tienen genes?	¿Tienen cromosomas?	¿Tienen cromosomas sexuales?	¿Llevar información hereditaria?
Célula muscular				
Espermatozoide				
Glóbulo blanco				
Neurona				
Óvulo				

3.- Las células humanas son muy diferentes entre sí. ¿A qué se debe esta diversidad?

- La información hereditaria sólo la llevan las células reproductoras (espermatozoides y óvulos).
- Aunque las células sean distintas, todas llevan la misma información hereditaria
- Las células son distintas porque llevan distinta información hereditaria.
- No estoy seguro de la respuesta

He elegido una de esas respuestas basándome en estas justificaciones:

- La célula recibe información hereditaria según la función que va a desempeñar
- Las células reproductoras no llevan información hereditaria, sus diferencias se deben a las funciones que desempeñan en el organismo.
- Aunque todas las células llevan la misma información hereditaria, sólo una parte se utiliza en cada clase de células.
- Otra justificación tuya: \_\_\_\_\_

4.- Cuando una célula muscular se divide, ¿qué puede ocurrir?:

- Unas veces produce una célula muscular, pero otras veces otras células distintas.
- Siempre produce otra célula muscular.
- Casi siempre produce una célula muscular, pero si el organismo lo necesita, puede dar otra distinta, aunque esto es raro.
- No estoy seguro de la respuesta.

He elegido una de esas respuestas basándome en estas justificaciones:

1. Esto es debido a la información hereditaria.
2. Esto es debido a las necesidades del organismo.
3. Esto es debido a la función que desempeña
4. Depende del estado de salud del organismo, que éste funcione correctamente o no.

5.- He aquí algunas características humanas que determinan y distinguen a un ser humano.

	1	2	3	4	5
Calvicie					
Caracteres					
Color de ojos					
Color de piel					
Peso					

Clasifícalas según si estos caracteres los poseemos porque:

1. Son caracteres hereditarios.
  2. Son caracteres hereditarios fundamentalmente, aunque también puede influir algo el medio ambiente.
  3. No estoy seguro de la respuesta.
  4. Fundamentalmente dependen del medio ambiente, aunque también influye algo la herencia.
  5. Dependen sólo del medio ambiente.
- 6.- Una pareja tiene dos hijos de 14 y 16 años de edad, ambos varones. El mayor se parece mucho al padre y el menor menos; dicen que se parece más a la madre. ¿Cuál de las siguientes causas puede explicar esto?
- a. El menor lleva más información hereditaria de la madre que del padre, por eso se parece más a su madre.
  - b. Los dos llevan la misma información hereditaria del padre que de la madre, pero en un caso se utiliza o manifiesta la del padre y en el otro la de la madre.
  - c. Si el primero se parece al padre, el segundo se parecerá a la madre
  - d. El mayor lleva más información hereditaria del padre que de la madre, por lo que se parece más a su padre.
  - e. No estoy seguro de la causa.

7.- Una pareja en la que el color de los ojos del hombre y la mujer son marrones, ¿Puede tener un bebé de ojos azules?

- a. Ocurre a veces.
- b. Ocurre muchas veces.
- c. Es prácticamente imposible.
- d. No estoy seguro de la respuesta.

He elegido una de esas respuestas basándome en estas justificaciones:

1. Aunque la información hereditaria de los padres es de ojos marrones, puede tener lugar alguna mutación que sea responsable de que el niño sea de ojos azules.
2. Los padres son de ojos marrones, pero también pueden llevar información hereditaria de ojos azules.
3. Aunque los padres sólo llevan información hereditaria del color de ojos marrón, puede haber algún antepasado en la familia (abuelos, bisabuelos...) que tuviera ojos azules.
4. La información de los padres es la correspondiente a ojos marrones, por eso el bebé debe tener ojos marrones.

8.- Un grupo de personas de piel blanca colonizó una región de África del Sur. Al ser el clima distinto al de su lugar de origen, poco a poco el color de su piel fue haciéndose cada vez más moreno. Una vez establecidos en aquella zona, realizaron matrimonios entre ellos. ¿Cómo crees que será el color de piel, al nacer, de la vigésima generación descendiente de los primeros colonos?:

- a. En el momento del nacimiento, el bebé de los individuos descendientes tiene el mismo color de la piel que de los colonos primeros.
- b. Entre los descendientes puede haber de color de piel blanca, negra o morena.
- c. En el momento del nacimiento, el bebé de los individuos descendientes tiene el color de la piel más moreno que el de los primeros colonos.
- d. No estoy seguro de la respuesta.

He elegido una de esas respuestas basándome en estas justificaciones:

1. El nuevo clima no introducirá cambios en la información hereditaria sobre el color de la piel.
2. El nuevo clima sí introducirá cambios en la información hereditaria sobre el color de la piel.
3. Después de tantas generaciones, se ha ido produciendo un cambio en la información

hereditaria, hasta llegar a la situación actual.

Otras posibilidades (especificalas):

## B. Anexo: Problemas planteados con relación a conceptos sobre la Naturaleza de la Ciencia.



INSTITUCIÓN EDUCATIVA "SAN JOSÉ"

LA UNIÓN VALLE

Nit. 821.000.279-6

DANE 176400000019

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha de nacimiento dd/mm/año \_\_\_\_\_ sexo \_\_\_\_\_ curso \_\_\_\_\_

Contesta a las siguientes preguntas:

1. La biotecnología es:

- Combinar la biología y la tecnología.
- Usar organismos vivos para crear productos que pueden ser alimentos, antibióticos, etc.
- Manipular el ADN de los seres vivos para obtener productos que pueden ser alimentos, antibióticos, etc.
- No lo sé.

2. Cuando los científicos hablan de la teoría de la evolución de Darwin se refieren a:

- Un presentimiento o una idea.
- Una explicación bien establecida.
- Un hecho probado.
- No lo sé.

3. ¿Qué es una teoría científica?. Es:

- a. Una idea sobre algo que ocurrirá.
- b. Una explicación sobre cómo ocurren las cosas.
- c. Un hecho que ha sido probado con muchos experimentos.
- d. No lo sé.

4. Cuando los científicos no están de acuerdo es porque:

- a. No se han descubierto aún todos los hechos.
- b. Cada científico conoce hechos diferentes o trabaja con teorías científicas diferentes.
- c. Debido a diferentes opiniones personales y valores o a la influencia de gobiernos, centros de investigación, etc.
- d. No lo sé.

5. Supón que se sospecha que una droga, usada para el tratamiento de la alta presión, no funciona bien. Abajo aparecen tres métodos que podrían utilizar los científicos para investigar el problema. ¿Cuál de ellos crees que podría ser usado con mayor probabilidad?.

- a. Hablar con los pacientes para tener su opinión.
- b. Usar sus conocimientos de medicina para decidir la bondad de la droga.
- c. Dar la droga a algunos pacientes, pero no a otros. Y entonces, comparar lo que ocurre en cada grupo.
- d. No lo sé

11. La tecnología es:

- a. Algo parecido a la ciencia o la aplicación de la ciencia.
- b. Nuevos instrumentos, computadores, etc.
- c. Inventar, diseñar cosas...
- d. Un modo de resolver problemas prácticos.

12. ¿Piensas que los científicos saben lo que va a ocurrir antes de hacer un experimento?

- a. Sí
- b. No

- c. No lo sé
- d. Unas veces sí y otras no.

13. Muchas de las viejas teorías científicas han sido reemplazadas por otras nuevas. Esto es porque:

- a. Ahoratenemosmejortecnología.
- b. Se disponen de más evidencias.
- c. Las personas, al vivir en diferentes tiempos, tienen una forma diferente de explicarse.
- d. No lo sé

1. Los científicos piensan que toda la materia (sólidos, gases y líquidos) está formada por partículas minúsculas. Esto es porque:

- a. Los científicos pueden ver las partículas por sus microscopios.
- b. Los científicos pueden probar con experimentos que las partículas existen
- c. Los científicos pueden explicar lo que ocurre imaginando cómo las partículas se mueven.
- d. No lo sé.

15. ¿Qué significa estudiar algo científicamente?. Se refiere a:

- a. Construcción de teorías.
- b. Método experimental.
- c. Otras respuestas.
- d. No lo sé

16. Los científicos proyectan características como honestidad, objetividad, etc. más que los demás en su trabajo.

- a. Proyectan más estas características para que no ocurran desastres.
- b. Las proyectan más por la naturaleza de su trabajo.
- c. Porque han sido influidos por compañías y gobiernos.
- d. Todo el mundo debe tener estas características.

17. ¿Por qué crees que los científicos hacen experimentos?

- a. Para realizar nuevos descubrimientos.

- b. Para poner a prueba sus explicaciones sobre cómo ocurren las cosas.
- c. Para crear algo que podría ayudar a la gente.
- d. No lo sé

## C. Anexo: Problemas planteados con relación a actitudes relativas a las relaciones Ciencia–Tecnología y Sociedad



INSTITUCIÓN EDUCATIVA "SAN JOSÉ"  
LA UNIÓN VALLE

Nit. 821.000.279-6  
DANE 176400000019

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha de nacimiento dd/mm/año \_\_\_\_\_ sexo \_\_\_\_\_ curso \_\_\_\_\_

Lee atentamente las preguntas y selecciona la respuesta con la que estés de acuerdo:

1. La investigación científica y tecnológica debe ser totalmente libre.
  - a. Los científicos no son responsables de los resultados de la investigación y deberían investigar sin pensar en las consecuencias.
  - b. Sería imposible establecer reglas regulando las normas de investigación. El criterio del científico será el mejor posible.
  - c. Es necesario formar a los ciudadanos de los riesgos potenciales de las investigaciones para que puedan controlar su posible aplicación.
  - d. Dejar la decisión en manos de los políticos no es una buena solución, porque es sospechoso cómo pueden usar los avances científicos y tecnológicos.
  
2. Los medios de comunicación, frecuentemente, anuncian descubrimientos científicos que constantemente crean nuevas controversias. El ciudadano común:

- 
- a. Cree que obtendrá algunos beneficios y que la Ciencia y la Tecnología son sólo productos de consumo.
  - b. Le gustaría entenderlo mejor.
  - c. Piensa que la Ciencia y la Tecnología son difíciles de entender; por ello, se siente inseguro y en peligro; y tiene nostalgia de tiempos pasados, cuando se sintió más cómodo.
  - d. Piensa que el progreso científico y tecnológico no ha sido satisfactorio.
3. Los científicos e ingenieros deberían decidir en la distribución mundial de los alimentos porque:
- a. Los científicos tienen el conocimiento, tienen una mejor comprensión del tema y toman mejores decisiones
  - b. El gobierno debe decidir, pero los científicos aconsejar.
  - c. El público debe decidir, pero los científicos aconsejar.
  - d. La decisión debería ser compartida entre los científicos y los ciudadanos.
4. A pesar de que los avances en Ciencia y Tecnología mejoran las condiciones de vida en el mundo entero, Ciencia y Tecnología ofrecen poca ayuda en la resolución de problemas como la pobreza, el crimen, el desempleo, superpoblación y el peligro de la guerra nuclear.
- a. Estos problemas sociales son el precio que debemos pagar por los avances en Ciencia y Tecnología. La Ciencia y la Tecnología resuelven muchos problemas sociales, pero también los causan o empeoran.
  - b. La cuestión no está en que la Ciencia ayude, sino en que la gente use la Ciencia y la Tecnología prudentemente.
  - c. Ciencia y tecnología pueden ayudar a resolver algunos problemas sociales pero no otros. Es difícil que se resuelvan estos problemas sino es aumentando el nivel de vida.
  - d. Ciencia y tecnología podrían resolver estos problemas mientras se tenga el apoyo adecuado (dinero y libertad de investigación).
5. El gobierno colombiano debería aportar dinero a la investigación científica para explorar lo desconocido de la Naturaleza y el Universo.
- a. El gobierno debería dar dinero a los científicos porque, comprendiendo nuestro mundo mejor, los científicos lo pueden transformar en un lugar mejor para vivir usando los recursos naturales para nuestro beneficio.

- b. El gobierno debería dar dinero a las investigaciones científicas para ayudarnos a entendernos mejor a nosotros mismos y a nuestro mundo, pero corresponde a otros determinar si este conocimiento se usa de forma correcta o no.
  - c. El gobierno debería costear las investigaciones científicas por la única razón de investigar el funcionamiento del mundo en el que vivimos.
  - d. El gobierno debería costear las investigaciones científicas, para que Colombia no se retrase y dependa de otros países.
6. El gobierno colombiano debería dar dinero a la investigación científica, sólo si los científicos pueden demostrar que sus investigaciones mejorarían la calidad de vida actual en Colombia.
- a. El dinero sólo debería gastarse en investigaciones relacionadas directamente con fines beneficiosos como cuidar el medio ambiente, la salud o la agricultura.
  - b. Incluso pensando que la ciencia intenta mejorar la calidad de vida, a menudo, es imposible saber si la investigación será beneficiosa o no. Por eso se debe invertir dinero en la investigación científica.
  - c. El gobierno debería costear la investigación científica porque siempre tiene un impacto, directo o indirecto en la sociedad.
  - d. El gobierno debería costear la investigación científica por ninguna otra razón que no sea investigar el funcionamiento de nuestro mundo.
7. Sería mejor invertir en investigación tecnológica que en científica.
- a. Sólo invertir en investigación tecnológica, es más productiva que la investigación científica.
  - b. Sólo invertir en investigación científica porque se necesita el conocimiento científico, y la tecnología ha empeorado la calidad de vida.
  - c. En ambas, no hay diferencias, cada una aporta sus ventajas a la humanidad; y, además, interactúan y se complementan mutuamente.
  - d. En ninguna.
8. El uso de la ingeniería genética para modificar la información genética de los seres vivos (microorganismos, plantas, animales), sólo es admisible cuando:
- a. Se modifican genéticamente seres vivos para que sean más resistentes a las condiciones ambientales; o para obtener mejores variedades de plantas de cultivo o de animales de granja.

- 
- b. Se modifican genéticamente seres vivos para obtener vinos y cervezas de forma más rápida; frutas que tardan en pudrirse o con mejor sabor; carnes de mejor calidad; leche con poca grasa; etc.
  - c. Se modifican genéticamente seres vivos para obtener medicamentos como los antibióticos; vacunas; hormonas como la insulina.
  - d. En ningún caso es admisible la manipulación genética de los seres vivos. La ingeniería genética va en contra de las leyes de la naturaleza y puede provocar graves peligros como la creación de plagas, nuevas enfermedades, etc.
9. Los científicos deben ser responsables del daño que produzcan sus descubrimientos porque:
- a. Es parte del trabajo científico y deben ser conscientes de los efectos posibles; y, por lo tanto, deben hacer buen uso de sus descubrimientos.
  - b. Las personas que los usan son responsables.
  - c. La responsabilidad debe ser compartida.
  - d. Los resultados no se pueden predecir y, por tanto, los científicos no son responsables.

## D. Anexo: Problemas planteados con relación a las actitudes hacia la ciencia



INSTITUCIÓN EDUCATIVA "SAN JOSÉ"

LA UNIÓN VALLE

Nit. 821.000.279-6

DANE17640000019

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha de nacimiento dd/mm/año \_\_\_\_\_ sexo \_\_\_\_\_ curso \_\_\_\_\_

Esta encuesta está diseñada para valorar tus actitudes hacia la ciencia. No hay respuestas correctas o incorrectas, sino que sólo se quiere conocer tu opinión sincera.

Lee con atención cada una de las frases y señala con un CÍRCULO el número que representa las siguientes convenciones:

0= no lo sé

1= totalmente en desacuerdo

2= en desacuerdo

3= no estoy seguro o segura

4= de acuerdo

5= totalmente de acuerdo

1. Apreciar las ideas nuevas es valioso para la ciencia	0	1	2	3	4	5
2. Aprender nuevas cosas de ciencias me hace sentir bien	0	1	2	3	4	5
3. En las clases de ciencia no hay actividad	0	1	2	3	4	5
4. Estudiando ciencia se satisface la curiosidad	0	1	2	3	4	5
5. Estudiar ciencia es desagradable	0	1	2	3	4	5
6. Estudiar ciencia es fácil	0	1	2	3	4	5
7. Estudiar ciencia sirve a la gente, incluso cuando deja la escuela	0	1	2	3	4	5
8. La ciencia debería ser eliminada de las escuelas	0	1	2	3	4	5
9. La ciencia desanima la curiosidad	0	1	2	3	4	5
10. La ciencia es completamente aburrida	0	1	2	3	4	5
11. La ciencia es extremadamente útil	0	1	2	3	4	5
12. La ciencia es necesaria para todos	0	1	2	3	4	5
13. La ciencia es un riesgo para la salud	0	1	2	3	4	5
14. La ciencia es una excusa para jugar	0	1	2	3	4	5
15. La ciencia es una superstición	0	1	2	3	4	5
16. La ciencia no tiene mucho sentido para gente que no sean científicos	0	1	2	3	4	5
17. La ciencia no tiene utilidad	0	1	2	3	4	5
18. La ciencia nos ayuda a evitar catástrofes	0	1	2	3	4	5
19. La ciencia nos ayuda a pensar mejor	0	1	2	3	4	5
20. La ciencia nos enseña a aceptar muchas opiniones diferentes	0	1	2	3	4	5

21. La ciencia nos enseña a prepararnos para el futuro	0	1	2	3	4	5
22. La ciencia nos protege de la superstición	0	1	2	3	4	5
23. La ciencia parece ser muy interesante	0	1	2	3	4	5
24. La gente tiene una vida más larga gracias a la ciencia	0	1	2	3	4	5
25. La vida sería monótona sin ciencia	0	1	2	3	4	5
26. Los estudiantes en la clase de ciencias son como robots	0	1	2	3	4	5
27. No deberíamos haber enviado gente a la Luna	0	1	2	3	4	5
28. No hay nada mejor que trabajar en ciencia	0	1	2	3	4	5
29. Un futuro mejor depende de la ciencia	0	1	2	3	4	5
30. Una vez aceptado, el conocimiento científico no puede ser cambiado	0	1	2	3	4	5
31. A nadie le gusta la ciencia	0	1	2	3	4	5
32. Cuanto mayor conocimiento científico existe, más preocupaciones hay en nuestro mundo	0	1	2	3	4	5
33. La ciencia ayuda a ahorrar tiempo y esfuerzo	0	1	2	3	4	5
34. La ciencia es algo realmente valioso	0	1	2	3	4	5
35. La ciencia es el camino para conocer el mundo en el que vivimos	0	1	2	3	4	5
36. La ciencia es entretenida	0	1	2	3	4	5
37. La ciencia es muy difícil de aprender	0	1	2	3	4	5
38. La ciencia es sensata	0	1	2	3	4	5
39. La ciencia estimula la curiosidad	0	1	2	3	4	5

40. La ciencia no ayuda por igual a todos los habitantes del planeta	0	1	2	3	4	5
41. La ciencia no puede resolver los problemas energéticos	0	1	2	3	4	5
42. La curiosidad es lo esencial de la ciencia	0	1	2	3	4	5
43. La gente sería mejor estudiante si no tuviera ciencia	0	1	2	3	4	5
44. La gente vive más saludablemente gracias a la ciencia	0	1	2	3	4	5
45. La peor materia escolar es la ciencia	0	1	2	3	4	5
46. Las enfermedades pueden curarse gracias a la ciencia	0	1	2	3	4	5
47. Las investigaciones sobre el Universo y los viajes espaciales suponen más gasto que los beneficios que aportan	0	1	2	3	4	5
48. Los estudiantes estudian ciencia porque se les obliga	0	1	2	3	4	5
49. Para destacar en ciencia hay que ser muy inteligente	0	1	2	3	4	5
50. Tenemos un mundo mejor para vivir gracias a la ciencia	0	1	2	3	4	5

## E. Anexo: Prueba escrita propuesta para el grupo control

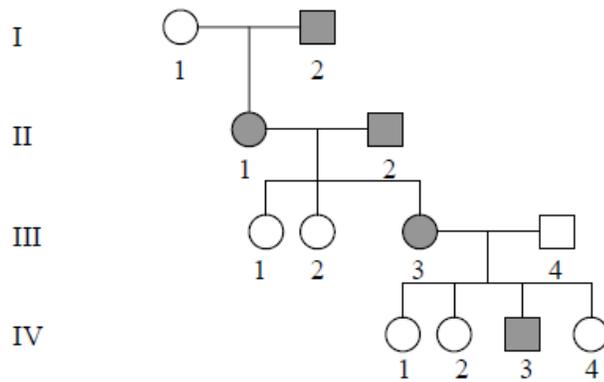


INSTITUCIÓN EDUCATIVA  
"SAN JOSE"  
LA UNION VALLE  
Nit. 821.000.279-6  
DANE17640000019

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha de nacimiento dd/mm/año \_\_\_\_\_ sexo \_\_\_\_\_ curso \_\_\_\_\_

1. La miopía es debida a un gen dominante; su alelo recesivo produce una visión normal. ¿Un hombre y una mujer miopes podrán tener un hijo de visión normal?.  
Razonatu respuesta.
2. En la especie humana la ictiosis es una enfermedad debida a un gen situado en el segmento diferencial del cromosoma Y. Un hombre con ictiosis, ¿podrán tener hijos varones que no posean esta enfermedad? Razonatu respuesta.
3. La coiloniquia se puede heredar, es una malformación de las uñas en forma de cuchara. Determina el genotipo de los individuos del siguiente árbol genealógico. (Los símbolos en negro son los individuos afectados).



¿Cómo crees que es la herencia de este carácter?

- a) Herencia determinada por el sexo, porque \_\_\_\_\_
- b) Herencia determinada por un gen localizado en un cromosoma distinto a los sexuales, porque \_\_\_\_\_

¿Qué alelo crees que es el dominante?

- c) El de uñas de cuchara, porque \_\_\_\_\_
- d) El de uñas normales, porque \_\_\_\_\_

4. Si una célula al final de la meiosis presenta 10 cromosomas, ¿cuántos cromosomas poseerá la célula madre de esa meiosis?
5. Cuál es la secuencia de ADN complementaria de:

ACCTACACA

6. Escribe el ARN sintetizado a partir de la siguiente secuencia de ADN:

AATGCATGC

7. Cita cuatro aplicaciones de la ingeniería genética.

## F. Anexo: Prueba final propuesta en conceptos sobre la Naturaleza de la Ciencia



INSTITUCIÓN EDUCATIVA

“SAN JOSE”

LA UNIÓN VALLE

Nit. 821.000.279-6

DANE176400000019

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha de nacimiento dd/mm/año \_\_\_\_\_ sexo \_\_\_\_\_ curso \_\_\_\_\_

Contesta a las siguientes preguntas.

1. ¿Qué entiendes por Ciencia?
2. ¿Cuáles de estas profesiones consideras que es una actividad científica trabajos en: biología, cocina, contabilidad, física, ingeniería, química, matemáticas, mecánica?, ¿por qué?, ¿hay alguna que consideres la más científica?.
3. ¿Cómo crees que se trabaja o se hace Ciencia?
4. ¿Qué es una hipótesis?, y ¿una teoría?
5. ¿En qué momento, dentro de una investigación sobre Genética, se puede realizar un experimento?
6. Indica las características que creas debe tener una persona para ser un científico/a.
7. Cuando los científicos, sobre una misma investigación, llegan a resultados diferentes, ¿a qué crees que es debido?
8. Muchas teorías científicas han sido reemplazadas por otras nuevas. ¿Por qué crees que ha sido?
9. ¿Qué entiendes por Tecnología?, ¿y por biotecnología?
10. Pon ejemplos de avances científicos, y de avances tecnológicos, en el campo de la Biología

Avances científicos:

Avances tecnológicos:

## G. Anexo: Prueba final donde se valoran las actitudes relacionadas con la Ciencia



**INSTITUCIÓN EDUCATIVA "SAN JOSÉ"**

**LA UNIÓN VALLE**

**Nit. 821.000.279-6**

**DANE176400000019**

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha de nacimiento dd/mm/año \_\_\_\_\_ sexo \_\_\_\_\_ curso \_\_\_\_\_

1. ¿Crees qué es necesario que se enseñe Genética en el instituto?, ¿Por qué?
2. ¿Para qué crees que te va a ser de utilidad la Genética que has estudiado en el instituto?
3. ¿Crees que todo el mundo debería tener conocimientos sobre Genética, o sólo deberían estudiarla los futuros biólogos, médicos, etc.?, ¿Por qué?
4. La Genética ¿ha favorecido a la humanidad o la ha perjudicado? Pon ejemplos que apoyen tus ideas.
5. El pasado año, en las campañas de vacunación (recuerda, por ejemplo, que quizá tú te hayas podido vacunar contra el tétano), se podía dar la oportunidad de elegir entre una vacuna

sintética creada en el laboratorio a partir de compuestos químicos, y una vacuna obtenida a partir de microorganismos. ¿Qué tipo de vacuna te pondrías?, ¿Por qué?

6. El trabajo realizado por los científicos, ¿crees que presenta algún tipo de características especiales?, ¿cuáles?

## H. Anexo: Prueba final de actitudes relativas a las relaciones Ciencia, Tecnología y Sociedad



INSTITUCIÓN EDUCATIVA "SAN JOSÉ"

LA UNIÓN VALLE

Nit. 821.000.279-6

DANE17640000019

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha de nacimiento dd/mm/año \_\_\_\_\_ sexo \_\_\_\_\_ curso \_\_\_\_\_

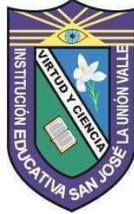
1. ¿Cómo crees que han influido los conocimientos de Genética en la vida de las personas, o en la Sociedad en su conjunto?
2. ¿Cómo puede influir la Sociedad en los avances genéticos?
3. Actualmente, se están investigando nuevas formas de curar enfermedades usando la terapia génica. Los ciudadanos, ¿qué deberíamos demandar a los investigadores?, y ¿a los gobiernos?, y ¿a otras personas o instituciones?
4. ¿Crees que es mejor dar dinero a las investigaciones científicas o a las tecnológicas?, ¿por qué? ¿De dónde debe salir ese dinero?
5. ¿Se debe dar dinero público a todo tipo de investigaciones científicas, o sólo a aquellas que sean potencialmente rentables para la sociedad?

6. Nuestro mundo tiene problemas. Indica cuáles crees que son sus causas y sus posibles soluciones:

	Causas	Soluciones
Hambre		
Enfermedades hereditarias		

7. El Proyecto Genoma Humano ha permitido conocer la información genética humana. ¿Qué ventajas o inconvenientes crees que puede llegar a tener el empleo de estos conocimientos?
8. ¿Debería tener límites la investigación sobre Genética?, ¿Quién o quienes deberían controlar estas investigaciones?

# I. Anexo: Prueba de resultados finales de conceptos de genética y herencia



INSTITUCIÓN EDUCATIVA "SAN JOSÉ"

LA UNIÓN VALLE

Nit. 821.000.279-6

DANE17640000019

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha de nacimiento dd/mm/año \_\_\_\_\_ sexo \_\_\_\_\_ curso \_\_\_\_\_

1. Fíjate en los siguientes seres vivos:



a) ¿Cuáles de ellos tienen información hereditaria?

b) ¿Dónde se localiza esta información?, ¿En qué tipo de estructuras?

2. a) ¿Dónde está tu información hereditaria?:

b) Por ejemplo, ¿tienes información en las células de la piel? Justifica tu respuesta.

3. Cuando tengas un hijo, ¿qué información hereditaria recibirá de ti?, ¿dónde se localizará, y cómo pasará a tu hijo?
4. Un niño ha nacido con un grupo sanguíneo Rh-, siendo sus dos padres Rh+. Se sabe que algunos antepasados suyos eran Rh-. ¿Cómo ha podido pasar esta información hereditaria desde los bisabuelos o abuelos al niño?
5. Imagina que un grupo de humanos con visión correcta para los colores tuviera que vivir en cuevas con poca luz, viendo sólo en blanco y negro. Esta forma de vida la mantendrían durante muchos años. ¿Cómo sería la visión de los bebés que nazcan después de muchas generaciones?
6. ¿Crees que el SIDA es hereditario?, ¿por qué?

## J. Anexo: Prueba de resultados finales sobre la naturaleza de la ciencia



INSTITUCIÓN EDUCATIVA "SAN JOSÉ"

LA UNIÓN VALLE

Nit. 821.000.279-6

DANE176400000019

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha de nacimiento dd/mm/año \_\_\_\_\_ sexo \_\_\_\_\_ curso \_\_\_\_\_

1. Cuando te venden un producto diciéndote que ha sido probado científicamente, ¿qué es lo que te imaginas?, ¿crees que es mejor que otro producto similar en el que no incluyan esa información?

2. ¿Por qué realizan experimentos los científicos? ¿Crees que son necesarios en todas las investigaciones?

3. ¿Conoces alguna teoría científica?, ¿Cuál?:

Sobre la teoría que has indicado:

a) ¿Cómo crees que se elaboró?:

b) ¿Crees que fue la primera teoría científica que explicaba esos hechos?:

c) ¿Por qué crees que ahora se acepta esta teoría?:

4. Describe con todo lujo de detalles como te imaginas a una persona realizando una investigación científica.

5. Pon algún ejemplo de descubrimiento de carácter científico:

Y alguno de carácter tecnológico:

¿Por qué los has enmarcado en el campo de la Ciencia o en el de la Tecnología?

## K. Anexo: Prueba sobre la actitud de los estudiantes hacia la metodología de resolución de problemas.



INSTITUCIÓN EDUCATIVA "SAN JOSÉ"  
LA UNIÓN VALLE

Nit. 821.000.279-6  
DANE176400000019

Nombre: \_\_\_\_\_

Fecha de nacimiento dd/mm/año \_\_\_\_\_ sexo \_\_\_\_\_ curso \_\_\_\_\_

1. Totalmente en desacuerdo
2. En desacuerdo
3. Ni de acuerdo ni en desacuerdo
4. De acuerdo
5. Totalmente de acuerdo

1. La resolución de problemas abiertos a través de la Metodología de resolución de problemas, me ha parecido una tarea aburrida

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

porque. \_\_\_\_\_

2. La Metodología de resolución de problemas me ha resultado una actividad difícil

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

porque. \_\_\_\_\_

3. La Metodología de resolución de problemas me ha ayudado poco a aprender conceptos de Genética

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

porque. \_\_\_\_\_

4. La Metodología de resolución de problemas me ha ayudado poco a familiarizarme con procedimientos más científicos de Trabajo

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

porque. \_\_\_\_\_

5. La Metodología de resolución de problemas me ayuda poco a realizar problemas cerrados (tipo los que aparecen en los libros)

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

porque. \_\_\_\_\_

6. Con las estrategias de resolución de problemas que he aprendido, me siento más capacitado para intentar resolver otros problemas que en principio me resultaban desconocidos

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

porque.\_\_\_\_\_

7. ¿Te ha resultado inútil la ayuda que has recibido del profesor para aprender a resolver problemas?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

porque.\_\_\_\_\_

8. El tipo de problemas que hemos resuelto, ¿te ayudarán poco en el futuro para resolver situaciones de tu vida cotidiana (salud, familia, como consumidor...)?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

porque.\_\_\_\_\_

9. ¿Crees que los procedimientos de trabajo que has practicado en la Metodología de resolución de problemas te van a ser poco útiles cuando resuelvas problemas de otras materias: Matemáticas, Química, Física?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

porque.\_\_\_\_\_

10. La forma en que hemos trabajado la asignatura, ¿sí te ha abierto nuevas perspectivas e interés sobre qué es la Biología o las Ciencias en general?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

porque.\_\_\_\_\_

11. ¿te ha resultado inadecuada la metodología con que se han desarrollado las clases de Genética?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

porque. \_\_\_\_\_

12. El tipo de trabajo que hemos realizado, ¿ha aumentado mucho tu autoconfianza para resolver problemas?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

porque. \_\_\_\_\_

13. ¿Estás interesado en realizar estudios superiores en que la Genética ocupe un lugar importante? En caso afirmativo, indica cuáles.
-

## L. Anexo: Resultados del Análisis estadístico de la Variable Metodológica uno (VM1), ANOVA con el programa R

```
aov(formula = VM1 ~ Estudiante * Prueba, data = x)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Estudiante	1	0.017	0.017	0.0339	0.8540
Prueba	1	52.983	52.983	106.4880	<2e-16 ***
Estudiante:Prueba	1	0.003	0.003	0.0057	0.9397
Residuals	269	133.840	0.498		

```
---
```

```
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

## M. Anexo: Resultados del Análisis estadístico de la Variable Metodológica dos (VM2), ANOVA con el programa R

```
aov(formula = VM2 ~ Estudiante * Prueba, data = x)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Estudiante	1	0.017	0.017	0.0359	0.8498
Prueba	1	44.845	44.845	95.3990	<2e-16 ***
Estudiante:Prueba	1	0.007	0.007	0.0155	0.9009
Residuals	269	126.450	0.470		

---

```
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

## N. Anexo: Resultados del Análisis estadístico de la Variable Metodológica tres (VM3), ANOVA con el programa R

```
aov(formula = VM3 ~ Estudiante * Prueba, data = x)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Estudiante	1	0.384	0.384	0.9517	0.3302
Prueba	1	54.405	54.405	134.8267	<2e-16 ***
Estudiante:Prueba	1	0.049	0.049	0.1218	0.7273
Residuals	269	108.546	0.404		

```
---
```

```
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

## O. Anexo: Resultados del Análisis estadístico de la Variable Metodológica cuatro (VM4), ANOVA con el programa R

```
aov(formula = VM4 ~ Estudiante * Prueba, data = x)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Estudiante	1	0.040	0.040	0.0898	0.7647
Prueba	1	75.731	75.731	170.2044	<2e-16 ***
Estudiante:Prueba	1	0.584	0.584	1.3118	0.2531
Residuals	269	119.689	0.445		

```
---
```

```
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

## P. Anexo: Resultados del Análisis estadístico de la Variable Metodológica cinco (VM5), ANOVA con el programa R

```
aov(formula = VM5 ~ Estudiante * Prueba, data = x)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Estudiante	1	0.048	0.0484	0.0936	0.7599
Prueba	1	11.982	11.9822	23.1937	2.448e-06 ***
Estudiante:Prueba	1	0.524	0.5241	1.0144	0.3148
Residuals	269	138.969	0.5166		

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

# Q. Anexo: Aplicación de la prueba GEFT en el grupo experimental

**APENDICE**

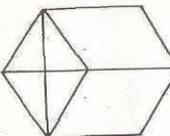
**GEFT COLECTIVO**  
(Tipos de Ejercicios)  
*Autor: Witkin, H. y otros (1971)\**

La finalidad es determinar la capacidad para encontrar una forma simple cuando se halla incorporada dentro de una estructura compleja.

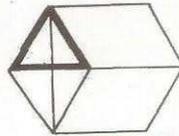
X



Esta forma simple, señalada arriba con una "X", está incorporada en la figura más compleja de abajo:



Esta es la solución correcta, con la forma simple marcada sobre las líneas de la figura compleja:



\* Tomados de la edición experimental, Traducción de Ordan, A. (1978).  
Actualmente tiene los derechos de Adaptación y Traducción del Test T.F.E.A. Edición, no siendo aplicable directamente los criterios que ofrecemos en el presente Apéndice; tales ejemplos se muestran con el objetivo didáctico (compara con figuras del Test T.F.E.A.).

**Anexo 1**

**TEST G.E.F.T**

Primer apellido FIERRO

Segundo apellido PEÑA

Nombre(s) INA MARCELA

Sexo M    F X

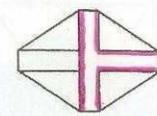
Fecha de nacimiento 10 de Diciembre - 95

Grupo 10-1

Puntos 14

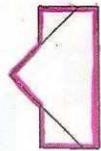
EJERCICIOS DE PRUEBA

SEGUNDA SECCION



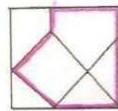
1

Encuentre la forma simple "B"



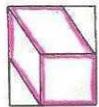
2

Encuentre la forma simple "G"



3

Encuentre la forma simple "D"



4

Encuentre la forma simple "E"



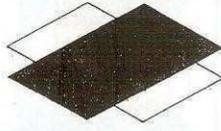
5

Encuentre la forma simple "C"



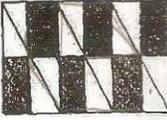
6

Encuentre la forma simple "F"



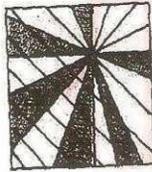
9

Encuentre la forma simple "A"



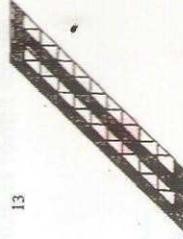
11

Encuentre la forma simple "E"



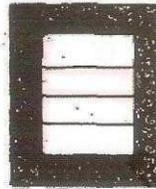
10

Encuentre la forma simple "G"



13

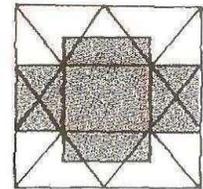
Encuentre la forma simple "C"



12

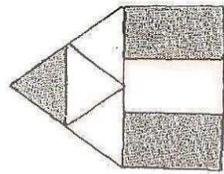
Encuentre la forma simple "B"

Encuentre la forma simple "A"



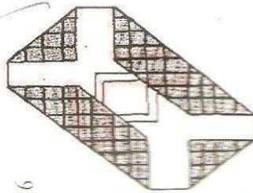
14

Encuentre la forma simple "E"



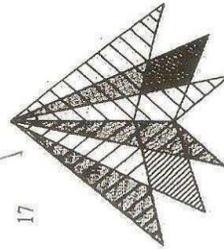
15

Encuentre la forma simple "D"



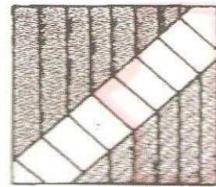
16

Encuentre la forma simple "H"



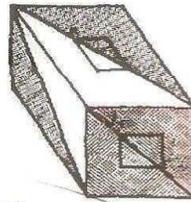
17

Encuentre la forma simple "F"



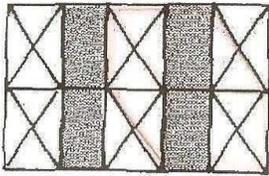
18

Encuentre la forma simple "G"



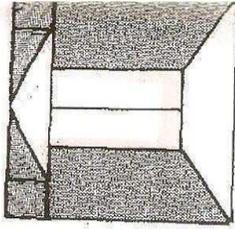
19

Encuentre la forma simple "C"



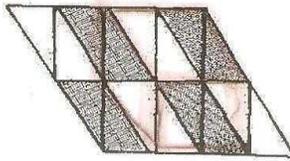
20

Encuentre la forma simple "E"



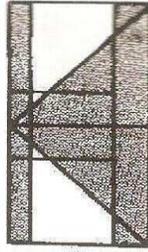
21

Encuentre la forma simple



22

Encuentre la forma simple "E"



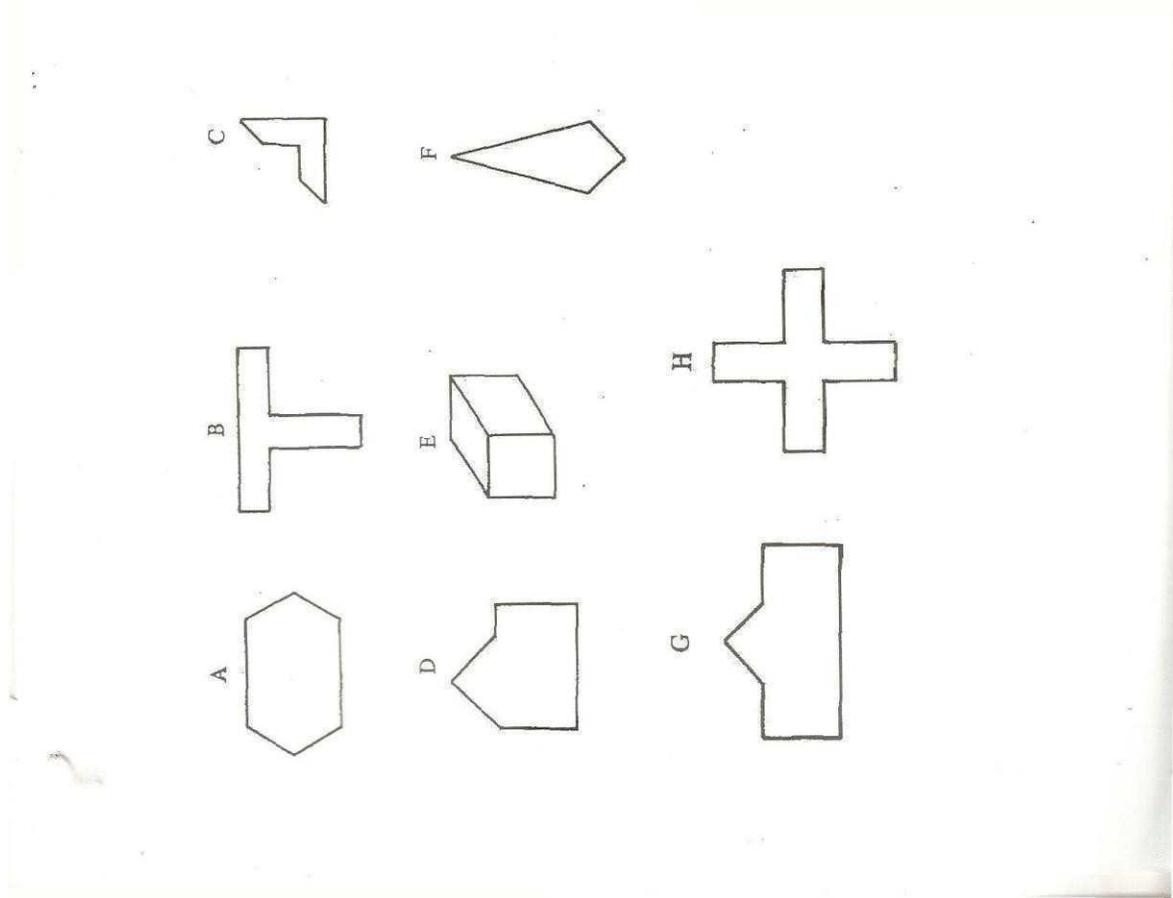
24

Encuentre la forma simple



25

Encuentre la forma simple "A"



## R. Anexo: DISEÑO Y PROCESO DEL APRENDIZAJE PREVIÓ

El diseño del proceso de aprendizaje de la MRP, como la selección y elaboración de las actividades estuvo basada en dos ejes principales:

1. Las actividades de aprendizaje llevadas a cabo al interior del aula de clase y.
2. el grado de dificultad de las mismas (actividades)

La contextualización de los ejemplos es de gran importancia porque evita la desconexión entre el aprendizaje de conceptos y procedimientos. Por otra parte, el trabajar la metodología desde diversos contenidos conceptuales permite al estudiante el proceso de extrapolación de los aprendizajes de unos contextos hacia otros.

Las primeras acciones prácticas fueron referidas a contenidos de Geología, que se desarrollaron a lo largo del tercer periodo de grado noveno, donde se hace una aproximación al proceso de resolución de problemas.

Pasos:

En líneas generales, la enseñanza de la metodología se llevó a cabo con los siguientes pasos:

A. Estudio de una investigación científica:

¿Por qué las auroras boreales aparecen en los polos?

B. Resolución guiada de un primer problema abierto:

El municipio de la Unión debe decidir sobre la localización de un basurero en las cercanías del pueblo (situación real y actual del municipio). Para almacenar estos residuos se disponen de cuatro posibles ubicaciones formadas por distintos tipos de materiales o rocas (A, B, C y D). ¿Cuál de estos terrenos será el más idóneo

para almacenar residuos y evitar que puedan contaminar los pozos profundos y canales de riego, como también los cultivos de frutales cercanos?

C. Elaboración de un guión de trabajo con las fases y pautas a seguir en una resolución de problemas.

Este guión fue entregado a los estudiantes para que lo utilizaran de referente en la resolución de problemas abiertos.

D. Realización de ejercicios cuyo tema central fue la metodología de resolución de problemas:

Análisis cualitativo: prevenir los riesgos posteriores a un seísmo

Emisión de hipótesis y control de variables: la orientación de los murciélagos; la elección de una variedad de papa para el cultivo; adaptaciones de las tortugas al medio.

Diseño de una estrategia de resolución: el cultivo de plantas.

Interpretación de los resultados: factores que influyen en el desarrollo de la clorofila.

E. Resolución no guiada de un problema abierto:

En el entorno hay numerosos seres vivos que son unos grandes desconocidos. Existe la curiosidad por saber algo de ellos; por ello, un grupo de compañeros se propone a investigar los seres vivos con los que convivimos.

A continuación se hace una descripción de cada una de estas actividades y los materiales que fueron usados.

## A ESTUDIO DE UNA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

La primera actividad de aprendizaje previo de la MRP que se realizó consistió en ver un vídeo donde se explicaba el proceso de resolución de un problema por parte de unos investigadores. El vídeo pertenece a la serie “El Planeta Milagroso”:

“La atmósfera”. De este vídeo de 45 minutos de duración sólo se utilizó la última parte, específicamente donde se describe la investigación de tipo científica.

Una transcripción resumida del contenido de este fragmento de vídeo es la siguiente:

La troposfera almacena el calor del Sol y la estratosfera destruye los rayos U.V. (...) el espacio más allá de la atmósfera de la Tierra posee una barrera invisible. (...) La corona solar que se ve en un eclipse de Sol son protones y electrones que liberan las explosiones nucleares. Cuando choca con la atmósfera se producen destellos de una luz fantasmal, las auroras boreales. (...) En la foto de una aurora boreal sobre el polo Norte, tomada desde un satélite, se ve que tiene forma de anillo que rodea el polo. (...) La pregunta que nos hacemos es: ¿por qué las auroras aparecen sólo sobre las regiones polares? (...)

Se puede considerar a la Tierra como un enorme imán con grandes campos magnéticos

(...) La esfera magnética de la Tierra o magnetosfera desvía el viento solar y sus peligrosas partículas. Parte del viento solar vuelve y se concentra en el interior de la magnetosfera. Estas partículas son las que forman los hermosos fuegos pirotécnicos de las auroras. Las partículas solares se alinean con las fuerzas de la magnetosfera situándose sobre los polos N y S. Cuando chocan con la atmósfera a unos 100 km. de altitud resplandecen como auroras. Como los campos magnéticos actúan en equilibrio es de suponer que las auroras boreales surjan simultáneamente en los dos polos y sufran los mismos cambios. ¿Es cierto esto?

Para descubrirlo hemos ido a Islandia en el Atlántico Norte. Unos científicos japoneses han mostrado aquí una base de observación para realizar una investigación simultánea con un equipo similar situado en la Antártida (...) a 16.000 km. de distancia. La observación simultánea de las auroras debe hacerse en las mismas condiciones. Entre Marzo y Septiembre las noches comienzan a la vez en los dos polos (...); tiempo claro en

ambos sitios y a la misma hora (...); y deben aparecer las auroras porque no son muy frecuentes.

En la primera observación de una aurora en Islandia, en la Antártida estuvo el cielo cubierto. Tres días después, el 26 de Septiembre, hizo buen tiempo en la Antártida. Además de las cámaras en la Tierra se envió un globo a la atmósfera. (...) Existe una diferencia de cuatro horas entre las dos bases. (...) Las imágenes (satélite de observación desde el espacio) de las dos auroras son iguales y aparecen simétricamente a derecha e izquierda como imágenes especulares. Unos 8 minutos después las auroras empiezan a ensancharse y a la vez se parten en dos. La fantasmal belleza de la aurora demuestra que existe una barrera que protege a la Tierra del viento solar. (...) Las auroras demuestran cómo actúan las defensas más externas de nuestro planeta.

La actividad se llevó a cabo en un periodo de clase. Los alumnos se dispusieron en grupos y tomaron datos sobre la investigación científica que se explicaba en el vídeo. Tras la visión del mismo, trabajaron el cuestionario que se recoge a continuación.

#### DISEÑO DE UNA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA:

##### LAS AURORAS BOREALES COMPONENTES DEL GRUPO:

El siguiente fragmento de un vídeo sobre la atmósfera (de la colección El Planeta Milagroso), presenta el desarrollo de una investigación que trata de resolver el problema que surge tras la observación de un fenómeno muy curioso como es el de las auroras boreales.

Después de ver el vídeo (cuya duración es de 10 minutos) deben resolver los siguientes interrogantes:

1. ¿Qué problema o problemas tratan de resolver los investigadores?
2. ¿De qué hipótesis o suposiciones parten?
3. ¿Qué variables o condiciones de la investigación tienen que controlar y por qué?
4. Describe el diseño experimental que realizan los investigadores.
5. ¿Cuáles han sido los resultados?, ¿Se confirma la hipótesis?

6. ¿Crees que el experimento que han realizado ha sido el más adecuado?, ¿Podrían haber realizado algún otro tipo de prueba para resolver el problema inicial?,
7. ¿Deberían repetir el experimento en condiciones diferentes?
8. Una vez terminada esta investigación y aceptados los resultados, ¿podría usted plantear un nuevo problema a partir de estos datos?

Al final de la sesión se realizó una lluvia de ideas y una conciliación sobre la metodología de la investigación que habían seguido los científicos que aparecían en el vídeo.

## **B. RESOLUCIÓN GUIADA DE UN PROBLEMA ABIERTO**

La segunda actividad consistió en poner a los alumnos frente a un problema. La elección del tema estuvo condicionada por el tipo de contenidos que se trabajaban en el aula, la geología y los relieves; y se situó en el mismo municipio de la Unión, lugar de residencia de los alumnos, para que su motivación e implicación en la resolución del mismo fuera mayor.

En principio sólo debían realizar las tres primeras fases de la MRP. Esta parte del trabajo era individual y fue corregida por el docente para valorarla y exponer una síntesis de las mismas en la clase. Posteriormente los alumnos resolvieron el problema en el laboratorio. En esta segunda parte de la actividad se unificaron los pocos diseños experimentales que se habían presentado y se decidió cuál era la variable más importante en la resolución del problema. Se formaron grupos de trabajo que trajeron distintos tipos de tierra teniendo en cuenta su textura (si era arenoso, arcilloso, etc.) y estudiaron su capacidad de filtración.

Tanto en el proceso de diseño final de la investigación (único para todos los grupos), como en la forma en que debían recoger los datos en tablas (cantidad de agua/ tiempo) y su representación en gráficas, los alumnos estuvieron muy guiados por las intervenciones del docente, porque el objetivo final de la practica era que ellos pudiesen identificar los procesos para la resolución de un problema.

El guión de la actividad que se entregó a los alumnos fue el siguiente:

## LOS PRIMEROS PASOS EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS ABIERTOS

PROBLEMA: El municipio de la Unión, Valle geográfico del río Cauca debe decidir sobre la localización de un basurero en las cercanías del pueblo. Para almacenar estos residuos se disponen de cuatro posibles ubicaciones formadas por distintos tipos de materiales o rocas (A, B, C y D).



¿Cuál de estos terrenos será el más idóneo para almacenar residuos y evitar que puedan contaminar las aguas subterráneas o cultivos cercanos de frutas y verduras?

## PASOS EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS ABIERTOS

1. Análisis del problema: ¿Qué crees que deberías saber o controlar antes de empezar a pensar en la solución del problema?, ¿Qué factores pueden influir en la solución del mismo?
2. Hipótesis o posible solución: ¿Qué características debe presentar un terreno para que se instale un basurero en él?
3. Diseño experimental o elaboración de una estrategia de resolución: ¿Qué tipo de experimento o pruebas realizarías para poder determinar qué terreno cumple la hipótesis?

Los siguientes pasos de la resolución del problema se realizarán en otro momento (si es posible en el laboratorio).

4. Resolución del problema

5. Análisis de los resultados

### C. ELABORACIÓN DE UN GUIÓN DE TRABAJO

Los estudiantes recibieron un guión de las fases que implicaba la resolución de un problema abierto.

#### PARA RESOLVER LOS PROBLEMAS

#### REPRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

1. Análisis cualitativo del problema

Representación y comprensión de la situación

Restricción de condiciones

2. Emisión de hipótesis

Emisión de hipótesis acerca de los factores que pueden determinar la magnitud buscada

Estudio de casos límite de fácil interpretación

#### RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA

3. Elaboración de estrategias

Análisis del problema por partes o resolución de casos más simples  
Establecimiento de analogías con situaciones tratadas anteriormente Indicación  
del marco teórico de referencia

Determinación de los datos necesarios para la solución del problema

Estudio del problema usando tablas, gráficos, porcentajes, etc.

#### 4. Resolución del problema

Hacer en primer lugar una resolución algebraica

Argumentación del proceso de resolución

Aplicación a un caso concreto con datos numéricos preferiblemente de un caso  
real

### ANÁLISIS DEL PROBLEMA

#### 5. Análisis de los resultados

Interpretación del resultado a la luz de las hipótesis y del marco teórico utilizado

Comprobación de los casos límites

### D. REALIZACIÓN DE EJERCICIOS QUE SE CENTREN EN ALGUNA DE LAS FASES DE LA METODOLOGÍA DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Las siguientes actividades abordan las fases de la MRP de forma independiente para que  
los estudiantes vayan identificando los procesos que tienen que realizar en cada una de

ellas, y se ha seleccionado atendiendo a los contenidos que se trabajaban en el aula. Cada una de ellas se trabajó en grupo y a lo largo de un periodo de clase.

Las actividades son, en su mayoría, elaboraciones propias realizadas a partir de documentación diversa. A continuación se detalla su origen, o su proceso de elaboración.

La actividad D.1, sobre análisis cualitativo, se elabora a partir de diversos artículos de prensa como fuente de información.

Respecto a las actividades del bloque D.2, sobre identificación y control de variables:

- la primera, sobre “ondas desde las profundidades de la tierra”, se elabora a partir del libro texto de ciencias naturales editorial Santillana.
- la segunda, sobre el cultivo de papas, está tomada del libro texto “Ciencias integradas” editorial voluntad.
- la tercera, sobre las diferencias de las tortugas adaptadas a diversos medios usa imágenes tomadas de un libro de texto (editorial Santillana).

En relación con el bloque de actividades D.3, sobre la validez de los diseños experimentales:

- la primera propone dos investigaciones sobre el cultivo de plantas, y está tomada de Cañas y otros (2006).
- La segunda, sobre el método científico (se ha extraído material virtual Ciencias para el mundo contemporáneo página 48).<sup>26</sup>

La actividad D.4, sobre la interpretación de datos, se ha extraído material virtual Ciencias para el mundo contemporáneo; “Los métodos de las ciencias. La investigación científica” pagina 51.

---

<sup>26</sup> [http://www.cienciasmc.es/web/pdf/u1\\_ciencia\\_y\\_sociedad.pdf](http://www.cienciasmc.es/web/pdf/u1_ciencia_y_sociedad.pdf)

### **Análisis cualitativo**

Los estudiantes debían realizar un análisis cualitativo del siguiente problema:

Ustedes son un grupo de expertos y expertas en sismología. El Ministerio del Interior les ha pedido que realicen un informe pormenorizado y exhaustivo sobre las zonas de riesgo sísmico en el municipio de la Unión, y las medidas de prevención ante estos desastres la alcaldía municipal.

Como fuente de información, disponían de artículos recientes sobre terremotos

(“Unas normas sismorresistentes que no hacen milagros<sup>27</sup>”, El País, 25/1/95, p.32;), además de su guía y todos los conocimientos que habían ido adquiriendo en las clases sobre teoría de la Tectónica de Placas y la interpretación de los terremotos dentro de la misma.

### **Emisión de hipótesis y control de variables**

#### **1ª actividad**

COMPONENTES DEL GRUPO:

Indica cuáles fueron las hipótesis que originaron la realización de los siguientes experimentos.

Lázaro Spallanzani, científico del siglo XVIII, observó que los murciélagos se desplazaban en cavernas muy oscuras y no chocaban contra obstáculo alguno. Este hecho llamó la atención de Spallanzani, que quiso resolver el problema de cómo se orientan los murciélagos en la oscuridad.

---

<sup>27</sup> [http://elpais.com/diario/1995/01/25/sociedad/790988413\\_850215.html](http://elpais.com/diario/1995/01/25/sociedad/790988413_850215.html)

¿Cuáles fueron las hipótesis formuladas por el investigador antes de diseñar sus experimentos?

Hipótesis 1:

En un primer experimento, Spallanzani, priva de la vista a algunos murciélagos, y los libera. Observó que eran capaces de desplazarse y de alimentarse.

La primera hipótesis era falsa.

Hipótesis 2:

En un segundo experimento, Spallanzani, taponó los conductos auditivos de algunos murciélagos. Estos murciélagos quedaban totalmente desorientados.

La segunda hipótesis era válida

Tras la resolución de este problema surgió otro problema: ¿para qué utilizaban los oídos los murciélagos si eran animales silenciosos? Este problema no se podía resolver con los conocimientos de la época de Spallanzani y su resolución tuvo que esperar unos cuantos años. Mientras tanto, las conclusiones de este investigador fueron rechazadas y ridiculizadas.

Ahora, trata de transformar las hipótesis en esta forma de pensamiento lógico:

SI (hipótesis) ..... ENTONCES (predicción o consecuencia) .....

NOTA: Las predicciones son muy importantes porque proporcionan una orientación muy clara sobre lo que es necesario hacer (experimento) para comprobar la hipótesis.

2ª actividad

COMPONENTES DEL GRUPO:

Un productor primario (campesino) de Nariño desea determinar qué variedad de papa criolla debe cultivar en sus tierras de Guachucal, para obtener mayor rendimiento. Elige varias parcelas del mismo tipo de suelo, tamaño y orientación. Planta en cada parcela la misma cantidad de cada una de las variedades que quiere experimentar y las riega igual.

1. La hipótesis que se formula el labrador será:

- a) El riego determina el rendimiento.
- b) La cantidad de sol que recibe cada parcela influye en la producción.
- c) El tipo de semilla factor decisivo en la cantidad producida.
- d) Los abonos aumentan el rendimiento.

2. La variable dependiente es:

- a) El tipo de variedad de papa.
- b) La cantidad de papa producida.
- c) La frecuencia de riego.
- d) La temperatura.

3. La variable independiente es:

- b) La cantidad de semilla.
- c) La cantidad de papa producida.
- d) La temperatura.

### 3ª actividad

#### COMPONENTES DEL GRUPO:

#### PROBLEMA

¿Cómo sabrías si una tortuga es marina o terrestre? Indica las diferencias que deberían presentar.

#### CONTINUACIÓN DEL PROBLEMA

A continuación se presentan las imágenes de una tortuga marina, terrestre, y de medio fluvial y terrestre a la vez. El joven debe comprobar si las hipótesis eran correctas, e indicar alguna adaptación que no hubiese tenido en cuenta.

Analizar la validez de distintos diseños experimentales

#### PRIMERA ACTIVIDAD

#### COMPONENTES DEL GRUPO:

Un chico tiene cuatro plantas iguales, pero no sabe qué cantidad de agua necesitan.

¿Cómo lo podría averiguar?

a) Colocando dos plantas al sol y dos a la sombra y regándolas en abundancia.

- b) Regando cada planta con diferentes cantidades de agua y midiendo cuánto han crecido.
- c) Regando todas las plantas con idéntica cantidad de agua y midiendo lo que han crecido.
- d) Echando fertilizantes a todas las plantas y midiendo su crecimiento.

Se colocaron diez plantas en tierra arenosa y otras diez en tierra arcillosa. Ambos grupos de plantas se mantuvieron a temperatura ambiente, se les echó la misma cantidad de agua y se colocaron en una habitación soleada.

1. Este experimento comprueba el efecto de:

- a) Diferentes tipos de tierra sobre el crecimiento de las plantas.
- b) La temperatura sobre el crecimiento de las plantas.
- c) La luz del Sol sobre el crecimiento de las plantas
- d) El agua sobre el crecimiento de las plantas.

2. ¿Por qué?. ¿Cómo crees que está diseñado el experimento?

3. ¿Qué hubiera ocurrido si en el experimento no se hubiera controlado la temperatura?

4. ¿Por qué crees que hay una serie de “variables” que deben mantenerse constantes en una investigación?

## SEGUNDA ACTIVIDAD

### COMPONENTES DEL GRUPO:

El experimento de Helmont (1648): ¿De qué está hecha la materia?

Desde la época de los filósofos griegos se pensaba que la naturaleza estaba formada por cuatro elementos: agua, tierra, aire y fuego. Por otra parte, desde que las primeras civilizaciones habían desarrollado la agricultura, se presumía que el suelo y el agua eran los elementos que se transformaban en materia vegetal.

A partir de estos conocimientos Jan Baptista Van Helmont diseñó un experimento muy sencillo y crucial para comprobar su hipótesis de que toda la materia estaba formada por agua. Van Helmont pensaba que el agua era la sustancia fundamental del Universo; y, por lo tanto, todas las sustancias eran agua que adoptaba diferentes formas. Este trabajo fue muy importante por ser el primer experimento biológico en que se pesaron y observaron cambios de peso en seres vivos.

Van Helmont empezó por trasplantar un vástago de un árbol a un gran cubo lleno de tierra. Pesó el árbol y la tierra, por separado. Así, si el árbol formaba sus tejidos absorbiendo sustancias de la tierra, lo que ganase en peso debería perderlo la tierra. Van Helmont cubrió cuidadosamente la tierra para asegurarse de que no se perdía, ni ganaba tierra del exterior. Y, naturalmente, regó el árbol para que creciese

Durante cinco años, Van Helmont regó su árbol con agua de lluvia y éste creció. Tras ese periodo de tiempo, extrajo el árbol cuidadosamente del cubo, sacudió la tierra de sus raíces y pesó de nuevo el árbol y la tierra por separado.

Lee el texto y contesta a estas cuestiones

- ¿Qué problema científico origina esta investigación?:
- ¿Cuál era la hipótesis de Van Helmont?:
- ¿Qué variables tuvo en cuenta en su experimentación?, ¿cuál era la variable dependiente y cuál la independiente?:

- ¿Crees que hay más variables implicadas que el investigador no tuvo en cuenta?:
- ¿Por qué controló la cantidad de tierra del cubo?:
- ¿Cuáles crees que fueron los resultados:
  - a) la tierra perdió peso
  - b) el peso de la tierra permaneció igual
  - c) la tierra ganó peso

Explica tu respuesta:

El experimento de Van Helmont (2ª parte)

Los resultados obtenidos por Van Helmont fueron los siguientes: en cinco años el árbol había aumentado 7,5 kg. de peso; sin embargo la tierra sólo había perdido 2 onzas (57 g). Como el suelo no había perdido los 7,5 kg. ganados por el árbol, y la única otra sustancia que había estado en contacto con el árbol era el agua, Van Helmont llegó a la siguiente conclusión: que la planta no obtenía su sustancia del suelo sino del agua, y por lo tanto el agua era la sustancia fundamental del Universo. El agua podía transformarse en tejido vegetal o en cualquier otra cosa.

Tras ver los resultados obtenidos por Van Helmont:

1. ¿Llegas a las mismas conclusiones que el investigador?, ¿Crees que el agua se ha transformado en tejido vegetal?:
2. ¿Harías algún otro tipo de prueba para comprobar si la hipótesis de Van Helmont es cierta?:
3. A partir de los datos que aparecen en la siguiente tabla, ¿crees que es válida la hipótesis de agricultores y otras personas que creen que el suelo y el agua son los elementos indispensables para el crecimiento vegetal?

COMPOSICIÓN QUIMICA DEL SUELO		COMPOSICIÓN QUIMICA DEL AGUA		COMPOSICIÓN QUIMICA DE LOS TEJIDOS VEGETALES	
<u>Sustancias</u>	<u>Átomos</u>	<u>Sustancias</u>	<u>Átomos</u>	<u>Sustancias</u>	<u>Átomos</u>
Agua	H y O	<u>Agua</u>	<u>H y O</u>	Agua	H y O
Oxígeno	O			Sales minerales	N, Na, K, Cl
Sales minerales	Na, N, K, Cl, Mg, P, S, Fe				Mg, P, S, Fe
				Glúcidos	C, H, O
				Lípidos	C, H, O
				Proteínas	C, H, O, N
				Vitaminas.	C, H, O, N, P
				Ácidos Nucleicos	C, H, O, N, P

Explica tu respuesta:

Interpretación de los resultados

COMPONENTES DEL GRUPO:

Intenta sacar una conclusión sobre el factor o factores necesarios para el desarrollo de clorofila en las plantas verdes a partir de las siguientes observaciones, que se obtuvieron en un experimento sobre la nutrición mineral de las plantas.

Observación 1. Las plantas crecen en suelo que contiene cloro y magnesio, y suministrando luz, se vuelven verdes.

Observación 2. Las plantas crecen en suelo que contiene cloro, pero no magnesio y, suministrando luz, permanecen blancas.

Observación 3. Las plantas crecen en suelo que contiene cloro y magnesio pero, mantenidas en oscuridad, permanecen blancas.

Observación 4. Las plantas crecen en suelo que contiene magnesio, pero no cloro y, suministrando luz, se vuelven verdes.

Observación 5. Las plantas crecen en suelo que contiene cloro, pero no magnesio y, mantenidas en oscuridad, permanecen blancas.

Observación 6. Las plantas crecen en suelo que no contiene ni cloro ni magnesio y, suministrando luz, permanecen blancas.

Observación 7. Las plantas crecen en suelo que contienen magnesio, pero no cloro y, mantenidas en oscuridad, permanecen blancas.

Observación 8. Las plantas crecen en suelo que no contiene ni cloro ni magnesio y, mantenidas en oscuridad, permanecen blancas.

Conclusión: El factor (o factores) necesario para el desarrollo de la clorofila, según el experimento anterior, es: \_\_\_\_\_

## Bibliografía

ABRIL GALLEGO, A. M. (2010). Influencia de la sociedad del conocimiento en la enseñanza de las ciencias experimentales. Un caso de estudio: la genética y la biología molecular. Revista de Antropología Experimental, 10. Especial educación 1. [Disponible en Internet]

<<http://www.ujaen.es/huesped/rae/articulos2010/edu1001.pdf>>

ACEVEDO, J. A. (1994). Los futuros profesores de Enseñanza Secundaria ante la sociología y la epistemología de las ciencias. Un enfoque C-T-S. Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado, 19, pp. 111-125.

[Disponible en Internet]:

<<http://www.oei.es/salactsi/acevedo8.htm>>

ACEVEDO, J., VÁZQUEZ, A. Y MANASSERO, M. (2003). Papel de la Educación CTS en una Alfabetización Científica y Tecnológica para todas las personas. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias. Vol. 2 Nº.

[Documento en línea].

<<http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen2/Numero2/Art1.pdf>>

AGAZZI, E. (1996). El Bien y el Mal de la Ciencia. Madrid: Tecnos.

[Disponible en Internet]

<[http://www.4shared.com/document/qGJ5IDCv/Agazzi\\_Evandro\\_El\\_bien\\_el\\_mal\\_.htm](http://www.4shared.com/document/qGJ5IDCv/Agazzi_Evandro_El_bien_el_mal_.htm)>

ÁLVAREZ, B. M. G. (2010 enero –junio) Diseñar el currículo Universitario: un proceso de suma complejidad. Signo y pensamiento. Vol XXIX, Núm. 56. PP 68-85 A.P.U. (1984). Science Report for Teachers, 2, A.S.E., Herts, U.K.

[Disponible en Internet]

<[http://recursostic.javeriana.edu.co/cyl/syp/components/com\\_booklibrary/ebooks/5603.pdf](http://recursostic.javeriana.edu.co/cyl/syp/components/com_booklibrary/ebooks/5603.pdf)

>

AYUSO, E.; BANET, E. y ABELLÁN, T. (1996). Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y el bachillerato II. ¿Resolución de problemas o realización de ejercicios?. Enseñanza de las Ciencias, 14 (2), pp. 127-142.

[Disponible en Internet]

<<http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v14n2p127.pdf>>

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.

[Disponible en Internet]

<<http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21790/21624>>

BANET, E. y AYUSO, E. (1995). Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y el bachillerato I. Contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. Enseñanza de las Ciencias, 13 (2), pp. 137-153.

[Disponible en Internet]

<<http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v13n2p137.pdf>>

BASCONES, J. y NOVAK, L. (1985). Alternative instructional systems and the development of problem-solving skills in physics. *European Journal of Science Education*, 7, (3), 253-261.

[Disponible en Internet]

<[http://scholar.google.com/scholar?q=european+journal+of+science+education+7,\(3\),+253-261&hl=es&as\\_sdt=0&as\\_vis=1&oi=scholar](http://scholar.google.com/scholar?q=european+journal+of+science+education+7,(3),+253-261&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholar)>

BAZZO, W. (1998). *Ciência, tecnologia e sociedade, e o contexto da educação tecnológica*. Florianópolis, DA: UFSC y Blackwell. [Documento en línea]. [Disponible en Internet]

<<http://www.oei.es/salactsi/bazzo01.htm>>

BERMAN, S. (1990). Educating for Social Responsibility. *Educational Leadership*, Noviembre, pp. 75-80. citado por GÓMEZ O. FERNANDO, construcción colectiva del enfoque sistémico con responsabilidad social de la FCE: una mirada desde lo curricular y la transversalidad *Management*, año XVI, n.27, julio-diciembre 2007, p. 39-55.

[Disponible en Internet]

<[http://www.usbbog.edu.co/Nuestra\\_Universidad/Publicaciones/Management/Management28/M28\\_art2.pdf](http://www.usbbog.edu.co/Nuestra_Universidad/Publicaciones/Management/Management28/M28_art2.pdf)>

BRAMUGLIA, C (2000). *La tecnología y la teoría económica de la innovación*. Instituto de Investigaciones Gino Germani facultad de ciencias sociales universidad de buenos aires Argentina. Facultad de Ciencias Sociales. UBA. Pag 23.

[Disponible en Internet]

<<http://lanic.utexas.edu/project/laoap/iigq/dt15.pdf>>

BRAVO, A. (2000). La didáctica de las ciencias como disciplina. Enseñanza, 17-18, pág. 61-74.

[Disponible en Internet]

<[http://e-cio.uned.es/fez/eserv.php?pid=bibliuned:20475&dsID=didactica\\_ciencias.pdf](http://e-cio.uned.es/fez/eserv.php?pid=bibliuned:20475&dsID=didactica_ciencias.pdf)>

BUNGE, Mario. (1987). La Ciencia, su método y su filosofía. Siglo XX, Buenos Aires. 120 p.

----- (1979). La investigación científica. Ariel, Barcelona. 380p.

CABRERA, J. La comprensión del aprendizaje desde la perspectiva de los estilos de aprendizaje. Universidad Hermanos Saíz, Pinar del Río, Cuba. [Disponible en Internet] En

<<http://www.monografias.com/trabajos14/compraprendizaje/compr-aprendizaje.shtml>>

Consultada en abril 19 de 2011.

CARRASCOSA, J. y GIL, D. (1985). La metodología de la superficialidad y el aprendizaje de las ciencias. Enseñanza de las Ciencias, 3 (2), pp. 113-120.

[Disponible en Internet]

<[http://books.google.com/books?id=IWCQmq-InjEC&pg=PA36&lpq=PA36&dq=La+metodolog%C3%ADa+de+la+superficialidad+y+el+aprendizaje+de+las+ciencias&source=bl&ots=5Td6KmUYqX&sig=NfqhQhQOitndOMMoiNaCVbnFfil&hl=es&ei=oX4CTsy3Bcy3tgdJ83dAg&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=1&ved=0CB0Q6AEwAA#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com/books?id=IWCQmq-InjEC&pg=PA36&lpq=PA36&dq=La+metodolog%C3%ADa+de+la+superficialidad+y+el+aprendizaje+de+las+ciencias&source=bl&ots=5Td6KmUYqX&sig=NfqhQhQOitndOMMoiNaCVbnFfil&hl=es&ei=oX4CTsy3Bcy3tgdJ83dAg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CB0Q6AEwAA#v=onepage&q&f=false)>

CARRETERO, M. (1997) Construir y enseñar las ciencias experimentales. Libro de edición argentina, ISBN 950-701-339-3. Segunda Edición. Editorial AIQUE. Página 18.

[Disponible en Internet]

<<http://webdelprofesor.ula.ve/humanidades/marygri/documents/PPD/IdeasPrevias.pdf>>

CEREZO, J.A. (1998) Ciencia, Tecnología y Sociedad: el estado de la cuestión en Europa y Estados Unidos. [online]. Revista Iberoamericana de Educación. Universidad de Valencia (España). Nº 18. 1998, págs. 41-68.

[Disponible en Internet]

<http://rieoei.org/oeivirt/rie18a02.pdf>

CHEVRIER, J., UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À HULL, FORTIN, G., UNIVERSITÉ ST-PAUL, LEBLANC, R., UNIVERSITÉ D'OTTAWA, THÉBERGE, M., UNIVERSITÉ D'OTTAWA La problemática de la naturaleza del estilo de aprendizaje.

[Disponible en Internet] En

<http://www.acef.ca/c/revue/pdf/EF-XXVIIIIno1-Compleet.pdf>

Consultada en abril 19 de 2011.

CHI, M.; FELTOVICH, P.J. y GLASER, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. Cognitive Science, 5, pp. 121-152.

[Disponible en Internet]

<http://matt.colorado.edu/teaching/highcog/spr10/readings/cfg81.pdf>

CHI, M. y GLASER, R. (1986). Capacidad de resolución de problemas. En Gros S. Begoña .La enseñanza de estrategias de resolución de problemas mal estructurados. Revista de educación. Barcelona 293 (1990) pág. 415-433

[Disponible en Internet]

<http://www.doredin.mec.es/documentos/00820073003605.pdf>

COLCIENCIAS. (1994). Ciencia y tecnología para un desarrollo sostenible y equitativo, Implementación de la política nacional de ciencia y tecnología: 1994-1998. Versión preliminar. Santafé de Bogotá: COLCIENCIAS.

[Disponible en Internet]

<http://www.unal.edu.co/viceinvestigacion/normatividad/Conpes2739.pdf>

COLL, C. (1993). Psicología y didácticas: una relación a debate. Infancia y Aprendizaje. 62-63, pp. 59-75.

[Disponible en Internet]

<<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=48428>>

COLOMBO, L. y SALINAS, J. (2000). Cambios en las concepciones de los estudiantes sobre la ciencia: resultados de una experiencia de aula. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 22, no. 1, Marzo, 2000

[Disponible en Internet]

<<http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v22a15.pdf>>

COLOMBO, L. (1998) La Resolución de Problemas en el Aula. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 20, no.1.

[Disponible en Internet]

[http://www.anep.edu.uy/ipa-fisica/document/material/cuarto/didac\\_3/aulaprob.pdf](http://www.anep.edu.uy/ipa-fisica/document/material/cuarto/didac_3/aulaprob.pdf)

CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. (1994). Ley General de Educación o Ley 115 de febrero 8 de 1994. Bogotá.

[Disponible en Internet]

<[http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-85906\\_archivo\\_pdf.pdf](http://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-85906_archivo_pdf.pdf)>

CUTCLIFFE, S. H. (1990). Ciencia, tecnología y sociedad: un campo interdisciplinar. En Medina, M. & San-Martín, J. (Eds.). estudios interdisciplinarios en la universidad, en la educación y en la gestión pública. Barcelona: Anthropos.. (20-41). Barcelona: Anthropos. .

[Documento en línea]. Disponible

[Disponible en Internet]

<[http://books.google.com/books?id=r23PqkSC-HEC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_hp#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com/books?id=r23PqkSC-HEC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_hp#v=onepage&q&f=false)>.

DAGNINO, R., THOMAS, H. Y GÓMEZ, E. (1998). Elementos para un “estado del arte” de los estudios en ciencia, tecnología y sociedad en América Latina. REDES, V (11), 231-255 [Disponible en Internet]

<<http://redalyc.uaemex.mx/pdf/907/90711314011.pdf>>

DE PRO BUENO, A. (1998). ¿Se pueden enseñar contenidos procedimentales en las clases de ciencias?. Enseñanza de las Ciencias, 16 (1), pp. 21-41.

[Disponible en Internet]

<<http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/83200/108183>>

DRIVER, R. y ERICKSON, G. (1983). Theories-in action: some theoretical and empirical issues in the study of students conceptual frameworks. Studies in Science Education, 10, pp. 37-60.

[Disponible en Internet]

<[http://pdfserve.informaworld.com/685425\\_791476793.pdf](http://pdfserve.informaworld.com/685425_791476793.pdf)>

DRIVER, R.; SQUIRES, A.; RUSHWORTH, P. y WOOD-ROBINSON V. (1994). Making sense of secondary science: research into children’s ideas. University of Leeds.

[Disponible en Internet]

<<http://staff.science.uva.nl/~joling/vakdidactiek/documenten/electricity.pdf>>

ECHEVERRÍA J. (1995). Filosofía de la ciencia. Buenos Aires: Akal.

[Disponible en Internet]

<<http://www.akal.com/libros/Filosofla-de-la-Ciencia/9788446005513#>>

ESPINOSA, J. y ROMÁN, T. (1991). Actitudes hacia la ciencia y asignaturas pendientes: dos factores que afectan al rendimiento en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 9, pp. 151-154.

[Disponible en Internet]

<<http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/51375/93126>>

EYLON, B.S. y LINN. M.C. (1988). Learning and instruction: An Examination of Four Research Perspectives in Science Education. *Review of Educational Research*, 58, (3), 251-301. en Roschelle, J. *Learning in Interactive Environments: Prior Knowledge and New Experience 1995*

[Disponible en Internet]

<[http://tls.vu.edu.au/learning\\_and\\_teaching/guidelines/vu7/learning%20in%20interactive%20environments-20prior%20knowledge%20and%20new%20experience%20vu7.pdf](http://tls.vu.edu.au/learning_and_teaching/guidelines/vu7/learning%20in%20interactive%20environments-20prior%20knowledge%20and%20new%20experience%20vu7.pdf)>

FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, M. (2000). Fundamentos históricos. En: F. J. Perales y P. Cañal (ed.) *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Marfil, Madrid. pp. 65-83.

[Disponible en Internet]

<[http://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=FRfV1fLoSbYC&oi=fnd&pg=PA10&dq=Did%C3%A1ctica+de+las+Ciencias+Experimentales&ots=6AHLdutBGr&sig=omaMtDsfNhMA5oguzw\\_s4lygAQo#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=FRfV1fLoSbYC&oi=fnd&pg=PA10&dq=Did%C3%A1ctica+de+las+Ciencias+Experimentales&ots=6AHLdutBGr&sig=omaMtDsfNhMA5oguzw_s4lygAQo#v=onepage&q&f=false)>

FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, J.; ELORTEGUI, N.; RODRÍGUEZ, J.; y MORENO, T. (2001). Modelos didácticos y enseñanza de las ciencias. Centro de la Cultura Popular Canaria. Citado en FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, J.; ELORTEGUI, N.; MEDINA PÉREZ, M (2002). Formación de profesorado de Ciencias de la Naturaleza, educación secundaria, a partir de sus ideas previas. *Investigación en la escuela* no. 47, pp. 65-74

[Disponible en Internet]

<[http://pdf-esmanual.com/books/11533/formaci%C3%B3n\\_de\\_profesorado\\_de\\_Ciencias\\_de\\_la\\_naturaleza\\_de\\_.html](http://pdf-esmanual.com/books/11533/formaci%C3%B3n_de_profesorado_de_Ciencias_de_la_naturaleza_de_.html)>

FLAVELL (1976). Metacognitive aspect of problem solving in the nature of intelligence. En. L.B. ReSnick, (ed.), Hillsdale, New Jersey, pp. 231-235.

[Disponible en Internet]

<[http://scholar.google.com/scholar?q=Metacognitive+aspect+of+problem+solving+in+the+nature+of+intelligence&hl=es&as\\_sdt=0&as\\_vis=1&oi=scholar](http://scholar.google.com/scholar?q=Metacognitive+aspect+of+problem+solving+in+the+nature+of+intelligence&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholar)>

FRAZER, M.J. (1982). Solving chemical problems. Chemical Society Review, citado por JESSUP, M. (1998) Resolución de Problemas y Enseñanza de las Ciencias Naturales. TEA. Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología: UPN (3) 41-52.

[Disponible en Internet]

<[http://www.pedagogica.edu.co/storage/ted/articulos/ted03\\_05arti.pdf](http://www.pedagogica.edu.co/storage/ted/articulos/ted03_05arti.pdf)>

GARCÍA, J.J. (2000). La solución de situaciones problemáticas: una estrategia didáctica para la enseñanza de la Química. Enseñanza de las Ciencias, 18 (1), pp. 113-129.

[Disponible en Internet]

<<http://ddd.uab.es/pub/edlc/02124521v18n1p113.pdf>>

GARCÍA RAMOS, J.M. (1989). Los estilos cognitivos y su medida: estudios sobre la dimensión Dependencia-Independencia de campo. Centro de publicaciones del MEC, Madrid.

[Disponible en Internet]

<<http://www.doredin.mec.es/documentos/008199000265.pdf>>

GARGALLO, BERNARDO. Estilos Cognitivos. Reflexividad Impulsividad. Su modificación en el aula. Universidad de Valencia.

[Disponible en Internet]

<<http://www.aidex.es/publicaciones/jorn-cc/cc-07.pdf>>

GARRET, R.M. (1989). Problem-solving and Cognitive Style. *Research in Science Technological Education*, 7 (1), pp. 27-44.

[Disponible en Internet]

<[http://pdfserve.informaworld.com/76407\\_746597578.pdf](http://pdfserve.informaworld.com/76407_746597578.pdf)>

----- (1988). Resolución de problemas y creatividad: implicaciones para el curriculum de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (3), pp. 224-230.

[Disponible en Internet]

<<http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v6n3p224.pdf>>

GARRET, R.M.; SATTERLY, D.; GIL PEREZ, D. y MARTINEZ-TORREGROSA, J.(1990). Turning exercises into problems: an experimental study with teachers intraining. *International Journal of Science Eduation*, 12 (1), pp. 1-12.

[Disponible en Internet]

<[http://pdfserve.informaworld.com/652240\\_746953087.pdf](http://pdfserve.informaworld.com/652240_746953087.pdf)>

GEELAN, D.R. (1997). Epistemological anarchy and the many forms of constructivism. *Science and Education*, 6 (1-2), pp. 15-28. citado por NIAZ, M. Constructivismo social: ¿Panacea o problema. Universidad Autónoma de México. *Interciencia* Mayo 2001, 26 (5) p 6.

[Disponible en Internet]

<<http://crisiseducativa.files.wordpress.com/2008/03/construct-problema-o-panacea.pdf>>

GIL, D. (1983). Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencia*, 1 (1), pp. 26-34.

[Disponible en Internet]

<<http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/50606/92617>>

----- (1993a). Contribución de la historia y filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (2), pp. 197-212.

[Disponible en Internet]

<<http://envia.xoc.uam.mx/tid/lecturas/Unidad%20I/Gil%20Perez.pdf>>

----- (1994b). Diez años de investigación en didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (2), pp. 154-164.

[Disponible en Internet]

<<http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21355/93310>>

----- (1993b). Psicología Educativa y Didáctica de las ciencias: los procesos de enseñanza/aprendizaje de las ciencias como lugar de encuentro. *Infancia y aprendizaje*, 62-63, pp. 171-185.

[Disponible en Internet]

<[dialnet.unirioja.es/servlet/fichero\\_articulo?codigo=48435](http://dialnet.unirioja.es/servlet/fichero_articulo?codigo=48435)>

----- (1991). ¿Qué han de saber y saber hacer los profesores de ciencias? *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (1), pp. 69-77.

[Disponible en Internet]

<[http://www.cneq.unam.mx/cursos\\_diplomados/diplomados/anteriores/medio\\_superior/gr/03\\_mat/construc/que\\_hemos\\_de\\_saber.pdf](http://www.cneq.unam.mx/cursos_diplomados/diplomados/anteriores/medio_superior/gr/03_mat/construc/que_hemos_de_saber.pdf)>

GIL, D. y CARRASCOSA, J. (1985). Science learning as a conceptual and methodological change. *European Journal of Science Education*, 7 (3), pp. 231-236.

[Disponible en Internet]

<[http://pdfserve.informaworld.com/57811\\_746943853.pdf](http://pdfserve.informaworld.com/57811_746943853.pdf)>

GIL, D. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1983). A model for problem solving in accordance with scientific methodology. *European Journal of Science Education*, 5 (4), pp. 447-455.

[Disponible en Internet]

<[http://pdfserve.informaworld.com/177916\\_746937245.pdf](http://pdfserve.informaworld.com/177916_746937245.pdf)>

----- (1986) La resolución de problemas como instrumento de cambio metodológico.

[Online]. *Educación Abierta*, nº 66, pp. 31-59.

[Disponible en Internet]

<<http://www.educacion.es/cide/espanol/publicaciones/colecciones/investigacion/col097/col097pc.pdf>>

GIL, D.; MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. y PEREZ, S. (1988 b). El fracaso en la resolución de problemas de física: una investigación orientada por nuevos supuestos. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), pp. 131-146.

[Disponible en Internet]

<<http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v6n2p131.pdf>>

GIL, D. (1986). La metodología científica y la enseñanza de las ciencias. Unas relaciones controvertidas. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (2), 111-121

[Disponible en Internet]

<<http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/50876/92880>>

GIL, D.; CARRASCOSA, J. y MARTÍNEZ TERRADES, F. (2000). Una disciplina emergente y un campo específico de investigación. En: F. J. Perales y P. Cañal (eds.) *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, Marfil, Madrid, pp. 13-34.

[Disponible en Internet]

<[http://campus.usal.es/~revistas\\_trabajo/index.php/0212-5374/article/ViewFile/3902/3924](http://campus.usal.es/~revistas_trabajo/index.php/0212-5374/article/ViewFile/3902/3924)>

GIL, PÉREZ, D.; CARRASCOSA, ALÍS, J, D.; CARRÉ, A.; FURIÓ, M. C.; GALLEGO, R.; GENÉ D.A.; GONZÁLEZ, E.; GUIASOLA, J.; MARTÍNEZ, TORREGROSA, J.; PESSOA DE CARVALHO, A. M.; SALINAS, J.; TRICÁRICO, H., y VALDÉS, P. (1999). ¿puede hablarse de consenso constructivista en la educación científica?. Enseñanza de las Ciencias, 17 (3), 503-512

[Disponible en Internet]

<<http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21612/21447>>

GIL PÉREZ, D. (1998). El papel de la Educación ante las transformaciones científico-tecnológicas. Revista iberoamericana de educación. nº 18, págs. 69-90.

[Disponible en Internet]

<<http://www.rieoei.org/oeivirt/rie18a03.pdf>>

GIORDAN, A. (1985). La enseñanza de las ciencias. Madrid: Siglo XXI. Citado por MARTÍNEZ AZNAR, M.M.; IBÁÑEZ ORCAJO, M. T. (2006). Resolver situaciones problemáticas en genética para modificar las actitudes relacionadas con la ciencia. Enseñanza de las ciencias, 24(2), 193–206

[Disponible en Internet]

<<http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v24n2p193.pdf>>

GONZÁLEZ GARCÍA, M., LÓPEZ, J., LUJAN, J. MARTÍN, M. OSORIO, C. et al. (1996). Ciencia, tecnología y sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología. Madrid: Tecnos. En QUINTERO, CANO. C.A. (2009). Diseño, experimentación y evaluación de materiales curriculares para la formación en CTS. Universidad Santiago de Cali. Pág. 229

[Disponible en Internet]

<[http://issuu.com/editorial\\_usc/docs/quintero\\_final](http://issuu.com/editorial_usc/docs/quintero_final)>

GOOD, R. (1993). The many forms of constructivism. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (9), pp. 1015.

[Disponible en Internet]

<[http://zipaquira-cundinamarca.gov.co/apc-aa-files/33383564656335333966393533336464/Constructivism\\_1.pdf](http://zipaquira-cundinamarca.gov.co/apc-aa-files/33383564656335333966393533336464/Constructivism_1.pdf)>

GUILFORD, J. P. (1984). *Estadística aplicada a la psicología y la educación*. México, D.F.: McGraw Hill.

GUTIÉRREZ, A., ESTAPÉ, E., MARTÍN, N. Y ZUBIAUR, M. (2003). Metodología para determinar los estilos cognitivos en gimnastas, con la utilización de plataformas de fuerzas. Universidad de León. En [Disponible en Internet]

<<http://www.efdeportes.com/efd60/gimn.htm>, Consultada en abril 19 de 2004>

HEDERICH, C. (2004). *Estilo cognitivo en la dimensión de Independencia-Dependencia de Campo-Influencias culturales e implicaciones para la educación*. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona. Departamento de Psicología básica, evolutiva y educación. pp. 238.

[Disponible en Internet]

<[http://www.tesisenxarxa.net/TDX/TDX\\_UAB/TESIS/AVAILABLE/TDX-1128105-155731//chm1de1.pdf](http://www.tesisenxarxa.net/TDX/TDX_UAB/TESIS/AVAILABLE/TDX-1128105-155731//chm1de1.pdf)>

HEWSON, P. (1981). A conceptual change approach to learning science. *European Journal of Science Education*, 34, pp. 383-396.

[Disponible en Internet]

<<http://www.learner.org/workshops/lala2/support/hewson.pdf>>

HEWSON, P. (1992). "El cambio conceptual en la enseñanza de las ciencias y la formación de profesores". Recopilado en el libro; "diez años de investigación e innovación de las ciencias: investigaciones financiadas por el C.I.D.E. en el decenio 1983-1993.

Página 331-352

[Disponible en Internet]

<<http://www.educacion.gob.es/cide/espanol/publicaciones/colecciones/investigacion/col086/col086pc.pdf>>

HEWSON, P.W. y BEETH, M. E. (1995) Enseñanza para un cambio conceptual: ejemplos de fuerza y de movimiento. Enseñanza de las ciencias, 13 (1). 25-35

[Disponible en Internet]

<<http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v13n1p25.pdf>>

IBARRA, A.; LÓPEZ CERREZO, J. A. (2001). Desafío y tensiones actuales en ciencia tecnología, tecnologías y sociedad. Madrid: Biblioteca Nueva en QUINTERO CANO. C.A. (2009). Diseño, experimentación y evaluación de materiales curriculares para la formación en CTS. Universidad Santiago de Cali. Pág. 229.

[Disponible en Internet]

<[http://issuu.com/editorial\\_usc/docs/quintero\\_final](http://issuu.com/editorial_usc/docs/quintero_final)>

INSTITUTO COLOMBIANO PARA EL FOMENTO DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR. (ICFES). Resultados de Colombia en TIMSS 2007. Bogotá, D.C., diciembre de 2010. pp. 359

[Disponible en Internet]

<[http://www.icfes.gov.co/timss/index.php?option=com\\_phocadownload&view=category&id=1&Itemid=87](http://www.icfes.gov.co/timss/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=1&Itemid=87)>

IRIARTE DIAZ, F; CANTILLO, K; POLO, A. (2000). Relación entre el nivel de pensamiento y el estilo cognitivo Dependencia-Independencia de campo en estudiantes universitarios. Universidad del norte. Barranquilla, Colombia pp 176-196. [Disponible en Internet]

<<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/213/21300508.pdf>>

JIMÉNEZ, M.P. (1991). Cambiando. Las ideas sobre el cambio biológico. Enseñanza de Las Ciencias, 9 (3), 248-256

[Disponible en Internet]

<<http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/39899/93146>>

KEMMIS, S. (1986). El currículum. Más allá de la Teoría de la reproducción. Morata. Madrid. España.

[Disponible en Internet]

<[http://www.fidhernandez.cl/down/Fundamentos%20de%20currículum%20y%20evaluación/el\\_currículum\\_mas\\_alla\\_de\\_una\\_teoría\\_de\\_la\\_reproducción.pdf](http://www.fidhernandez.cl/down/Fundamentos%20de%20currículum%20y%20evaluación/el_currículum_mas_alla_de_una_teoría_de_la_reproducción.pdf)>

LARKIN, J.H. (1980). Teaching problem solving in physics: The psychological laboratory and the practical classroom. Citado en COLEONI, E. A.; GANGOSO, Z. E. Y HAMITY, V. H. Novatos exitosos: un análisis de resoluciones de un problema de olimpiada de Física. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 6, Nº 2, 457-470 (2007).

[Disponible en Internet]

<[http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART13\\_Vol6\\_N2.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen6/ART13_Vol6_N2.pdf)>

LINN, M.C. (1987), Establishing a research base for science education: challenges, trends, and recommendations, Journal of Research in Science Teaching, 24, (3) ,191-16.

[Disponible en Internet]

<<http://www.eric.ed.gov/PDFS/ED275494.pdf>>

LÓPEZ CERREZO, J. A. (1998). Ciencia, Tecnología y sociedad ante la educación ciencia, tecnología y sociedad: el estado de la cuestión en Europa y Estados Unidos. Revista iberoamericana de educación, 18, 41-68.

[Disponible en Internet]

<http://www.rieoei.org/oeivirt/rie18a02.pdf>

LÓPEZ RUPÉREZ, F. (1986). Estilo cognitivo y pensamiento formal. Análisis de la influencia de la dimensión dependencia-independencia de campo en el razonamiento formal a través del formato de la prueba. Memoria final CIDE, Madrid.

[Disponible en Internet]

<<http://www.educacion.gob.es/cide/espanol/publicaciones/colecciones/investigacion/col001/col001pc.pdf>>

----- (1991). Organización del conocimiento y resolución de problemas en Física. Centro de Publicaciones del MEC, Madrid. Directo: [Disponible en Internet]

<[http://books.google.com.co/books?id=MzSP7NC2GN0C&pg=PA154&lpg=PA154&dq=%20Organizaci%C3%B3n+del+conocimiento+y+resoluci%C3%B3n+de+problemas+en+F%C3%ADsica%22&source=bl&ots=AjqHg9bLL&sig=UVeEI1qV6qQ7e8x-VkqXS6\\_TH6U#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com.co/books?id=MzSP7NC2GN0C&pg=PA154&lpg=PA154&dq=%20Organizaci%C3%B3n+del+conocimiento+y+resoluci%C3%B3n+de+problemas+en+F%C3%ADsica%22&source=bl&ots=AjqHg9bLL&sig=UVeEI1qV6qQ7e8x-VkqXS6_TH6U#v=onepage&q&f=false)>

MARCO, B.; IBÁÑEZ, M<sup>a</sup>T. y ALBERO, A. (2000). Diseño de actividades para la alfabetización científica. Aplicaciones a la Educación Secundaria. Apuntes IEPS, nº 66. Narcea, Madrid.

[Disponible en Internet]

<[http://www.google.com/url?sa=t&source=web&cd=1&ved=0CUBUQFiAA&url=<http%3A%2F%2F Dialnet.unirioja.es%2F servlet%2F fichero\\_articulo%3Fcodigo%3D195868%26orden%3D73676&rct=i&q=la%20decodificacion%20del%20mensaje%20en%20la%20alfabetizacion%20cient%C3%ACfica&ei=IBV1TZaoN8GqIAfa3qVh&usq=AFQjCNFLkqS9y2UEGZn36UA7eCzXYdQ7dw](http://www.google.com/url?sa=t&source=web&cd=1&ved=0CUBUQFiAA&url=<http%3A%2F%2F Dialnet.unirioja.es%2F servlet%2F fichero_articulo%3Fcodigo%3D195868%26orden%3D73676&rct=i&q=la%20decodificacion%20del%20mensaje%20en%20la%20alfabetizacion%20cient%C3%ACfica&ei=IBV1TZaoN8GqIAfa3qVh&usq=AFQjCNFLkqS9y2UEGZn36UA7eCzXYdQ7dw)>

MARTÍN GORDILLO, M. y LÓPEZ CEREZO, A. (1998). Acercando la ciencia a la sociedad: la perspectiva CTS su implantación educativa. Proyecto de Cooperación entre el Departamento de Filosofía de la Universidad de Oviedo y varios Institutos de Enseñanza Secundaria de Asturias.

[Disponible en Internet]

<<http://www.oei.es/salactsi/mmartin.htm>>

MARTÍNEZ AZNAR, M.M. (1990). Perspectivas sobre tipos y resolución de problemas. Actas de las VII Jornadas de estudio sobre la Investigación en la Escuela, Sevilla. 38-44. En MARÍN, N. Y CRESPO, N. Una aproximación a la estructura de los contenidos de la didáctica de las ciencias. Educere, artículos, año 5, No 12 enero a marzo, 2001, páginas 12.

[Disponible en Internet]

<<http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/19422/1/articulo4-12-4.pdf>>

MARTÍNEZ AZNAR, M<sup>a</sup> M. y OVEJERO P. (1997). Resolver el problema abierto: teñir lanas a partir de productos colorantes naturales. Una actividad investigativa para la enseñanza secundaria obligatoria. Enseñanza de las Ciencias, 15 (3): 401-422.

[Disponible en Internet]

<<http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21509/93559>>

MATTHEWS, R. (1991). Un lugar para la historia y la filosofía en la enseñanza de las ciencias. Comunicación, Lenguaje y Educación, 11-12, pp. 141-145.

[Disponible en Internet]

<[http://dialnet.unirioja.es/servlet/dfichero\\_articulo?codigo=126217&orden=0](http://dialnet.unirioja.es/servlet/dfichero_articulo?codigo=126217&orden=0)>

MEDINA, M. & SANMARTÍN, J. (1990). Ciencia, tecnología y sociedad: estudios interdisciplinarios en la universidad, en la educación y en la gestión pública. Barcelona: Anthropos. [Documento en línea]. Disponible

[Disponible en Internet]

<[http://books.google.com/books?id=r23PqkSC-HEC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_hp#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com/books?id=r23PqkSC-HEC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_hp#v=onepage&q&f=false)>

MEMBIELA, P. (2002). Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología- Sociedad: formación para la ciudadanía. Narcea, Madrid.

[Disponible en Internet]

<[http://www.tematika.com/libros/humanidades--2/educacion--3/didactica--5/ensenanza\\_de\\_las\\_ciencias\\_desde\\_la\\_perspectiva\\_ciencia\\_tecnologia\\_sociedad--525220.htm](http://www.tematika.com/libros/humanidades--2/educacion--3/didactica--5/ensenanza_de_las_ciencias_desde_la_perspectiva_ciencia_tecnologia_sociedad--525220.htm)>

MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. (1976). Decreto Ley 088, Bogotá D.C.

[Disponible en Internet]

<[http://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-102584\\_archivo\\_pdf.pdf](http://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-102584_archivo_pdf.pdf)>

------. (1978) Decreto 1419 del 17 de julio. [Disponible en Internet]

<[http://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-102770\\_archivo\\_pdf.pdf](http://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-102770_archivo_pdf.pdf)>

------. (1984) Decreto 1002 del 24 de abril.

[Disponible en Internet]

<[http://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-103663\\_archivo\\_pdf.pdf](http://www.mineduacion.gov.co/1621/articles-103663_archivo_pdf.pdf)>

----- (1995). El salto educativo, La educación eje del desarrollo del país. Educación en Tecnología, Propuesta para la educación básica, Programa de educación en tecnología para el siglo XX. PET 21. Serie Documentos de Trabajo. Santafé de Bogotá: El Ministerio. [Disponible en Internet]

<[http://www.pedagogica.edu.co/storage/rce/articulos/rce29\\_07docu.pdf](http://www.pedagogica.edu.co/storage/rce/articulos/rce29_07docu.pdf)>

----- (1996). Plan Decenal de Educación 1.996 - 2.005.

[Disponible en Internet]

<[http://www.mineduccion.gov.co/1621/articles-85242\\_archivo\\_pdf.pdf](http://www.mineduccion.gov.co/1621/articles-85242_archivo_pdf.pdf)>

----- (2001) Ley 0715 de Diciembre 21 [Disponible en Internet]

<[http://www.mineduccion.gov.co/1621/articles-86098\\_archivo\\_pdf.pdf](http://www.mineduccion.gov.co/1621/articles-86098_archivo_pdf.pdf)>

----- (2004). Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales. Formar en ciencias. Lo que necesitamos saber y saber hacer ¡el desafío!. Guía No. 7. 2004 pp. 48

[Disponible en Internet]

<[http://www.mineduccion.gov.co/1621/articles-116042\\_archivo\\_pdf3.pdf](http://www.mineduccion.gov.co/1621/articles-116042_archivo_pdf3.pdf)>

MOREIRA, M.A. (2003). Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. *Ciência e Educação*, Bauru, v. 9, n. 2, p. 301-315.

[Disponible en Internet]

<<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/cambioconceptual.pdf>>

NICKERSON, R. S., PERKINS, D.N. y SMITH, E.E. (1990). Enseñar a pensar. Aspectos de la actitud intelectual. MEC, Paidós, Barcelona. En PALACIOS, A. y VILLAR, C. (1996).

El pensamiento del experto como objeto de estudio. Revista de Filosofía y de Teoría Política - 1996 - Nro. 31-32. p 3.

[Disponible en Internet]

<[http://www.fuentesmemoria.fahce.unlp.edu.ar/art\\_revistas/pr.2576/pr.2576.pdf](http://www.fuentesmemoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.2576/pr.2576.pdf)>

NOLBERTO, V. A.; PONCE, M. E. (2008). Estadística inferencial aplicada. Unidad de Post Grado de la Facultad de Educación de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos Primera edición. Serie: Textos de la Maestría en Educación. Pág. 166.

[Disponible en Internet]

<[http://www.unmsm.edu.pe/educacion/postgrado/est\\_inf\\_aplicada.pdf](http://www.unmsm.edu.pe/educacion/postgrado/est_inf_aplicada.pdf)>

OÑORBE, A. y SÁNCHEZ JIMENEZ, J.M. (1996). Dificultades en la enseñanza aprendizaje de los problemas de física y química. I. Opiniones de los alumnos. Enseñanza de las Ciencias, 14(2), pp. 165-170.

[Disponible en Internet]

<<http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21445/93408>>

ORTEGA, P.; SAURA, J.P.; MÍNGUEZ, R.; GARCÍA DE LAS BAYONAS, A. y MARTÍNEZ, D. (1992). Diseño y aplicación de una escala de actitudes hacia el estudio de las ciencias experimentales. Enseñanza de las Ciencias, 10 (3), pp. 295-303.

[Disponible en Internet]

<<http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v10n3p295.pdf>>

OSBORNE, R; FREYBERG, P (1998). El aprendizaje de las ciencias; influencia de las "ideas previas" de los alumnos. Ed. Narcea S.A. Tercera Edición. 301 p.

OSORIO, C. (1997). Estudio de la demanda de recursos humanos con formación técnica, para orientar la construcción de un establecimiento educativo en la comuna 20 del Municipio de Santiago de Cali. Santiago de Cali: Universidad del Valle, Alcaldía.

[Disponible en Internet]

<<http://www.oei.es/salactsi/osorio1.htm>>

----- (1999). Socialización en educación ambiental. Módulo de Taller Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC. Santiago de Cali: CVC.

PALACIOS, Analia Mirta; VILLAR, Claudia Mariela. (1996) El pensamiento del experto como objeto de estudio. Revista de Filosofía y Teoría Política, no.31-32, p.228-234

[Disponible en Internet]

<[http://www.fuentesmemoria.fahce.unlp.edu.ar/art\\_revistas/pr.2576/pr.2576.pdf](http://www.fuentesmemoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.2576/pr.2576.pdf)>

PALACIOS, C.; LÓPEZ RUPÉREZ, F.; GARROTE, R. y MONTES, P. (1989). Procesos de la ciencia y desarrollo cognitivo en Bachillerato. Enseñanza de las Ciencias, 7 (2), pp. 132-140.

[Disponible en Internet]

<<http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/51247/92991>>

PALACIOS, C. y LÓPEZ RUPÉREZ, F. (1992). Resolución de problemas de Química, mapas conceptuales y estilo cognitivo. Revista de Educación, 297, pp. 293-314.

[Disponible en Internet]

<<http://www.doredin.mec.es/documentos/00820073003680.pdf>>

PALÁU, L. A. (1998). Traducciones historia de la biología (1-9). Medellín: Universidad Nacional.

PAVÓN, M. (1.998). El problema de la interacción entre ciencia, tecnología y sociedad. Una consideración crítica al campo de CTS. Argumentos de razón crítica. Revista Española de Ciencia, Tecnología y Sociedad y filosofía de la tecnología, 1, 111-151.

[Disponible en Internet]

<[http://biblioteca.universia.net/html\\_bura/ficha/params/title/problema-interaccion-ciencia-tecnologia-sociedad-consideracion-critica-campo-c-t/id/934826.html](http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/title/problema-interaccion-ciencia-tecnologia-sociedad-consideracion-critica-campo-c-t/id/934826.html)>

PERALES, J. (1993). La resolución de problemas: una revisión estructurada. Enseñanza de las Ciencias, 11 (2), pp. 170-178.

[Disponible en Internet]

<<http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21188/93250>>

PESA M. (2002) La ciencia como actividad de resolución de problemas: la epistemología de Larry Laudan y algunos aportes para las investigaciones educativas en ciencias. Caderno. Brasileiro de. Ensino de. Física., v. 19, n. especial: p.84-90.

[Disponible en Internet]

<<http://www.fsc.ufsc.br/cbef/port/19-especial/artpdf/a5.pdf>>

PORLÁN, R. (1993). Principios para la formación del profesorado de secundaria. Revista Universitaria de Formación de Profesorado, año/vol. 17, número 001. Universidad Zaragoza. España. Pp. 23-35

[Disponible en Internet]

<<http://redalyc.uaemex.mx/pdf/274/27417103.pdf>>

----- (1993). Constructivismo y escuela. Hacia un modelo de enseñanza aprendizaje basado en la investigación. Diada, Sevilla.

[Disponible en Internet]

<[http://www.crefal.edu.mx/biblioteca\\_digital/coleccion\\_crefal/rieda/a1995\\_3/resenas.pdf](http://www.crefal.edu.mx/biblioteca_digital/coleccion_crefal/rieda/a1995_3/resenas.pdf)>

----- (1998). Pasado, presente y futuro de la didáctica de las ciencias.

Enseñanza de las Ciencias, 16 (1), pp. 175-185.

[Disponible en Internet]

<<http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/83243/108226>>

POSNER, G.J., STRIKE, K.A., HEWSON, P.W. y GERTZOG, W.A. (1982). Accomodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. Science Education, 66 (2), pp. 221-227. (Trad. Cast. Acomodación de un concepto científico: hacia una teoría del cambio conceptual. En: R. Porlán, J. E. García y P. Cañal, Constructivismo y enseñanza de las ciencias. Díada. Sevilla).

[Disponible en Internet]

<[http://ci.unlv.edu/files/Week6\\_Posner\\_et\\_al\\_Optional.pdf](http://ci.unlv.edu/files/Week6_Posner_et_al_Optional.pdf)>

POZO, J.I. (2006). Teorías cognitivas del aprendizaje. Morata, Madrid. Novena edición

[Disponible en Internet]

<[http://books.google.com/books?id=DpuKJ2NI3P8C&pg=PA260&lpq=PA260&dq=Lessons+frameworks+for+changing+children%E2%80%99s&source=bl&ots=4fVyK8RBP4&sig=iNiHUV73IKkKgUwCMBR1hU8B\\_wo&hl=es&ei=MNIDTqb8Jue00AHE6pW-Cw&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=8&ved=0CGAQ6AEwBw#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com/books?id=DpuKJ2NI3P8C&pg=PA260&lpq=PA260&dq=Lessons+frameworks+for+changing+children%E2%80%99s&source=bl&ots=4fVyK8RBP4&sig=iNiHUV73IKkKgUwCMBR1hU8B_wo&hl=es&ei=MNIDTqb8Jue00AHE6pW-Cw&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=8&ved=0CGAQ6AEwBw#v=onepage&q&f=false)>

----- (1994). La solución de problemas. Aula XXI, Santillana, Madrid.

[Disponible en Internet]

<<http://eduportfolio.org/fichiers/download/801237/1>>

----- (1999). Más allá del cambio conceptual: el aprendizaje de la ciencia como cambio representacional. Enseñanza de las Ciencias, 17 (3), pp. 513-520.

[Disponible en Internet]

<<http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v17n3p513.pdf>>

----- (2007). Ni cambio ni conceptual: la reconstrucción del conocimiento científico como un cambio representacional. En Cambio conceptual y representacional en la enseñanza de la ciencia, Pozo, J. I y Flores, F. (editores), Antonio Machado Libros, Madrid: OREALC-UNESCO/Universidad de Alcalá.

[Disponible en Internet]

<<http://www.posgrado.unam.mx/madems/PDF/Ni%20cambio%20ni%20conceptual%20Pozo.pdf>>

----- (1993). Psicología y didáctica de las ciencias de la naturaleza: concepciones alternativas? Infancia y Aprendizaje, 62-63, pp. 187-204.

[Disponible en Internet]

<[dialnet.unirioja.es/servlet/dfichero\\_articulo?codigo=48436&orden=0](http://dialnet.unirioja.es/servlet/dfichero_articulo?codigo=48436&orden=0)>

QUINTERO CANO, C. A. (2009). Diseño, experimentación y evaluación de materiales curriculares para la formación en CTS. Universidad Santiago de Cali. Pág. 229.

[Disponible en Internet]

<[http://issuu.com/editorial\\_usc/docs/quintero\\_final](http://issuu.com/editorial_usc/docs/quintero_final)>

RAMÍREZ CASTRO, J.L.; GIL PEREZ, D.; MARTINEZ TORREGROSA, J. (1990). La resolución de problemas de Física y de Química como investigación en la Enseñanza Media: un instrumento de cambio metodológico. Tesis Doctoral, Universidad de Valencia.

[Disponible en Internet]

<<http://www.educacion.gob.es/cide/espanol/publicaciones/colecciones/investigacion/col097/col097pc.pdf>>

RAMÍREZ, J. L. y Otros (1992). La didáctica de la resolución de problemas en cuestión: elaboración de un modelo alternativo. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, 6, 73-85

[Disponible en Internet]

<[http://www.uv.es/gil/documentos\\_enlazados/1992\\_Res\\_Prob.doc](http://www.uv.es/gil/documentos_enlazados/1992_Res_Prob.doc)>

REIGOSA, C. E. y JIMÉNEZ, M. P. (2000). La cultura científica en la resolución de problemas en el laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (2), pp. 275-284.

[Disponible en Internet]

<<http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21670/21504>>

RIDING, R. Y RAYNER, S. (1998) *Cognitive Styles and Learning Strateies - Understanding style differences in learning and behaviour*. David Fulton Publisher.London, UK. En Cavelucci, Lia.(N.D.) *Estilos de aprendizaje: em busca das diferencias individuais*.

[Disponible en Internet]

<[http://www.iar.unicamp.br/disciplinas/am540\\_2003/lia/estilos\\_de\\_aprendizagem.pdf](http://www.iar.unicamp.br/disciplinas/am540_2003/lia/estilos_de_aprendizagem.pdf)>

RODRIGO, M. J. y CORREA, N. (2001). Representación y procesos cognitivos: esquemas y modelos mentales. EN COLL, C.; PALACIOS, J Y MARCHESI A. (eds.) *Desarrollo Psicológico y Educación 2. Psicología de la educación escolar*, pp. 117-135.

[Disponible en Internet]

<[http://ftp.ceces.upr.edu.cu/centro/repositorio/Textuales/Libros/PsE/Desarrollo\\_psicologico\\_y\\_educacion.pdf](http://ftp.ceces.upr.edu.cu/centro/repositorio/Textuales/Libros/PsE/Desarrollo_psicologico_y_educacion.pdf)>

RODRÍGUEZ ACEVEDO, G. (1998). Ciencia, tecnología y sociedad: desde una mirada tecnológica. *Revista Iberoamericana de Educación*, 18, 107-143

[Disponible en Internet]

<<http://www.rieoei.org/oeivirt/rie18a05.pdf>>

SACRISTÁN, G. J. 2002. Comprender y transformar la enseñanza. Ediciones Morata. Madrid. p.p. 14, 142.

[Disponible en Internet]

<[http://www.farq.edu.uy/estructura/unidades\\_de\\_gestion/uap/matevalaprend/Jose%20Gimeno%20Sacristan.pdf](http://www.farq.edu.uy/estructura/unidades_de_gestion/uap/matevalaprend/Jose%20Gimeno%20Sacristan.pdf)>

SANTILLANA (2002). Aprender a resolver problemas: una asignatura pendiente.

[Disponible en Internet]

<<http://www.santillana.com.ar/02/natu/poli/problemfisica.pdf>>

SANTOS, M.E. (2002) Relaciones entre Ciencia, Tecnología y Sociedad. En: P. Membiela (ed.) [online]. Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva Ciencia- Tecnología- Sociedad: formación para la ciudadanía. Narcea, Madrid, pp. 61-75. Digitalizado)

[Disponible en Internet]

<[http://books.google.com.co/books?id=8ekkdqNCjUC&printsec=frontcover&dq=Ense%C3%B1anza+de+las+Ciencias+desde+la+perspectiva+Ciencia-+Tecnolog%C3%ADa-Sociedad:+formaci%C3%B3n+para+la+ciudadan%C3%ADa&source=bl&ots=5QjZWFKdhg&sig=AkUjHvA6AWR2GBnnQDNYQt-r3Bl&hl=es&ei=mYUmTf3PNML58Aa6xsCrAQ&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=1&ved=0CBkQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com.co/books?id=8ekkdqNCjUC&printsec=frontcover&dq=Ense%C3%B1anza+de+las+Ciencias+desde+la+perspectiva+Ciencia-+Tecnolog%C3%ADa-Sociedad:+formaci%C3%B3n+para+la+ciudadan%C3%ADa&source=bl&ots=5QjZWFKdhg&sig=AkUjHvA6AWR2GBnnQDNYQt-r3Bl&hl=es&ei=mYUmTf3PNML58Aa6xsCrAQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CBkQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false)>

SCHIEFELBEIN, E. (1995). Programa de acción para la reforma educativa en América Latina y el Caribe. (Trabajo preparado para la Conferencia Anual del Banco Mundial para el Desarrollo en América Latina y el Caribe, Río de Janeiro, 12 y 13 de Junio de 1995). UNESCO-OREALC.

[Disponible en Internet]

<<http://unesdoc.unesco.org/images/0010/001016/101639s.pdf>>

SERRANO, T. (1992). Desarrollo conceptual del sistema nervioso en niños de 5 a 14 años. Modelos mentales. Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid.

[Disponible en Internet]

<<http://eprints.ucm.es/tesis/19911996/S/5/S5001301.pdf>>

SIERRA, J. (2001) Estilos cognitivos (dependencia-independencia de campo) en niños sordos. Implicaciones educativas. Vicerrectorado de Extensión Universitaria Universidad Complutense de Madrid, Madrid.

[Disponible en Internet]

<<http://eprints.ucm.es/tesis/19911996/S/5/S5006301.pdf>. Consultada en abril 19 de 2011>

SIGÜENZA, A. (2000). Formación de modelos mentales en la resolución de problemas de Genética. Enseñanza de las Ciencias, 18 (3), pp. 439-450.

[Disponible en Internet]

<<http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21694/21528>>

SIMON, H. A. (1984). La teoría del procesamiento de la información sobre la solución de problemas. En Marmolejo R. F. Nuevos avances en el estudio científico de la Comprensión de textos paginas 4-13. The University Of Ballarat, Australia. Univ. Psychol. Bogotá (Colombia), 6 (2): 331-343, mayo-agosto de 2007.

[Disponible en Internet]

<<http://pepsic.bvs-psi.org.br/pdf/up/v6n2/v6n2a12.pdf>>

SOLAZ PORTOLÉS, J. J. y SANJOSÉ LÓPEZ V. (2006)¿Podemos predecir el rendimiento de nuestros alumnos en la resolución de problemas?. Revista de Educación, 339, pp. 693-710

[Disponible en Internet]

<<http://www.doredin.mec.es/documentos/00820083000159.pdf>>

SOLBES, J. y VILCHES, A. (1989). Interacciones Ciencia/Técnica/Sociedad: un instrumento de cambio actitudinal. Enseñanza de las Ciencias, 7 (1), pp. 14-20.

[Disponible en Internet]

<<http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/51127/92735>>

----- (2004). Papel de las relaciones entre Ciencia, Tecnología, sociedad y Ambiente en la Formación ciudadana. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias. Vol. 3 N22.

[Documento en línea]. Disponible: [Disponible en Internet]

<<http://www.saum.uvigo.es/reec>>.

SOLBES, J.; VILCHES, A. y GIL, D. (2002). Papel de las interacciones Ciencia, Tecnología y Sociedad en el futuro de la enseñanza de las ciencias. En: P. Membiela (ed.) Enseñanza de las Ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad: formación para la ciudadanía. Narcea, Madrid.

[Disponible en Internet]

<<http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21986/21820>>

STENHOUSE, L. 1987. La investigación como base de la enseñanza (Morata S.S. Madrid.

pp. 8

[Disponible en Internet]

<<http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/51330/93078>>

SUTZ, J. (1998). Ciencia, tecnología y sociedad: argumentos y elementos para una innovación curricular. En: OEI, Revista iberoamericana de educación, ciencia, tecnología y sociedad ante la educación 18, 145-169.

[Disponible en Internet]

<<http://www.rieoei.org/oeivirt/rie18a06.pdf>>

TACONIS, R.; FERGUSON-HESSLER, M. y BROEKKAMP, H. (2001). Teaching science problem solving: an overview of experimental work. *Journal of Research in Science Teaching*, 38 (4), pp. 442-468.

[Disponible en Internet]

<<http://www.google.com.co/#sclient=psy&hl=es&source=hp&q=%22Teaching+science+problem+solving:+an+overview+of+experimental+work%22&aq=f&aql=&aql=&oq=&pbx=1&fp=651ae9fee8d81eff&biw=1366&bih=511>>.

TOFFLER, A. Y TOFFLER, H. (1971) *El Shock del futuro*. Madrid: Sociológico.

[Disponible en Internet]

<<http://tecnoeduka.110mb.com/documentos/tecnologia/toffler/el%20shock%20del%20futuro.pdf>>

TORANZOS, L. (1996). Evaluación y Calidad, *Revista Iberoamericana de Educación*. nº 10, págs. 63-78

[Disponible en Internet]

<<http://www.rieoei.org/oeivirt/rie10a03.pdf>>

VACCAREZZA, L. (1998). Ciencia, tecnología y sociedad: el estado de la cuestión en América Latina. En: OEI, *Revista Iberoamericana de educación, Ciencia, tecnología y sociedad ante la educación*, 18,13-40.

[Disponible en Internet]

<<http://www.rieoei.org/oeivirt/rie18a01.pdf>>

VARELA, M<sup>a</sup>. P. (1994). *La resolución de problemas en la enseñanza de las ciencias. Aspectos didácticos y cognitivos*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense, Madrid (editada en C.D.).

[Disponible en Internet]

<<http://eprints.ucm.es/tesis/19911996/S/5/S5006501.pdf>>.

VARELA, M<sup>a</sup>. P. y MARTÍNEZ AZNAR, M<sup>a</sup>. M. (1998). Una estrategia de cambio conceptual en la enseñanza de la Física. La resolución de problemas como actividad de investigación. Enseñanza de las Ciencias, 15, pp. 173-188.

[Disponible en Internet]

<<http://www.raco.cat/index.php/ensenanza/article/viewFile/21489/93524>>

VÁZQUEZ, A. Y MANASSERO, M.A. (1997). Una evaluación de las actitudes relacionadas con la ciencia. Enseñanza de las Ciencias, 15 (2), pp. 199-213.

[Disponible en Internet]

<<http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/viewFile/21491/93528>>

VIGOTSKY, L.S. (1978). Mind in society. The development of higher psychological process. Trad. cast. El desarrollo de los procesos psicológicos superiores (1979). Crítica, Barcelona.

[Disponible en Internet]

<<http://www.buscador.iu.mx.eu/leer-online/?t=el+desarrollo+de+los+procesos+psicol%C3%B3gicos+superiores+de+vygotsky+PDF&d=<http://www.ugr.es/~recfpro/rev102COL2.pdf>>>

VILCHES, A. (1993). Las interacciones Ciencia, Técnica y Sociedad y la enseñanza de las ciencias físico químicas. Tesis Doctoral, Universidad de Valencia.

[Disponible en Internet]

<<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2941807>>

VILCHES, A. (1999). El contexto ciencia-tecnología-sociedad. Cuadernos de Pedagogía, 281, pp. 64-67.

[Disponible en Internet]

<<http://www.uv.es/vilches/documentos%20enlazados/Biblio-com.pdf>>.

WHEATLEY, G.M. (1991). Constructivist Perspectives on Science and Mathematics learning. *Science Education*, 78 (1), pp. 9-21. citado por LUFFIEGO GARCÍA, Máximo. (2001) Reconstruyendo el constructivismo: hacia un modelo evolucionista del aprendizaje de conceptos. *Enseñanza de las ciencias*, 19 (3), 377-392

[Disponible en Internet]

<[http://www.eric.ed.gov/ERICWebPortal/search/detailmini.jsp?\\_nfpb=true&\\_ERICExtSearch\\_SearchValue\\_0=EJ453602&ERICExtSearch\\_SearchType\\_0=no&accno=EJ453602](http://www.eric.ed.gov/ERICWebPortal/search/detailmini.jsp?_nfpb=true&_ERICExtSearch_SearchValue_0=EJ453602&ERICExtSearch_SearchType_0=no&accno=EJ453602)>

ZIMAN, J. (1980). *An introduction to science studies: the philosophical and social aspect of science and technology*. Cambridge University Press.

[Disponible en Internet]

<<http://catdir.loc.gov/catdir/samples/cam034/80040326.pdf>>.