

# UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA NACIONAL



SECRETARÍA ACADÉMICA

COORDINACIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN DESARROLLO EDUCATIVO

***“Diseño y evaluación de un modelo de enseñanza sobre  
cambio climático fundamentado en cambio conceptual,  
mediado con Moodle”***

Tesis que para obtener el Grado de  
**Maestra en Desarrollo Educativo**

Presenta

**Andrea Margarita Pastrana Martínez**

Directora de Tesis **Dra. Ana Nulia Cázares Castillo**

Ciudad de México

Febrero 2019

Agradecimientos:

A mi asesora Ana Nulia Cázarez Castillo, por todo el esfuerzo y dedicación para la elaboración y terminación de esta Tesis.

A mis maestros que me han formado a lo largo de la vida.

A mi familia que me han impulsado a seguir aprendiendo.

A Sofía Best Pastrana que ha sido un motor para ser un mejor ser humano.

Al pueblo de México que hace posible con su trabajo diario que existan las Universidades Públicas.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	12
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	16
<b>El problema de la enseñanza de las ciencias.....</b>	<b>16</b>
<b>El problema en la enseñanza y aprendizaje sobre el tema Cambio Climático. ....</b>	<b>19</b>
JUSTIFICACIÓN .....	23
OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN .....	26
ESTADO DEL ARTE .....	27
Estado del Arte sobre el la enseñanza del Efecto Invernadero y Cambio Climático y el uso de la TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje .....	27
Enseñanza del efecto invernadero y cambio climático.....	27
El Uso de las TIC en el Aprendizaje Académico .....	31
MARCO TEÓRICO.....	34
<b>Capítulo I.....</b>	<b>34</b>
<b>Aprendizaje y Enseñanza de las Ciencias y Cambio Conceptual .....</b>	<b>34</b>
Enfoques Filosóficos Sobre la Obtención del Conocimiento.....	34
El aprendizaje y la enseñanza desde un punto de vista constructivista.....	44
Tipos de conocimiento.....	48
Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias .....	52
Enfoques de enseñanza de las ciencias.....	52
La enseñanza tradicional de las ciencias.....	52
La enseñanza de la ciencia por descubrimiento.....	53
La enseñanza expositiva.....	54
La enseñanza mediante conflicto cognitivo.....	55
La enseñanza mediante investigación dirigida.....	56
La enseñanza por explicación y contrastación de modelos.....	56
Enseñanza de las Ciencias y Cambio Conceptual .....	59
Origen de las concepciones alternativas y el pensamiento causal.....	60
Teoría empirista de la causalidad.....	61

Teoría Racionalista de la causalidad.....	62
Teoría de la atribución causal. ....	64
Conceptos de covariación. ....	64
Concepto de configuración. ....	65
Piaget y la teoría de la causalidad.....	67
Estadio sensoriomotor.....	68
Estadio preoperacional.....	69
Precausalidad. ....	69
Funciones. ....	69
Estadio de las operaciones concretas.....	70
Estadio operacional formal. ....	71
Pensamiento formal consolidado. ....	71
Modelo sobre el pensamiento causal. ....	72
Principios. ....	72
Reglas de inferencia. ....	74
Uso de las reglas de inferencia causal. ....	74
Primacía y contigüidad temporal.....	75
Contigüidad espacial. ....	75
Semejanza. ....	76
Covariación.....	76
Control de variables. ....	78
Enseñanza de la Biología a Partir del Cambio Conceptual .....	80
Correlación.....	82
Sistemas de representación de expertos y novatos.....	83
Representación del conocimiento mediante modelos mentales. ....	83
La Organización de los Conocimientos en Expertos y Novatos.....	85
Las representaciones de los expertos y novatos y el cambio conceptual.....	91
Enseñanza de la ciencia y cambio conceptual. ....	103
<b>Capítulo II.....</b>	<b>108</b>
<b>    Relación entre el cambio climático y la biodiversidad .....</b>	<b>108</b>
Efecto invernadero.....	108
Cambio Climático .....	114
Efectos del cambio climático.....	121
Efectos del cambio climático sobre los hielos y nieve.....	123

Efectos del cambio climático sobre la biodiversidad.....	124
Predicciones sobre el efecto del cambio climático en México.....	126
La interacción entre los seres vivos y la regulación del clima .....	132
<b>Capítulo III.....</b>	<b>137</b>
<b>Las TIC en los Procesos Educativos.....</b>	<b>137</b>
Las TIC en el Contexto Educativo.....	137
Uso e impacto de la TIC en el contexto escolar. ....	138
¿Cómo son Utilizadas las TIC en el Aula? .....	139
TIC como “herramientas” mentales.....	143
El Enfoque de las Tic en el Proceso de Aprendizaje.....	145
Tipos de TIC. ....	154
TIC Educativas .....	155
Ambientes híbridos de aprendizaje. ....	157
La plataforma Moodle.....	161
Las herramientas de Moodle y sus usos en la enseñanza de las ciencias . ....	163
Alcances y limitaciones de la plataforma Moodle.....	170
<b>Capítulo IV.....</b>	<b>172</b>
<b>Estrategias didácticas y su implementación.....</b>	<b>172</b>
Estructura y contenidos del curso “Relación entre el cambio climático y la pérdida de la biodiversidad” en la plataforma Moodle. ....	174
Procedimiento.....	188
<b>Capítulo V.....</b>	<b>191</b>
<b>Método .....</b>	<b>191</b>
Pregunta General .....	191
Objetivo General .....	191
Hipótesis experimental.....	192
Tipo de estudio y Diseño de Investigación.....	192
Escenario.....	192
Participantes .....	193
Técnicas e instrumentos de recogida de Información .....	193
Pre y post test.....	193

<b>Capítulo VI.....</b>	<b>195</b>
<b>Resultados.....</b>	<b>195</b>
Resultados cuantitativos del pre test .....	195
Resultados cuantitativos del post test.....	196
Resultados cuantitativos de las repuestas construidas .....	223
Análisis cualitativo de las respuestas construidas.....	226
Análisis cualitativos pre-test .....	227
Análisis Cualitativos del post-test.....	231
Cascadas Tróficas .....	236
Tamaño del Efecto.....	245
Medición de Motivación Académica .....	246
Prueba t de diferencia entre medias de motivación entre los dos grupos experimental y control.....	246
<b>Capítulo VII.....</b>	<b>248</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>248</b>
Alcances del Estudio .....	254
Limitaciones del estudio .....	254
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>256</b>
<b>Anexo I. Contenidos de la plataforma. ....</b>	<b>266</b>
<b>Anexo III. Cuestionario sobre cambio climático y biodiversidad .....</b>	<b>294</b>
<b>Anexo III. Rúbrica de evaluación para las respuestas construidas.....</b>	<b>296</b>
<b>Anexo IV. Tamaño del efecto.....</b>	<b>299</b>
<i>d</i> de Cohen (1988).....	299
<b>Anexo IV. Plan curricular de Ciencias I.....</b>	<b>302</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS.

<i>Figura 1. Esquema de Causas Múltiples.....</i>	<i>66</i>
<i>Figura 2. Sistema de relaciones del cambio climático.....</i>	<i>173</i>
<i>Figura 3. "Radiación Solar" .....</i>	<i>177</i>

Figura 4. "Componentes de la Atmósfera".....	181
Figura 5. "Efecto Atmósfera". .....	184
Figura 6. Cambio climático, causas y efectos.....	186
Figura 7. Relación entre los seres vivos y la regulación del clima.....	189
Figura 8. Cambio Ontológico en el Sistema de Representaciones .....	253

## ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Fundamentos Filosóficos del Racionalismo .....	36
Tabla 2. Fundamentos Filosóficos del Empirismo .....	39
Tabla 3. Fundamentos Filosóficos del Experimentalismo .....	43
Tabla 4. Enfoques en la Enseñanza de las Ciencias . .....	58
Tabla 5. Enfoques Filosóficos Sobre la Causalidad. ....	72
Tabla 6. Covariación y Causalidad .....	77
Tabla 7. Tipología de las herramientas de la plataforma Moodle .....	163
Tabla 8. Estadístico de Grupo Experimental y Control Pre Test .....	196
Tabla 9. Prueba T de Student para muestras independientes Pre Test.....	196
Tabla 10. Estadístico de Grupo Experimental y Control Post Test .....	197
Tabla 11. Prueba T de Student para muestras independientes Post Test .....	197
Tabla 12. Estadísticos de muestras relacionadas Grupo Experimental .....	198
Tabla 13. Prueba T muestras relacionadas Grupo Experimental Pre y Post Test.....	198
Tabla 14. Estadísticos de muestras relacionadas Grupo Control Pre y Post Test.....	199
Tabla 15. Prueba T de muestras relacionadas Grupo Control Pre y Post Test .....	199
Tabla 16. Estadístico de Grupo Experimental y Control Pre Test Tema Radiación Solar. ....	200
Tabla 17. Prueba T de Student para muestras independientes Pre Test Tema Radiación Solar.....	200
Tabla 18. Estadístico de Grupo Experimental y Control Post Test Tema Radiación Solar.....	201
Tabla 19. Prueba T de Student para muestras independientes Post Test Tema Radiación Solar. ....	201
Tabla 20. Estadísticos de muestras relacionadas Grupo Experimental Pre y Post Test Tema Radiación Solar. _	202
Tabla 21. Prueba T de muestras relacionadas Grupo Experimental Pre y Post Test Tema Radiación Solar ____	203
Tabla 22. Estadísticos de muestras relacionadas Grupo Control Pre y Post Test Tema Radiación Solar. ....	204
Tabla 23. Prueba T de muestras relacionadas Grupo Control Pre y Post Test Tema Radiación Solar. ....	204
Tabla 24. Estadístico de Grupo Experimental y Control Pre Test Tema Efecto Invernadero.....	205
Tabla 25. Prueba T para muestras independientes Pre Test Tema Efecto Invernadero. ....	206
Tabla 26. Estadístico de Grupo Experimental y Control Post Test Tema Efecto Invernadero.....	206
Tabla 27. Prueba T de Student para muestras independientes Post Test Tema Efecto Invernadero. ....	207

<i>Tabla 28. Estadísticos de muestras relacionadas Grupo Experimental Pre y Post Test Tema Efecto Invernadero.</i>	208
<hr/>	
<i>Tabla 29. Prueba T de muestras relacionadas Grupo Experimental Pre y Post Test Tema Efecto Invernadero. _</i>	208
<i>Tabla 30. Estadísticos de muestras relacionadas Grupo Control Pre y Post Test Tema Efecto Invernadero. ___</i>	208
<i>Tabla 31. Prueba T de muestras relacionadas Grupo Control Pre y Post Test Tema Efecto Invernadero. _____</i>	208
<i>Tabla 32. Estadístico de Grupo Experimental y Control Pre Test Tema Modelo Efecto Invernadero. _____</i>	212
<i>Tabla 33. Prueba T de Student para muestras independientes Pre Test Tema Modelo Efecto invernadero. ___</i>	212
<i>Tabla 34. Estadístico de Grupo Experimental y Control Post Test Tema Modelo Efecto Invernadero. _____</i>	213
<i>Tabla 35. Prueba T de Student para muestras independientes Post Test Tema Modelo Efecto invernadero. __</i>	213
<i>Tabla 36. Estadísticos de muestras relacionadas Grupo Experimental Pre y Post Test Tema Modelo Efecto Invernadero. _____</i>	214
<hr/>	
<i>Tabla 37. Prueba T de muestras relacionadas Grupo Experimental Pre y Post Test Tema Modelo Efecto Invernadero. _____</i>	215
<i>Tabla 38. Estadísticos de muestras relacionadas Grupo Control Pre y Post Test Tema Modelo Efecto Invernadero.</i>	215
<hr/>	
<i>Tabla 39. Prueba T de muestras relacionadas Grupo Control Pre y Post Test Tema Modelo Efecto Invernadero.</i>	215
<i>Tabla 40. Estadístico de Grupo Experimental y Control Pre Test Tema Cambio Climático. _____</i>	218
<i>Tabla 41. Prueba T de Student para muestras independientes Pre Test Tema Cambio Climático. _____</i>	218
<i>Tabla 42. Estadístico de Grupo Experimental y Control Post Test Tema Cambio Climático. _____</i>	218
<i>Tabla 43. Prueba T de Student para muestras independientes Post Test Tema Cambio Climático. _____</i>	219
<i>Tabla 44. Estadísticos de muestras relacionadas Grupo Experimental Pre y Post Test Cambio Climático. _____</i>	220
<i>Tabla 45. Prueba T de muestras relacionadas Grupo Experimental Pre y Post Test Tema Cambio Climático. __</i>	220
<i>Tabla 46. Estadísticos de muestras relacionadas Grupo Control Pre y Post Test Tema Cambio Climático. _____</i>	220
<i>Tabla 47. Prueba T de muestras relacionadas Grupo Control Pre y Post Test Tema Cambio Climático.</i>	221
<hr/>	
<i>Tabla 48. Estadísticos de Muestras Independientes Respuestas Construidas Pre-Test _____</i>	223
<i>Tabla 49. Prueba T de Muestras Independientes Respuestas Construidas _____</i>	223
<i>Tabla 50. Estadísticos de muestras relacionadas Grupo Experimental Respuestas Construidas _____</i>	224
<i>Tabla 51. Prueba T muestras relacionadas Grupo Experimental Respuesta Construidas _____</i>	224
<i>Tabla 52. Estadísticos de muestras relacionadas Grupo Control Respuestas Construidas _____</i>	225
<i>Tabla 53. Prueba de T para muestras relacionadas Grupo Control Respuestas Construidas _____</i>	225
<i>Tabla 54. Estadísticos de Grupo Muestras Independientes Post Test Respuestas Construidas _____</i>	226
<i>Tabla 55. Prueba T de Muestras Independientes Post Test Respuestas Construidas _____</i>	226
<i>Tabla 56. Estadístico de Grupo Escala de Motivación _____</i>	246
<i>Tabla 57. Prueba T de Student para Muestras Independientes Escala de Motivación _____</i>	247

## ÍNDICE DE GRÁFICAS.

<i>Gráfica 1. Porcentaje de Albedo de las Superficies de Agua.....</i>	<i>117</i>
<i>Gráfica 2. Porcentaje de Albedo en Superficies Desnudas.....</i>	<i>117</i>
<i>Gráfica 3. Porcentaje de Albedo en Superficies Naturales.....</i>	<i>118</i>
<i>Gráfica 4. Tipos de Vegetación que Disminuirán su Superficie en Función de los Escenarios de Cambio Climático. .....</i>	<i>129</i>
<i>Gráfica 5. Tipos de Vegetación que Aumentarán su Superficie en función de los escenarios de cambio climático. .....</i>	<i>129</i>
<i>Gráfica 6. Pronóstico de Cambio Vegetación de Pinos.....</i>	<i>130</i>
<i>Gráfica 7. Pronóstico de Cambio Superficie de Vegetación de Encinos.....</i>	<i>131</i>
<i>Gráfica 8. Comparativo de Medias Pre Test Grupo Experimental y Control.....</i>	<i>195</i>
<i>Gráfica 9. Comparativo de Medias Post Test Grupo Experimenta y Control.....</i>	<i>197</i>
<i>Gráfica 10. Comparativo de Medias Pre y Post Test Grupo Experimental.....</i>	<i>198</i>
<i>Gráfica 11. Comparativo de Medias Pre y Post Test Grupo Control.....</i>	<i>199</i>
<i>Gráfica 12. Comparativo de Medias Radiación Solar Pre y Post Test Grupo Experimental y Control.....</i>	<i>202</i>
<i>Gráfica 13. Resultados de la Prueba de Opción Múltipe Sobre el Tema Radiación Solar Grupo Experimental.....</i>	<i>203</i>
<i>Gráfica 14. Resultados de la Prueba de Opción Múltipe Sobre el Tema Radiación Solar Grupo Control.....</i>	<i>205</i>
<i>Gráfica 15. Comparativo de Medias Efecto Invernadero Pre y Post Test Grupo Experimental y Control.....</i>	<i>207</i>
<i>Gráfica 16. Resultados de la Prueba de Opción Múltipe Sobre el Tema Efecto Invernadero (ei) Grupo Experimental.....</i>	<i>210</i>
<i>Gráfica 17. Resultados de la Prueba de Opción Múltipe Sobre el Tema Efecto Invernadero (ei) Grupo Control.....</i>	<i>211</i>
<i>Gráfica 18. Comparativo de Medias Modelo del Efecto Invernadero Pre y Post Test Grupo Experimental y Control. .....</i>	<i>214</i>
<i>Gráfica 19 Resultados de la Prueba de Opción Múltipe Sobre el Modelo Efecto Invernadero Grupo Experimental. .....</i>	<i>216</i>
<i>Gráfica 20. Resultados de la Prueba de Opción Múltipe Sobre el Modelo Efecto Invernadero Grupo Control.....</i>	<i>217</i>
<i>Gráfica 21. Comparativo de Medias Cambio Climático Pre y Post Test Grupo Experimental y Control.....</i>	<i>219</i>
<i>Gráfica 22. Resultados de la Prueba de Opción Múltipe Sobre el Tema Cambio Climático (CC) y Calentamiento Global (CG) Grupo Experimental.....</i>	<i>221</i>
<i>Gráfica 23. Resultados de la Prueba de Opción Múltipe Sobre el Tema Cambio Climático (CC) y Calentamiento Global (CG) Grupo Control.....</i>	<i>222</i>

*Gráfica 24. Representaciones de los Alumnos sobre el Desequilibrio en la Cadena Alimenticia al Desaparecer el Consumidor Cuaternario Pre y Post Test Grupo Control .....235*

*Gráfica 25. Representaciones de los alumnos sobre el desequilibrio en la cadena alimenticia al desaparecer el consumidor cuaternario Pre y Post Test Grupo experimental .....236*

*Gráfica 26. Representaciones de los Alumnos Sobre la Relación Entre los Seres Vivos y el Clima Pre y Post Test GC. ....239*

*Gráfica 27. Representaciones de los alumnos sobre la relación entre los seres vivos y el clima Pre y Post Test GE. ....245*

Resumen. En el presente trabajo de investigación se diseñó y se puso a prueba un modelo de intervención con enfoque psicopedagógico fundamentado en cambio conceptual mediado con la plataforma MOODLE, para apoyar el aprendizaje del tema *Relación entre la pérdida de la biodiversidad y el cambio climático* que se aborda en la materia Biología en el primer grado de educación secundaria. En este estudio explicativo con un diseño de tipo cuasi-experimental con pre y post test, participaron 88 estudiantes con una edad promedio de 12 años. La intervención se llevó a cabo en un ambiente híbrido de enseñanza durante 15 sesiones en el aula digital de una escuela secundaria de la Ciudad de México. Durante las sesiones los alumnos fueron abordando los temas y realizaron las actividades propuestas en la plataforma. Para probar el modelo de intervención se aplicó, como medida del aprendizaje por cambio conceptual, un cuestionario de opción múltiple y respuestas construidas, así como también se midió la motivación de los alumnos ésta última a tener en cuenta como una variable de control. El análisis cuantitativo y cualitativo de los resultados muestra diferencias significativas en el aprendizaje a favor del grupo experimental. Se puede concluir que la propuesta de enseñanza mediada con tecnología mejora el aprendizaje y propicia el cambio conceptual.

Palabras clave: Preconcepciones, Cambio conceptual, TIC, ambientes híbridos de enseñanza, efecto invernadero, cambio climático, cascadas tróficas.

## Introducción

La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias han representado siempre dificultades tanto para los docentes como para los estudiantes de todos los niveles académicos. Por su complejidad, la comprensión de los contenidos que se abordan, la integración de los conceptos en un sistema de interrelaciones y la aplicación de estos contenidos fuera del contexto áulico representan un reto para los estudiantes. El aprendizaje y enseñanza de la Biología por su carácter multidisciplinario no sólo se enfrenta a los retos antes mencionados, por la cercanía del estudiante a lo largo de su vida con muchos fenómenos biológicos, la enseñanza de esta disciplina además se enfrenta a preconcepciones fuertemente arraigadas en los estudiantes, las cuales en ocasiones se alejan del conocimiento validado por la ciencia.

Los fenómenos estudiados por la Biología no sólo implican conocer estructuras o funciones, también se requiere entender procesos e interacciones. Los procesos biológicos se pueden abordar en diferentes niveles, desde un molecular hasta un nivel de interacciones entre los organismos, lo que hace aún más complejo el estudio de esta disciplina. La TIC por su carácter de hipermedialidad puede facilitar al estudiante la comprensión e interrelación de estos fenómenos, así como también abordarlos en diferentes niveles.

El presente trabajo de investigación está dividido en siete capítulos, de éstos, los dos primeros capítulos nos permiten fundamentar y tomar una posición psicopedagógica sobre la enseñanza de la biología. El segundo capítulo proporciona los elementos teóricos sobre la relación entre la biodiversidad y el cambio climático. Los capítulos cuarto, quinto sexto y séptimo, presentan respectivamente, las estrategias didácticas y su implementación, el método de investigación, resultados y conclusiones.

En el capítulo I, Aprendizaje y Enseñanza de las Ciencias y Cambio Conceptual, se abordan los diferentes enfoques filosóficos sobre la obtención de conocimiento, partiendo del empirismo hasta el constructivismo, para luego relacionarlos con los

enfoques para la enseñanza de las ciencias, en especial se aborda el enfoque de enseñanza de las ciencias por cambio conceptual.

Estos diferentes enfoques sobre la obtención del conocimiento están fuertemente arraigados en los enfoques en la enseñanza de las ciencias, por lo que en este capítulo se puntualizan los enfoques utilizados en la enseñanza de estas disciplinas, donde se pueden encontrar desde las clases magistrales, con un enfoque tradicional, que presenta el conocimiento como hecho dado y aceptado y se considera al alumno como un mero receptor; la enseñanza por descubrimiento, basada en la aplicación del método científico y el planteamiento de problemas; la enseñanza por conflicto cognitivo fundamentada en la confrontación de las concepciones alternativas con el conocimiento científico; la enseñanza mediante la investigación dirigida, que busca situar al aprendiz en un contexto que permita reproducir la actividad que vive el científico; hasta la enseñanza por explicación y contrastación de modelos, la cual persigue que el alumno a través de estos últimos pueda comprender los fenómenos estudiados, así como también construir sus propios modelos.

La concepción del docente sobre la obtención del conocimiento determina la forma de enseñanza, y el uso que le puede dar a la TIC en esta actividad. El proceso de enseñanza-aprendizaje desde una posición constructivista, requiere la participación activa del aprendiz el cual construye, modifica y diversifica sus esquemas de conocimiento, donde el enseñante mediante ayuda ajustada, es decir, la cantidad y calidad de ayuda necesaria brindada al estudiante para cumplir los requerimientos de la tarea a ser aprendida provee al alumno de retos que puedan ser afrontados por el alumno.

En el apartado Enseñanza de ciencias y cambio conceptual, se hace una revisión de las teorías sobre el origen del pensamiento causal, las concepciones alternativas y las leyes que rigen el pensamiento causal. En este capitulo se describe la teoría empirista de la causalidad que asume que las ideas son producto de las percepciones, y que siempre que existe una causa se producirá un mismo efecto, sin reconocer el nexo causal; la teoría racionalista la cual propone los principios de la causación y establece el nexo causal; la teoría de la atribución causal, donde se

establece la covariación del efecto y la causalidad múltiple; la epistemología genética de Piaget y la teoría de causalidad, que parte del principio entre la interacción del sujeto con el objeto, y establece los estadios del desarrollo del pensamiento causal.

En el capítulo II Cambio climático y biodiversidad se hace una revisión sobre qué es y cómo se produce y cuál es la importancia del efecto invernadero, se define la relación que existe entre la radiación solar, el efecto albedo y la emisividad de los gases termoactivos. Se define además qué es el cambio climático de origen antrópico, los efectos e impactos y consecuencias sobre los ecosistemas y la biodiversidad. En este capítulo también se expone cómo es que los seres vivos pueden regular el clima por medio de las cascadas tróficas, y cómo a través del desequilibrio de estas cascadas se modifica el clima, y la pérdida de la biodiversidad impacta sobre el cambio climático.

En el Capítulo III, Las TIC en los procesos educativos, se hace una revisión de las premisas para su inserción en el contexto escolar, cómo se han implementado, su uso, las concepciones que se tienen sobre éstas por parte de los docentes y los resultados obtenidos a partir de su uso, se analiza el enfoque de la TIC en la enseñanza y el escenario híbrido de enseñanza.

El partir de la premisa de que las TIC por sí mismas pueden mejorar la educación sin considerar el contexto y los actores educativos, ha llevado a que el uso de estas tecnologías en el aula, no refleje el potencial que estas tecnologías pueden tener en el proceso de enseñanza-aprendizaje, y que en muchas ocasiones se reduzca tan sólo al uso de software para repetir lo que tradicionalmente se hace en clase.

La TIC por sus características propias ofrece al estudiante la posibilidad de representar y transmitir información, son instrumentos para pensar, aprender y conocer, pueden ser vistas como herramientas cognitivas que pueden posibilitar al estudiante tener pensamientos más profundos, más reflexivos, durante la resolución de problemas de aprendizaje.

La adecuada implementación en el aula de la TIC requiere de un cambio en el paradigma de enseñanza, se requiere cambiar la concepción pedagógica, se requiere dejar de lado el protagonismo del profesor para cederle al alumno el papel principal. Se hace necesario considerar que el alumno es el centro del aprendizaje, que la cognición

está distribuida de forma social, simbólica y material, en ese sentido, las TIC pueden ser herramientas mentales que potencializan el conocimiento.

En el capítulo IV se presentan las estrategias didácticas y su implementación. Este capítulo muestra cómo se construyó la plataforma educativa, los contenidos desarrollados y las actividades propuestas.

El método de investigación se aborda en el capítulo V, esta sección del trabajo estuvo enfocada a delimitar el diseño de investigación, a partir de la pregunta general, objetivos generales y específicos y planteamiento de la hipótesis experimental. El tipo de estudio desarrollado fue explicativo con un diseño cuasi experimental, con pre y post test y grupo no equivalente de control.

En el capítulo VI se presentan los resultados de la investigación. En esta parte de la tesis se presenta el análisis cuantitativo y cualitativo de los datos obtenidos. En el análisis cuantitativo se usó una prueba de conocimientos de tipo opción múltiple. En el análisis cualitativo se usaron preguntas para generar respuestas construidas.

Por último en el capítulo VII se exponen las conclusiones, alcances y limitaciones de este trabajo de investigación. Los resultados obtenidos permiten confirmar la hipótesis alternativa o de trabajo, así como contestar la pregunta de investigación.

## Planteamiento del Problema

### **El problema de la enseñanza de las ciencias.**

El conocimiento científico no es visto por los alumnos, como una actividad y resultado de una construcción social, para ellos, este conocimiento es una actividad ajena a la vida cotidiana, y que puede parecer inaccesible para el grueso de la población. La enseñanza de las ciencias básicas se da de forma desarticulada, entre las propias ciencias básicas y con otras materias curriculares así como entre el contexto social y cultural de la población. Las ciencias básicas son para los alumnos un conocimiento que se realiza por élites del conocimiento los cuales son difíciles de alcanzar y que no tienen impacto en su vida cotidiana.

El programa curricular de las materias de ciencias, en ocasiones, tiene una fuerte carga hacia la utilización de modelos matemáticos que más que explicar el fenómeno conlleva a los alumnos a predecir la resultante más que a la comprensión del hecho, en ese sentido la enseñanza de las ciencias en ocasiones se fundamenta en la resolución de problemas a partir de fórmulas, que pueden o están completamente desvinculados de la realidad e intereses de los alumnos.

El aprendizaje de las ciencias siempre ha sido un desafío para los estudiantes. El conocimiento científico es un conocimiento “duro”, difícil de aprehender por los estudiantes. Las concepciones previas construidas a partir de representaciones intuitivas en muchas ocasiones son un factor que impide a los alumnos apropiarse del conocimiento científico. Estos factores aunados a la falta de apropiación del lenguaje propio de las ciencias conllevan a una gran dificultad para los alumnos en el aprendizaje de las ciencias, donde el conocimiento declarativo y el conocimiento procedimental no se encuentran articulados y vinculados.

El enfoque de cambio conceptual en el aprendizaje de las ciencias ha crecido a través de las décadas para ser uno de los paradigmas líderes en la investigación de la enseñanza y el aprendizaje (Treagust y Duit, 2009). Sin embargo, este enfoque se ha

aplicado más al proceso de enseñanza-aprendizaje de la física y química y mucho menos al proceso de enseñanza y aprendizaje de la Biología.

Para los alumnos el aprendizaje de las ciencias puede plantear dificultades, las cuales pueden estar relacionadas con los contenidos que tienen que manejar y aprender, la mayoría de estas dificultades pueden radicar en la existencia de conocimientos cotidianos o teorías implícitas fuertemente arraigadas que compiten, “la mayoría de las veces con ventaja, con el conocimiento científico que queremos transmitir a través de la escuela” (Gómez Crespo, 2005, pág. 22). Estos conocimientos cotidianos dan lugar a concepciones alternativas, las que por sus características de funcionalidad y adaptabilidad, están fuertemente arraigadas e incluso pueden sobrevivir a lo largo de los años de instrucción científica (Pozo y Gómez Crespo, 1998, citados por Gómez Crespo, 2005). Ante estas concepciones tanto la enseñanza tradicional y las estrategias de enseñanza encaminadas a modificarlas de forma esencial pueden ser poco eficaces (Schnotz, Vosniadou y Carretero, 1999, citados por Gómez Crespo, 2005). El enseñar y aprender ciencia implica rebasar esas concepciones “cotidianas y superar las restricciones que nos imponen, pero esto sólo es posible si cambiamos la forma de ver y representarnos el mundo, lo que supone un profundo cambio conceptual” (Gómez Crespo, 2005, pág. 22).

Siempre que un individuo intenta comprender un fenómeno requiere activar ideas o conocimientos previos que le sirvan para organizar esa situación y darle sentido. Estos conocimientos o ideas alternativas tienen diferentes orígenes: Sensorial, cultural y escolar. En el intento de dar sentido a la forma en que el sujeto percibe el mundo cuando se enfrenta a un nuevo suceso que choca con sus expectativas y con sus representaciones conformadas por la ciencia intuitiva<sup>1</sup> o conocimientos alternativos, genera ideas alternativas, en una búsqueda causal utilizando “ciertas reglas simplificadoras<sup>2</sup> que nos identifican las “causas” más probables y frecuentes,

---

<sup>1</sup> La ciencia intuitiva puede ser entendida como el conjunto de principios ontológicos, epistemológicos y conceptuales que permite a los que los individuos predecir y controlar sucesos.

<sup>2</sup> Un ejemplo de la utilización de las reglas simplificadoras, es la tendencia a “sustancializar” los conceptos físicos, es decir convertirlos en entidades materiales, en objetos reales que ocupan espacio, aunque las limitaciones

reduciendo la complejidad del mundo sensorial a unos pocos elementos destacados que nos ayudan a eliminar el “ruido” de los factores “irrelevantes” (Pozo y Gómez Crespo, 1998, citado por Gómez Crespo 2005, pág. 24). De forma tal que se facilita la búsqueda de una posible solución “sin tener que recurrir al análisis sistemático de todas las variables implicadas” (Gómez Crespo, 2005 pág. 24).

Las concepciones sobre el mundo biológico tienen un fuerte arraigo en la forma en que se percibe el mundo y tienden a vincularse a la propia experiencia corporal y personal. En ese sentido se puede asumir que hay igualdad entre el fenotipo y el genotipo o a aceptar las interpretaciones lamarckianas sobre los caracteres adquiridos por los progenitores y como se heredan a los descendientes, o incluso la intencionalidad con respecto a la selección natural, ya que son muy cercanas a la propia experiencia personal, “porque en los ‘nichos cognitivos’ en los que nosotros vivimos los cambios generacionales sí se transmiten a los descendientes y las intenciones sí rigen esos cambios” (Gómez Crespo, 2005, pág. 27). De igual forma la representación de salud y enfermedad tiene, un fuerte arraigo corporal, la salud es sinónimo de no estar enfermo, “es decir, no recibir del cuerpo informaciones alarmantes sobre cambios inesperados en nuestro organismo” (Gómez Crespo, 2005, pág. 27). Desde las teorías implícitas sanar es eliminar los síntomas. “Así, si tenemos fiebre sudamos para expulsarla de nuestro cuerpo. O dejaremos de tomar la medicina recomendada por el médico en cuanto desaparezcan los síntomas de la enfermedad” (López Manjón, 1996, citado por Gómez Crespo, 2005, pág. 27). Estas representaciones derivadas de nuestra ciencia intuitiva aunque sean antagónicas al conocimiento científico tienen practicidad y permiten al sujeto adaptarse al mundo en que vive, de ahí su gran persistencia frente a la educación científica que se transmite

---

de los sentidos impidan percibirlos y a pesar de ello, les atribuiremos, de forma análoga a la forma a la que percibimos propiedades macroscópicas, y “así tenderemos a hacerlas tan reales como el mundo en que vivimos, aunque, eso sí, invisibles” (Pozo y Gómez Crespo, 1998, citados por Gómez Crespo, 2005, pág. 26). De ahí que los alumnos de secundaria puedan afirmar que “las moléculas de agua están mojadas”, *que* “los átomos de cobre tienen color rojo” o *que* “las partículas de un refresco con gas se mueven pero las del agua no” (Pozo y Gómez Crespo, 1998, citados por Gómez Crespo, 2005, pág. 26)

en la escuela. “Los alumnos interpretan cualquier situación o concepto que se les presenta desde su ciencia personal o intuitiva y la enseñanza apenas cambia esos conocimientos previos en términos de los cuales interpretan los conceptos científicos” (Gómez Crespo, 2005, pág. 27) con la resultante de que los alumnos en vez de reinterpretar sus conocimientos a la luz de los conceptos científicos, “suelen hacer lo contrario, asimilar la ciencia a sus conocimientos cotidianos” (Pozo y Gómez Crespo, 1998, citados por citado por Gómez Crespo, 2005).

### **El problema en la enseñanza y aprendizaje sobre el tema Cambio Climático.**

La enseñanza sobre el tema cambio climático no se libra de la asimilación de la ciencia por parte de los alumnos a sus conocimientos cotidianos, sin que exista una transformación o cambio conceptual de estos últimos, aunado a esto, existen dificultades en la enseñanza sobre el tema, ya que los problemas globales derivados del cambio climático pueden no resultar perceptibles por la experiencia directa del alumno (García-Rodeja y Lima, 2012), como sería el caso de la disminución del nivel de agua de los mantos fráticos, o bien estos cambios son graduales por lo que pueden pasar desapercibidos o se pueden observar en áreas muy remotas al estudiante.

La complejidad del tema del cambio climático, en el cual existen sistemas multicausales (que pueden e interactúan entre sí) y la presencia de diferentes efectos, ha generado problemas en la enseñanza y el aprendizaje del tema. Existen diversas investigaciones llevadas a cabo entre estudiantes y futuros profesores en las cuales se puede observar que estos grupos de estudio tienden a elaborar ideas alternativas que se alejan del conocimiento validado, como sería el caso de confundir el efecto invernadero con la capa de ozono, o bien considerar que el adelgazamiento de la capa de ozono es la causante del calentamiento global (Andersson y Wallin, 2000; Boon, 2010; Brostrom et al., 1994; Boyes y Stanisstreet 1992, 1993, 1998; Devine-Wright et al., 2004; Dove, 1996; García-Rodeja, 1999; Khalid, 2003; Koulaidis y Christidou, 1999; Mason y Santi, 1998; Meira, 2006; Pruneau et al., 2001; Punter et al., 1997; Sónora y García-Rodeja, 1996; Serman y Sweeney, 2007; Summers et al., 2001,

todos citados por García-Rodeja y Lima, 2012), o la tendencia a considerar que el efecto invernadero es la resultante “del empeoramiento de los agujeros de la capa de ozono” (Boyes y Stanisstreer, 1993, Groves y Pugh, 1999 todos citados por García-Rodeja y Lima, 2012, pág. 196). Existen también concepciones equívocas para entender que es el efecto invernadero, los cambios que ha tenido en la historia del planeta, la importancia de éste para la gran *explosión* de la vida y *el sostenimiento de ésta última en la Tierra*, así como también se observan concepciones erróneas para entender la relación entre la radiación solar, el efecto atmósfera y las consecuencias que conlleva un aumento del efecto invernadero derivado de la acción antropogénica, como lo demuestran los resultados de la investigación de Boyes y Stanisstreet (1998, citados por García-Rodeja y Lima, 2012) en la cual se puede observar que los estudiantes señalan que el aumento del efecto invernadero incrementa la radiación solar, infiriendo además que esto podría conllevar a cáncer de piel y que el agujero en la capa de ozono hacía el “aire más caliente” (García-Rodeja y Lima, 2012, pág. 196).

Para Rye et al. (1997 citados por García-Rodeja y Lima, 2012) los principales problemas que presentan los estudiantes en cuanto al aprendizaje del cambio climático radican en el entendimiento e interpretación del efecto invernadero “exclusivamente como un problema ambiental ignorando el hecho de que es el resultado de un mecanismo natural” (García-Rodeja y Lima, 2012, pág. 197); La confusión de la naturaleza de los problemas ambientales o la atribución causal entre cambio climático y el adelgazamiento de la capa de ozono; Confundir las causas o los efectos, y aún más confundir las estrategias para mitigar el problema.

En México a partir de la Reforma Educativa de 1993 se incluyó la educación ambiental como materia, ésta incluía el tema del Cambio Climático como parte del programa de estudios. Esta materia desaparece como tal de los programas de estudios al ejecutarse la Reforma Integral de Educación Básica (RIEB) implementada por la Secretaría de Educación Pública (SEP) en 2006, en esta reforma se incluyen los temas de educación ambiental (incluido el cambio climático) de forma transversal, vinculando los contenidos de la problemática del medio ambiente y de la sustentabilidad en las asignaturas de Ciencias, Geografía, Asignatura Estatal y Tutoría (Calixto, 2013). En 2011 la SEP modifica el plan de estudios de educación media básica, disminuyendo

contenidos, y agrupándolos en tres ejes formativos transversales: La educación ambiental (con diferentes énfasis entre las asignaturas), la formación en valores y la educación sexual y equidad de género. Para la SEP estos contenidos que sustentan el plan de estudios 2011 “están conformados por temas que contribuyen a propiciar una formación crítica para que los estudiantes reconozcan los compromisos y las responsabilidades que les atañen con su persona y la sociedad en que viven” (Calixto, 2015, pág. 6). En el eje de la educación ambiental se proponen temas que abordan los “problemas ambientales en el plano local, nacional y mundial” (Calixto, 2015, pág. 6)

La Secretaría de Educación Pública, en un afán por mejorar la educación, redujo los contenidos de enseñanza, lo cual se ve reflejado en los planes y programas de enseñanza (2011). En el caso particular de Ciencias para educación secundaria estos programas presentan contenidos muy generales, considerando tan sólo las competencias que el alumno debía alcanzar al abordar los temas propuestos. En este sentido estos programas plantean de forma muy general temas de enseñanza, sin hacer específicos los contenidos de los mismos.

Esta poca especificidad en los programas podría representar para el profesor, la libertad y el reto para proponer un plan curricular que le permitiera alcanzar los objetivos planteados, pero al mismo tiempo le plantea serias dificultades para definir el qué enseñar, sobre todo cuando los profesores de educación en ciencias tienen diferentes perfiles de formación, ya que en el nivel de secundaria se pueden encontrar tanto profesores de formación normalista con especialidad en ciencias, como médicos, veterinarios, odontólogos, químicos, físicos y biólogos. Ante esta circunstancia la única herramienta con la que cuenta el profesor de secundaria son los libros de texto que se reparten de forma gratuita, pero que a diferencia de los libros de texto para educación primaria, en la cual existe una comisión nacional de libros de texto gratuito la cual supervisa los contenidos de la misma, los libros de secundaria son editados por diferentes autores y editoriales y reflejan las concepciones de los diferentes autores (sobre qué enseñar) y política editorial.

El programa de estudio de Ciencias I con énfasis en Biología, en la educación secundaria en México, propone abordar el tema del cambio climático desde una

perspectiva meramente antropogénica, donde se pretende que el alumno sea capaz de explicar las causas y consecuencias del fenómeno. Ante esta propuesta de enseñanza la autora de la presente Tesis considera que el cambio climático es por sí mismo un un tema complejo, que requiere un soporte de conocimientos y hechos que permita al estudiante visualizarlo desde diferentes aristas, para poder comprenderlo, y tomar una postura crítica y sobre el tema. No sólo basta con entender el origen antrópico y los efectos del cambio climático en los seres vivos, se requiere además establecer una red conceptual que incluya el fenómeno efecto invernadero, considerando los factores físicos, químicos, biológicos que intervienen en el mismo así como la estrecha relación que existe entre cada uno de ellos.

## Justificación

La enseñanza de la biología en educación secundaria se establece en primer grado, y ésta presenta una serie de dificultades para poderse implementar, ya que para el total entendimiento de los fenómenos que se establecen entre los seres vivos y sus interrelaciones se requiere que el alumno tenga conocimientos de otras asignaturas como es el caso de la química, la física y las matemáticas, por lo que en muchas ocasiones más que entenderse la relación entre las diferentes causalidades del fenómeno y sus diferentes efectos, se estudian de forma aislada o de forma lineal la causa y/o el efecto. Tal es el caso del Bloque III. “La respiración y su relación con el ambiente y la salud” (SEP, 2011, pág. 44), donde de forma forzada se inserta en el tema 2 “Biodiversidad como resultado de la evolución: relación, cambio y adaptación” (SEP, 2011, pág. 44) el subtema cambio climático. En este subtema se espera que el alumno sea capaz de analizar las causas del cambio climático asociadas a la actividad humana y sus consecuencias, sin que exista una cabal comprensión del fenómeno y los elementos que lo componen.

Para favorecer la competencia “comprensión de fenómenos y procesos naturales desde la perspectiva científica” (SEP, 2011, pág. 44), señalada en el plan curricular de Ciencias I, en el bloque III, los contenidos de aprendizaje proponen que: el alumno analice “las causas del cambio climático asociadas con las actividades humanas y sus consecuencias” y explique “algunas causas del incremento del efecto invernadero, el calentamiento global y el cambio climático, y sus consecuencias en los ecosistemas, la biodiversidad y la calidad de vida” (SEP, 2011, pág. 44). Este plan curricular no establece los contenidos específicos que se deben abordar durante el curso por lo que estos quedan delimitados por las concepciones y/o conocimientos del profesor o por el libro de texto y la visión del autor. El tema Efecto invernadero y sus causas, abordado en los libros de texto abarca de forma sintética los temas: Efecto invernadero en la Tierra; Gases de efecto invernadero; Contaminación y emisión de gases de efecto invernadero; Calentamiento global y sus consecuencias, lo cual

cubriría los contenidos de aprendizaje propuestos, dejando de lado la competencia de la comprensión del fenómeno y los procesos naturales.

Para llegar a la comprensión del fenómeno desde la perspectiva científica, la autora de este trabajo considera que se requiere una visión holística por lo que se requiere de una serie de conocimientos factuales y conceptuales que no se incluyen en el currículum, que permitan tanto la reestructuración del conocimiento, así como un cambio epistemológico encaminado a elaborar modelos alternativos para interpretar el fenómeno y un cambio ontológico que permita integrar los conocimientos factuales y conceptuales inconexos en un sistema de relaciones e interacciones (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

Para abordar el fenómeno del efecto atmósfera a partir del plan curricular se propone explicar el fenómeno de cómo la radiación solar es “atrapada” por la atmósfera una vez que es reflejada por la Tierra sin que se defina qué es la radiación solar, que rayos conforman el espectro electromagnético, la radiación que incide sobre la superficie terrestre, qué efecto causan en la superficie, el por qué se reflejan y son “atrapados” por los gases de “efecto invernadero” y nuevamente reflejados hacia la Tierra. En este mismo abordaje se habla de la atmósfera sin que se defina qué es, cuáles son sus características y composición natural, qué son los componentes traza y cuáles de ellos tienen un efecto termoactivos (efecto invernadero). En esta misma tónica se introducen los conceptos del cambio climático y calentamiento global como la resultante de un aumento de los gases de efecto invernadero debido a la actividad humana y se establecen algunas consecuencias en términos de efectos climáticos y pérdida de la biodiversidad, en este sentido no media una explicación de cómo es que suscitaron dichos cambios, se deja a un lado el contexto histórico, los cambios en la forma de producción, de consumo, de explotación y uso del suelo, la creación de centros urbanos que conllevó a un aumento tanto de la población humana, como de presión, deterioro y desaparición de ecosistemas. En esta mirada sobre los efectos del calentamiento global y el cambio climático se señalan las consecuencias sobre los seres vivos, y se omiten las interacciones y efectos que los seres vivos tienen sobre la regulación del clima, el efecto invernadero y el cambio climático.

Para el análisis de las causas del cambio climático, se requiere no sólo conocer las causas antropogénicas que han originado este fenómeno y sus consecuencias, se requiere además la comprensión de todo un sistema físico, químico y biológico que regula el clima en la Tierra, así como también identificar el contexto social, cultural e histórico en el cual se ha desarrollado el mismo, lo cual no está presente en los programas oficiales ni en los libros de texto.

La enseñanza sobre el cambio climático, por la importancia que reviste en la sobrevivencia de las especies incluida la humana, es quizá si no el más relevante, uno de los temas más relevantes en la enseñanza, no debe ser visto como un tema curricular por sí solo, ya que el adecuado entendimiento del fenómeno así como la apropiación de estos conocimientos, puede permitir que los alumnos y la sociedad en su conjunto establezcan hábitos de consumo y preservación de ecosistemas que reduzcan de forma significativa el calentamiento global, y se garantice que las generaciones futuras puedan disfrutar de lo que hoy tenemos en términos de servicios ambientales.

En ocasiones los fenómenos biológicos, ocurren en intervalos largos de tiempo, y en muchas ocasiones por lo mismo pueden ser imperceptibles para los alumnos. El cambio climático así como muchos otros fenómenos estudiados en la materia de biología, como el caso de la célula, la respiración o la fotosíntesis requieren de la abstracción y elaboración de modelos (icónicos, análogos y simbólicos) para la adquisición del conocimiento (Hill y Kerber, 1967). La TIC puede ser un “socio cognitivo” que ayude al estudiante tanto a observar esos fenómenos como también a cambiar sus representaciones ingenuas y a construir nuevas representaciones.

Por todos los elementos antes mencionados consideramos que para la enseñanza sobre el cambio climático, así como también para la enseñanza de las ciencias se requieren modelos de enseñanza, que permitan confrontar y cambiar las representaciones intuitivas de los estudiantes con el conocimiento científico. En ese sentido las TIC son herramientas mentales que pueden permitir el logro estos cambios.

## Objetivos de investigación

- a) Analizar y evaluar si un modelo psicopedagógico mediado por la plataforma Moodle, puede dar origen a un cambio de representaciones en la temática relación entre el cambio climático y pérdida de la biodiversidad.
- b) Elaborar y medir mediante una prueba de conocimientos el desempeño de estudiantes de primer grado de secundaria en el tema Cambio climático y biodiversidad antes y después de cursar este tema.
- c) Medir el nivel de motivación académica al inicio de la enseñanza de la unidad temática en los grupos experimental y control, como variable de control.

## **Estado del Arte sobre el la enseñanza del Efecto Invernadero y Cambio Climático y el uso de la TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje.**

### ***Enseñanza del efecto invernadero y cambio climático.***

La enseñanza científica sobre el cambio climático debe ser dada en los diferentes niveles educativos, para que con ello el conocimiento se transforme en acciones efectivas, es por ello que se requiere que los estudiantes tengan un conocimiento real sobre el tema. En diversos estudios se han detectado confusiones generalizadas a nivel mundial entre el cambio climático (CC) y otros problemas ambientales como son la capa de ozono, la contaminación atmosférica, el clima y el tiempo. “Esto no es un prurito academicista, sino que estas confusiones entorpecen la representación apropiada de las causas del CC, por un lado, y la gran significancia de pequeños incrementos, incluso decimales, en la temperatura promedio del clima del planeta” (González, G., 2012, pág. 1044).

Las interpretaciones erróneas o sesgos en el conocimiento sobre el CC han sido objeto de investigación por diversos autores, como es el caso del estudio realizado por Fernandez, Gonzalez y Molina en 2011, sobre lo que piensan los estudiantes universitarios sobre el cambio climático y el agua, realizado con 506 estudiantes de la Universidad de Granada de las carreras de Magisterio Educación primaria, Ciencias Biológicas, Ciencias Ambientales, Ciencias Geológicas, Ciencias Químicas e Ingeniería de Caminos se determinó que el 74.3% de los participantes aceptaba la existencia del CC de origen antropogénico, mientras que 24.1 % de los estudiantes no respondieron o lo hicieron de forma descontextualizada y un 1.6% negó la existencia del CC de origen antrópico. Como consecuencia del CC de origen antrópico sobre los recursos hídricos el 46% de estos estudiantes relaciona el CC con el deshielo de los polos y glaciares, el 16.5% consideran un cambio en las precipitaciones, el 10.1% considera un aumento en la evaporación, el 9.6% considera un cambio en la cantidad

de agua en general y el 7.4% mencionan la contaminación del agua, las catástrofes como tsunamis y huracanes y el deterioro de la capa de ozono. Es de resaltar en esta investigación que solo un estudiante asoció el CC a el aumento del CO<sub>2</sub> y que ninguno de ellos considero los gases de efecto invernadero como el metano, los óxidos nitrosos y los halocarbonos, y que además consideran al dióxido de carbono como un gas “excesivamente contaminante, sin apreciar que debería ser considerado el «gas de la vida», al permitir el desarrollo de organismos autótrofos, denotando un importante desconocimiento del ciclo del carbono” (Fernández, Gonzalez, y Molina, 2011, pág. 435). Como conclusión estos autores consideran que aunque la problemática sobre el CC es conocida por los estudiantes universitarios el conocimiento del mismo “se aleja bastante del discurso científico actual y parece más ligado al discurso simplificador de los medios de comunicación” (Toharia, 1999, citado por Fernández, González, y Molina, 2011, pág. 435), consideran además que esta situación puede ser originada porque este tema es relativamente reciente y por ello se incorpora tardíamente en el curriculum (Meira et al., 2009 citados por Fernández, Gonzalez, y Molina, 2011, pág. 435) ) “o a la escasa permeabilidad de los programas y profesores universitarios a los problemas socialmente relevantes” (Fernández, González, y Molina, 2011, pág. 435).

La problemática en la comprensión del fenómeno del cambio climático prevalece en diferentes sectores de la población estudiantil y ha sido tema de investigación. Existen trabajos de investigación sobre las representaciones sobre el cambio climático en estudiantes de educación superior, como es el caso del estudio cualitativo realizado por Colón (2016) en una muestra intencional de 27 estudiantes del curso de Biología General en Puerto Rico, aunque este curso no contemplaba el tema de cambio climático, se integró el tema como currículo oculto, dentro de los contenidos propuestos para el curso. El objetivo de este estudio tenía como finalidad identificar los sesgos, problemas e ideas sobre el tema por medio de infografías digitales diagnósticas y luego establecer la transformación de estas ideas, por la elaboración de una infografía (formativa) al término del curso. Como resultado diagnóstico Colón (2016) encontró que el 81% de las interpretaciones de los alumnos eran incorrectas, entre estas interpretaciones se definía el CC como un patrón de aumento de temperaturas del aire y océano, así como también se identificaba como causa del cambio climático, la

actividad humana y el hueco en la capa de ozono al cual se le atribuía el derretimiento de los glaciares en los polos, que a su vez traían como consecuencia el aumento en los niveles del mar, así como también, que las especies de estos ecosistemas y las especies marinas estuvieran en riesgo de extinción, también se atribuía al cambio climático los terremotos, huracanes y la deforestación. Al hacer el análisis de la infografía formativa este autor encontró que las interpretaciones erróneas disminuían hasta un 11%, concluyendo que se hacía necesario educar en cambio climático a los estudiantes de este nivel educativo, valiéndose del currículo oculto de una estrategia cuando el tema no está integrado en el currículo oficial (Colón, 2016).

En México existen pocos trabajos de investigación educativa sobre el tema cambio climático y en su mayoría se han realizado con estudiantes de nivel superior (Urbina y Martínez, 2006; González y Maldonado, 2012; Correa, 2012, todos citados por Calixto, 2015), aunque existen algunos estudios realizados con estudiantes de secundaria como es el estudio de caso realizado por Calixto (2015) en dicha investigación se indagó, mediante una encuesta apoyada con el empleo de instrumentos diversos como cuestionario de información, carta asociativa y cuestionario con escala tipo Likert, acerca de las representaciones sociales sobre el cambio climático de 78 estudiantes de los tres grados de este nivel educativo.

Dentro de los resultados de este trabajo de investigación se encontró que los sujetos de estudio poseen una serie de conocimientos que les “acercan a la comprensión de este fenómeno” (Calixto, 2015, pág. 19), sin existir diferencias significativas entre los grados de estudio, de estos resultados se pudo determinar que aproximadamente un tercio de los estudiantes identifican las escalas espacio-temporales que “diferencian al cambio climático de otros fenómenos atmosféricos” (Calixto, 2015, pág. 19) en este sentido el 32.9% de estos alumnos reconoce que el clima de la Tierra ha ido cambiando durante un extenso periodo de tiempo y que estos cambios han sido producidos de forma natural o como resultado de la actividad humana, tan sólo el 16.9% de los participantes en esta investigación relaciona las condiciones atmosféricas y la superficie de la Tierra e identifica que los cambios en el clima a escala global suceden “en el transcurso de determinados periodos de tiempo” (Calixto, 2015, pág. 20). De estos resultados hay que hacer notar que el 96.7% de los

participantes no logra relacionar el aumento de la cantidad del calor del sol retenido por la atmósfera de la Tierra como una manifestación del cambio climático, mientras que el 7.9% considera como una manifestación de éste último “el aumento de calor en la Tierra como resultado de una mayor entrada de radiación a través del agujero en la capa de ozono” (Calixto, 2015, pág. 20), lo cual se aleja del conocimiento validado para explicar los fenómenos de efecto invernadero y cambio climático.

Entre las representaciones sociales sobre las principales causas del cambio climático de origen antrópico en estudiantes de escuela secundaria Calixto (2005) encontró que el 61.2% de los participantes consideraba la emisión de gases por automóviles y fábricas, el 13.5% lo atribuía a los gases de efecto invernadero, mientras que otros alumnos consideraban el uso excesivo de electricidad (8.9%) o bien el consumo excesivo de productos industrializados (7.9%), y una pequeña fracción del grupo de estudio optaba por considerar el aumento en la población humana (4.4%) y la tala inmoderada de árboles (3.4%).

Al indagar las representaciones que tenían estos alumnos sobre los efectos del cambio climático en la Tierra Calixto (2005) determinó que el 51% de los estudiantes reconoce el deshielo de los glaciares, el 11.2% optan por considerar las enfermedades en los seres humanos, el 7.8% los cambios del clima, un 6.7% la destrucción de los hábitats de los animales y plantas y el 3.3% la desertificación, nuevamente en este estudio se reflejan concepciones alternativas que se alejan del conocimiento científico ya que el 19.2% considera que la destrucción de la capa de ozono es un efecto del cambio climático.

Resultados similares, en cuanto a concepciones alternativas que se alejan del conocimiento científico, se demuestran en un estudio de intervención llevado a cabo con 20 estudiantes de educación secundaria con un pre y pos test. García-Rodeja y Lima (2012) encontraron que el 50% de los alumnos después de la intervención explicaban el efecto invernadero (EI) como un fenómeno natural y calor retenido, aunque hay que señalar que dentro de los modelos explicativos para este fenómeno sólo el 10 % lo relaciona con una capa que envuelve a la Tierra, mientras que el 45% lo asocia con la capa de ozono, su desgaste y los rayos ultravioletas.

Existen similitudes entre las construcciones sociales sobre las causas del cambio climático encontradas por Calixto (2005) y los modelos explicativos sobre el aumento en la intensidad del efecto invernadero (EI), encontradas por García-Rodeja y Lima (2012). Dentro de los modelos explicativos los alumnos hacen referencia a las industrias, los coches, la contaminación y la deforestación, aunque a diferencia de los resultados obtenidos por Calixto (2005), se pueden encontrar en los modelos explicativos referencias de los gases de EI, como son CO<sub>2</sub>, metano y halones. Nuevamente los alumnos asocian el adelgazamiento de la capa de ozono o la reducción del mismo y la emisión de clorofluorocarbonos (CFC) como causa en el incremento del EI, o bien un aumento en la radiación solar. Entre las consecuencias del incremento en el EI los adolescentes construyen modelos explicativos haciendo referencia al incremento de los fenómenos meteorológicos extremos, el deshielo de los polos, el aumento del nivel del mar, el aumento o disminución de la temperatura y el cambio climático, así como también consideran que la vida es amenazada, extinción de especies y cultivos afectados, y el peligro de cáncer de piel (García-Rodeja y Lima, 2012).

### ***El Uso de las TIC en el Aprendizaje Académico***

A partir de la incorporación de la Tecnología de la Información y la Comunicación a la educación ha existido una constante preocupación por evaluar los alcances y limitaciones de su uso en el aula, y es en ese sentido que existe un sinnúmero de trabajos de investigación que apuntan hacia esa dirección. Estas investigaciones abordan diferentes aspectos sobre el uso y eficiencia de la TIC tanto por parte de los profesores como de los alumnos, así como también aspectos pedagógicos, metodológicos y psicológicos relacionados con el uso de las TIC en el aula, por parte de los profesores.

En Escocia, Reino Unido al evaluar el impacto que tenía en el proceso de enseñanza-aprendizaje el proyecto CREATIS en 2001, Plowman, Mateer y Leakey encontraron mediante una encuesta a 775 profesores pertenecientes a educación primaria, secundaria y educación especial, que solo el 35% de los profesores consideraba que la mejora en logro académico podía ser atribuido al uso de las TIC,

mientras que el sesenta y cinco por ciento de los profesores no sabía o no creía que pudieran aumentar dicho logro. El 70% de estos maestros consideraba que el principal valor de las TIC no estaba directamente relacionado con un aumento en el logro escolar y que los beneficios de estas herramientas estaban relacionados con el aprendizaje colaborativo, mayor inversión de tiempo en la realización de la tarea, el orgullo de los alumnos al presentar los resultados, y como facilitadoras del aprendizaje autónomo (75%); estos profesores también coincidían en la importancia de las TIC para los alumnos con necesidades especiales (Plowman, Mateer y Leakey, 2002).

En pocas palabras, el uso personal de las TIC no garantiza su efectiva integración a los procesos de enseñanza-aprendizaje (Remolina, 2014, pág. 80). El papel del docente en el proceso de integración de TIC al sistema educativo es fundamental, sin embargo, el dominio de las herramientas TIC no es una garantía de su integración a la práctica docente. Existen considerables elementos subjetivos, como la motivación del docente, formación y *concepción pedagógica*, que inciden directamente en la efectividad de integración de la TIC en el contexto áulico.

Lombillo, López y Zumeta realizaron un estudio en 11 Instituciones de Educación Superior Municipalizadas de Cultura Física durante los ciclos escolares de 2007 a 2011 en la Habana, Cuba. En este estudio se evidenció la actitud de negación que asumen los docentes a incorporar las TIC en su práctica docente. Apartir de los resultados encontrados estos autores mencionan su insuficiente utilización con un carácter no sistémico, integrado y progresivo de los recursos didácticos, específicamente aquellos que forman parte de las TIC y medios audiovisuales. Evidenciando además que estos profesores utilizaban la comunicación oral, medios manipulativos y soporte impreso para el desarrollo de su práctica docente. Ante la negativa para utilizar las TIC estos investigadores concluyen que existe poco dominio por parte de los docentes en el uso este medio de enseñanza, y que la alfabetización tecnológica de los docentes es limitada.

Debido a lo anterior, los profesore cometen errores al usarlas en el aula, “sin una correcta fundamentación didáctica-metodológica, que posibilite un uso coherente

integrado y progresivo de los medios de enseñanza” (Lombillo, López, y Zumeta, 2012, pág. 45).

Una vez que se han presentado la introducción, el planteamiento del problema, la justificación y el estado del arte sobre la enseñanza de las ciencias, y en específico sobre la enseñanza del cambio climático a partir de cambio conceptual, en educación secundaria se presentarán a continuación los capítulos del marco teórico; en cada uno de ellos se abordará de manera detallada cada uno de estos temas; además en la organización y presentación de estos la idea es ir de lo general a lo particular a fin de contextualizar, para su comprensión, el modelo psicopedagógico que subyace a la intervención aquí propuesta, diseñada y evaluada. Esta propuesta se aloja en una herramienta tecnológica, Moodle, como herramienta de mediación entre el estudiante y el aprendizaje. Por ello, hay un capítulo que revisa las TIC como herramientas mentales que pueden facilitar el aprendizaje académico potenciando las habilidades de los estudiantes para lograr el conocimiento.

## Marco Teórico

### Capítulo I

#### Aprendizaje y Enseñanza de las Ciencias y Cambio Conceptual

### Enfoques Filosóficos Sobre la Obtención del Conocimiento

Cuando Isaac Newton citando a Bernardo de Chartres afirma “*Si he logrado ver más lejos es porque he subido a hombros de gigantes*”, hace una perfecta caracterización del proceso de construcción del conocimiento. Los diferentes enfoques filosóficos sobre la obtención del conocimiento no son la excepción, las diferentes concepciones sobre la epistemología como son el racionalismo, el empirismo, el pragmatismo, el experimentalismo, el conductismo y el constructivismo son el resultado de la contrastación, adición y o sustracción de teorías anteriores.

Para poder tomar una posición pedagógica se hace necesario reconocer las diferentes teorías sobre el conocimiento, sus fundamentos sus puntos de convergencia y divergencia, por lo que en esta sección se hace una breve exposición de estas teorías.

**El racionalismo.** Las primeras concepciones sobre el origen del conocimiento se remontan a la Grecia antigua, Platón en el siglo IV a. C en su escrito de la República, expone el mito de la caverna, según el cual, el hombre encadenado a sus sentidos, sólo puede ver las sombras de los objetos proyectadas en las paredes de la caverna, porque las cadenas impiden ver directamente los objetos, en contraste las ideas puras como consecuencia de la racionalidad constituyen el origen del conocimiento. El conocimiento del mundo es siempre la sombra, el reflejo de unas ideas innatas, que constituyen la racionalidad humana. Para platón el conocimiento reside en el alma:

“toda alma posee la facultad de aprender [...] y que, como unos ojos que no pudiesen volverse hacia la luz si no girase también el cuerpo entero, el órgano de la inteligencia debe volverse con el alma entera desde la visión de lo que nace hasta la contemplación de lo que es y lo que hay más luminoso en el ser. [...] el arte [...] consiste

pues en buscar la manera más fácil y eficaz con que el alma pueda realizar la conversión que debe hacer. No se trata de darle la facultad de ver, ya la tiene. Pero su órgano no está dirigido en la buena dirección, no mira hacia donde debiera: esto es lo que se debe corregir” (Verneaux, 1982, págs. 26-30).

Para Platón las ideas eran lo más importante para los hombres. Es a partir de su sistema arquitectónico de ideas, que el conocimiento se definió como un cuerpo estático de formas ideacionales, y por lo tanto limita la investigación crítica a la aceptación de las enseñanzas del oráculo (Hill y Kerber, 1967).

La función del aprendizaje para Platón es muy limitada ya que “en realidad no aprendemos nada auténticamente nuevo, lo único que podemos hacer es reflexionar, usar la razón de la que estamos innatamente dotados, para descubrir esos conocimientos puros que yacen agazapados dentro de nosotros sin saberlo” (Pozo, 1996, pág. 123).

Las nociones básicas del racionalismo pueden encontrarse en los enfoques de René Descartes (1596-1650) y Benedicto Spinoza (1632-1677). Descartes desecha todos los supuestos que la humanidad reconoce como verdades válidas. Él acepta lo verdadero como aquello que se presenta a su mente tan distintiva y claramente que no puede existir la ocasión de dudar de ello. En esencia Descartes enjuicia la verdad y los procesos individuales internos. Este tipo de verdad es el punto de partida del conocimiento y la forma de conocer otras verdades. Spinoza, aplica la técnica Euclidiana de la razón o prueba de los problemas del universo, la humanidad y Dios. Su sistema a pesar de su forma científica rigurosa, tenía un carácter práctico y representaba los conceptos racionalistas de la ciencia perfecta. Los esfuerzos de Spinoza van encaminados a definir rigurosamente los criterios para elegir los elementos de un sistema deductivo, forzándose a una revisión del pensamiento en relación con la teoría de los sistemas deductivos (Hill y Kerber, 1967).

En síntesis, el conocimiento bajo la mirada racionalista es producto de un sistema de reflexión, contrastación de ideas y sistemas deductivos (ver Tabla 1).

En contraposición a la escuela racionalista surge el empirismo, para esta escuela las ideas no son la premisa para la adquisición del conocimiento, sino este se adquiere a través de los sentidos y la experiencia.

Tabla 1. *Fundamentos Filosóficos del Racionalismo*

Autor	Premisas	
	Conocimiento	Aprendizaje
Platón	A partir de la racionalidad se construye el conocimiento el cual está constituido por un sistema arquitectónico de ideas.	Es limitado y se da con base en la reflexión y el uso de razón.
Descartes	Existen verdades irrefutables, que van mas allá de los procesos individuales internos, este tipo de verdad es el punto de partida del conocimiento.	Se fundamenta en el conocimiento de las verdades irrefutables y con base en estas conocer otras verdades.
Spinoza	Sistemas deductivos	Prueba los problemas del universo

*Elaboración propia con base en Hill y Kerber (1967), Verneaux (1982).*

**El empirismo.** Aristóteles, inicia la tradición empirista, se interesa en el estudio de los seres vivos, los clasifica y experimenta con las plantas y los animales, establece el primer sistema de clasificación de los mismos. A partir de sus investigaciones, rompe con la academia de Platón, para él, el conocimiento era el resultado de la experiencia sensorial, que permitía formar ideas por la asociación entre las imágenes obtenidas por los sentidos. Consideraba que los seres humanos al nacer eran como la tabla rasa de cera que utilizaban los sumerios, y que la experiencia iba creando impresiones sobre la tabla, y que al unirse estas impresiones daban lugar a las ideas constituyendo el conocimiento verdadero. Aristóteles tenía un enfoque más práctico para la clasificación y la ampliación de conocimientos. Estaba preocupado en gran medida con los detalles empíricos, y como resultado, colocó la *idea* dentro de las vestiduras materiales. Pero él separa rígidamente teoría y praxis, lo que refleja el desprecio aristocrático hacia el trabajo, “una perspectiva que envilece el verdadero trabajo activo tan vital para el cumplimiento de la indagación” (Hill y Kerber, 1967, pág. 5).

Para Aristóteles el proceso mediante el cual se adquiría conocimiento era a partir de las tres leyes de asociación: “La contigüidad (lo que sucede junto tiende a producir

una huella común en la tablilla), la similitud (lo semejante tiende a asociarse) y el contraste (lo diferente también se asocia)” (Pozo, 1996, pág. 127).

Durante la edad media, la ciencia empírica es muy limitada, por las condiciones imperantes, donde la fe y la intuición eran totalmente dominantes, es en este periodo que Roger Bacon (1214-1294) argumenta sobre la filosofía de la experiencia (empirismo). No es sino hasta el Renacimiento que las concepciones y conocimientos de la Grecia antigua son redescubiertos y verificados.

Francis Bacon (1561-1626) y Thomas Hobbes (1588-1679) establecen el punto de arranque para la filosofía empírica y es gracias a los esfuerzos sistemáticos de John Locke (1632-1704) que se reconoce al empirismo como la filosofía del conocimiento. Locke, retoma la idea de Aristóteles sobre la tabula rasa y compara esta tablilla con la mente humana, proponiendo que el conocimiento se adquiere a través de la experiencia. Para este autor, la mente es como una hoja totalmente en blanco, y es por medio de las sensaciones provenientes del mundo exterior y la reelaboración de las percepciones en un proceso mental interno, que esta hoja en blanco empieza a tener caracteres, símbolos o ideas que corresponderían a contenidos de conocimiento. El desarrollo mental estaría dado por medio de las sensaciones y experiencias acopladas con la reflexión.

Para los empiristas el conocimiento surge de la observación directa y es obtenido por las percepciones y la experiencia. La teoría empírica del conocimiento, “no posiciona aspectos trascendentales del mundo como substancia y causalidad”, según el enfoque positivista no se puede demostrar la existencia de la substancia material, ya que, [...] “todo el conocimiento está limitado a las percepciones las cuales solo pueden ocurrir en la mente” (Hill y Kerber, 1967, pág. 6).

Al explicar el razonamiento en términos de la reflexión y sensaciones simples los “empiristas colocan una gran restricción en el ámbito del conocimiento” (Hill y Kerber, 1967, pág. 6). Para ellos el conocimiento surge de la observación directa. Todo lo que se obtiene de la experiencia son percepciones. La teoría empírica del conocimiento no comienza colocando aspectos trascendentales del mundo como la substancia y la causalidad. De acuerdo a esta teoría no se puede demostrar la

existencia de substancia material, ya que todo el conocimiento está limitado a las percepciones, y de forma similar no se puede probar la existencia de la substancia mental, ya que la introspección demuestra la imposibilidad de percibirla directamente. Para los empiristas cualquier tipo de substancia, que no puede ser percibida por la experiencia, carece de relevancia y no es necesario entenderla. “Es imposible mostrar que el universo está regido por un esquema causal, ya que la prueba de una ley de este tipo exigiría salir de toda percepción conocida por el hombre” (Hill y Kerber, 1967, pág. 6). Por lo tanto, el razonamiento de los empiristas debería insistir sobre la duda de la cantidad de cosas que el hombre pudiera saber con certeza. [...] “El conocimiento del hombre dependería de la intuición y la capacidad mental para saltar de sus conclusiones empíricas a las leyes generales sobre el mundo natural” (Hill y Kerber, 1967, pág. 6).

David Hume (1711-1776), desde un punto de vista empirista, intenta explicar la causa y el efecto, por medio de esa capacidad mental denominada intuición. Este autor definió las relaciones causales y la presunción de necesarias conexiones entre los eventos. Demostró que el razonamiento previo utiliza la conjunción de eventos basados en la repetición de sucesos, concluyendo que la asociación o correlación de estos sucesos eran la base de las creencias. Clasificó las ocurrencias en dos tipos: las creencias en las que no existe la duda y las creencias en las que existe, estas últimas requieren la comprensión de la probabilidad, “una combinación de la causalidad y casualidad” (Hill y Kerber, 1967, pág. 6).

John Stuart Mill (1806-1873) describe la conexión necesaria entre los eventos basados en la observación. Para Mill, más que la repetición como un elemento esencial sobre el origen de las creencias de causalidad propuesta por Hume, la conexión entre las creencias y los acontecimientos se establece por una forma adecuada de observación. Es a partir de este supuesto que Mill establece una propuesta sobre un

método de investigación científica, basado en la inferencia, que este autor denominó los “Cánones de inducción<sup>3</sup>” (Hil y Kerber, 1967).

Los exponentes del empirismo, aunque fundamentan la adquisición del conocimiento con base en las experiencias sensoriales y observación, también asumen que existen procesos mentales en los cuales existen asociación y reelaboración de ideas (ver Tabla 2.)

Tabla 2. *Fundamentos Filosóficos del Empirismo*

Autor	Premisas	
	Conocimiento	Aprendizaje
Aristóteles	Es el resultado de la experiencia sensorial que permite la asociación de ideas. Se da por las leyes de asociación: Contigüidad, similitud y contraste.	Tabula rasa, en la cual se imprimen experiencias sensoriales.
Locke	Proceso mental interno de reelaboración de percepciones y experiencias.	Percepciones provenientes del mundo exterior.
Hume	Se establecen relaciones causales y conexión entre los eventos	Repetición de sucesos.
Mill	Conexión de los eventos e inferencia	Observación.

*Elaboración propia con base en Hil y Kerber (1967)*

<sup>3</sup> Mill propone cinco cánones (Pérez-Tamayo, 1990) :

El método de la coincidencia: “Si dos o más ejemplos de un fenómeno poseen una circunstancia en común, esta única circunstancia, presente en todos los ejemplos, es la causa (o el efecto) del fenómeno mencionado”.

El método de la diferencia: “Si una situación en que ocurre el fenómeno en investigación, y otra situación en que no ocurre, se parecen en todo excepto en una circunstancia, que sólo se presenta en la primera situación, entonces esta circunstancia, que es la única diferencia, entre las dos situaciones es el efecto, la causa, o una parte indispensable de la causa, del fenómeno mencionado”.

El método combinado Coincidencia-diferencia: “Si dos o más ejemplos en los que el fenómeno ocurre muestran una sola circunstancia en común, mientras que dos o más situaciones en las que el fenómeno no ocurre sólo comparten la ausencia de la circunstancia mencionada, entonces tal circunstancia, la única, en que difieren los ejemplos mencionados, es el efecto, la causa, o una parte indispensable de la causa, del fenómeno estudiado”.

El método del residuo: “Cuando se resta o sustrae de cualquier fenómeno la parte que por inducciones previas se sabe que es el efecto de ciertos antecedentes, el residuo del fenómeno es el efecto de los antecedentes restantes”.

El método de las variaciones concomitantes. “Cuando un fenómeno varía de alguna manera particular, es causa o efecto de otro fenómeno que varía de la misma o de otra manera, pero concomitantemente”.

**Criticismo.** Immanuel Kant (1724-1804) intentó sintetizar el empirismo y el racionalismo (movimiento crítico) con el fin de desarrollar un método de investigación científica basado en el proceso de observación. Aunque su esfuerzo se consideró un fallo, su trabajo proveyó del marco conceptual para desarrollar un método de investigación que se basara en la formulación de hipótesis “antes de poner en marcha el ciclo de observación” (Hill y Kerber, 1967, pág. 7).

Kant trató de mostrar que tanto la observación y la comprensión general eran esenciales para las experiencias del individuo. Kant no negó las sensaciones, y/o percepciones, pero para él los datos de las percepciones por sí mismos no tenían sentido. En el título, *Crítica de la razón pura*, Kant (1781, citado por Pérez-Tamayo, 1990) señala “los pensamientos sin contenido están vacíos; las intuiciones -refiriéndose a los datos sensoriales o concepciones (*Anschauung*)- sin conceptos están ciegas” (Pérez-Tamayo, 1990).

**Pragmatismo.** Como una respuesta hacia el criticismo de Kant, surge el pragmatismo. Para los pragmatistas es a través de la razón que se reconoce la relación entre las posibles soluciones y el fenómeno. A partir de la primera sugerencia tentativa se movilizan las ideas precisas que dirigen la actividad hacia la situación problema. El método científico de investigación, se basa en la solución de un problema a través de la enunciación de hipótesis, dejando de lado el sentido común. Una hipótesis adecuada es determinada mediante la evaluación de las posibles causas, fundamentadas en las experiencias anteriores, para utilizar lo ya conocido sobre situaciones relacionadas. La razón conecta la definición presente del problema con el conocimiento adquirido anteriormente resultando en la formulación de la hipótesis (Hill y Kerber, 1967).

En el marco de la teoría pragmática existe afinidad entre los hechos observados y las ideas razonadas, aunque niega que los hechos están "dados", pero insiste en que estos últimos se pueden utilizar para la solución del problema en cuestión sirviendo como evidencia y prueba de una posible solución. “Los hechos observados tienen gran relevancia para la situación problemática [...] los hechos aislados no tienen significado por ellos mismos y no pueden usarse como evidencia, [...] sólo los hechos relacionados

pueden comprobar una hipótesis. Así como los hechos se vuelven evidencia, la hipótesis se vuelve una solución” (Hill y Kerber, 1967, pág. 9).

En el enfoque pragmático, se crea una interdependencia entre la inducción y la deducción<sup>4</sup>. En cualquier investigación científica el proceso deductivo puede dirigir las observaciones, pero esta deducción está basada en principios y hechos generales fundamentados en los resultados de investigaciones anteriores, por lo que los nuevos principios serán inducidos a partir de observaciones anteriores. “Por lo tanto, la investigación es continua, y surge de inducciones y deducciones pasadas, y sólo puede ser llevada a cabo por el uso continuo interrelacionados de ambos” (Hill y Kerber, 1967, pág. 9).

La teoría pragmática introdujo la resolución de problemas como el aspecto fundamental del método científico. “Se demostró que la investigación trabaja desde las situaciones (problema) indeterminadas para determinarlas (solución). Ninguna parte particular del proceso tiene significado por sí mismo” (Hill y Kerber, 1967, pág. 9). La observación de los hechos y el razonamiento de ideas (teoría) sólo tienen validez en términos de la continuidad del proceso de resolución de problemas. “Este enfoque respondió a los problemas de la realidad del mundo exterior, la determinación causal, y la validez de la predicción; que los racionalistas, empiristas, y el movimiento kantiano fueron incapaces de resolver” (Hill y Kerber, 1967, pág. 9-10). Para los pragmáticos el logro de los objetivos finales determina la verdad. El pragmatismo forzó a una nueva concepción sobre el método científico, haciendo hincapié en los medios y fines más que en el inicio.

**Experimentalismo.** Este movimiento al igual que el criticismo y el positivismo lógico es básicamente una síntesis, la cual es “la culminación del análisis histórico del método científico de investigación. La historia ha demostrado que el método científico no es necesariamente racional, empírico, crítico positivista o pragmático” (Hill y Kerber,

---

<sup>4</sup> El proceso de pasar de la descripción del problema a principios explicativos o leyes causales se denomina inducción, mientras que pasar de los principios a los hechos se denomina deducción.

1967, pág. 10). El experimentalismo tiene características comunes con las diferentes escuelas antecedentes de pensamiento filosófico (ver Tabla 3).

El concepto de aprendizaje como un proceso asociativo fue incorporado por filósofos empiristas durante los siglos XVII y XVIII, y retomado en tiempos más recientes por teorías psicológicas del aprendizaje como el conductismo, y ha perdurado hasta nuestros días. Retomando la idea de la tablilla rasa, para la psicología científica que se basa en la “teoría de la copia”, [...] “el conocimiento aprendido no es sino una copia de la estructura real del mundo, la huella que las sensaciones dejan en esa tablilla” (Pozo, 1996, pág. 127).

El conductismo, como teoría del aprendizaje predominante durante muchas décadas, “puede entenderse como un asociacionismo conductual, en el que lo que se asocian son estímulos y respuestas, siendo los mecanismos asociativos [...] la contigüidad, la repetición, la contingencia etc”, (Pozo, 1996, pág. 128). Aunque el conductismo, ha sido relegado y desplazado por la psicología cognitiva, como teoría para explicar tanto el aprendizaje animal como el humano, sentó las bases para la comprensión del aprendizaje humano.

Los modelos imperantes en la psicología cognitiva, son asociativos, y el enfoque psicológico para el procesamiento de la información se basa en un modelo asociacionista del aprendizaje.

Como una respuesta antagónica del conductismo surge el constructivismo el cual retoma fundamentos epistemológicos de diferentes escuelas y los transforma.

**El constructivismo.** Los orígenes filosóficos del constructivismo vienen desde el siglo XVIII, con la “teoría del conocimiento” elaborada por Kant.

Para el constructivismo “la mente y el mundo se construyen mutuamente” de modo tal que el conocimiento es siempre una interacción entre la nueva información que se presenta y las representaciones anteriores, [...] “aprender es construir modelos para interpretar la información que recibimos a través de nuestro propio sistema psicológico” (Pozo, 1996, pág. 134).

Tabla 3. **Fundamentos Filosóficos del Experimentalismo**

<b>Escuela de pensamiento filosófico</b>	<b>Experimentalismo</b>
<i>Racionalismo</i>	El cuestionamiento sobre los fenómenos no puede tener respuestas inmediatas. Es necesario asumir respuestas a ciertas preguntas generales con el fin de hacer ciertas suposiciones básicas.
<i>Empirismo</i>	Las leyes no se pueden conocer de inmediato, particularmente las leyes científicas, que requieren primero el conocimiento de ciertos fenómenos.
<i>Criticismo</i>	Para responder a cualquier pregunta, se debe asumir relevantes ciertas leyes y hechos y por lo tanto se presuponen.
<i>Positivismo</i>	La explicación requiere un sistema inductivo-deductivo interdependiente de razonamiento
<i>Pragmatismo</i>	El método científico de investigación no tiene principios fijos, el inicio está relacionado con el fin.

*Elaboración propia con base en Hill y Kerber (1967)*

Esta teoría se acerca a una posición empirista, ya que asume que el aprendizaje es producto de la experiencia, pero a la vez se aleja de esta posición, al afirmar que el aprendizaje es una construcción y no una réplica fiel de la realidad. Para el constructivismo epistemológico existe una negación al principio de correspondencia entre mente y realidad.

La idea básica del enfoque constructivista es que el proceso de enseñanza-aprendizaje “implica transformar la mente de quien aprende, que debe reconstruir a nivel personal los productos y procesos culturales con el fin de apropiarse de ellos (Pozo y Gómez Crespo, 1998, pág. 23).

El constructivismo psicológico *establece los diferentes procesos mediante los que tiene lugar la construcción de representaciones*. Existen dos procesos diferentes de construcción de representaciones: La construcción estática y la construcción dinámica.

Cuando los materiales de aprendizaje son asimilados a los conocimientos previos de los alumnos se dice que es una construcción estática (Pozo, 1989, citado por Pozo, 1996). La nueva información se asimila a las estructuras de conocimiento ya existentes, es decir, lo que se aprende depende de lo que ya se sabía. Esta versión estática del constructivismo es compatible tanto con el racionalismo, como con las teorías del aprendizaje por asociación. Los organismos construyen representaciones,

a condición de tener un sistema de memoria en el cual almacenar sus experiencias anteriores. Para Pozos (1996) “algunos de los mecanismos que permiten construir esas representaciones desde las que interactuar con el mundo pueden tener una naturaleza asociativa” (Pozo J. , 1996, pág. 138). EldeIman y Tononi (2000, citados por Pozo 1996), caracterizan la memoria como un sistema constructivo, asociativo y dinámico.

La construcción dinámica del conocimiento consiste básicamente en una reestructuración de los conocimientos anteriores, existe una acomodación de las estructuras del conocimiento a la nueva información, este proceso de construcción del conocimiento tiene un carácter deliberado o intencional, para la solución de nuevos problemas y tareas, “implica la capacidad de representarse las propias metas y procesos de aprendizaje” (Pozo, 1996, pág. 140).

El constructivismo acepta las restricciones o disposiciones previas al aprendizaje de forma tal que toda construcción está restringida por otras estructuras representacionales más primarias (en la filogénesis, en el desarrollo personal o en la cultura), las cuales se construyen en la interacción con el ambiente.

#### **El aprendizaje y la enseñanza desde un punto de vista constructivista.**

Gagné (1974) citado por Mayer (2002) define el aprendizaje como los cambios en el conocimiento del aprendiz que surgen de la experiencia, para Pozo (1996) el aprendizaje no sólo implica cambios en los conocimientos sino también cambiar las conductas anteriores. Para este autor “el aprender implica siempre una forma de desaprender, o mejor reaprender, modificar lo previamente ya aprendido volviendo sobre ello” (Pozo, 1996, pág. 163).

La teoría constructivista asume un enfoque holista, estructuralista y organicista, vincula el aprendizaje al significado que el aprendiz atribuye a los ambientes a los que se enfrenta y es en función de sus estructuras cognitivas y conceptuales que interpreta ese ambiente. El aprendizaje se basa en los conocimientos previos del individuo (Ausubel), los cuales son propios y específicos de dominio en cada sujeto, resultado de un proceso de construcción personal, por tal motivo no pueden ser un reflejo exacto del mundo. Desde el enfoque constructivista el sujeto y el objeto se construyen

mutuamente, y es por ello que la representación del y los mundos construidos por el sujeto son personales, y estas representaciones son en buena medida el resultado del proceso de aprendizaje constructivo. Para Pozo (1996, pág. 141) “No construimos sólo objetos, en el mundo que vemos, sino también la mirada con la que lo vemos. Nos construimos también a nosotros mismos en cuanto a sujetos de conocimiento”.

Solé y Coll (1993) puntualizan que “aprender no es copiar o reproducir la realidad”. Estos autores señalan que desde la concepción constructivista se aprende cuando se es capaz de elaborar una representación personal sobre un objeto de la realidad. “Esa elaboración implica aproximarse a dicho objeto con la finalidad de aprehenderlo” (Solé y Coll, 1993, pág. 16). Esta aproximación se da a partir de los intereses, experiencias y conocimientos previos del individuo. Es a partir de los significados ya construidos, que el aprendiz puede acercarse a un conocimiento nuevo, interpretar sus significados o modificar los significados preexistentes, es decir, estas representaciones previas en algunas ocasiones nos permitirán acercarnos a un nuevo aspecto e interpretarlo con los significados que ya se poseían, mientras que en otras, “nos planteará un desafío al que intentamos responder modificando los significados de los que ya estábamos provistos de forma que podamos dar cuenta del nuevo contenido, fenómeno o situación” (Solé y Coll, 1993, pág. 16). Es en este proceso, que no sólo modificamos los significados que ya poseíamos, sino que también interpretamos lo nuevo de forma personal, de manera que podamos integrarlo y hacerlo propio.

El punto de partida de la concepción constructivista de la enseñanza y del aprendizaje es el hecho de que la escuela hace accesible a los alumnos aspectos de la cultura que son fundamentales en el ámbito cognitivo y para su desarrollo personal. La educación como motor de desarrollo debe abarcar las capacidades de equilibrio personal, motrices, de relaciones interpersonales y de inserción social. “El aprendizaje es el fruto de una construcción personal, pero en el que no intervienen sólo el sujeto que aprende; los ‘otros’ significativos, los agentes culturales, son piezas imprescindibles para esa construcción personal” (Solé y Coll, 1993, pág. 15).

Para el constructivismo el aprendizaje verdadero implica cambio, pero no sólo un cambio cuantitativo (probabilidad de respuesta) sino también un cambio cualitativo

(significado de la respuesta) “no se trata de reproducir respuestas ya preparadas, sino también de generar nuevas soluciones; no es un cambio originado en el mundo externo sino en la propia necesidad interna de reestructurar nuestro conocimientos o de corregir sus desequilibrios”. Lo que cambia son las estructuras cognitivas y para ello se requiere una [...] “implicación activa, basada en la reflexión y la toma de conciencia por parte del aprendiz” (Pozo, 1996, pág. 140). Cuando se da este proceso, se puede decir que se está aprendiendo significativamente, se construye un significado propio “para un objeto de conocimiento. Este proceso más que conducir a la acumulación de nuevos conocimientos, conlleva a “la integración, modificación, establecimiento de relaciones y coordinación de esquemas de conocimiento que ya poseíamos dotados de una cierta estructura y organización que varía, en nudos y en relaciones, a cada aprendizaje que realizamos” (Solé y Coll, 1993, pág. 16).

Gagné (1974), citado por Mayer (2002, pág 4), define la enseñanza como “la disposición de los elementos externos para activar y apoyar el proceso interno de aprendizaje”. El aprendizaje escolar para el alumno representa un proceso activo, en el cual construye, modifica, enriquece y diversifica sus esquemas de conocimiento, a partir del significado y el sentido que le da a los contenidos escolares y el hecho de aprenderlos. Este proceso activo está íntimamente ligado a “una actuación externa, planificada y sistemática que lo oriente y guíe en la dirección prevista por las intenciones recogidas en el currículum” (Onrubia, 1993, pág. 101). En este sentido –y bajo un enfoque constructivista- la enseñanza puede ser vista como una ayuda al proceso de aprendizaje.

Una de las características básicas de la enseñanza, para ayudar al proceso de construcción de significados y sentidos que efectúa el alumno, es la de estar vinculada y sincronizada en este proceso de construcción. La ayuda debe “conectar” con los esquemas de conocimiento del alumno, movilizarlos, activarlos y “forzar” su reestructuración. Para que esta ayuda sea eficaz, se debe ajustar “a la situación y a las características que, en cada momento, presente la actividad mental constructiva del alumno” (Coll, 1990,1991, citado por Onrubia 1993, pág. 102).

El enseñante debe tomar como punto de partida en el proceso de enseñanza los significados y los sentidos de que dispone el alumno, y tener en cuenta los esquemas de conocimiento de los alumnos en relación al tema. Pero a la vez “debe provocar desafíos y retos que hagan cuestionar esos significados y sentidos y fuercen su modificación por parte del alumno” acercar [...] “la comprensión y la actuación del alumno a las intenciones educativas” (Onrubia, 1993, pág. 103).

La ayuda ajustada (vista como la delimitación de la ayuda al proceso constructivo que realiza el aprendiz) debe suponer “retos abordables para el alumno” (Onrubia, 1993, pág. 103), que puedan ser no sólo resueltos por sí solos, sino también que [...] “pueda afrontarlos por la combinación de sus propias posibilidades y de los apoyos e instrumentos que reciba del profesor”. Lo que determina que un reto sea abordable, depende en gran medida [...] “del punto de partida del alumno, de lo que le puede aportar al proceso de aprendizaje y de la calidad y cantidad de apoyos e instrumentos que reciba”. Vale la pena destacar que hablar de apoyos, soportes o instrumentos supone la actuación del docente en la intervención con el alumno (ofrecer al alumno elementos o cuestiones de su interés, modelos de actuación, indicaciones y sugerencias para abordar nuevas tareas y posibilidades de refuerzo y ampliación, corregir errores y valorar sus esfuerzos) la organización y estructura de la clase, elección y ordenación de contenidos, actividades y recursos adicionales, así como también la elección de horarios y espacios de trabajo.

La enseñanza con ayuda ajustada tiene como finalidad la comprensión y actuación autónoma por parte del alumno. El objetivo fundamental de los recursos de apoyo que emplea el profesor con el alumno, es que éste pueda ir más allá de lo que sería capaz en solitario, y que estos apoyos puedan irse retirando progresivamente, hasta su completa desaparición, “de manera que las modificaciones en los esquemas de conocimiento realizadas por el alumno sean lo suficientemente profundas y permanentes como para que este pueda afrontar por sí sólo, gracias a ellas situaciones similares” (Onrubia, 1993, pág. 104).

Hablar de ayuda ajustada nos remite invariablemente a los fundamentos epistémicos en los cuales está basada la teoría sociocultural del aprendizaje, propuesta

por Lev Semiónovich Vygotsky. Para esta teoría el origen del proceso de aprendizaje y del desarrollo de las funciones psicológicas superiores, está dado por las relaciones socialmente organizadas (Delval, 2008).

La zona de desarrollo próximo (ZDP), propuesta por Vygotsky, y en la cual se fundamenta la ayuda ajustada, puede definirse como “la distancia entre el nivel de resolución de una tarea que el aprendiz puede alcanzar independientemente y el nivel que puede alcanzar con la ayuda de un compañero más competente o experto en esa tarea” (Vygotsky 1979). La ZDP es el espacio en que, apoyado en la interacción y ayuda de otros, el aprendiz puede realizar una tarea o resolver un problema de una manera y con un nivel superior, que no sería capaz de tener por sí solo. Gracias a la interacción entre el enseñante y el aprendiz es que pueden producirse nuevas maneras de entender y enfrentarse a las tareas. “El proceso de construcción, modificación, enriquecimiento y diversificación de los esquemas de conocimiento que desencadena la participación en la ZDP puede dar lugar a una reestructuración duradera y a un nivel superior de esos esquemas” (Onrubia, 1993, pág. 105). Ofrecer ayuda ajustada al aprendizaje supone crear ZDP.

**Tipos de conocimiento.** Para analizar las investigaciones sobre los conocimientos previos hay que partir de los enfoques del procesamiento de la información distinguiendo los tipos de conocimiento: el declarativo, estructural y el procedimental.

El conocimiento declarativo que “representa la conciencia de un objeto, idea o evento” (Campos, 2005, pág. 18), se relaciona con el “qué”, para Díaz Barriga y Hernández Rojas (2002), la competencia de este conocimiento “saber qué” se relaciona con el conocimiento de datos y hechos (conocimiento factual) conceptos y principios (conocimiento conceptual), ambos conocimientos implican diferentes niveles de complejidad. El conocimiento factual se logra por una asimilación literal, que no implica la comprensión de la información, se logra mediante repetición y memorización literal, donde los objetos de aprendizaje pueden ser arbitrarios sin significancia lógica y un escaso nivel de organización, y por tanto los conocimientos previos juegan un papel mínimo o incluso pueden ser desestimados. En el conocimiento conceptual en cambio,

requiere de la abstracción del significado esencial e identificando las características y reglas definitorias del objeto de estudio. Este se sustenta en los conocimientos previos y se requiere de “una asimilación sobre el significado de la información nueva, se comprende lo que se está aprendiendo” (Díaz Barriga y Hernández Rojas, 2002, pág. 53).

Para Rumelhart y Ortony el conocimiento declarativo tiene que ver con la descripción y explicación de las características particulares de algún asunto o fenómeno, y “se organiza en la memoria en forma de proposiciones llamadas redes semánticas, del conocimiento o conceptuales” (Campos, 2005, pág. 18). El conocimiento declarativo, contextualizado en términos de los contenidos escolares está conformado por datos, conceptos, principios y teorías (García-Milà, 2001).

El conocimiento estructural, el cual, tiene que ver con los conceptos y sus interrelaciones, se relaciona con el “por qué” (Campos, 2005, pág. 18). El conocimiento procedimental, que está ligado a la resolución de problemas, planeación y toma de decisiones está relacionado con el “cómo” y el “saber hacer”. Para Coll y Valls (1992) citados por Díaz Barriga (2002) este conocimiento, son acciones ordenadas y dirigidas hacia la consecución de una meta determinada. Este tipo de aprendizaje se propicia por etapas: Se requiere la apropiación de datos relevantes respecto a la tarea y sus condiciones; La actuación o ejecución del procedimiento; la automatización del procedimiento; y el perfeccionamiento indefinido del procedimiento (Díaz Barriga y Hernández Rojas, 2002, pág. 54-55).

El conocimiento procedimental, desde el punto de vista psicológico, tiene una naturaleza diferente al declarativo. Anderson (1983, citado por Pozo y Gómez Crespo, 1998) hace una diferencia clara entre ellos, mientras que el conocimiento declarativo consiste en “saber qué”, es fácil de verbalizar, se posee o no, se adquiere de una sola vez por exposición (enseñanza receptiva) y el procesamiento es esencialmente controlado y suele ser consciente, el conocimiento procedimental en cambio, consiste en “saber cómo”, es difícil de verbalizar se posee en parte y se adquiere gradualmente por práctica, acción y/o ejercicio (enseñanza por descubrimiento) y el procesamiento es esencialmente automático y en ocasiones no somos conscientes de ello. El

conocimiento procedimental, a diferencia del conocimiento declarativo, por su carácter de dominio gradual es más difícil de evaluar y discriminar entre los diferentes niveles de dominio. Ambos conocimientos se adquieren por procesos diferentes.

El conocimiento Procedimental implica la secuencia de pasos para realizar una tarea física o mental, este tipo de conocimiento está relacionado con el conocimiento condicional “que supone una serie de reglas condicionadas como “si esto sucede, entonces procede con” (Campos, 2005, pág. 18).

Si se define de forma general a los procedimientos como “secuencias de acciones dirigidas a la consecución de una meta” (Pozo y Gómez Crespo, 1998, pág. 54) habría que hacer una diferencia sobre los tipos de procedimiento, los cuales “pueden ser situados dentro de un continuo de generalidad y complejidad” (Pozo y Gómez Crespo, 1998, pág. 54), que iría desde simples técnicas, vistas como una rutina automatizada producto de la práctica repetitiva, hasta las estrategias (que implican planificación y toma de decisiones sobre los pasos a seguir) de aprendizaje y razonamiento. Las estrategias se componen de técnicas e involucran un uso deliberado de estas en función de los objetivos de la tarea. “La eficacia de una estrategia depende en buena medida de las técnicas que la componen” (Pozo y Gómez Crespo, 1998, pág. 55).

El uso de una estrategia requiere de reflexión consciente, en términos de selección y planificación de procedimientos eficaces para cada caso, control de la ejecución y evaluación de la estrategia a partir de los resultados, así como también se requieren de recursos cognitivos para ejercer el control más allá de la ejecución de las técnicas (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

El conocimiento procedimental dentro del contexto escolar de la actividad escolar, “remite a las estrategias en general y las estrategias de aprendizaje en particular” (García-Milà, 2001, pág. 21).

El dominio estratégico de una tarea requiere forzosamente de un dominio previo de las técnicas. La distinción entre técnica y estrategia es funcional es decir un mismo procedimiento puede realizarse de forma rutinaria o de modo estratégico, “dependiendo de las condiciones de aprendizaje establecidas por la tarea a la que se enfrenta el

alumno” (Pozo y Gómez Crespo, 1998, pág. 56). Cuando la tarea tiene un carácter rutinario que implica la práctica repetitiva de un procedimiento previamente aprendido, el alumno utilizará técnicas simples para resolverlo, ya que estas tareas no requieren apenas planificación ni control, sino tan solo repetición. En cambio, si la tarea varía en aspectos relevantes, es sorprendente, novedosa, con nuevos planteamientos en parte imprevisible y constituye nuevos problemas para el alumno, implicará una práctica reflexiva en el cual este último tenga que planificar, seleccionar y re-pensar su propia actividad de aprendizaje afrontando la tarea de un modo estratégico.

Las investigaciones sobre el conocimiento procedimental se organizan en dos grupos: el primero se refiere a las estrategias cognitivas implicadas en el razonamiento científico en términos de experimentación y argumentación, mientras que el segundo se enfoca a las estrategias en la solución de problemas.

Las investigaciones que analizan las estrategias de razonamiento científico han identificado dificultades tanto en los procesos de experimentación como en los de argumentación, los alumnos presentan serias dificultades en el diseño de experimentos que refuten sus hipótesis y muestran sesgos en la confirmación de las mismas, diseñan experimentos en los cuales las variables no están controladas o controlan sólo aquellas que creen causales. En cuanto a las conclusiones, en el proceso de argumentación, los alumnos ignoran o incluso distorsionan datos previos que refutan sus teorías previas, y tienen gran dificultad para eliminar hipótesis alternativas, ya que no encuentran la incoherencia entre la utilización de los mismos datos para validar hipótesis contradictorias (García-Milà, 2001).

Estos resultados han sido interpretados a partir de limitaciones metacognitivas de los alumnos que por un lado tienen dificultades en “entender cuándo y por qué se utiliza una determinada estrategia y por el otro entender que las estrategias sirven para manipular el conocimiento transformándolo en el objeto de la propia cognición” (Kuhn, 1993, citado por García-Milà 2001).

Tanto el conocimiento declarativo como el procedimental trabajan en paralelo y no puede existir el uno sin el otro, por lo que García-Milà, (1990, pág 533) considera fundamental:

Partir de la teoría del alumno para determinar y mejorar los procedimientos implicados en la comprensión de la teoría objeto de aprendizaje. Y a la inversa, se hace necesario conocer los procedimientos que operan sobre una teoría concreta cuando el alumno intenta comprobarla o refutarla.

## **Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**

Para adquirir el conocimiento científico se requiere un cambio profundo en las estructuras conceptuales, las cuales no se modifican automáticamente, para lograr este cambio se requiere de un laborioso y largo proceso de instrucción. El conocimiento científico por ser una construcción o mejor dicho una reconstrucción social no se adquiere con la interacción espontánea y natural con el mundo de los objetos, por lo que para alcanzar este conocimiento se requiere de una enseñanza eficaz.

El objetivo de la enseñanza de la ciencia escolar debe ser que el alumno construya dentro del aula, procedimientos y conceptos que por sí mismos no se conseguiría alcanzarlos en un contexto cotidiano, y que *siempre que esos conocimientos sean funcionales* puedan ser transferidos a nuevas situaciones y contextos. El desarrollo de actividades de enseñanza y aprendizaje del currículum de las asignaturas científicas debe servir “como una auténtica ayuda pedagógica, una vía para que el alumno acceda a formas de conocimiento que por sí mismas le serían ajenas o al menos distantes” (Pozo y Gómez Crespo, 1998, pág. 266).

**Enfoques de enseñanza de las ciencias.** Existen diversos enfoques sobre la enseñanza de las ciencias, los cuales tiene diferentes concepciones –algunas de ellas con diferencias sustanciales- sobre cómo enseñar ciencias, el papel del profesor, de los alumnos y diferentes concepciones sobre los objetivos y evaluación del proceso de enseñanza y aprendizaje (ver Tabla 4).

**La enseñanza tradicional de las ciencias.** El conocimiento científico se acepta como un saber absoluto o conocimiento más verdadero, producto de la indagación humana sobre la naturaleza, por lo que el aprender ciencia es hacer una inmersión en

ese conocimiento y reproducirlo de forma fiel. “Aprender ciencia es saber lo que los científicos saben” (Pozo y Gómez Crespo, 1998, pág. 269). Bajo este enfoque de enseñanza se asume que el conocimiento científico y el conocimiento cotidiano son compatibles. En este modelo de enseñanza el profesor funge como un transmisor verbalista de conocimientos acabados, que se presentan como hechos dados y aceptados en un esquema de “clase magistral”, mientras que el alumno es un mero receptor más o menos pasivo, “que consume” dichos hechos, con la única opción de aceptarlos “como una realidad imperceptible, pero no por ello menos material, consolidando la indiferenciación entre hechos y modelos que caracteriza a la posición realista más o menos elaborada [...] propia del conocimiento cotidiano” (Pozo y Gómez Crespo, 1998, pág.268-269).

La organización y relevancia de los contenidos bajo este enfoque, está definida por el conocimiento disciplinar, entendido como los conocimientos validados y aceptados por la comunidad científica, estos conocimientos más que privilegiar el valor formativo para los alumnos, se determinan porque éstos son contenidos esenciales de la ciencia y sin los cuales ésta no tendría sentido. “El currículo será mejor cuanto más científico sea, es decir, cuanto más académico resulte” (Pozo y Gómez Crespo, 1998, pág. 270). Los alcances de este tipo de enseñanza se miden por medio de evaluaciones -sumativas, más que formativas- en las cuales los alumnos tienen que repetir el conocimiento dado por el profesor de la forma más precisa posible, tratando de emular los conceptos vertidos por el profesor o encontrados en los libros de texto, también en las evaluaciones se utilizan los ejercicios repetitivos (problemas tipo) para comprobar el grado de apropiación de rutinas o sistemas de resolución por parte del alumno.

***La enseñanza de la ciencia por descubrimiento.*** Este enfoque está basado en el supuesto de que en que la metodología para enseñar ciencia debe ser la propia metodología de la investigación científica, es decir “para que los alumnos aprendan ciencia deben hacer ciencia” (Pozo y Gómez Crespo, 1998, pág. 274), utilizando los pasos del método científico deberán enfrentarse a los problemas planteados por la ciencia para encontrar soluciones. En este sentido se reconoce que el alumno dotado de capacidades intelectuales “similares a las de los científicos [...] y que hay una compatibilidad entre la forma que abordan las tareas los científicos y la forma en que

la abordan los niños” (Pozo y Gómez Crespo, 1998, pág. 274), por lo que al enfrentar a estos últimos a las mismas situaciones y tareas de los científicos, lograrán desarrollar estrategias conforme al método científico y llegar a “las mismas conclusiones y elaboraciones teóricas que los científicos” (Pozo y Gómez Crespo, 1998, pág. 274). El profesor bajo este enfoque de enseñanza diseña los escenarios para el descubrimiento y lo facilita a partir de actividades “más o menos guiadas” (Pozo y Gómez Crespo, 1998, pág. 276) donde la didáctica y el papel del profesor sean lo menos conspicuo posible. Su función es hacer preguntas y no dar respuestas. “La labor del profesor está más próxima a la de un director de investigación” (Pozo, 1996, citado por Pozo y Gómez Crespo, 1998, pág. 277).

La selección de contenidos, es exclusivamente disciplinar, aunque estos no “constituyen saberes estáticos, ya acabados, sino problemas a los que enfrentarse en busca de solución” (Pozo y Gómez Crespo, 1998, pág. 275), el currículo se organiza en forma de preguntas, situando al alumno como científico que replique “experimentos cruciales” (Pozo y Gómez Crespo, 1998, pág. 275).

**La enseñanza expositiva.** El objetivo desde este enfoque es el de “transmitir a los alumnos la estructura conceptual de las disciplinas científicas, que es lo que constituye el “significado lógico” de las mismas” (Pozo y Gómez Crespo, 1998, pág. 279). El currículum debe presentar de forma sistemática “un cuerpo organizado de conocimientos con un fin explícito en sí mismos” (Ausubel, Novak y Hanesian, 1978, pág. 466, citado por Pozo y Gómez Crespo 1998, pág. 179). La organización y secuencias de los contenidos del currículum debe ser la propia estructura conceptual de la disciplina, estructurada por el principio de diferenciación progresiva (de lo general a lo específico). El partir de concepciones generales, procediendo después a su diferenciación, y donde cada nuevo contenido conceptual se apoya y relaciona con los conocimientos previos del alumno, permite la organización de estos en una estructura jerárquica que evita la disgregación de éstos así como la mera acumulación en forma de compartimientos aislados (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

En este enfoque se asume que el alumno posee una lógica propia de la cual se requiere partir, es decir, para enseñar ciencias –y cualquier otra disciplina- se requiere

partir de los conocimientos previos del alumno, apoyándose en la lógica de la disciplina. El enseñante a través de la explicación o exposición establece de forma explícita las relaciones entre la nueva información que va a presentarse y los conocimientos que ya están presentes en la estructura conceptual del alumno, el cual asimila la nueva información a ciertas ideas “inclusivas” presentes en su mente. En ausencia de estas ideas o que su activación directa resulte improbable el profesor recurre a un organizador previo cuya función es tender un puente cognitivo entre los conocimientos del alumno y lo que necesita saber, este organizador tiene un nivel de generalidad mayor a los conocimientos que se pretenden alcanzar (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

***La enseñanza mediante conflicto cognitivo.*** Este enfoque se fundamenta en la incompatibilidad entre el conocimiento cotidiano (teorías implícitas del alumno) y el conocimiento científico. La enseñanza de las ciencias en este enfoque, busca mediante situaciones conflictivas confrontar las concepciones alternativas (intuitivas e implícitas) de los alumnos con el conocimiento científico para lograr un cambio conceptual, “entendido como su substitución por otras teorías más potentes” (Pozo y Gómez Crespo 1998, pág. 286) fundamentadas y más próximas al conocimiento científico. El alumno tiene que tomar conciencia de este conflicto y resolverlo, con mediación del profesor que debe utilizar todos los recursos a su alcance, expositivos y no expositivos para “hacer ver al alumno las insuficiencias de sus propias concepciones” (Pozo y Gómez Crespo 1998, pág. 286). Este enfoque asume que el alumno es quien elabora y construye su propio conocimiento y por tanto “debe tomar conciencia de sus limitaciones y resolverlas” (Pozo y Gómez Crespo 1998, pág. 286), es decir, se requiere que el alumno perciba los límites de sus propias concepciones alternativas y que al sentirse insatisfecho con ellas esté dispuesto a adoptar otros modelos más convincentes, fundamentados en el conocimiento científico.

Para reestructurar el conocimiento y que el alumno asimile la nueva información se requiere una acumulación de conflictos que provoquen cambios cada vez más radicales en la estructura del conocimiento del alumno. Para Pozo y Gómez Crespo (1998, pág. 293) más que la eliminación o erradicación de conocimiento intuitivo, se trata de “trascenderlo, redescribirlo en modelos más complejos”.

**La enseñanza mediante investigación dirigida.** El objetivo de esta forma de enseñanza es promover cambios en los alumnos tanto en el sistema de conceptos así como en los procedimientos y actitudes (Duchsl, y Gitomer, 1991; Gil, 1994; Gil y Carrascosa, 1985; Gil y et al., 1991, todos citados por Pozo y Gómez Crespo, 1998). En este enfoque la concepción de la investigación científica es un proceso de construcción social. Este modelo asume que para “lograr cambios profundos en la mente de los alumnos [conceptuales, metodológicos y actitudinales] [...] es preciso situarles en un contexto de actividad similar al que vive un científico” (Pozo y Gómez Crespo, 1998, pág. 293), donde el profesor actúa como un director de investigación orientando, reforzando, matizando y cuestionando las conclusiones de los alumnos, además de situarlos en contextos sociales de construcción del conocimiento similares a los que vive un científico. “La investigación que los alumnos deben emular consiste ante todo en un laborioso proceso de construcción social de teorías y modelos” [apoyados tanto en los recursos metodológicos] y en [...] el despliegue de actitudes que se alejan bastante de las que cotidianamente muestran los alumnos” (Pozo y Gómez Crespo, 1998, pág. 294). Al igual que en la enseñanza por conflicto cognitivo se asume la incompatibilidad entre el conocimiento científico y el cotidiano en el sistema de conceptos, agregando además la incompatibilidad los métodos y sistemas de valores entre ambos conocimientos.

La enseñanza de la ciencia, al igual que en la investigación científica, se basa en la resolución de problemas teóricos y prácticos, generados desde el conocimiento disciplinar. La selección de contenidos se fundamenta en los contenidos conceptuales de la ciencia, aunque también se consideran las características de los alumnos y el contexto social. El currículum se organiza en las estructuras conceptuales que subyacen a los conceptos “específicos “como la búsqueda de regularidades y la atención al cambio como hilo conductor del análisis de las relaciones en diversos dominios de la ciencia” (Pozo y Gómez Crespo, 1998, pág. 295).

**La enseñanza por explicación y contrastación de modelos.** En esta concepción de enseñanza de las ciencias “no se acepta necesariamente el isomorfismo entre la construcción del conocimiento científico y el aprendizaje por parte de los alumnos” (Pozo y Gómez Crespo, 1998, pág. 299) el conocimiento de las ciencias en

el contexto escolar y el conocimiento científico “implican escenarios sociales claramente diferenciados por sus metas y la organización de sus actividades” (Rodrigo y Arnay, 1997, citados por Pozo y Gómez Crespo, 1998, pág. 299). Este enfoque asume una posición constructivista, en la cual la enseñanza de las ciencias se basa en una contrastación de modelos y teorías elaboradas por los científicos, la meta de la educación científica por este enfoque es que el alumno conozca la existencia de diversos modelos en la interpretación y comprensión de los fenómenos naturales y que la contrastación de estos permita al estudiante la comprensión de los fenómenos estudiados y la naturaleza del conocimiento científico y que esta educación le permita construir sus propios modelos. La función del profesor es exponer a los alumnos a los diferentes modelos alternativos que deberán contrastar con el fin de comprender las diferencias conceptuales entre estos “y de esta forma ser capaces de relacionarlos e integrarlos metacognitivamente, en este sentido la función del profesor será ayudar a los alumnos para que puedan asimilar y reconstruir a nivel social e individual el acervo de la cultura científica” (Pozo y Gómez Crespo, 1998, pág. 299).

La contrastación de modelos alternativos, presupone más que la superación empírica de un modelo por otro (Pozo, 1994, citado por Pozo y Gómez Crespo, 1998) se acerca más a la hipótesis de la independencia o a su integración jerárquica.

Los contenidos se organizan, no tanto a partir de contenidos conceptuales específicos, sino como estructuras conceptuales o modelos que dan sentido a esos conceptos (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

**Tabla 4. Enfoques en la Enseñanza de las Ciencias.**

	Supuestos de la educación científica	Metas de la educación científica	Selección y Organización de contenidos	Actividades de enseñanza y evaluación	Críticas y dificultades de enseñanza y aprendizaje
<b>Enseñanza Tradicional</b>	La ciencia permite conocer la naturaleza del mundo por lo que aprender ciencia es saber lo que los científicos saben	Los alumnos tienen que reproducir el conocimiento e incorporarlo en la memoria.	Conocimientos aceptados por la comunidad científica, exclusivamente disciplinares. Los contenidos se jerarquizan por un proceso inductivo de lo simple a lo complejo.	Clases Magistrales expositivas con ejercicios y demostraciones. La evaluación es sumativa, los alumnos reproducen el conocimiento.	El modelo no permite que el alumno se enfrente de forma activa y autónoma a los problemas. Existe un divorcio entre las metas y motivos del profesor y los alumnos.
<b>Enseñanza por Descubrimiento</b>	A través de la utilización rigurosa del método científico el alumno puede descubrir la estructura de la realidad. La ciencia es un proceso que permite acercarse e indagar sobre el mundo.	Desarrollo de pensamiento científico.	Contenidos exclusivamente disciplinares. Organizados en preguntas.	Deben semejarse a las actividades de investigación. Se confronta a los alumnos con una situación problema, la cual los alumnos resuelven a través del método científico. Se considera tanto el conocimiento conceptual alcanzado, así como los procedimientos y actitudes desarrollados por el alumno.	El razonamiento científico no es la forma usual como los individuos resuelven problemas cotidianos. El pensamiento se basa en sesgos y reglas heurísticas lejanas al método científico. Este enfoque educativo no diferencia a entre los procesos de ciencia los procedimientos de aprendizaje y los métodos de enseñanza <sup>1</sup> .
<b>Enseñanza Expositiva</b>	Se requiere mejorar la eficacia de las exposiciones, considerando tanto la lógica disciplinar como la de los alumnos. El aprendizaje en ciencias consiste en <i>“transformar el significado lógico en significado psicológico”</i> <sup>2</sup> .	Transmitir al alumno la estructura conceptual de las disciplinas científicas.	Se fundamentan en la estructura conceptual disciplinar, con una diferenciación progresiva de lo general a lo particular.	Explicaciones y exposiciones, que parten de los conocimientos e ideas de los alumnos. La evaluación se centra en el conocimiento conceptual y tareas que hagan evidentes las relaciones entre conceptos.	Logra un ajuste progresivo de las concepciones de los alumnos al conocimiento científico pero no logra la reestructuración de las concepciones de éstos. Sólo cuando hay compatibilidad entre las ideas previas de los alumnos y los conceptos a enseñar se logra la conexión entre ambas. Se limita a que los alumnos ya dominen la terminología y principios del conocimiento científico <sup>3</sup> .
<b>Enseñanza Mediante Conflicto Cognitivo</b>	Las concepciones intuitivas de los alumnos son incompatibles con el conocimiento científico. El alumno construye su propio conocimiento.	Substituir las concepciones alternativas de los alumnos por el conocimiento científico.	El currículum se constituye por núcleos conceptuales. Los contenidos deben tener una organización jerárquica dirigida a cambiar los principios básicos que sustentan las concepciones alternativas.	Conflicto cognitivo, donde el alumno pueda por un proceso de explicitación de sus concepciones alternativas contrastarlas con el conocimiento científico. La evaluación comprueba en qué medida los alumnos aplican los conocimientos para resolver problemas y afrontan situaciones nuevas <sup>3</sup> .	Han existido logros en la renovación de la didáctica de la ciencia, pero no se ha logrado que los alumnos abandonen sus concepciones alternativas. El cambio conceptual debe considerar un cambio metodológico y actitudinal y no solo el cambio en el sistema de conceptos, para ello se requiere además del conflicto cognitivo, actividades que propicien dichos cambios y situar al alumno en un contexto de investigación dirigida.

*Continúa página siguiente.*

**Tabla 4. Enfoques en la Enseñanza de las Ciencias.**

	Supuestos de la educación científica	Metas de la educación científica	Selección y Organización de contenidos	Actividades de enseñanza y evaluación	Críticas y dificultades de enseñanza y aprendizaje
<b>Enseñanza mediante investigación Dirigida</b>	La ciencia es una construcción social.	Promover cambios conceptuales, metodológicos y actitudinales.	Generación de problemas desde el campo disciplinar.	Resolución de problemas de situaciones abiertas, investigaciones cualitativas y cuantitativas. La evaluación considera el trabajo diario de los alumnos en su investigación, la cual debe tener una retroalimentación sobre las causas del éxito o fracaso de la misma.	Presenta un alto nivel de exigencia al profesorado. Exige un cambio conceptual procedimental y actitudinal por parte del profesor paralelo al que debe intentar en el alumno. Requiere un alto dominio disciplinar del profesor.
<b>Enseñanza por Explicación y Contrastación de Modelos</b>	La construcción del conocimiento científico es diferente al conocimiento escolar.	Conocimiento de diversos modelos alternativos y a partir de su contrastación comprenda tanto los fenómenos estudiados como la naturaleza del conocimiento científico.	Estructuras conceptuales o modelos.	Contrastación de diversos modelos y elaboración de modelos propios por parte de los alumnos. La evaluación considerará tanto la construcción de modelos propios como la presentación de modelos y contrastación en el contexto de solución de problemas.	Puede inducir al alumno a un cierto relativismo teórico, donde todos los modelos tienen igual valor. Puede existir un eclecticismo teórico. Deja de lado los contenidos procedimentales y actitudinales.

1. Wellington(1989, citado por Pozo y Gómez, 1998)
2. Ausubel (1973, pág. 214, citado por Pozo y Gómez Crespo, 1998, pág. 280)
3. Pozo y Gómez Crespo (1998)

*Elaboración propia basada en Pozo y Gómez Crespo (1998).*

## **Enseñanza de las Ciencias y Cambio Conceptual**

Todos los seres humanos tenemos ideas y concepciones arraigadas, teorías del “mesocosmos” que afectan nuestra vida cotidiana” (Pozo y Gómez Crespo, 1998, pág. 97), tanto para las ciencias básicas como para el mundo social e histórico existen conocimientos o ideas *intuitivas*<sup>5</sup>, las cuales nos permiten predecir y controlar los sucesos, las cuales nos permiten adaptarnos a los mismos. “Estas funciones de predicción y control del entorno inmediato tienen un alto valor adaptativo” (Pozo y

---

<sup>5</sup> Estas concepciones se han denominado de distintas manera en función del rasgo que se quiera destacar. Se han llamado “concepciones o ideas alternativas” (alternativas a las concepciones científicas), “concepciones erróneas” (por no ser adecuadas desde el conocimiento científico), “conocimiento informal” o “concepciones cotidianas” (se construyen en contextos no académicos), “preconcepciones” (conocimientos adquiridos antes de la instrucción formal).

Gómez Crespo, 1998, pág. 97) y en especial en el ser humano este valor se ve multiplicado debido al aprendizaje y la cultura.

Uno de los problemas fundamentales en la enseñanza de las ciencias, es que los alumnos interpretan cualquier situación o concepto desde estas ideas personales e intuitivas, incorporando y adaptando los conocimientos científicos que se les enseñan a sus conocimientos previos, “sin que exista una reinterpretación de sus conocimientos intuitivos a la luz de los conocimientos científicos” (Pozo y Gómez Crespo, 1998, pág. 97). Estas ideas intuitivas tienen la característica de ser muy persistentes, es decir, pueden seguir presentes incluso tras muchos años de instrucción, son generalizadas, ya que son compartidas por personas de diferentes edades, niveles educativos y culturas, de carácter implícito más que explícito, son relativamente coherentes (se pueden utilizar para afrontar situaciones diversas) “y en algunos casos guardan notable similitud con concepciones ya superadas en la propia historia de las disciplinas científicas” (Pozo y Gómez Crespo, 1998, pág. 97).

**Origen de las concepciones alternativas y el pensamiento causal.** El gran debate de la causalidad ha ocupado a las mentes más lúcidas de la Humanidad desde los tiempos más remotos a los que alcanza nuestro conocimiento. “En su propósito de comprender y [...] dominar la naturaleza, el hombre se ha visto obligado a conocer los mecanismos que rigen el universo que le rodea” (Pozo, 1985, pág. 21).

En una continua interacción del hombre con la naturaleza y con los sujetos de su especie, la humanidad en un afán de comprensión y explicación tanto del entorno como de las conductas sociales ha intentado explicar las causas, el comportamiento y las posibles variaciones de estas. Es en este sentido que el pensamiento causal toma un papel relevante en la vida cotidiana y toma mayor relevancia en la labor científica.

Tanto las ciencias sociales como las ciencias básicas tienen como objetivo prioritario la explicación de los hechos o fenómenos. Por ello, aceptando la naturaleza causal de buena parte de las explicaciones científicas hay que aceptar también que hacer ciencia implica el uso de un pensamiento causal. Lakatos (1978, citado por Pozo 1985, pág. 23) afirma “Se puede decir que una proposición es científica sólo si trata de expresar un conocimiento causal”.

Se puede considerar que Aristóteles (384-322 a.C.) fundamenta la primera teoría sistemática de las causas en la *Metafísica*. Para este filósofo existían cuatro clases de causas, que concurrían en la producción de un determinado fenómeno:

“La causa material (soporte material y pasivo de las demás causas); la causa formal (esencia o cualidad de las cosas); la causa eficiente (el agente externo responsable del efecto); y por último la causa final (meta a la que tiende la cosa)” (Pozo, 1985, pág. 26).

Las teorías Aristotélicas de las causas, permanecieron vigentes por más de ocho siglos, hasta la revolución en el conocimiento producida por Galileo Galilei (1564-1642). Para este autor el concepto de causa se restringe al significado de causa eficiente, redefiniéndola como “condición necesaria y suficiente para la aparición de algo” (Pozo, 1985, pág. 26).

Al negar el valor de las explicaciones finales intencionales o teleológicas que regían en pensamiento aristotélico, Galileo plantea una nueva forma de explicar los fenómenos, lo que hoy se denomina pensamiento causal.

***Teoría empirista de la causalidad.*** Existen autores que han formulado distintas teorías de la causalidad, entre ellos hay que destacar los trabajos de David Hume (1711-1776). Para Hume las impresiones y las ideas constituyen el conocimiento humano. Los datos percibidos por medio de los sentidos conforman impresiones, que a su vez la mente copia de forma tal que una vez desaparecidas las impresiones éstas perduran en la mente, estas copias constituyen las ideas. En este sentido el origen de las ideas está dado exclusivamente por la percepción y sensaciones. Bajo la visión de Hume cuando las ideas se asocian se alcanza el entendimiento y esta asociación se rige por tres principios de unión de las ideas: semejanza, contigüidad espacial y temporal, *primus inter pares* y causalidad. Hume asume que la causa y el efecto están próximos en el espacio y el tiempo y que la causa sucede antes del efecto y que a una misma causa siempre existirá el mismo efecto (Pozo, 1985).

Para juzgar las causas y los efectos Hume propone tres leyes:

- Contigüidad espacial y temporal: la causa y el efecto deben ser contiguos en el espacio y el tiempo.
- Prioridad temporal: la causa es anterior al efecto.
- Conjunción constante: siempre que se produce la causa debe producirse el efecto y siempre que se produce el efecto debe producirse la causa (Pozo, 1985, págs. 28-29).

Si se aceptasen las leyes de la causalidad como tales propuestas por Hume quedaría de manifiesto que se podrían hacer predicciones exactas sobre sucesos futuros, quedando esta predicción reducida de forma lineal, a igual causa, mismo efecto, dejando además sin explicación, el por qué se produce un efecto y no otro, así como los diferentes efectos que pudieran producirse por una misma causa. Pozo (1985, pág. 29) afirma que “las leyes humeanas de la causalidad no son tales. Lo que estudian es únicamente la covariación regular entre los hechos, no su conexión causal”.

La teoría empirista de la causalidad propuesta por Hume y sus versiones más recientes, se ha definido, debido al positivismo lógico, como el paradigma del acausalismo, en otras palabras, “la doctrina que niega o prohíbe la validez del nexo causal” (Bunge, 1959, citado por Pozo, 1985 pág. 29).

***Teoría Racionalista de la causalidad.*** Existen diferentes concepciones causales dentro del racionalismo, aunque todas ellas comparten supuestos mínimos que las diferencian de otras posiciones (Pozo, 1985).

Para Immanuel Kant (1724-1804) el conocimiento no deriva ni es una simple reproducción de las impresiones sensoriales, este no es una mera copia de la realidad, ni las ideas son posteriores a las sensaciones. Para él existe una serie de principios o conceptos que la mente impone sobre la experiencia. Entre estos conceptos estaría la causalidad. El conocimiento bajo la mirada de Kant es constructivo y no meramente empírico. “Por ello necesita de unos “moldes” adecuados para producir realidades ordenadas. Uno de ellos [...] es la causalidad (Pozo, 1985, pág. 30).

Kant (1781, citado por Pozo 1985, pág. 30) propone que “todos los cambios acontecen según la ley de la conexión entre causas y efectos”. Lo que hace que un

hecho sea causa de otro es que el primer hecho (llámese causa) aporta algo de sí mismo (transmite) al segundo (efecto), bajo leyes universales llamadas principios de causación. Este principio establece tanto la regla de predicción de fenómenos como la “*forma del vínculo causal*” (Bunge 1959 citado por Pozo 1985 pág. 30), el cual establece “las condiciones que debe cumplir cualquier relación entre dos hechos para ser admitida como causal” (Pozo, 1985, pág. 30). Desde una visión racionalista no basta la covariación regular para definir la relación causal por lo que es necesario establecer “unas condiciones de carácter universal que definan ese vínculo, que ahora ya no es sólo una relación sino, ante todo una conexión” (Pozo, 1985, pág. 30).

Aunque se han formulado diversas definiciones (no siempre coincidentes) del principio causal, estas definiciones permiten establecer las condiciones “*potenciales*” que deberían caracterizar a ese principio. Pozo establece a partir de los diferentes estudios filosóficos, esas condiciones como si constituyesen principios que debieran caracterizar el pensamiento causal de los humanos:

- Determinismo causal. El cual establece que todo hecho tiene una causa. No se trata de una condición del nexo causal sino de un Metaprincipio que afirma la universalidad del nexo causal cuya definición estaría dada por los siguientes principios (Pozo, 1985):
  - Constancia: la conexión causal tiene valor legal, constituye un tipo de ley constante. Una causa produce siempre el mismo efecto, por ejemplo, en una tormenta eléctrica el trueno va precedido por el relámpago.
  - Condicionalidad: Si se cumplen ciertas condiciones antecedentes ocurrirán determinados consecuentes. El nexo causal, al tratarse de una ley, no hace afirmaciones factuales (sobre los hechos), sino condicionales (condiciones para que se produzcan los hechos) por ejemplo para que exista una tormenta eléctrica se hace necesario que exista un flujo de cargas entre la Tierra y la atmósfera, que genere un desequilibrio de cargas, se requiere que exista un proceso de evaporación que forme nubes conectivas, vientos ascendentes, crecimiento y descenso de la nube.....

- **Asimetría:** La relación causal es una relación asimétrica, no reversible, es decir, las causas y los efectos no son intercambiables tanto en un sentido temporal como existencial. “Esta asimetría, generalmente temporal, posee una naturaleza existencial” (Pozo, 1985, pág. 31), en una tormenta eléctrica el trueno es consecuencia del relámpago.
- **Productividad o transmisión generativa:** La relación causal es una conexión genuina en la que la causa origina al efecto y no solo lo precede, es decir, existe una transmisión entre causa y efecto que constituye la especificidad del nexo causal. los relámpagos producen truenos.

***Teoría de la atribución causal.*** Fundamentada en la psicología social Harold Kelly propone la teoría de la atribución causal, la cual tiene como objetivo fundamental “estudiar las reglas de inferencia utilizadas por los sujetos para determinar las causas tanto de su propia conducta como la conducta de los demás” (Pozo, 1985, pág. 34). Esta teoría se ocupa tanto de la percepción social como de la percepción del yo. En su epistemología psicológica Kelly busca establecer los procesos mediante los cuales se llega al autoconocimiento y el conocimiento de los demás. Esta teoría sostiene que hay “un isomorfismo entre el conocimiento del yo y el conocimiento de los demás en la medida en que la propia conducta sólo puede ser conocida una vez ejecutada y observada” (Pozo, 1985, pág. 35).

Kelly no solo se limita a establecer una teoría de la atribución social si no establece las bases de una teoría del pensamiento causal.

Para Kelly (1973, citado por Pozo 1985) su teoría permite ocuparse de dos tipos distintos de problemas causales, dependiendo de la cantidad de información disponible para el sujeto:

- El sujeto posee información procedente de múltiples observaciones. En tal caso se plantea un problema de covariación.
- El sujeto dispone de información procedente de una sola observación. Se plantea un problema de configuración de causas.

***Conceptos de covariación.*** En las situaciones en las que el sujeto posee más de una información sobre el efecto a explicar, se rige por la covarianza un efecto se

atribuye a alguna de sus posibles causas con la que covaría siempre. Para Kelly la elección de la causa efectiva, entre las posibles causas, está dada por un análisis de varianza (ANOVA) de acuerdo con tres dimensiones: Consistencia (que se refiere a que la causa es seguida consistentemente por el efecto); discriminación (otras causas potenciales no son seguidas constantemente por el efecto) y consenso (en otras personas se produce el mismo efecto ante la misma causa).

*Concepto de configuración.* Para Kelly, la persona madura posee un repertorio de ideas abstractas sobre la operación e interacción de factores causales, por lo que cuando este sujeto carece de información sobre una situación causal en particular, lo que hace es recurrir a ese repertorio (concepciones), lo que en términos de Kelly (1972 pág. 152, citado por Pozo 1985) “constituyen esquemas causales, definidos por [...] una concepción de la manera en que dos o más factores causales interactúan en relación con un efecto particular”. Estos esquemas constituyen matrices de datos sobre relaciones causales que el sujeto ha observado con anterioridad, y que se activan de forma selectiva en presencia de ciertas circunstancias. En función de su forma Kelly distingue el esquema de causas múltiples suficientes y el esquema de causas múltiples necesarias (véase Figura 1)

El esquema de causas múltiples suficientes se produce cuando existen varias causas posibles que pueden explicar el fenómeno por sí solas, ante estas circunstancias el sujeto aplica este esquema, el cual consiste en la regla del descuento, según esta regla *“el papel de una determinada causa en la producción de un determinado efecto se descuenta si están presentes también otras causas plausibles”* (Kelly, 1973, citado por Pozo, 1985). Pozo señala además que es una aplicación de la navaja de Occam<sup>6</sup> (Ockham), según la cual en igualdad de condiciones la explicación más sencilla suele ser la más correcta.

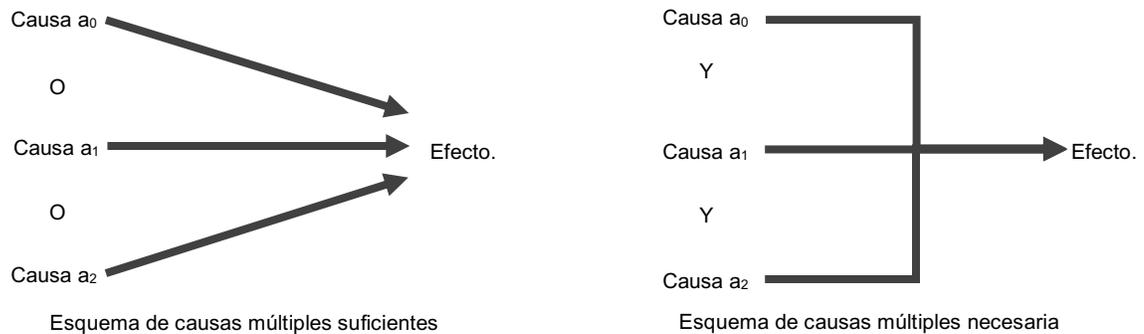
---

<sup>6</sup> Fray Guillermo de Ockham en el siglo XIV formula un principio metodológico para eliminar supuestos innecesarios a una teoría: *“Pluralitas non est ponenda sine neccesitate”* (la pluralidad no se debe postular sin necesidad). Para el método científico este principio no se considera irrefutable, ya que la hipótesis más simple no necesariamente es verdadera.

Cuando para que exista un efecto, deben concurrir varias causas, la aplicación del esquema de causalidad múltiple necesaria permite la atribución del fenómeno a más de una causa.

Ante la similitud entre ambos esquemas en cuanto a la existencia de varias causas posibles Kelly sugiere que para la aplicación de uno u otro esquema, es la intensidad del efecto que determina la utilización de uno u otro esquema, en palabras de este autor “Cuanto más extremo sea el efecto que debe atribuirse más probable resulta que el atribuir suponga que requiere múltiples causas necesarias” (Kelly 1972, citado por Pozo 1985, pág. 37).

**Figura 1. Esquema de Causas Múltiples.**



*Elaboración propia con base en Kelly (1973, citado por Pozo, 1985).*

Juan I. Pozo al analizar esta teoría considera que existen insuficiencias en los presupuestos de los que parte, ya que al igual que la teoría empirista de Hume, la causalidad queda reducida a un problema de covariación regular. “Las causas y los efectos se suceden regular y contiguamente en el tiempo. “Nada más sabemos sobre ellos” (Pozo, 1985, pág. 38). Este reduccionismo se ve rechazado por la filosofía de la ciencia y es además insostenible desde el punto de vista psicológico ya que la distinción entre situaciones de covariación y configuración es poco clara. A este respecto Pozo señala “no creemos que la diferencia entre una y otra situación resida en el uso o no

de esquemas causales, ya que no hay motivos para pensar que en situaciones conocidas los sujetos no usen tales esquemas”. Se ha observado en investigaciones realizadas con sujetos expertos, que esa pericia consiste en la múltiple disponibilidad de esquemas o conjuntos de esquemas (teorías) que se activan de forma discriminativa en las situaciones pertinentes.

La diferencia entre las situaciones causales conocidas y las nuevas está parcialmente esbozada en la teoría de Kelly: las ideas causales están relacionadas entre sí según ciertas leyes y poseen un significado empírico que establece qué aspectos de la realidad están interconectados y los mecanismos que rigen tales conexiones (Pozo, 1985).

**Piaget y la teoría de la causalidad.** Para la epistemología genética de Piaget y la escuela de Ginebra, la causalidad toma un lugar preponderante, ya que constituye una parte importante del esquema conceptual cotidiano. Y es la causalidad uno de los fundamentos del marco conceptual de la epistemología genética.

Piaget a lo largo de su vida y de su investigación va haciendo aportaciones sobre el pensamiento causal. En una primera época se interesa en las explicaciones que ofrecen los niños ante ciertos fenómenos naturales, y la utilización de algunos términos causales, en estos primeros trabajos descubre en los niños la existencia de una serie de filosofías pre-causales. En una segunda época cuando sus investigaciones se enfocan en el pensamiento formal, estudia una serie de conceptos vinculados con el pensamiento causal, como el azar, probabilidad y pensamiento hipotético-deductivo. En un tercer periodo Piaget reelabora su teoría de la causalidad tanto en su naturaleza y a su génesis como el papel que esta tiene en la construcción del conocimiento en el sujeto (Pozo, 1985).

Para Piaget (Piaget y Garcia, 1973) “la investigación de la causalidad siempre llega a superar lo observable y a recurrir a enlaces inferidos y en consecuencia operatorios”. En la causalidad, el conocimiento es una construcción por la interacción del sujeto con el objeto, y esta interacción está regida por procesos adaptativos de asimilación y acomodación. Para estudiar la causalidad, no sólo se requiere conocer las operaciones del sujeto, sino también se hace necesario estudiar al objeto, ya que

“la explicación causal depende más de los objetos que del sujeto” (Piaget y García 1973, pág. 8).

Piaget, considera que “las explicaciones causales tratan sobre las transformaciones de los objetos, tanto como sobre las transformaciones de las transmisiones o conservaciones”, desde una concepción racionalista, considera a la causalidad, como una operación que supone al tiempo transformación y conservación, dando como resultante una “convergencia progresiva entre las operaciones y la causalidad” (Piaget y García, 1973, pág. 9).

La causalidad es transformación porque la causa produce algo, porque el efecto es nuevo con respecto a la situación anterior. Pero por otra parte la causalidad es siempre conservación de lo que se transmite entre la causa y el efecto y esta realidad transmitida la captamos por vía inferencial (Piaget 1974, pág 11, citado por Pozo 1985, pág. 42).

En el pensamiento causal la operación no sólo se aplica al objeto sino además se atribuye al objeto, ya que se considera el hecho de que los objetos actúan por sí mismos, actúan los unos sobre los otros de una manera isomorfa, que se conforma a las acciones del individuo (Piaget 1974, Citado por Pozo 1985).

La teoría de la causalidad de Piaget está centrada en la relación entre la causalidad y las operaciones, esta relación no es de primacía genética sino de interacción mutua. La causalidad para este autor “es parte de las nociones que se van afinando con el desarrollo cognitivo, pasando de un concepto centrado en el niño de carácter animista y mágico, a una caracterización objetiva ajustada a la realidad” (Jimenez-Leal y Gaviria, 2014, pág. 1604).

Piaget en la epistemología genética establece cuatro estadios del desarrollo del pensamiento causal: El estadio sensoriomotor, el estadio preoperacional, estadio de las operaciones concretas y el estadio de las operaciones formales.

**Estadio sensoriomotor.** Para Piaget toda acción sensoriomotriz es causal y lógica, ya que el niño actúa sobre los objetos y busca la repetición generalización e integración. La integración entre lo causal y lo lógico se convierte en una indiferenciación entre el yo y los objetos en el plano de las acciones (Pozo, 1985). En

este estadio se pueden encontrar dos tipos de precausalidad: eficacia, que se refiere a la incipiente conciencia de que las acciones propias producen consecuencias; fenomenismo, o contigüidad temporal entre dos hechos externos.

En este Periodo, el niño confunde su propia acción y la acción de los objetos externos, lo que le lleva a una concepción mágico-fenomenológica de la causalidad.

Al finalizar este periodo el niño habrá podido desligar a los objetos de su propia acción (objetivación) comprenderá que estos tienen sus propias leyes, y por otro lado el sujeto requerirá el espacio entre dos hechos para poder atribuir que uno sea causa del otro (especialización) (Pozo, 1985). En esta etapa del desarrollo la eficacia se irá transformando en causalidad psicológica y el fenomenismo en causalidad física.

**Estadio preoperacional.** Este estadio Piaget lo divide en dos periodos de pensamiento causal, la precausalidad y funciones.

*Precausalidad.* En el pensamiento pre-causal del niño, de entre dos y cinco años, existe una confusión de tipo psicológico o biológico con las de tipo mecánico, y esta confusión hace que el niño elabore explicaciones del mundo físico, de naturaleza no causal (realismo, animismo y artificialismo) que comparten con la precausalidad su origen: “la indiferenciación entre lo físico y lo psíquico” (Pozo, 1985, pág. 45). Este pensamiento precausal, es preoperacional, irreversible y prelógico.

*Funciones.* Entre los cinco y siete años, el niño alcanza el dominio de las funciones constituyentes (las cuales consisten en la existencia de una dependencia funcional entre dos hechos) que junto con las identidades –ambas conservaciones de carácter cualitativo- anteceden y anticipan las conservaciones cuantitativas propias del pensamiento concreto (Pozo, 1985).

En este estadio los niños, aunque no alcanzan la reversibilidad operatoria, son capaces de anticipar correctamente la ocurrencia de un consecuente, es decir, son capaces de observar una sucesión regular entre ambos, y esta regularidad para Pozo (1985, pág, 46) “precede evolutivamente a la causalidad” la cual será posible hasta el desarrollo de las operaciones concretas.

**Estadio de las operaciones concretas.** Con el pensamiento operatorio, el niño, es capaz de entender la causalidad, “en su más puro significado: como transmisión inferida, no observable, en la que al tiempo algo se conserva y se transforma” [...] “ha comprendido, implícitamente por supuesto, el principio de productividad o transmisión generativa” (Pozo, 1985, pág. 47).

Para Piaget (1971, pág. 147, citado por Pozo, 1985) “el desarrollo del pensamiento causal, en este estadio, está sujeto a dos limitaciones: las operaciones concretas son parcialmente disociadas de su contenido y consisten en estructuras sucesivas de contenidos diferentes, con separaciones horizontales sistemáticas, lo cual restringe el pensamiento causal según el contenido o la noción explicada, lo cual explica Piaget, se debe “a una continuación de influencias de la causalidad sobre la lógica”. El pensamiento concreto sigue orientándose a los objetos por “resistencias del contenido a la forma” (Piaget, 1971, pág. 7, citado por Pozo, 1985); la segunda limitante procede de la propia estructura lógica de las operaciones a su alcance, ya que las formas de organización de las operaciones son todavía elementales y de primera potencia (Piaget, 1971, citado por Pozo, 1985), el pensamiento causal en este estadio, por la carencia de combinatoria y del grupo de las cuatro transformaciones (INRC<sup>7</sup>),

---

<sup>7</sup> El sujeto epistémico posee la capacidad de razonar de forma deductiva cuando puede suponer hipotéticas unas proposiciones contingentes, por ejemplo proposiciones (p y q) que pueden ser verdaderas o falsas. Este sujeto, forma una estructura lógica de operaciones entre estas proposiciones constituyendo un grupo en el sentido matemático. Al utilizar las operaciones de conjunción y disyunción de la lógica proposicional se pueden obtener ocho posibilidades: (p y q) son verdaderas, una las proposiciones es falsa (p y no q), (no p y q), ambas son falsas (no p y no q) o bien, una de ellas o ambas son verdaderas (p o q), si una es verdadera la otra es falsa (p o no q) (no p o q), una de ellas o falsa o ambas son falsas (no p o no q). Estas ocho proposiciones constituyen un conjunto básico S en el que se pueden definir cuatro transformaciones Idénticas, Negación o inversa, Recíproco y Correlativo (INRC) para formar un grupo. Al aplicar esas transformaciones a las ocho proposiciones se generan las siguientes correspondencias:

- Transformación de Identidad, que consiste en no cambiar una proposición determinada, por ejemplo: <1,1> <2,2>...<8,8>.
- Transformación de Negación, que consiste en llevar a cabo la inversión de la proposición idéntica. <8,1>, <7,2>, <6,3>, <5,4>, <4,5>, <3,6>, <2,7>, <1,8>.
- Transformación Recíproca, consistente en producir el mismo efecto que la operación idéntica pero actuando sobre otro sistema <1,4>, <2,3>, <3,2>, <4,1>, <5,8>, <6,7>, <7,6>, <8,5>.
- Transformación Correlativa, que consiste en la negación o inversión de la operación anterior, <1,5>, <2,6>, <3,7>, <4,8>, <5,1>, <6,2>, <7,3>, <8,4> (González, 1997).

procede por contigüidad de forma lineal, es decir el sujeto establece relaciones causales lineales sin saltarse un solo paso de la cadena.

***Estadio operacional formal.*** En este estadio se superan las dos limitaciones anteriores y se caracteriza por su semejanza con el pensamiento científico. Las operaciones se disocian del contenido de forma tal que funcionan formalmente y las atribuciones a los objetos ya depuradas permiten a la causalidad hacer progresos en los diferentes campos de estudio. (Piaget 1971, citado por Pozo, 1985). El isomorfismo entre las operaciones y la realidad se hace pleno y las resistencias del contenido a la forma desaparecen (Pozo, 1985). La segunda limitación es superada cuando se desarrollan las estructuras lógicas de segundo orden, y las relaciones causales atribuidas por el sujeto a la realidad son más complejas e integradas.

*Pensamiento formal consolidado.* Para Piaget (1955, citado por Pozo, 1985) cuando el adolescente alcanza el pensamiento formal consolidado es capaz en una tarea de identificar las variables que intervienen, aislarlas, controlarlas y analizar su influencia, pero no muestra una comprensión total de su función, así como tampoco elabora nociones adecuadas para explicar los fenómenos observados. Puede tener éxito en la tarea sin llegar a la comprensión de la misma, el pensamiento formal que es una condición necesaria para asegurar el éxito en la tarea no es suficiente para llegar a la comprensión de la misma (Pozo, 1985).

Enseguida se presenta la Tabla 5 en la que se sintetizan los aspectos medulares de los enfoques filosóficos y teóricos sobre la causalidad.

**Tabla 5. Enfoques Filosóficos Sobre la Causalidad.**

Teoría	Autor	Supuestos	Críticas
<b>Teoría Empirista de la causalidad.</b>	Hume	La causa y el efecto tienen una contigüidad espacio temporal. Una misma causa genera un mismo efecto.	Sólo estudia la relación regular de los hechos y no su conexión causal.
<b>Racionalismo.</b>	Kant	El isomorfismo entre la mente y la realidad es pleno a priori.	
<b>Epistemología genética.</b>	Piaget	Hay un isomorfismo producto de una construcción entre la mente y la realidad en la cual se logra una concordancia entre las estructuras de la mente y el mundo real.  La causalidad se centra entre la relación y conexión de ésta y las operaciones formales.	El pensamiento formal no se halla generalizado entre adolescentes y adultos.

*Elaboración propia con base en Pozo 1985.*

**Modelo sobre el pensamiento causal.** Desde el punto de vista psicológico, el pensamiento causal posee rasgos específicos, y en él se distinguen tres componentes jerárquicamente diferenciados: principios o leyes generales de la causalidad, reglas de inferencia y un conjunto de teorías explicativas. El modelo propuesto por Pozo propugna por una continua interacción de teorías y reglas de inferencia en el pensamiento causal bajo el gobierno de unos principios causales los cuales estarían genéticamente determinados y tendrían un carácter universal (Pozo, 1985).

**Principios.** Todas las relaciones causales que establecen los sujetos “están sujetas a un conjunto de limitaciones formales predeterminadas y estas limitaciones constituyen un principio del pensamiento causal. La conjunción de todos estos principios constituye un nexo causal. Esos principios causales tendrían un carácter “universal e inviolable” (Pozo, 1985, pág. 60).

Uniéndose a la tradición kantiana del estudio de la causalidad, Pozo (1985) considera que los principios universales de la causalidad constituyen categorías a “priori” del pensamiento, y en el terreno psicológico esos principios constituirían restricciones del mismo (Keil, 1981,1984, citado por Pozo 1985) los cuales posiblemente tendrían una naturaleza innata. Este autor recoge los cuatro principios

causales generales: constancia, condicionalidad, asimetría y transmisión generativa para identificar las leyes formales que lo rigen desde un punto de vista de los procesos psicológicos en la vida cotidiana y si estas leyes pueden ajustarse a los principios que rigen el pensamiento causal científico.

Para Pozo (1985, pág. 61) “el nexos causal posee una forma propia derivada de la organización interna de sus principios y componentes” y [...] “esta organización que determinaría el funcionamiento del pensamiento causal como un todo”, se apoya en la naturaleza diferente de los cuatro principios causales generales. La constancia, la condicionalidad y la asimetría “son exclusivamente formales, y caracterizan a cualquier tipo de determinación no causal” (Bunge, 1959, citado por Pozo 1985, pág. 61) el principio de transmisión tiene una naturaleza factual y no formal “la primacía de este principio sobre los demás determina el carácter pragmático del pensamiento causal. “Así la causalidad estaría ‘formalmente’ regida por un principio de primacía de contenido” (Bunge, 1959, citado por Pozo 1985, pág. 61).

Para este autor “un modelo de pensamiento causal debe recoger las ideas de los sujetos tanto sobre las transmisiones que tienen lugar entre los objetos como sobre los mecanismos que subyacen a estas transmisiones” (Bunge, 1959, citado por Pozo 1985, pág. 61). En el caso de los mecanismos causales, estas ideas no actúan de un modo aislado sino que constituyen sistemas de ideas o jerarquías de esquemas. “Varias relaciones causales observadas en contextos distintos pueden compartir un mecanismo productivo común”. El conjunto de ideas o esquemas causales con respecto a mecanismos productivos conectados entre sí constituyen una teoría causal” (Pozo, 1985, pág. 62).

En el pensamiento causal la función de estas teorías está determinada por la primacía de la transmisión en la organización de los principios causales lo que conlleva a un predominio de las teorías sobre los datos, “por lo que las teorías no son falsadas por los propios datos sino por la formulación de una nueva teoría” (Pozo, 1985, pág. 62).

“En el pensamiento causal esto se traduce en una primacía funcional de las teorías sobre las reglas de inferencia, produciéndose un procesamiento de arriba hacia

abajo en el que, dada la naturaleza pragmática de la causalidad, las teorías mostrarían una notable resistencia al cambio o reorganización de sus componentes. Solo la aparición de una nueva teoría alternativa, con un exceso de contenido empírico con respecto a la anterior, haría posible el cambio” (Pozo, 1985, pág. 62).

**Reglas de inferencia.** Las reglas de inferencia constituyen estrategias de decisión para comprobar cuál de las posibles causas produce un efecto, aunque ninguna de estas proporciona información sobre la naturaleza del fenómeno, ofrecen algunos indicios factuales los cuales se contrastan con las ideas o esquemas al respecto. “Las reglas de inferencia constituyen estrategias heurísticas para alcanzar soluciones probables” (Pozo, 1985, pág. 64). Como tales serían versiones débiles de los principios causales. Cuando todos los hechos pueden ser causas posibles (cumplen todos los principios de causalidad) las reglas de inferencia permiten discriminar y seleccionar cuál de esos hechos los cumple más.

Las reglas de inferencia constituyen versiones aproximadas de los principios causales que actúan como reglas de decisión, pero a diferencia de estos principios son vulnerables. La causa puede no ser el último hecho antes del efecto, o puede no covariar sistemáticamente con el efecto “De hecho como reglas heurísticas que son constituyen auténticos sesgos inferenciales que pueden inducir al error en ciertos contextos, aunque en la mayor parte de las ocasiones resulten útiles” (Pozo, 1985, pág. 65).

**Uso de las reglas de inferencia causal.** Cuando un sujeto se encuentra ante un efecto, y requiere explicar la causa que lo propició, suele “echar mano” de las reglas de inferencia del pensamiento causal, se ha observado que los preescolares y adultos ante un efecto suelen utilizar en primera instancia las reglas de primacía, contigüidad temporal y espacial. Cuando existe más de una causa posible para explicar el efecto se ha observado en situaciones experimentales que los sujetos pueden utilizar las reglas de semejanza o covariación. Cuando las reglas de inferencia entran en conflicto los individuos, con un entrenamiento cercano a los métodos experimentales suelen utilizar el control de variables y la correlación.

*Primacía y contigüidad temporal.* Existen dos posiciones con respecto a la contigüidad temporal. Siegler y Libert (1974, citados por Pozo 1985), a partir de un experimento realizado con niños de cinco años comprobaron que éstos atribuían la causa cuando el efecto era temporalmente contiguo al efecto, y que no lograban atribuir la causa al efecto si este sucedía después de un intervalo de tiempo. Estos autores postulan la hipótesis de la contigüidad, sería la primera regla de inferencia adquirida por este grupo etario. Por el contrario Bullock y Gelman (1979, citados por Pozo 1985) en un experimento en el cual hacían variar la relación de contigüidad temporal y espacial entre dos causas posibles y el efecto demostraron que los niños entre tres y cinco años elegían siempre el primer hecho producido y no el último, lo que les llevó a formular la hipótesis de primacía, siendo la contigüidad una regla característica de los adultos. Para estas autoras en principio de primacía (o asimetría) se adquiere antes que la contigüidad temporal. Existen otros estudios en los que se muestra que los niños unas veces utilizan la contigüidad y otras la primacía, y esto depende de las transmisiones causales implicadas, y las expectativas del sujeto sobre cuál ha de ser el intervalo entre la causa y el efecto, que ya en los niños preescolares se concibe como constante. Para Pozo (1985) las diferencias entre los adultos y los niños se deben a las distintas expectativas sobre los fenómenos causales y sus teorías causales respectivas.

*Contigüidad espacial.* Bullock y Baillargeon (1981, citados por Pozo 1985, pág 94), realizaron una investigación en adultos y preescolares, donde hicieron variar la contigüidad temporal y la proximidad espacial, (situando en ocasiones los elementos en contacto y otras no), así como la interacción entre ambas, como resultado de su experimento encontraron que tanto los adultos como los preescolares elegían siempre el contacto espacial con el efecto, independientemente de la relación temporal con el mismo. Para Bullock y Gelman (1979) Shultz (1982) citados, por Pozo, (1985) cuando el uso de esta regla viola los principios de asimetría o de transmisión los preescolares dejan de confiar en ella. Bullock y Baillargeon (1981, citado por Pozo, 1985) afirman que los adultos recurren a esta regla en problemas muy específicos como podrían ser dispositivos mecánicos simples.

Para Pozo (1985) los primeros conocimientos de los niños sobre las transmisiones causales no psicológicas son adquiridos mediante inferencias espaciales.

*Semejanza.* Esta regla se utiliza cuando el único indicio disponible para optar entre dos causas plausibles es la semejanza. Existen estudios que han determinado que tanto niños como adultos utilizan criterios de semejanza al realizar juicios causales como no causales, aunque también se ha determinado que cuando esta regla entra en conflicto con la covariación o la contigüidad temporal solo los niños de seis años siguen utilizándola. Pozo (1985) señala que cuando existen expectativas, de que en una situación la causa y el efecto se asemejan, el sujeto se guiará por un criterio de semejanza.

*Covariación.* Existen diferentes posiciones en torno a la covariación, desde los estudios que demuestran que los preescolares tienen un dominio pleno de covariación (Shultz y Mendelson, 1975, citado por Pozo 1985) hasta otros que afirman que esta habilidad no la poseen ni siquiera los adultos (Kuhn y Amsel, 1983, citados por Pozo 1985). Estos resultados tan contrastantes son para Pozo, debidos a que hay situaciones experimentales distintas y que se estudian problemas distintos o “diferentes tipos de covariación”. Para hacer una clasificación de estos tipos de covariación “es necesario distinguir las situaciones en función de la relación mantenida por la causa y el efecto” (Pozo, 1985, pág. 96). Cuando la causa va seguida siempre del efecto la relación de la causalidad se dice que es *necesaria y suficiente* (covariación simple). Si la causa va seguida siempre del efecto, pero éste último puede producirse en ausencia de la causa la relación es de causalidad *suficiente*. La causalidad necesaria se produce cuando el efecto no puede producirse sin la causa pero puede existir la causa y no producirse el efecto. Si el efecto puede producirse sin la causa o bien la causa no va seguida del efecto se habla de causalidad contribuyente (ver Tabla 6).

La relación necesaria y suficiente implica una causalidad simple, ya que implica la presencia de una sola causa, en cambio las otras tres relaciones, requieren la presencia de otras causas, las cuales “pueden ser conocidas o desconocidas, que den

cuenta a la inconstancia de la relación” (Pozo, 1985, pág. 97), situándose en la causalidad Múltiple.

**Tabla 6. Covariación y Causalidad**

<i>Tipo de Covariación</i>	Relación de causalidad.	Causa (p)-efecto (q).	Causa o efecto.
<b>Perfecta (simple).</b>	Necesaria y suficiente.	(p y q)	
	Suficiente.	(p y q)	No p y q
<b>Imperfecta (múltiple).</b>	Necesaria.	(p y q)	(p y No q)
	Contribuyente.	(p y No q)	(No p y q)

*Elaboración propia con base en Pozo (1985).*

Kelly (1972) determinó el uso que los sujetos hacen de los esquemas de pluricausalidad, analizando en qué situaciones se atribuye el efecto a una sola causa y en qué ocasiones puede ser una causalidad múltiple, así como también los tipos de relaciones que se establecen entre las causas. En este sentido Kelly (1973, citado por Pozo 1985) limita el uso de esquemas pluricausales a situaciones en donde el sujeto carece “de información suficiente para realizar el análisis de covariación tridimensional” (Pozo, 1985, pág. 98), por lo que el individuo hace uso de una regla de magnitud, que consiste en asociar los efectos “más intensos” a una sumatoria de causas, mientras los que tienen “menor efecto” se atribuyen a la acción de causas individuales. Según la regla de magnitud, el sujeto recurre a esquemas de causalidad múltiple necesaria, cuando para que se realice un efecto se necesita la concurrencia de varias causas, Mientras que si el efecto se produce por la acción individual de diversas causas se recurre a un esquema de causalidad múltiple suficiente.

En la causalidad múltiple suficiente, los sujetos utilizan de forma complementaria la regla de descuento, esto es, en el caso de que el sujeto identifica una causa suficiente supone la ausencia del resto de las causas posibles, y sí la causa conocida es inhibidora, se utilizará la regla de aumento (Kelly, 1972, citado por Pozo 1985).

Para Pozo, Asensio, y Carretero (1986, citados por Pozo, 1985) la utilización de reglas de covariación sigue una secuencia en tres niveles en el desarrollo de los individuos: Atribución a causas alternativas (Causalidad múltiple suficiente); suma de

efectos causales (causalidad múltiple necesaria); y por último la integración de diversos efectos causales con una explicación común (causalidad múltiple necesaria multiplicativa). “Estos niveles no sólo se encontrarían evolutivamente, sino posiblemente también en el proceso de aprendizaje causal de los adultos” (Pozo, 1985, pág. 100).

*Control de variables.* La regla de covariación múltiple necesaria es una estrategia utilizada en cualquier labor científica que Inhelder y Piaget (1955, citados por Pozo, 1985 pág. 101) denominan “permaneciendo todo lo demás igual”, es el control de variables. Al realizar una serie de pruebas para analizar la covariación entre un efecto y sus posibles causas, se hace necesario hacer variar las causas de una en una mientras las otras se mantienen constantes.

Inhelder y Piaget (1955 citados por Pozo 1985) al realizar pruebas de covariación donde presentaban experimentos de flexibilidad de los cuerpos, movimiento oscilatorio del péndulo y caída libre de los cuerpos, lograron determinar que existen tres estadios en el desarrollo de control de variables. En el estadio preoperacional los niños hasta los siete años son incapaces de relacionar los datos que les proporciona la experiencia, por lo que utilizan explicaciones precausales. Entre los siete y once años los niños empiezan a desarrollar la correspondencia entre la causa y el efecto, en un principio sin que existan seriaciones exactas, para en la última fase de este periodo sistematizar las seriaciones pero sin ir acompañadas de un control de todas las variables, haciendo variar muchas condiciones a un mismo tiempo, “lo que induce al niño a atribuir una función causal a factores irrelevantes, ya que atribuyen las diferencias a todas las variables modificadas” (Pozo, 1985, pág. 102). En el estadio formal el preadolescente ya es capaz de disociar las variables, pero no lo hace de forma espontánea, sólo cuando el experimentador presentaba la prueba, eran capaces de hacer las inferencias adecuadas, logrando por sí mismos unas pocas combinaciones de acuerdo con la regla del control de variables, y presentaban problemas para excluir alguna de ellas. Para Inhelder y Piaget es alrededor de los catorce años que el control de variables se halla generalizado, el uso de la regla se hace espontáneo y sistemático, el adolescente ya es capaz de excluir las variables irrelevantes, para estos autores “esta regla se adquiere sincrónicamente con el resto de los logros del pensamiento

formal, por proceder todos ellos de una estructura de conjunto común” (Pozo, 1985, pág. 102).

Se han elaborado diferentes réplicas de la investigación sobre el control de variables de los autores de Ginebra, en los cuales se han encontrado resultados tanto confirmatorios como contradictorios . Mecke y Mecke (1971), Keating y Schaefer (1975), Martorano (1977) Pulos y Linn (1981) encontraron que menos del 45% de los preadolescentes entre once y trece años controlan espontáneamente las variables, mientras que Kuhn y Brannock (1977), Pulos y Linn (1978), Shayer y Adey (1981) determinaron que entre el 45-59% de los sujetos entre 11 y 14 años podían lograrlo. Lovell (1961), Somerville (1974), Martorano (1977) determinaron que entre individuos entre 14 a 18 años entre el 45 al 59% las controlaban de forma espontánea, Corral (1982) determinó que entre el 60-74% de los adolescentes entre 14-15 años controlaban variables y Kuhn et al. (1977) mostró que más del 75% de sujetos de 18 años controlaban estas últimas, Joyce (1977), Kuhn, Capon y Carretero (1983) determinaron que individuos mayores de 19 años, universitarios y no universitarios, menos del 45% eran capaces de controlarlas, Lovell (1961), Kuhn y Brannock (1977) determinaron que más del 75% de universitarios de 19 años en adelante lograban controlar espontáneamente las variables, todos citados por Pozo (1985).

Para explicar estas divergencias en los resultados, se hicieron experiencias de aprendizaje las cuales mostraban que mediante estrategias de instrucción simples o mediante la repetición de la tarea, “los sujetos que en un principio no usaban el control de variables podían llegar a utilizarlo” (Kuhn, Ho y Adams 1979; Kuhn y Phelps 1982, todos citados por Pozo, 1985, pág. 103).

Estas investigaciones revelaron que si bien hasta entonces se había creído que todos los sujetos que no rendían formalmente podían conceptuarse como pensadores concretos, existían notables diferencias entre los preadolescentes, que apenas se beneficiaban de esas instrucciones de aprendizaje, y los sujetos mayores, que con práctica en ocasiones mínima alcanzaban niveles aceptables, aceptándose que la mayor parte de los adolescentes y adultos tienen una competencia formal si bien una

serie de factores de actuación impiden ponerla en práctica (Day y Stone, 1982; Kuhn, Ho y Adams, 1979; Stone y Day, 1978, todos citados por Pozo, 1985).

## **Enseñanza de la Biología a Partir del Cambio Conceptual**

Las investigaciones sobre el cambio conceptual han demostrado que las concepciones que tiene el estudiante cuando se enfrenta a una situación de aprendizaje pueden tener diferentes valores: por un lado pueden servir como andamiaje que permita la reconstrucción del conocimiento o bien pueden ser –en la mayoría de los casos- obstáculos para la adquisición de nuevos conceptos (López, Postigo, y León-Sánchez, 2007). La robustez y/o la resistencia al cambio de esas concepciones ha sido estudiada por autores como Wandersee, Mintzes y Novak 1994; Pozo y Gómez Crespo, 1998; Carretero y Rodríguez Moneo, 2004, todos citados por López, Postigo, y León-Sánchez, 2007; sin embargo, algunos autores discrepan sobre que esas concepciones sean igualmente robustas y por tanto no todas las concepciones presentan el mismo grado de resistencia al cambio.

Se han realizado estudios sobre el conocimiento -por parte de los estudiantes- del sistema circulatorio desde la perspectiva anatómica-fisiológica, en estos estudios se han encontrado dos grandes enfoques: En un mismo dominio disciplinar “algunos conceptos [...] son más susceptibles al cambio (la función o estructura del corazón) que otros (el patrón de circulación sanguínea o las relaciones entre los sistemas circulatorio y respiratorio” (Arnaudim y Mintzes, 1985, citados por López, Postigo, y León-Sánchez, 2007, pág. 155); comparando dominios disciplinares distintos, “las concepciones que sostienen los estudiantes sobre el sistema circulatorio, no presentan resistencias importantes al cambio” (Chi, 1992; de Leeuw, 1993; Chi, de Leeuw, Chiu y La Vancher ; Chi y Roscoe, 2002, citado por López, Postigo, y León-Sánchez, 2007, pág. 156), ya que las concepciones relativas al sistema circulatorio no requieren un cambio conceptual radical, “mientras que por el contrario algunas nociones de la física enfrentan grandes resistencias” (de Leeuw, 1993, citado por López, Postigo, y León-Sánchez, 2007, pág. 156), que requerirían un cambio conceptual radical como sería el caso de pensar la difusión como un proceso emergente.

Para López, Postigo, y León-Sánchez (2007) el cambio de una representación “cotidiana” del sistema circulatorio a una representación científica no se reduce al conocimiento de las estructuras implicadas y la trayectoria de la sangre, sino que implica comprender los procesos que afectan a todo el organismo, como por ejemplo el mantenimiento de la homeostasis, que implica la administración de metabolitos a los diferentes tejidos, transporte de hormonas, gases y desechos metabólicos, regulación de la temperatura, pH y participación en el sistema inmune. Para construir una representación adecuada de este sistema se requiere no solo de conocimiento biológico, sino además se requiere de conocimiento de los dominios de la fisiología, física, química y bioquímica.

La naturaleza de las representaciones sobre el sistema circulatorio es compatible con la caracterización de Pozo y Gómez Crespo (1998, citados por López, Postigo, y León-Sánchez, 2007) sobre la diferencia entre las representaciones implícitas y científicas. La representación científica sobre la circulación sanguínea estaría caracterizada por: la integración e interacción de aparatos y sistemas, los diferentes componentes del sistema circulatorio actúan entre sí pero además interactúan con los otros sistemas y aparatos del cuerpo humano (respiratorio, digestivo, endócrino, excretor, nervioso, inmunológico y óseo) modificándose mutuamente, generando una causalidad compleja; los cambios que se dan en el sistema circulatorio son resultado de la interacción de varias causas (causalidad múltiple) que ejercen acciones coordinadas y el sistema de equilibrio, que da como resultado el mantenimiento de la homeostasis. Mientras que las representaciones implícitas se caracterizarían por la “no interacción de los componentes del sistema, causalidad lineal simple [una causa origina un mismo efecto] y estados con ausencia de equilibrio” (López, Postigo, y León-Sánchez, 2007, pág. 160).

Al examinar las estrategias instruccionales para promover el cambio conceptual respecto a este tema Sungur et al. (2001, citados por López, Postigo, y León-Sánchez, 2007), encontraron que tanto los estudiantes expuestos a una instrucción tradicional y los estudiantes expuestos a una instrucción enfocada al cambio conceptual conservaban concepciones diferentes a las “científicamente aceptables”, aunque los últimos se diferenciaban de manera significativa con los primeros. Para López, Postigo,

y León-Sánchez, (2007) una de las posibles razones que explican la resistencia al cambio de estas representaciones es debida a la “naturaleza interdisciplinaria de muchos conceptos involucrados en la circulación sanguínea” (López, Postigo, y León-Sánchez, 2007, pág 161).

*Correlación.* Algunas de las reglas de inferencia pueden entrar en conflicto, por lo que es necesario jerarquizar estas reglas para tomar decisiones. Para Pozo “no parece aventurado suponer que las jerarquías de las reglas varíen en función del dominio o contenido, [...] y también estén sometidas a diferencias evolutivas individuales” (Pozo, 1985, pág. 65).

La posibilidad de que las reglas induzcan inferencias contradictorias entre sí es debida a su naturaleza probabilística y justifica su subordinación a las teorías causales. Aunque una teoría sea falsada por una regla heurística de probabilidad incierta, es poco probable que esta se modifique, estas reglas pueden ayudar a hacer patente el fallo de una teoría pero no implica que este fallo se resuelva con la modificación de la teoría. El sujeto puede realizar un ajuste o explicación que incorpore a su teoría. Las reglas de inferencia sólo aumentan su fiabilidad cuando se transforman, en el pensamiento de los expertos en reglas metódicas (control de variables, correlación estadística).

El modelo propuesto por Pozo (1985) de pensamiento causal otorga un nivel jerárquico para los diferentes componentes, así como una interacción continua y necesaria entre representación y razonamiento, en este modelo se incorporan los principios causales en un nivel jerárquico superior sin que exista modificación de este por los otros dos componentes. Los principios causales restringen tanto a las teorías causales como a las reglas de inferencia. En este modelo se establece una primacía pragmática de las teorías de los sujetos sobre las reglas de inferencia. Los principios dicen muy poco con respecto a las teorías, “ya que estas están determinadas en gran medida por la propia organización temática de sus contenidos” (Pozo, 1985, pág. 66), los cuales aunque sometidos a las restricciones estructurales de los principios, se rigen “por una dinámica propia” (Pozo, 1985, pág. 66). Cuando una teoría y una inferencia entran en contradicción, el sujeto, en un conservadurismo cognitivo, buscará la forma de conciliarlas, sin que exista una modificación de los aspectos centrales de su teoría,

con la finalidad de “asegurar la comprensión de la realidad” (Pozo, 1985, pág. 66) proporcionada por estas últimas.

El pensamiento causal de un sujeto en una situación concreta, no refleja necesariamente el dominio de todos sus componentes. Puede producirse comprensión sin la aplicación de reglas de inferencia, o bien construcción de esquemas causales a partir de la observación de ciertas regularidades, sin que medie la comprensión, “pero en cualquiera de los casos las teorías acabarán por imponer su primacía” (Pozo, 1985, pág. 67).

El pensamiento causal se rige por un conjunto de sesgos biológicos, es decir, los sujetos presentan una disposición de carácter innato a focalizar el procesamiento causal solo en ciertas circunstancias, de acuerdo a ciertas leyes o principios, aunque estas leyes no están desarrolladas en el momento del nacimiento, se irán consolidando durante el desarrollo del individuo, “la casualidad es una elaboración cognitiva genética o maduracionalmente predeterminada” (Pozo, 1985, pág. 69).

## **Sistemas de representación de expertos y novatos**

**Representación del conocimiento mediante modelos mentales.** Se considera que las personas al interactuar entre sí, con el entorno o con la tecnología, forman modelos mentales internos tanto de sí mismos como de las cosas con las que interactúan (Norman, 1983, citado por Pozo 1985), el concepto de modelos mentales “insiste en la especificidad del dominio del conocimiento y es susceptible de integraciones que superan lo meramente situacional” (Pozo, 1985, pág. 119), por lo que es útil para estudiar el conocimiento causal.

Norman (1983, citado por Pozo 1985) supone que en toda situación cognitiva existen cuatro aspectos o niveles de análisis: *El sistema objetivo* sobre el que está actuando el sujeto; *el modelo conceptual* que consiste en la representación científica del sistema objetivo; *el modelo mental* que sería la representación que el sujeto elabora del sistema que enfrenta (teorías implícitas o explícitas); *la conceptualización científica*

del modelo mental que consiste en la representación éste último por medio de algún lenguaje.

Piaget (1971, citado por Pozo, 1985) al tratar de explicar la conceptualización científica del modelo mental, supone que existe un isomorfismo entre las estructuras lógicas y las conceptuales, por lo que toda teoría causal sería reducible a un lenguaje lógico que determinaría la complejidad y el poder explicativo de la misma. Para Pozo 1985, el isomorfismo Piagetiano es insuficiente y puede llevar a un reduccionismo “para explicar la comprensión de problemas causales en términos de estructuras lógicas o “sintácticas” en detrimento del contenido o la “semántica” del pensamiento causal.

A partir de los años ochenta, surgen alternativas por medio de simulaciones con ordenadores para explicar los modelos mentales. Por medio de esta tecnología se han desarrollado sistemas de “expertos” que pueden resolver problemas complejos gracias a la información que se les ha compilado. Estos sistemas expertos son útiles para el desarrollo de la inteligencia artificial, aunque no necesariamente para la psicología cognitiva, ya que estos plantean serios problemas (Pozo, 1985):

- Los sistemas de expertos gracias a la programación (un número limitado de modelos mentales) con que fueron desarrollados, son altamente eficaces en la resolución de una o pocas tareas, mientras que los humanos resuelven problemas con una eficacia variable y disponen de “múltiples modelos mentales que se activan selectivamente en función del contexto” (Pozo, 1985, pág. 121) y si no se dispone de un modelo mental adecuado para un problema específico, se activa otro. Los humanos poseen control ejecutivo, es decir, tienen la capacidad de seleccionar en cada caso el modelo más eficaz.
- Los sistemas de expertos no pueden reorganizar su conceptos o auto-compilarse, en cambio los humanos reorganizan sus conocimientos y es precisamente de esta forma que elaboran las teorías causales.
- Los sistemas expertos poseen un lenguaje preciso basado en un código binario, el cual no resiste la ambigüedad, mientras que “los modelos mentales que utiliza la gente suelen ser incompletos limitados, inestables, difusos, no científicos, y parsimoniosos (Norman 1983, citado por Pozo, 1985).

- Los sistemas de expertos están gobernados por criterios de suficiencia lógica y resuelven problemas causales de modo automático “teledirigido” , mientras que los humanos se rigen por principios de otra índole y su conducta es intencional y autodirigida, “el pensamiento causal no constituye un fin mismo, sino que está dirigido a una toma de decisiones poseyendo un carácter motivador [...] “que no resulta accesorio, dada la naturaleza pragmática del pensamiento causal humano” (Pozo, 1985, págs. 121-122).

Para Pozo (1985) la lógica de la simulación de los sistemas es una metáfora inadecuada para la elaboración de teorías causales, ya que estas se originan con base en la experiencia cotidiana, suelen estar poco formalizadas y coexisten con otras teorías a veces contradictorias, se rigen por criterios pragmáticos y se automodifican por procesos de aprendizaje.

**La Organización de los Conocimientos en Expertos y Novatos.** A la par que se desarrollaron sistemas de expertos artificiales, también se desarrollaron diversas investigaciones sobre la solución de problemas en sujetos expertos y novatos en diferentes áreas del conocimiento. A pesar de la diversidad y metodologías empleadas entre estas áreas del conocimiento estos trabajos tienen unos presupuestos comunes:

- a) Lo que hace la diferencia entre un experto y un novato es una diferencia de conocimientos, y no de capacidades cognitivas o procesos básicos. Pozo (1985, pág. 139) señala que esa diferencia de conocimientos básicos, “dada la dinámica del sistema cognitivo humano, repercute en un mejor aprovechamiento general de los recursos cognitivos en el caso de los expertos”.
- b) La diferencia de conocimientos tiene un carácter tanto cuantitativo como cualitativo, es decir los expertos no solo saben más que los novatos, sino que además tienen organizados sus conocimientos en distinta forma. Esa diferencia de conocimientos afecta a los contenidos y a la organización de estos, que en caso de los expertos “tiene una disposición jerárquica que incluye en un nivel

inferior los conocimientos del nivel superior en el novato” (Pozo, 1985, pág. 139), por lo que existe una continuidad del novato al experto.

- c) La pericia es el resultado de la práctica acumulada, y es un efecto del aprendizaje.
- d) La pericia se circunscribe a áreas específicas del conocimiento, esto es un sujeto puede ser experto o no con respecto a algo. “Un mismo sujeto puede tener grados diversos de pericia para problemas conexos” (Pozo, 1985, pág. 135) de una misma área. Aunque existen dentro de un mismo nivel de pericia diferencias individuales. Las posibles explicaciones a estas diferencias pueden verse desde dos perspectivas: La primera es que “los sujetos que difieren son igualmente expertos” (Pozo, 1985, pág. 140) y las diferencias entre ellos son debidas a la existencia de modelos diversos para la solución de un mismo problema; la segunda perspectiva es que los sujetos que difieren no tienen el mismo nivel de pericia. “la dimensión experto/novato es un continuo y no una dicotomía” (Pozo, 1985, pág. 140). En un grupo de expertos existe gente con mayor especialización en temas concretos.

Se puede definir a un experto a aquel sujeto que “sabe mucho sobre un tema” (Pozo, 1985, pág. 135), aunque no todos los expertos lo son en el mismo grado, y la pericia no es una cualidad absoluta sino relativa (Pozo, 1985).

Los estudios sobre expertos y novatos en contadas ocasiones estudian la transición de la impericia a la pericia, y se limitan a estudiar los extremos del continuo. Para Carey (1985, citado por Pozo) no existen reorganizaciones conceptuales en la transición de novato a experto, mientras que para Chi, Rees y Glaser (1982, todos citados por Pozo, 1985) el tránsito de novato a experto, requiere una profunda reestructuración del conocimiento. Brown y De Loache (1979, citado por Pozo, 1985) afirman que los niños son “novatos universales” y que sus diferencias con los adultos se deben a que poseen menos conocimientos y peor organizados y no a diferencias estructurales profundas en la representación de la información (Carey, 1985, Citado por Pozo, 1985).

Se han realizado investigaciones en la solución de problemas cuantitativos, entre expertos y novatos, sobre todo en la resolución de problemas de física sobre el movimiento rectilíneo, estos problemas de baja complejidad, pueden resolverse rápidamente. En dichos estudios se les ha solicitado a los sujetos que piensen en voz alta mientras solucionan el problema, de cada sujeto se realiza un sistema de producción que se traduce en un programa de ordenador que simula ambas ejecuciones (Pozo, 1985).

De las primeras diferencias de carácter cuantitativo, encontradas por los investigadores de Carnegie-Mellon citado por Pozo (1985), entre expertos y novatos es que estos últimos cometen más errores y tardan en promedio cuatro veces más en encontrar las soluciones que los expertos. Estas dos diferencias en la aplicación de ecuaciones son consecuencia de las distintas estrategias usadas por ambos grupos las cuales pueden resumirse de la siguiente manera.

- Mientras que los novatos inician de inmediato las ecuaciones, los expertos se detienen en una fase de representación, en donde realizan un análisis cualitativo, basado en una intuición física (Larkin, 1979, citado por Pozo 1985).
- Existen diferencias en las estrategias seguidas para la solución de problemas. Los novatos parten de la meta final y luego buscan los datos disponibles que podrían tener utilidad para alcanzar la meta, mientras que los expertos utilizan los datos conocidos para buscar la solución desconocida. Cuando los problemas son de mayor complejidad los expertos utilizan las estrategias utilizadas por los novatos. Este tipo de estrategias consiste en un análisis de medios-fines (Larkin et al., 1980, citado por Pozo, 1985) que es similar al que usan los sujetos carentes de carga semántica, en la que no se pueden aplicar conocimientos previos como por ejemplo la torre de Hanoi (Pozo, 1985).
- Al aplicar las ecuaciones el novato va utilizando una por una, mientras que el experto utiliza varias ecuaciones juntas, como un sistema agrupado, para después utilizar otro grupo de ecuaciones. Se considera que estos grupos de ecuaciones corresponden a grandes trozos de conocimiento, “que pueden ser análogos a los empleados por los jugadores de ajedrez en el recuerdo de las posiciones” (Chase y Simon, 1973, citado por Pozo, 1985).

- Los novatos realizan mucho más metaenunciados en el proceso de solución (Simon y Simon 1978, citado por Pozo 1985), Lo cual puede ser interpretado como una muestra de automatización de los conocimientos por parte de los expertos, y “que hacen innecesaria la toma de decisiones durante el proceso de solución” (Pozo, 1985, pág. 136).

Cuando se plantean problemas más complejos, el grupo de Carnegie-Mellon, citado por Pozo 1985, las diferencias entre expertos y novatos parece diluirse. Chi, Glaser y Rees (1982), citados por Pozo (1985), replicaron estos trabajos, pero utilizando problemas de mayor complejidad, encontrando resultados contradictorios a los anteriormente mencionados. Según sus resultados no existía diferencia entre el tiempo de solución, ni existían pausas entre ecuaciones, y el análisis cualitativo también se producía entre los novatos sin restringirse a un estadio inicial de representación, si no se producía a lo largo de todo el proceso. La única diferencia entre expertos y novatos consistió en que los novatos cometen mayor, número de errores, los cuales se atribuyeron a la aplicación del problema, de conocimientos inadecuados o insuficientes. Según Chi, Glaser y Rees (1982), citado por Pozo (1985), la verbalización del problema no basta para desentrañar la estructura del conocimiento.

En ese mismo estudio, donde replicaba el trabajo de Carnegie-Mellon, Chi, Glaser y Rees (1982, citado por Pozo 1985) analizan las estructuras cualitativas de los conocimientos de expertos y novatos en mecánica. De esta investigación, los autores encontraron que:

Los expertos categorizan los problemas según las leyes de la física (estructura profunda ), mientras que los novatos se guían por objetos y términos explícitos en el problema (estructura superficial), en este sentido Kleer, (1977, citado por Pozo, 1985), establece una distinción semejante entre expertos y novatos, “mientras los expertos se guían por abstracciones conceptuales, las representaciones de los novatos consisten en objetos reales organizados según parámetros de tiempo real” (Pozo, 1985, pág. 138).

Al interpretar estas diferencias en términos de esquemas de conocimiento se puede decir que los expertos y novatos difieren, en cantidad en sus conocimientos

declarativos básicos (en el contenido de esos esquemas). “lo más llamativo para estos autores, es la escasa presencia de leyes físicas en los modelos mentales de los novatos (Pozo, 1985, pág. 138).

Al solicitarle tanto a expertos como a novatos que clasificaran un grupo de 24 problemas, se encontró que los novatos clasifican con criterios superficiales y aluden a los objetos reales, sin utilizar conceptos físicos, tienen un gran número de categorías no divisibles, hasta el punto en que cada problema constituye una categoría por sí mismo. En cambio los expertos tienen pocas categorías las cuales se definen mediante conceptos y leyes mecánicas, pero estas categorías se subdividen en otras de abstracción menor, que suelen coincidir con las de nivel mayor de los novatos. “de esta forma los esquemas de nivel superior en el novato son esquemas subordinados para el experto” (Pozo, 1985, pág. 138).

“Además de la organización jerárquica en la que los conocimientos de los novatos quedan subsumidos y por tanto modificados en esquemas de nivel superior, los esquemas de los expertos tienen mayor contenido procedural” (Pozo, 1985, págs. 138-139), siendo procedimientos efectivos para la solución del problema, cosa que no sucede con los novatos.

Una última diferencia que se puede mencionar entre expertos y novatos, en relación a los trabajos de Chi et al. (1982, citado por Pozo, 1985) es que cuando se les solicita a los participantes que seleccionen los rasgos más importantes para la solución del problema, los novatos vuelven a mencionar las características de los objetos o a términos mencionados en el problema, y en contadas ocasiones mencionan rasgos de segundo orden (no perceptibles directamente), mientras que los expertos pueden caracterizarse como “descriptores de los estados y condiciones de la situación física descrita por el problema” (Chi, et al., 1982, citado por Pozo, 1985). Cuando expertos y novatos se enfrentan al mismo problema, “no ven el mismo problema” (Pozo, 1985, pág. 139).

Existen diversos estudios en la enseñanza de las ciencias, desde una perspectiva del procesamiento humano de la información, que se han ocupado de estudiar el conocimiento procedimental en la resolución de problemas. Estos estudios,

en un principio dedicados al campo de la física, se fueron extendiendo a otras disciplinas científicas.

En estos estudios se compara la forma de proceder en la resolución de problemas de los novatos y los expertos. Los novatos, cuando se enfrentan a un problema suelen recurrir a fórmulas específicas, despejando la incógnita. Si la ecuación tiene demasiadas incógnitas, recurren a otra fórmula que contenga alguna de las incógnitas, y así van sustituyendo los valores hasta encontrar el resultado. Los intentos terminan cuando ya no disponen de más fórmulas. A diferencia de ellos, los expertos suelen partir de una representación física, de acuerdo con ésta construyen un esquema y con base en este resuelven el problema trabajando desde el enunciado a la incógnita. Estos estudios también han demostrado que cuando al experto en física se le plantea un problema de otro dominio, suele utilizar las estrategias de los novatos, aunque en un principio recurre a las representaciones físicas. De estos estudios se puede concluir, “que las estrategias en la resolución de problemas dependen del nivel de conocimiento del sujeto sobre el tema” (Garcia-Milà, 2001, pág. 534).

Los trabajos de investigación en la comparación entre expertos y novatos coinciden en las características de un “buen solucionador de problemas” (Garcia-Milà, 2001, pág. 534):

- Desarrolla una descripción básica completa y exacta del problema.
- Desarrolla una descripción teórica del problema, completa y exactamente.
- Lleva a cabo un análisis exploratorio.
- Emplea procesos ejecutivos o metacognitivos.
- Lleva a cabo de forma efectiva el plan de solución.
- Evalúa la solución.

Las diferencias entre novatos y expertos en las estrategias de resolución de problemas se interpretan como una consecuencia de las distintas formas de organizar el conocimiento. Y el grado de “pericia en un dominio de conocimiento proviene tanto del conocimiento procedimental como del declarativo” (Garcia-Milà, 2001).

La resolución efectiva de un problema requiere de un cuerpo de conocimiento significativo y organizado. Mayer (1999) citado por Garcia-Milà, agrupa las diferencias del conocimiento declarativo de expertos y novatos en cuatro categorías: conocimiento factual, conocimiento semántico, conocimiento esquemático y conocimiento estratégico.

La diferencia fundamental entre expertos y novatos, es que el conocimiento factual es más accesible en el experto. Este último tiene una organización del conocimiento en redes integradas de conceptos, mientras que el novato carece de esa red y mantiene los conceptos aislados (Garcia-Milà, 2001).

Otra diferencia entre expertos y novatos es en el conocimiento semántico, que corresponde al conocimiento conceptual subyacente al problema. Mientras que los novatos basan sus representaciones en aspectos superficiales, los expertos basan sus representaciones en concepciones físicas subyacentes que les permiten visualizar el problema desde las propias fórmulas de solución (Garcia-Milà, 2001).

Mayer (1999) citado por Garcia-Milà, establece las diferencias entre expertos y novatos en el conocimiento esquemático que ambos ponen en juego para la resolución de problemas de física. Chi, Feltovich Glaser (1981) citados por Garcia-Milà, determinaron que los novatos al clasificar una serie de problemas de física, “atienden fundamentalmente a similitudes superficiales, es decir a las características físicas de los objetos, mientras que los expertos [...] los agrupaban en función de los principios físicos [...] estableciendo diferencias conceptuales” (Garcia-Milà, 2001, pág. 536).

### ***Las representaciones de los expertos y novatos y el cambio conceptual.***

Los trabajos de investigación sobre expertos y novatos sobre las diferencias de representación del conocimiento, han evidenciado la fragmentación del conocimiento de los novatos y que a menudo “parten de un conocimiento previo que no corresponde con los contenidos trabajados en los cursos específicos de ciencias que han seguido con anterioridad” (Garcia-Milà, 2001, pág. 537).

Los alumnos construyen su conocimiento a partir de concepciones alternativas que son conocimientos conceptuales previos. Para Pozo (1987) citado por Garcia-Milà (2001) las concepciones alternativas tienen las siguientes características:

- Son construcciones personales de los alumnos que se originan en su interacción con el mundo, son espontáneas y preexisten habitualmente en la enseñanza.
- Tienen incoherencia científica, aunque presentan coherencia cotidiana, ya que son predictivas de fenómenos aislados observados por el alumno en su entorno y en sus actividades cotidianas.
- Son estables, presentan resistencia al cambio, y a pesar de los esfuerzos del profesor por cambiarlas el alumno no las modifica.
- Mantienen cierta correspondencia con ideas científicas de épocas anteriores.

Tienen un carácter implícito en comparación con los conceptos explícitos de la ciencia. Resultan difíciles de formular explícitamente: el alumno es incapaz de verbalizarlas y a menudo se manifiestan mediante actividades empíricas.

Las concepciones alternativas no son accidentales, tienen una naturaleza estructural sistémica. Estas son resultado “de una mente o un sistema cognitivo que intenta dar sentido a un mundo definido no sólo por las relaciones entre los objetos físicos [...] sino también por relaciones sociales y culturales que se establecen en torno a esos objetos” (Pozo y Gómez Crespo, 1998, pág. 103), estas ideas forman parte de la tradición cultural y sentido común de las personas por lo que es en muchas ocasiones difícil desembarazarse de ellas en el proceso de enseñanza de la ciencia escolar.

Los alumnos abordan el aprendizaje sobre la biología o cualquier asignatura científica con ciertas ideas previas. Por lo que la enseñanza de las ciencias debe partir de las concepciones intuitivas o formales sobre la misma. Por lo tanto, la enseñanza no puede entenderse como la adquisición de un tema completamente nuevo, sino que supone comenzar con la ya existente “ciencia intuitiva” del alumno e intentar transformar o construir a partir de estas concepciones (Mayer, 2002).

Desde un punto de vista tradicional el aprendizaje implica la acumulación de información en la memoria, lo que desde un punto de vista constructivista implica aprendizaje inerte. El cambio conceptual para la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia implica ayudar a los alumnos a cambiar sus conceptos existentes en lugar de añadir exclusivamente información nueva a su memoria. Desde este punto de vista el

aprendizaje ocurre cuando nuestros modelos mentales (concepción inicial) son reemplazados por unos nuevos.

Posner, Strike, Hewson, y Gertzog (1982) plantean que existen dos fases en los cambios conceptuales en la ciencias: la primera, que se basa en las premisas centrales que organizan la investigación, definen los problemas, indican las estrategias para resolverlos y especifica los criterios que cuentan como solución, posición que Kuhn (1970) denomina "ciencia normal"; y la segunda cuando las premisas centrales requieren modificación, en este caso el investigador se enfrenta a un desafío de sus supuestos básicos, y tiene que adquirir nuevos conceptos y una manera nueva de ver el mundo, que el autor antes mencionado denomina "revolución científica".

Para Posner et al. (1982) existen patrones análogos del cambio conceptual en el aprendizaje. En semejanza con la primera fase, el alumno utiliza sus conceptos previos para abordar un nuevo fenómeno, en el cual hay un cambio que denomina asimilación. Sin embargo, frecuentemente los conceptos actuales del estudiante son inadecuados para permitirle captar algunos nuevos fenómenos exitosamente. En este caso el aprendiz tiene que reemplazar o reorganizar sus conceptos centrales. A esta forma radical de cambio conceptual (con similitud a la segunda fase) le denomina acomodación (Posner, Strike, Hewson, y Gertzog, 1982, 1982, pág. 212).

Esta forma de investigar y aprender involucra un aspecto adicional, ambas se producen a partir de los conceptos preexistentes. Cuando el estudiante se enfrenta a un nuevo fenómeno, debe confiar en sus conceptos para organizar la investigación. Sin estos conceptos será imposible para el preguntar y contestar sobre posibles explicaciones del mismo, o distinguir sobre los aspectos relevantes de los irrelevantes de tal fenómeno. A estos conceptos que gobiernan el cambio conceptual se les denomina "ecología conceptual" (Posner, Strike, Hewson, y Gertzog, 1982, pág. 213).

Para que pueda ocurrir acomodación se requiere que existan las siguientes condiciones (Posner, Strike, Hewson, y Gertzog, 1982, pág. 214):

1. Debe existir insatisfacción con las concepciones preexistentes. Los estudiantes serán reacios a hacer cambios profundos en sus concepciones hasta que consideren que los cambios menores no funcionan. Antes de que se pueda

generar un proceso de acomodación, el aprendiz debe poseer una serie de preguntas sin resolver o anomalías, y haber perdido la fe en la capacidad de que con sus conceptos actuales pueda resolver ese problema.

2. La nueva concepción debe ser inteligible. El estudiante debe comprender cómo la experiencia puede ser estructurada por el nuevo concepto y que sea suficiente para explorar las posibilidades inherentes a él.
3. La nueva concepción debe ser plausible inicialmente. Cualquier adopción de un nuevo concepto debe al menos parecer que tiene la capacidad de resolver el problema generado por su predecesor. "De otra forma no parecería una opción plausible" (Posner, Strike, Hewson, y Gertzog, 1982, pág. 214). La plausibilidad es también el resultado de la consistencia de los conceptos con otros conocimientos. Algunos autores como Ortony (1975), Belth (1977) y Black (1962), citados por Posner y colaboradores (1982), han destacado la importancia de las analogías y las metáforas para darle inteligibilidad y significado a los nuevos conceptos.
4. Un nuevo concepto podría sugerir la posibilidad de un programa de investigación fructífero. Debe tener el potencial de extenderse y abrir nuevas áreas de investigación.

Para Pozo (2007) existen diferentes formas de entender el cambio conceptual en la literatura psicológica y didáctica y esto se debe a que se están estudiando diferentes tipos de cambio conceptual. La investigación sobre el cambio conceptual ha surgido desde enfoques y disciplinas diferentes "*no siempre explícitamente relacionadas*" (Pozo, 2007, pág. 73). Este autor señala que existen por lo menos tres dimensiones desde las que se pueden comparar los diferentes tipos de cambio conceptual: "La naturaleza del cambio (epistemológica, evolutiva, instruccional), los procesos del cambio (fuerte o débil, discontinuo o continuo) y el dominio en que se estudia el cambio" (Pozo, 2007, pág. 73). Las diferentes combinaciones de estas tres dimensiones conllevarían a diferentes concepciones sobre el cambio conceptual.

El cambio conceptual puede verse como un:

Proceso de reestructuración del conocimiento en el aprendizaje y enseñanza de la ciencia el cual no puede reducirse al cambio o

sustitución de un conocimiento por otro y al menos en sus manifestaciones más profundas o radicales, no es sólo o esencialmente un cambio de naturaleza conceptual- que modifica la red o estructura conceptual en un dominio dado- sino que más allá de ello requiere una verdadera transformación de los sistemas de representación que subyacen a esos marcos conceptuales. (Pozo, 2007, pág. 74).

Para Pozo y Gómez Crespo, (1998, pág 142) la reestructuración conlleva a “construir una nueva forma de organizar el conocimiento, en un dominio que resulte incompatible con las estructuras anteriores, esa reestructuración o cambio conceptual se requiere cuando, la superación de las teorías alternativas en un dominio dado requiera adoptar nuevos supuestos epistemológicos, ontológicos y conceptuales” (Pozo y Gómez Crespo, 1998, págs. 142-143) para la interpretación de los escenarios y situaciones de dicho dominio:

El nuevo supuesto epistemológico implicaría pasar del conocimiento cotidiano que asume una posición realista según el cual el mundo es tal cual se percibe, por lo que las concepciones alternativas se rigen por las reglas de semejanza, o pasar de un realismo interpretativo en el cual el conocimiento es un reflejo de la realidad (reflejo inexacto o sesgado de la estructura del mundo) hacia el conocimiento científico en donde conocer no es descubrir la realidad sino elaborar modelos alternativos para interpretarla (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

El cambio ontológico llevaría a dejar de lado la interpretación del mundo en términos de estados o fenómenos de la materia sucesivos o desconectados, para luego conectar los fenómenos entre sí, explicando la conexión como una sucesión de hechos de uno con otro en un proceso, para pasar, a medida que se incorporan nuevos factores causales a la comprensión de las relaciones en términos de sistemas (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

La transformación de las estructuras conceptuales, implica una transición de aceptar los fenómenos como hechos sin ser remitidos a otro hecho, para luego pasar a relacionarlos con ciertos procesos de causalidad lineal, y a medida que se suman otros factores causales (causalidad múltiple) los análisis lineales irán cobrando

complejidad, esas relaciones aditivas unidireccionales se transformen en sistemas de interacciones donde los fenómenos se interpreten como sistemas de relaciones e interacción. Estos sistemas de interacción son requisito indispensable para la comprensión de los fenómenos biológicos fundamentales, “y es uno de los esquemas conceptuales sobre los que se asienta el conocimiento científico y uno de los que más dificultades plantea a los alumnos en el aprendizaje de la ciencia” (Pozo y Gómez Crespo, 1998, pág. 126). En la transformación de las estructuras conceptuales también se requiere la noción de equilibrio. Los alumnos parten de una centración en el cambio más que en el estado, (Driver, Guesne y Tiberghien 1985; Pozo et al. 1991, todos citados por Pozo y Gómez Crespo, 1998), “cuando se produce un cambio observable, los estudiantes tienden a concebirlo como un cambio de estado<sup>8</sup>, que implica una readscripción ontológica pero no una constancia o permanencia de propiedades [...] cambio sin conservación” (Pozo y Gómez Crespo, 1998, pág. 126). Durante este proceso de cambio, se transita hacia un nuevo esquema conceptual, en el cual se conservan ciertas propiedades más allá del cambio aparente (*cambio con conservación*), los alumnos [...] “interpretan la conservación y el cambio de esas propiedades de forma independiente sin conectarlas dentro de un sistema”<sup>9</sup>. Cuando los alumnos logran comprender [...] “todas esas relaciones de cambio y conservación dentro de un sistema pueden representarse la situación en términos de equilibrio” (Pozo y Gómez Crespo, 1998, pág. 126). El esquema conceptual de conservación y equilibrio dentro de un sistema es característico del conocimiento científico, y sin este esquema conocimientos específicos como podrían ser procesos bioquímicos como la fotosíntesis, respiración, “no podrían ser interpretados en la forma que la ciencia lo hace” (Pozo y Gómez Crespo, 1998, pág. 126). Por último el conocimiento científico

---

<sup>8</sup> Por ejemplo el cambio del agua de líquido a vapor de agua, los alumnos considerarán que el agua al evaporarse tendrá las propiedades de un gas sin comprender que la molécula del agua tendrá las mismas características en estado líquido y gaseoso, y por tanto conservará las propiedades físico-químicas.

<sup>9</sup> Los alumnos podrían comprender la conservación de la cantidad de agua líquida al pasar a estado sólido, y comprender que tiene las mismas propiedades en ambos estados aunque no logran relacionar esa conservación con los cambios que tienen lugar en el volumen, la densidad y temperatura.

requiere tanto establecer relaciones cualitativas entre los conceptos como también medir y cuantificar esas relaciones, en el conocimiento cotidiano los fenómenos se interpretan utilizando relaciones cualitativas o reglas heurísticas alternativas (Pérez Echeverría, 1990, citado por Pozo y Gómez Crespo, 1998), utilizando reglas simplificadoras, que “aunque son aproximativas e imprecisas, suelen ser funcionales desde el punto de vista cognitivo” (Pozo y Gómez Crespo, 1998, Pág 127), su aplicación consume pocos recursos cognitivos y tienen un grado apreciable de ajuste, por lo que más que esperar un abandono de estas reglas, “habría que establecer ciertas restricciones en su uso” (Pozo y Gómez Crespo, 1998, Pág 127).

La utilización de los esquemas de proporción, probabilidad y correlación, propios de las teorías y del quehacer científico requieren situaciones de rigor y control para su aplicación “que escasamente se encuentran en contextos cotidianos, caracterizados muchas veces por su imprecisión e indefinición” (Pozo y Gómez Crespo, 1998, Pág 127). El aprendizaje de las ciencias requiere la reinterpretación o redefinición de situaciones imprecisas y de los esquemas de conocimiento cotidiano útiles, “en términos de otros esquemas más complejos pero también más exigentes , por lo que su uso sólo se justifica en ciertos contextos y para ciertas metas” (Pozo y Gómez Crespo, 1998, Pág 127).

Las teorías alternativas persistentes son aquellas que están arraigadas en la estructura cognitiva del sujeto, de forma tal que para cambiarlas no es suficiente – aunque son necesarios- el aprendizaje de hechos o comprensión de conceptos científicos, sino que se requiere un cambio de las estructuras conceptuales del sujeto. El cambio conceptual se concibe como un proceso complejo compuesto por varios subprocesos distintos. Existen por lo menos tres procesos de cambio conceptual que implicarían diversos grados de reorganización de la estructura conceptual: la incorporación de nueva información sin un cambio en la estructura conceptual que se denomina enriquecimiento o crecimiento de las concepciones; ajuste generado por un proceso de generalización y discriminación en el cual hay una modificación de la estructura, sin que exista una modificación radical de la misma; y la reestructuración, que implica un cambio radical (Pozo y Gómez Crespo, 1998).

La reestructuración se traduce y concreta en un cambio de las estructuras conceptuales utilizadas, desde la forma más simple del conocimiento cotidiano, como son las relaciones causales lineales (causa-efecto) hasta las estructuras más complejas de las teorías científicas (los distintos fenómenos se interpretan en términos de interacción, lo que lleva a la conservación y equilibrio dentro del sistema). El proceso de reestructuración se produce de abajo hacia arriba, desde lo contenidos más específicos a las estructuras conceptuales. “No se trataría de cambios cognitivos generales, independientes del dominio [...] sino de reorganizar el conocimiento de los dominios concretos” (Pozo, 1994, citado por Pozo y Gómez Crespo, 1998, pág 143), en la enseñanza de las ciencias se requiere generar las condiciones “para que, en el estudio de contenidos conceptuales específicos, los alumnos aprendan a interpretar los fenómenos en términos de estructuras complejas” (Pozo y Gómez Crespo, 1998, pág 143).

En su versión más clásica el cambio conceptual para la adquisición de conocimiento científico, se basa en el supuesto de que aprender ciencia implica el abandono de preconcepciones o concepciones erróneas ya que éstas son incompatibles con el conocimiento científico. Buscando el cambio de estas concepciones alternativas autores como Posner et al. (1982), Pozo y Gómez Crespo (1998), Rodríguez Moneo (1999, citado por Pozo, 2007) han propuesto el conflicto cognitivo como estrategia didáctica. Aunque si bien estas propuestas didácticas han tenido resultados que superan las estrategias tradicionales, “hay que reconocer que han fracasado completamente en su propósito básico de lograr que el alumno asuma las teorías científicas y abandone sus creencias alternativas” (Pozo, 2007, pág. 83), se ha logrado con estos esfuerzos que los alumnos asimilen los conocimientos científicos pero sin abandonar los conocimientos cotidianos.

Para Pozo (2007) esta situación, se puede deber a dos razones: Los esfuerzos didácticos hayan sido encaminados, con estrategias agresivas, a cambiar las concepciones mantenidas por los alumnos en lugar de “enfocarse en el cambio de las estructuras conceptuales o teorías implícitas, en las que tendrían su origen” (Pozo, 2007, pág. 84); este autor considera que la principal causa de este “fracaso” es debida a la concepción de que el cambio conceptual debe implicar el “abandono del

conocimiento cotidiano, lo que no solo resulta difícil de lograr sino que incluso puede ser inconveniente” (Pozo, 2007, pág. 84). El cambio conceptual puede no implicar el cambio de un conocimiento simple (cotidiano) por otro más complejo (científico), sino más bien “adquirir diferentes tipos de conocimiento o representaciones para tareas o situaciones distintas” (Pozo, 2007, pág. 84). De hecho la idea de adquisición de nuevos conocimientos, más que reemplazar unos por otros, implica la multiplicación y diversificación de las posibles formas de representación de un objeto. Aprender es tanto adquirir nuevas representaciones, como lograr activar la representación más adecuada (entre todas las disponibles) al contexto o tarea presente.

De esta manera en lugar de pretender que el alumno abandone su concepción intuitiva de la gravedad “se trataría de que logre diferenciar entre distintas representaciones de la caída de los cuerpos y aprenda a usarlas discriminativamente en función del contexto” (Pozo, 2007, pág. 84).

El hecho de que puedan existir diferentes representaciones para un mismo dominio o contexto (pluralidad representacional) en vez de ser excluyentes entre sí, implicaría, diversificar las formas de conocer y aprender a usarlas en el contexto.

La adquisición de representaciones diferentes para contextos diferentes es un “proceso de crecimiento y ajuste que no implica una reestructuración radical de los saberes en la medida en que los nuevos conocimientos o representaciones se aprenderán mejor –situándose mejor en su contexto- cuanto más se diferencien o discriminen de los anteriores” (Pozo, 2007, pág. 85). El aprender ciencia no es la relación, conexión e integración de unos saberes con otros, sino esencialmente es diferenciar y discriminar para “reducir la interferencia entre unas formas de representación y otras. Los saberes se escindirán en lugar de integrarse” (Pozo, 2007, pág. 85).

Para reconciliar la pluralidad representacional con los procesos de reestructuración o cambio conceptual radical Pozo y Gómez Crespo 1998 y Pozo, 1999, (citados por Pozo, 2007) utilizan la hipótesis de integración jerárquica. Los principios de la teoría general de sistemas establecen que los niveles inferiores de una jerarquía (concepciones alternativas) imponen límites a las construcciones en los

niveles superiores. Pero a su vez los niveles de representación superiores (que constituyen representaciones explícitas) pueden reconstruir las representaciones de nivel inferior, dándoles un nuevo significado.

De esta forma, por el principio de la pluralidad representacional, cualquier problema, podría ser susceptible de *ser analizado, o representado de formas alternativas*. Esas diferentes representaciones implicarían niveles diferentes de análisis, organizados jerárquicamente con base en estructuras conceptuales de diferente complejidad. *“Las diferentes teorías deberían ser susceptibles de encajarse o integrarse unas con otras de forma tal que existiera una secuencia de construcción necesaria, pero también una integración genética de unos modelos con otros”* (Pozo, 2007, págs. 85-86). Las teorías científicas tienen mayor fuerza explicativa, aunque en muchos contextos *“las predicciones de ambas formas de conocimiento serían similares, ya que de hecho las teorías intuitivas [...] suelen ser muy predictivas, aunque sus explicaciones se desvíen de lo científicamente aceptado, es decir tienen una función pragmática más que epistémica”* (Pozo, 2007, págs. 85-86).

Para Pozo (2007, pág. 86) los sujetos tenderían a usar las *“teorías intuitivas ya que su uso sería cognitivamente más económico y contextualmente más funcional”* porque están basadas en procesos automáticos, se basan en claves contextuales y consumen escasos recursos cognitivos para su activación y evaluación. La ciencia intuitiva o preconcepciones, aunque desde un punto de vista conceptual pudieran ser englobadas por la teoría científica, *“desde el punto de vista del procesamiento seguiría siendo eficaz en los contextos informales cotidianos, donde la aplicación del modelo científico”* (Pozo, 2007, pág. 86), que por sus características de ser un proceso sistemático, reflexivo y consciente, requiere mayor procesamiento. Una de las ventajas del *“modelo científico frente al intuitivo es que este se puede transferir más fácilmente a nuevas situaciones”* (Pozo y Gómez Crespo, 1998, pág. 145). La existencia de una adecuada integración jerárquica entre los modelos propia del conocimiento experto permite utilizar una vía rápida que permite discriminar *“metacognitivamente entre diferentes niveles representacionales”* (Pozo 1999, citado por Pozo y Gómez Crespo, 1998, pág. 146), mientras que la carencia de esa integración conduciría a una vía lenta de para discriminar *“entre diferentes niveles representacionales, basada en ciertos*

indicios situacionales o contextuales” (Pozo 1999, citado por Pozo y Gómez Crespo, 1998, pág.146).

Pozo y Gómez Crespo (1998) consideran que, una teoría con mayor solidez que permitiría integrar a otra más simple tiene que tener las siguientes características:

- Tiene mayor capacidad de generalización, es decir, puede aplicarse a la predicción de hechos en dominios no cubiertos por otra teoría.
- Su estructura conceptual es más compleja, lo que permite reinterpretar un sistema de sucesos en términos de relaciones e interacciones, que otra teoría concibe de forma aislada o de forma causal.
- Mayor poder explicativo o de redescipción representacional, al basarse en un género discursivo más elaborado o formalizado, permite redescibir en términos de un modelo hechos predicho, pero no explicados por otra teoría (Pozo y Gómez Crespo, pág. 146).

El cambio conceptual requiera la construcción de estructuras conceptuales más complejas a partir de otras más simples: Esta diferenciación e integración conceptual estaría relacionada con la mayor elaboración cognitiva del conocimiento experto. A diferencia del conocimiento cotidiano, de naturaleza implícita, las teorías científicas tienen una naturaleza explícita, de forma que su construcción requiere una toma de conciencia por parte del alumno “o explicitación de las relaciones entre modelos interpretativos que le proporciona la ciencia y sus propias concepciones alternativas” (Pozo, 2007, pág. 87).

Asumir el aprendizaje de la ciencia como un proceso de cambio conceptual y representacional, implica aceptar que para la adquisición de los conocimientos científicos, se requiere acceder a nuevos conceptos, y sobre todo a nuevos formatos y sistemas de representación, diferentes a aquellos sobre los que se estructuran las teorías intuitivas (representaciones implícitas). Los conocimientos científicos, como elaboración cultural, son representaciones explícitas por lo que se requiere de un lenguaje o código específico, descontextualizado de carácter proposicional, “que se apoya en otros lenguajes o sistemas de representación externa de naturaleza simbólica o abstracta” (Pozo, 2007, pág. 87).

Estos códigos de representación tienen mayor fuerza representacional que las teorías implícitas, ya que las estructuras conceptuales que utiliza la ciencia son más fuertes que las estructuras del conocimiento cotidiano que se apoya en relaciones causales lineales. En cambio las teorías científicas “recurren a estructuras conceptuales basadas en la interacción de tal manera que la causalidad no fluye nunca en un solo sentido, sino que para entender un fenómeno es preciso situarlo en el marco de un sistema de interacciones y equilibrios dinámicos” (Chi y Roscoe, 2002; Pozo y Gómez Crespo 1998, 2004, todos citados por Pozo 2007, pág. 88).

La mayor complejidad del conocimiento científico, está estrechamente ligada a su carácter explícito, el uso de códigos y lenguajes no sólo permite, sino que obliga a explicitar muchos supuestos y relaciones que en las teorías intuitivas se mantiene implícitos. “Es en este sentido que se requiere un proceso de explicitación” (Pozo, 2007, pág. 88), los sistemas de representación explícita, permiten reconstruir las representaciones implícitas, “redescribirlas en el marco de un nuevo sistema representacional sin necesidad de abandonarlas” (Pozo, 2007, pág. 88).

La reconstrucción de las representaciones implícitas y la redescrición en términos de modelos complejos y explícitos, se debe acompañar de una segunda reconstrucción, los alumnos tienen que apropiarse de los sistemas de representación del conocimiento científico, basado en sistemas de representación externa, (cultural e históricamente generados) -en cuanto a lenguaje, soporte y formato- que les van a permitir acceder a representaciones que sin estos no sería posible, es decir los alumnos deben apropiarse de esos códigos y para ello deben reconstruirlos, en otras palabras, requieren transformar esos códigos en lenguajes y formatos que tengan significado y sentido y por tanto sean más accesibles al funcionamiento cognitivo (Pozo, 2007).

“La explicitación progresiva de las representaciones por los aprendices debe acompañarse de un proceso complementario de implicitación, o de traducción del propio sistema de representación para que pueda distribuirse socialmente” (Pozo, 2007, pág. 89). Reconstruir las teorías implícitas por medio de los conocimientos científicos requiere hacer implícitos –mediante el aprendizaje pero también mediante la propia evolución en la organización de los sistemas de representación- algunos de

los componentes representacionales de esos códigos para que se adecuen mejor a las restricciones de nuestro equipamiento cognitivo de serie (Pozo, 2007, pág. 89).

*Enseñanza de la ciencia y cambio conceptual.* El centro de la teoría del cambio conceptual son los modelos mentales, los cuales pueden ser definidos como “una representación cognitiva de partes esenciales de un sistema, a la vez que de las relaciones causa-efecto entre el cambio en el estado de una y otra parte” (Mayer, 2002, pág. 189).

De acuerdo con la teoría del cambio conceptual el aprendizaje implica tres pasos (Mayer, 2002, pág. 189).

- *Reconocimiento de una anomalía:* Esto implica el poder percibir que el modelo mental actual es inadecuado para explicar el fenómeno, es decir percatarse de que se poseen ideas equivocadas.
- *Construir un nuevo modelo:* Requiere encontrar un nuevo modelo mental que sea capaz de explicar los hechos observados, es decir, reemplazar modelos.
- *Usar un nuevo modelo:* Al enfrentarse a un problema utilizar el nuevo modelo para hallar la solución y ser capaz de operar mentalmente con el nuevo modelo.

Desde un punto de vista tradicional, el objetivo de la ciencia es describir el mundo natural, incluyendo las descripciones de las relaciones entre los hechos y las variables que pueden ser expuestas como leyes. El objetivo de la enseñanza de las ciencias en esta perspectiva es “ayudar a que los alumnos aprendan hechos sobre el universo natural” (Mayer, 2002, pág. 190).

En cambio desde un punto de vista del cambio conceptual el objetivo de la ciencia no sólo se limita a describir sino también en explicar el universo natural incluyendo los mecanismos fundamentales de las leyes descriptivas.

En el proceso de enseñanza- aprendizaje de las ciencias, los alumnos pueden partir de concepciones preexistentes (o ideas erróneas) de la ciencia. Por lo que el punto de arranque en esta enseñanza es ayudar a los alumnos a reconocer los defectos o inconsistencias de sus concepciones previas.

Osborne y Wittrock (1983, citados por Mayer, 2002) establecen que a medida que el niño crece (y presumiblemente aprende más) las concepciones erróneas sobre la ciencia aumentan, antes de mejorar finalmente a la edad de 16 a 18 años; sin embargo, Eylon y Linn (1988, citados por Mayer, 2002), descubrieron que esas ideas erróneas pueden prevalecer aún en edad adulta. Ante estas situaciones se requiere plantear un método de enseñanza que aspire específicamente a ayudar a los alumnos a revisar sus intuiciones y sus concepciones científicas.

Estos resultados nos revelan que los alumnos llegan a la clase de ciencias con muchas ideas preconcebidas, y que “son de alguna manera resistentes a la enseñanza tradicional” (Mayer, 2002, pág. 197), por lo que se hace necesario una técnica de enseñanza que ayude a los alumnos a revisar sus intuiciones y concepciones científicas.

La enseñanza de las ciencias desde un punto de vista de cambio conceptual, se basa en la confrontación de ideas. Este método de aprendizaje consiste en crear escenarios que permitan la predicción, observación y explicación de un fenómeno (POE). En un primer momento los alumnos hacen predicciones sobre un fenómeno, sustentándolas con explicaciones teóricas. En un segundo momento el enseñante demuestra los hechos y proporciona una explicación científica, y en un tercer momento los alumnos comparan sus predicciones con los resultados, de forma tal que les permita conciliar sus predicciones con éstos últimos y reemplazar las predicciones erróneas (Mayer, 2002).

Mayer (2002), resalta la importancia de las analogías puntualizando que “son el principal vehículo para dar significado a una concepción”. La analogía puede ser definida como la relación de parecido o semejanza que se puede identificar entre cosas diferentes, en este sentido las analogías pueden emplearse para aludir al razonamiento según el cual pueden reconocerse características similares entre seres o fenómenos diferentes. Este autor citando a Aragón, Bonat, Oliva, y Mateo (1999) enfatiza que “una comparación entre dos dominios de conocimiento que mantienen una cierta relación de semejanza entre sí”. A partir de las analogías se busca que el alumno comprenda un fenómeno a través de las relaciones que establece con un sistema análogo que

resulta más familiar para él. Las analogías representan un recurso potencialmente útil en la enseñanza, ya que parten de las experiencias cotidianas y del conocimiento previo de los alumnos. Las analogías permiten dar significado a una concepción nueva, por lo que son “decisivas para iniciar el proceso de cambio conceptual” (Mayer, 2002, pág. 200). El proceso de cambio conceptual a partir de una analogía ocurre cuando el aprendiz es capaz de [...] “construir un mapa entre las partes y las relaciones de un modelo (llamadas base) y las partes correspondientes y relaciones en un sistema natural (llamado objetivo)” (Mayer, 2002, pág. 200).

El razonamiento científico, desde un punto de vista tradicional, es el proceso de evaluación de la hipótesis en la que el aprendiz “evalúa sistemáticamente cada hipótesis” (Mayer, 2002, pág. 207). La capacidad para la evaluación sistemática de la hipótesis, está determinada por el estadio de desarrollo de operaciones formales establecido por Inhelder y Piaget (1955, citados por Garcia-Milà, 2001). Según estos autores, un alumno que ha desarrollado las operaciones formales, tendría la capacidad de razonar sobre realidades no experimentadas o vividas, además de ser capaz de pensar de manera puramente formal, utilizando un razonamiento hipotético deductivo y realizar deducciones a partir de unas premisas; de igual forma, podría establecer un pensamiento inductivo, generar hipótesis e imaginar cómo sería el mundo si éstas funcionaran, es decir, sería capaz de razonar científicamente. El pensamiento formal, considerado el nivel más alto del desarrollo cognitivo, y que se espera se desarrolla en la adolescencia, “supone la habilidad de pensar en términos abstractos, de símbolos, probabilidades y proporciones así como considerar muchas variables y dimensiones al mismo tiempo” (Mayer, 2002, pág. 207). Habilidades que son consideradas cruciales en las tareas científicas.

Existen evidencias en la investigación sobre enseñanza de las ciencias, que no todos los adolescentes y en ocasiones adultos, desarrollan estas habilidades. Autores como Karplus, Formisano y Paulsen (1979, citados por Mayer 2002), realizaron un estudio con 3300 alumnos de secundaria, el objetivo del estudio era medir la habilidad de los alumnos de 13 a 15 años para aplicar el pensamiento formal a tareas de razonamiento proporcional y de control de variables; los resultados encontrados por estos autores, demostraron que existen adolescentes que son incapaces de el

pensamiento proporcional o combinatorio, el controlar variables o bien entender la necesidad del control de las mismas.

Ante estas evidencias, se puede concluir que el estado de operaciones formales no es una condición suficiente para el estudio de contenidos de las ciencias (García-Milà, 2001).

De acuerdo a estas investigaciones surge una pregunta ¿el razonamiento científico es una competencia que se enseña?

El profesor de ciencias se enfrenta a dos concepciones sobre la investigación científica: el razonamiento como evaluación sistemática de la hipótesis, y el razonamiento científico como creación de hipótesis.

El nuevo punto de vista de la evaluación sistémica, establece que los alumnos requieren entrenamiento tanto en cómo evaluar sistemáticamente sus hipótesis, en términos “de superar la evaluación de hipótesis poco metódicas o ilógicas” (Mayer, 2002, pág. 215), como en el entrenamiento para controlar variables. En cambio desde un punto de vista de cambio conceptual [...] “los alumnos requieren aprender a valerse de las discrepancias o anomalías como factores interesantes para ser explicados y para buscar teorías alternativas que puedan mejorar los datos” (Mayer, 2002, pág. 215). Es decir necesitan vencer la tendencia a la confirmación de su teoría e ignorar los datos discrepantes.

La teoría del cambio conceptual, privilegia la creación de hipótesis. Cuando el repertorio de hipótesis que posee el alumno se agota y ha rechazado todas las hipótesis que derivan de una concepción del problema, requiere acercarse al problema de estudio desde otra perspectiva, y es ahí que el alumno creará una nueva hipótesis bajo una nueva concepción del problema. “De acuerdo con la teoría del cambio conceptual una explicación del razonamiento científico que obvia la creación de hipótesis es incompleta” (Mayer, 2002, pág. 207).

Lawson y Snitgen(1982) citados por Mayer (2002) a través de una investigación sobre el razonamiento y control de variables, enseñados de forma explícita en un curso basado en cuestionamientos, encontraron había un logro sustancial entre el pre-test y

el post-test en estos aspectos, lo que sugiere que el razonamiento científico puede ser enseñado

## Capítulo II

### Relación entre el cambio climático y la biodiversidad

El estudio sobre el cambio climático de origen antropogénico, no sólo debe ser abordado a partir de las causas (aumento de gases de invernadero) y los efectos (cambios en el clima), se requiere también abordar los efectos que tiene este cambio sobre la biodiversidad e inclusive sobre la propia actividad humana, pero además se requiere comprender cómo es que los seres vivos son capaces de regular el clima y cómo la pérdida de la biodiversidad puede modificar el clima.

La enseñanza y aprendizaje del fenómeno del cambio climático requiere la comprensión de éste como un fenómeno natural, que ha sido producido por la interacción de los seres vivos. El surgimiento de las bacterias fue modificando durante millones de años la composición de la atmósfera generando el efecto invernadero que a su vez posibilitó la existencia de nuevos organismos que colonizaron en un principio los mares para luego colonizar la Tierra. La “gran explosión” de la vida –vista como un proceso de aparición y evolución de nuevas especies- propició las condiciones atmosféricas y climáticas que sostienen hoy en día la vida en la Tierra.

A partir de la revolución industrial, la composición de la atmósfera se ha visto modificada, la actividad humana ha generado un aumento de los compuestos traza en la atmósfera que intervienen en el efecto invernadero. El aumento de los gases de efecto invernadero de origen antropogénico ha producido un cambio en los patrones climáticos, que podemos observar en la actualidad. La emisión de gases termoactivos sumado a la disminución de la cubierta vegetal, producida por la tala y cambio en el uso del suelo generan una sinergia que agrava el cambio en estos patrones.

En este capítulo se presenta la fundamentación teórica sobre el efecto invernadero, el cambio climático, orígenes y sus efectos y la interrelación entre la biodiversidad y el cambio climático

#### **Efecto invernadero**

Todos los cuerpos emiten radiación, estos rayos o fotones son ondas electromagnéticas que no requieren de un medio material para su propagación. El Sol como cuerpo radiante emite ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias y longitudes de onda que viajan en el espacio como espectro. El espectro electromagnético se puede definir como el conjunto total de ondas de diferentes frecuencias. Las radiaciones se caracterizan por su longitud de onda o frecuencia, siendo ambas inversamente proporcionales, es decir, una onda corta es de alta frecuencia, mientras que una onda larga es de baja frecuencia. La radiación solar que alcanza la superficie terrestre está compuesta por rayos infrarrojos con menor frecuencia y mayor longitud de onda, luz visible, que abarca el intervalo del espectro del rojo al violeta y los rayos ultravioleta de mayor frecuencia y menor longitud de onda.

Debido a la distancia entre el Sol y la Tierra, y por el albedo característico de esta última, nuestro planeta debería tener “una temperatura característica de equilibrio llamada efectiva” (Garduño, 2004, pág. 30). Mientras mayor es la distancia entre un planeta y el Sol será menor su temperatura ya que recibe menos radiación, pero si el albedo es menor la temperatura del planeta aumentará debido a la absorción de esas radiaciones. “La temperatura efectiva es el resultado neto del balance entre la radiación solar (de onda corta) absorbida por la Tierra y la emitida (en onda larga) por ella misma” (Toharia, 1984, citado por Garduño. , 2004, pág. 30). Por el valor del albedo y la distancia entre la Tierra y el Sol, la temperatura efectiva del planeta debería ser de  $-18^{\circ}\text{C}$ , cosa que en realidad no ocurre, ya que la temperatura promedio real es de  $15^{\circ}\text{C}$ . La diferencia entre la temperatura real y la efectiva es debida al efecto invernadero producido por la atmósfera.

La atmósfera es un filtro radiativo que permite el paso de la radiación solar de onda corta, la cual al llegar a la superficie terrestre es absorbida por la misma. La superficie terrestre a su vez se calienta y emite hacia el espacio radiación de onda larga (rayos infrarrojos) que son absorbidos por los componentes de la atmósfera y las nubes, los cuales a su vez se calientan y emiten radiación hacia arriba y hacia abajo. “El efecto invernadero resulta de que el aire es (muy) transparente para la radiación de onda corta y (muy) opaco a la de onda larga” (Garduño R. , 2004, pág. 30). Como resultado de este flujo de energía, de las corrientes de convección y el cambio de fase

del agua “la atmósfera superficial se calienta y se va enfriando” (Garduño R. , 2004, pág. 30) conforme va ascendiendo a través de ella. La convección atmosférica es generada por el calentamiento del aire cercano a la superficie por el contacto directo con la superficie y la radiación procedente de la misma, esto ocasiona que se dilate, se aligere y se eleve, al tiempo que las porciones más frías de aire descienden hacia la superficie en un proceso continuo. Al ir ascendiendo el aire se va enfriando principalmente por la disminución de la densidad, la presión atmosférica, el vapor de agua contenido se condensa, pasando de una fase gaseosa a una líquida liberando calor. Aunque el Sol es la fuente original de la energía térmica contenida en la atmósfera, esta se calienta por la radiación y contacto de la superficie terrestre. Debido al albedo no toda la radiación solar incidente es absorbida por la Tierra; “una porción considerable es reflejada hacia el espacio exterior” (Garduño, 2004, pág. 31). De la misma forma no toda la radiación terrestre es emitida por las nubes y una parte se dirige al espacio.

La atmósfera definida como la capa de gases que rodea a la Tierra, una mezcla de gases y aerosoles<sup>10</sup> suspendidos en ella. Esta capa de gases se constituye principalmente por moléculas de nitrógeno (N<sub>2</sub>) en un 78% y oxígeno (O<sub>2</sub>) en un 21%, el 1% restante está constituido por gases nobles en una proporción de 0.9325 % (donde el argón (Ar) es el elemento predominante), cabe mencionar que por sus características diatómicas o monoatómicas, que son transparentes a la radiación terrestre, ninguno de estos gases interviene en el efecto invernadero, si la atmósfera estuviera compuesta por tan sólo estos gases, se podría respirar pero la temperatura de la Tierra estaría en rangos de temperatura iguales a los que existirían si no existiera atmósfera. Dentro de ese uno por ciento podemos encontrar también de forma natural gases de efecto invernadero o termoactivos, los cuales tienen como característica estar constituidos por tres o más átomos, como son: bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en una proporción de 0.033%, el metano (CH<sub>4</sub>) con un 0.000179%, y los Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) con un

---

<sup>10</sup> Los aerosoles no se consideran gases de efecto invernadero ya que reflejan las ondas electromagnéticas que penetran hacia las capas inferiores de la atmósfera.

0.00003% (todos éstos elementos traza) y el vapor de agua que se puede encontrar en la atmósfera en las capas cercanas a la Tierra y su concentración puede variar de 0 a 4%. Los gases de efecto invernadero, se definen como aquellos gases que tienen la capacidad de absorber los rayos infrarrojos provenientes del Sol que son reflejados por el suelo y las masas de agua en lo que se denomina efecto albedo. La absorción de la radiación (de onda larga) reflejada por la Tierra, provoca que los gases de efecto invernadero como el bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) aumenten su energía cinética y al colisionar con otras moléculas vecinas producen calor.

La humedad atmosférica es variable tanto en el tiempo como en el espacio, sin embargo, en la distribución vertical la humedad del aire disminuye con la altura al igual que sucede con la densidad del aire al aumentar la altitud. Al contrario de lo que sucede con el vapor de agua el  $\text{CO}_2$  está bien mezclado y su presencia en la atmósfera es en una proporción casi uniforme, disminuyendo en la altitud debido a la atenuación del aire. La concentración vertical tanto del vapor de agua como del dióxido de carbono no decaen en forma proporcional con la altura sino más rápido, por lo que su perfil es una curva siendo la del vapor de agua más pronunciada (Garduño, 2004).

A diferencia de los perfiles de los principales gases de efecto invernadero ( $\text{CO}_2$  y el vapor de agua) “el perfil de la temperatura en función de la altitud es proporcional, la temperatura disminuye con la altura, a razón de  $6.5^\circ\text{C}/\text{Km}$ ” (Garduño, 2004, pág. 32). Este valor denominado gradiente térmico es el mismo en cualquier latitud geográfica. En la capa inferior de la atmósfera denominada troposfera, que alcanza una longitud aproximada de 10 Km, “está contenida prácticamente toda el agua atmosférica y, por lo mismo, encima de ella no hay propiamente clima” (Cosgrove, 1994; Eden y Twist 1997 y Toharia, 1984, todos citados por Garduño 2004, pág. 33).

La radiación solar atraviesa la atmósfera y llega a la superficie terrestre (continental y oceánica) donde es absorbida. La superficie se calienta y emite radiación (con una dirección de abajo hacia arriba) la cual es absorbida principalmente por el vapor de agua y el dióxido de carbono contenidos por la atmósfera. Como la radiación de la Tierra va en el mismo sentido en que los gases de efecto invernadero se atenúan, la radiación se va distribuyendo más o menos en el mismo sentido.

El término de efecto invernadero (EI) proviene de la similitud entre el techo de un invernadero y la atmósfera, en términos de permitir dejar “entrar” la radiación solar y bloquear las radiaciones terrestres generadas en su interior. Para algunos autores el término no es el más adecuado, ya que el calor del invernadero se debe en gran medida a que se impide la salida del aire caliente hacia la atmósfera (por procesos de convección), el invernadero tiene una frontera exterior definida por el vidrio del techo mientras que la atmósfera no tiene una frontera exterior, sino que se va atenuando indefinidamente con la altura. Por estas consideraciones se puede decir que los esquemas gráficos de la atmósfera que le colocan un techo que bloquee la radiación solar donde la atmósfera es más tenue de forma tal que parezca un invernadero “pecan de simplistas” (Garduño, 2004, pág. 31), ya que la obstrucción de las radiaciones terrestres se da donde la atmósfera es más densa, es decir en los niveles inferiores. Por todas estas consideraciones algunos autores proponen que el término más adecuado es efecto atmósfera. Aunque Garduño (1998) y el IPCC, (2001) citados por Garduño 2014 consideran que la analogía con el invernadero puede ser una representación en primera instancia del efecto invernadero.

Los gases de efecto invernadero tienen una gran importancia para el sostén de la vida en el planeta Tierra, se ha calculado que la temperatura en la superficie de la Tierra tendría 34°C menos de la temperatura actual si no existiera el efecto de retención natural del calor por parte de estos gases invernadero (Sanchez, Díaz, Cavazos, Granados, y Gómez, 2011). Gracias a los gases invernadero la Tierra ha tenido una temperatura adecuada que propició el surgimiento de la vida y la evolución de las especies.

Los paleo registros de temperatura, contenido de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> muestran un claro paralelismo entre estas tres variables las cuales se comportan de igual forma, es decir sus valores se incrementan o disminuyen juntos (IPCC 2001y Steffen 2000 citados por Garduño 2004). Existen tres registros con periodos de unos cien mil años con una oscilación dentro de los mismos límites superior e inferior. “Este comportamiento representa un sistema bio-geo-físico-químico complejo y autocontrolado, es el metabolismo natural de la biosfera terrestre, del cual el EI es sólo un componente”

(Garduño, 2004, pág. 35). La concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico en estos periodos fue de 280 ppmv

Esta situación normal y natural ha sido alterada por las actividades humanas en los últimos siglos ya que a partir del proceso de industrialización se empezaron a emitir a la atmósfera CO<sub>2</sub> y gases invernadero traza. El CO<sub>2</sub> de origen antropogénico proviene principalmente de la quema de combustibles fósiles y la deforestación y cambio del uso del suelo por urbanización, y actividades agrícolas (Garduño, 2004). Las concentraciones de gases de efecto invernadero, por perturbación antropogénica han aumentado, con una rapidez insólita durante el último siglo, en la actualidad se calcula que existen 370 ppmv, aunque el aumento de gases invernadero no va paralelo al aumento de temperatura se ha observado un aumento de la temperatura media de la Tierra de 0.6°C (Toharia 1984; Voituriez 1994; IPCC 2000, todos citados por Garduño, 2004).

Los fenómenos antropogénicos se intensifican en las ciudades, donde se acumulan gases de efecto invernadero y aerosoles con efectos térmicos contrapuestos, aunque existe un predominio de gases invernadero, que sumados a al cambio de albedo asociado al uso del suelo, la resequedad producto de la deforestación, el calor emitido por las máquinas y la falta de ventilación natural provocada por los edificios dan por resultado un aumento de temperatura en las ciudades con respecto a sí mismas antes de la urbanización o con los entornos rurales llamada “isla de calor” Eden y Twist, 1997 y Garguño 1998, citados por Garduño, 2004.

Como resultado de la actividad humana también se han modificado las concentraciones y distribución del Ozono (O<sub>3</sub>). Por la emisión de CFCs (que también son gases de efecto invernadero) a la atmósfera se redujo la concentración de O<sub>3</sub> estratosférico<sup>11</sup> ocasionando el crecimiento del hoyo en la capa de ozono, el cual ha causado por un lado, que la radiación terrestre se escape hacia el espacio

---

<sup>11</sup> La estratósfera es la capa de la atmósfera terrestre que se extiende entre los 10 y los 50 km de altitud en esta existe un equilibrio dinámico y una temperatura casi constante.

contraponiéndose al efecto invernadero, y por el otro, permite la entrada de radiación ultravioleta de alta energía que provoca daños a la salud. La emisión de O<sub>3</sub> antropogénico el cual se localiza en la troposfera tiene un efecto contrario ya que atrapa las radiaciones emitidas por la Tierra.

## **Cambio Climático**

Los efectos de un clima anómalo o en diversos aspectos de la actividad humana, son lo que ha llevado a las instituciones gubernamentales, así como a sectores científicos y sociales a interesarse por el tema del cambio climático. En 1992 en la conferencia cumbre de la Tierra en Río de Janeiro, en el Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (UNFCCC), se crea un tratado internacional -sin un compromiso hacia los países- sobre medio ambiente, cuyo objetivo fue estabilizar las emisiones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que no impactara con el sistema climático. A partir de 1995 las reuniones se realizan cada año en sesiones que se conocen como Conferencia de las Partes (COP). En Kioto (1997) en la tercera conferencia, los gobiernos de 39 países elaboraron y firmaron un protocolo por el cual dichos gobiernos se comprometían –previa ratificación de un número suficiente de países cuyas emisiones conjuntas fueran equivalentes o superasen el 55% de las emisiones globales- a reducir las emisiones de origen antropogénico de gases de efecto invernadero en el año 2008 y para el año 2012 lograr una reducción del 5% de sus emisiones con respecto a sus niveles emitidos durante 1990. Este tratado fue firmado por diferentes países y es a partir de 2005 cuando el tratado entra en vigor por haber alcanzado entre los firmantes el 55% de las emisiones globales. La onceava reunión en el año 2005 en Montreal tuvo como objetivo dar seguimiento al acuerdo de Kioto y establecer los futuros compromisos de las partes firmantes del acuerdo del anexo I, en el cual los países industrializados se comprometen a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero así como orientar los acuerdos para después del año 2012. En Cancún al realizarse el COP dieciseisavo se reconoció la gravedad de los efectos del calentamiento global y se propuso que la temperatura del planeta no debería aumentar más con respecto a los valores preindustriales Según

cifras de la ONU se prevé que la temperatura media de la superficie terrestre pueda aumentar de continuar la tendencia en las emisiones de gases de efecto invernadero entre 1.4 y 5.8 grados centígrados en un periodo de 85 años y que probablemente habrá años más extremos, con consecuencias inimaginables sobre todos los seres vivos, incluido el hombre (Sanchez, Díaz, Cavazos, Granados, y Gómez, 2011). Si no se toman medidas de control de emisiones de gases de efecto antropogénico se espera que el efecto de retención del calor durante los próximos 50 a 100 años equivalga al doble del nivel de CO<sub>2</sub> preindustrial Neumayer, (2007, citado por Sanchez, Díaz, Cavazos, Granados, y Gómez, 2011).

El cambio climático denota un cambio en el estado del clima que persiste y ha persistido por un tiempo prolongado debido a la variabilidad natural como a la atribuida por la actividad humana. Sobre el clima influyen muchos fenómenos, las alteraciones fuertes y prolongadas en éstos provocan cambios climáticos. Un cambio en la emisión del Sol, en la composición de la atmósfera, en la disposición de los continentes, en las corrientes marinas o en la órbita de la Tierra puede modificar la distribución de energía y el balance de radiación terrestre, alterando así el clima planetario. Las impredecibles variaciones del clima que se han dado en las últimas décadas, se han correlacionado directamente con la actividad humana. En 1995 en el Panel Intergubernamental sobre el cambio climático (PICC) se sugirió que “*hay una influencia humana discernible en el clima global*”, aunque para Magaña (2004, pág. 18), un pronunciamiento de esa naturaleza implica un problema, ya que “muchas formas de variabilidad natural de muy baja frecuencia del sistema climático apenas comienzan a explicarse y no es fácil diferenciarlas del cambio climático de origen antropogénico”.

Lowry, (1973, citado por Eslava, 1993, pág. 508) define el clima “como un conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas caracterizado por los estados y las evoluciones del tiempo en una porción determinada del espacio”. Para Acot (2005, citado por Sanchez, Díaz, Cavazos, Granados y Gómez, 2011, pág. 9) la palabra clima se refiere al conjunto promedio de los estados de la atmósfera (temperatura, vientos, precipitación, variación solar, humedad, etcétera) en un cierto periodo de tiempo (más de treinta años) en un lugar dado o en todo el globo”.

El clima es un Sistema que induce cambios en los patrones de variables de los que depende la vida en la Tierra (Sanchez, Díaz, Cavazos, Granados, y Gómez, 2011, pág. 9). El clima es un sistema dinámico con un balance transitorio. En este sistema los flujos principales son la energía solar y calor junto con flujos de masa dados principalmente por el agua y en menor cuantía elementos como el carbón y, nitrógeno. El sistema climático está compuesto de la atmósfera, los océanos, la superficie de la Tierra y las placas de hielo. De esta manera, la temperatura del planeta la determina el balance de energía a través de la primera ley de la termodinámica Conservación de la energía. Los cambios en el balance de energía tienen su origen en factores externos y factores internos (Sanchez, Díaz, Cavazos, Granados, y Gómez, 2011).

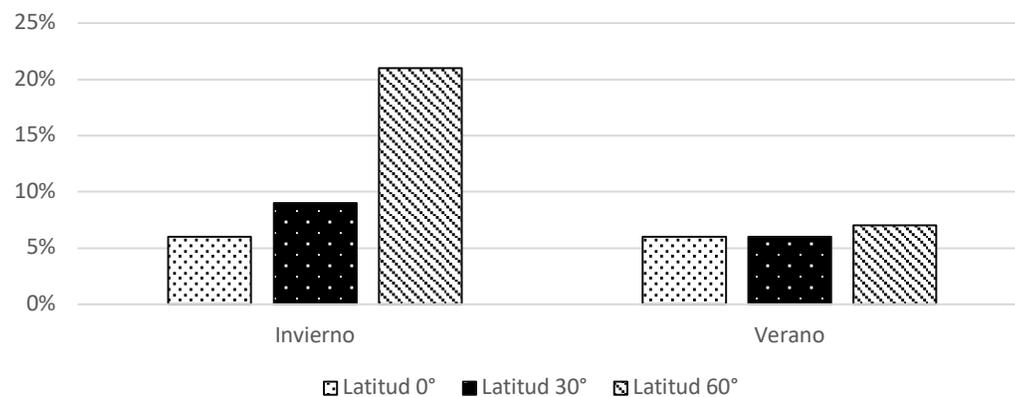
Factores externos: Entre los factores externos más importantes se encuentra la radiación solar incidente en la Tierra, la cual depende tanto de la inclinación del eje de rotación, como de la excentricidad y la precesión de los equinoccios. La teoría de Milankovitch establece que la excentricidad de la Tierra cambia cada 100 000 años, la oblicuidad, que se refiere a la inclinación del eje de rotación con respecto al plano de la elíptica cambia cada 41 000 años y la precesión de la órbita terrestre (cambio en la dirección del eje) cambia cada 22 000 años. La importancia de estos ciclos radica en que la distancia de la Tierra al Sol así como la posición de ésta última con respecto a él determina la incidencia de los rayos solares y por tanto afecta al clima. Según la teoría de Milankovitch cuando la órbita es “altamente” elíptica la insolación recibida en el perihelio puede ser de 20 a 30 por ciento mayor que durante el afelio.

Factores internos: Dentro de los factores internos se encuentran los gases de efecto invernadero, efecto albedo, deforestación, vulcanismo.

El efecto de albedo se define como la relación entre la radiación que incide sobre la superficie de un cuerpo y la radiación que refleja esta superficie (Eslava, 1993). La capacidad de absorción o reflexión de la radiación solar incidente dependen de la naturaleza de la superficie que recibe la radiación, el calor específico de la superficie receptora y su transparencia entendida como “la profundidad a la que penetra la radiación” (Eslava, 1993, pág. 512), estos tres factores determinan las diferencias en el porcentaje de albedo que existen entre las superficies de agua, las superficies

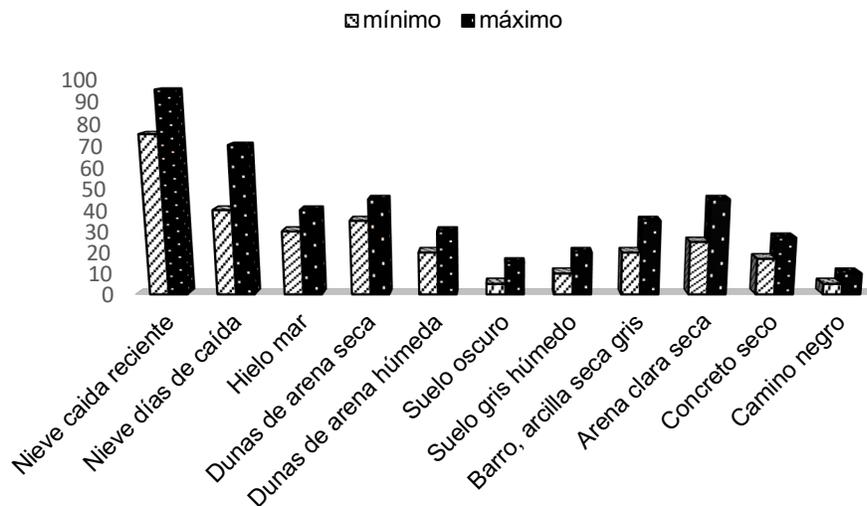
descubiertas y las superficies con vegetación (ver Gráficas 1, 2 y 3). Cuando un sistema tiene un albedo alto la capacidad de absorción de flujo de energía de este sistema es baja, mientras que si el albedo es bajo la capacidad de absorción del sistema será alta. Si la superficie de un cuerpo cambia su naturaleza el albedo cambia de igual forma, por ejemplo, si la nieve se cubre de ceniza su albedo se modifica de 80% a 20%, de igual forma si un bosque es arrasado se cambiará el albedo de 5% hasta 30% (Eslava, 1993, pág. 512).

**Gráfica 1. Porcentaje de Albedo de las Superficies de Agua**



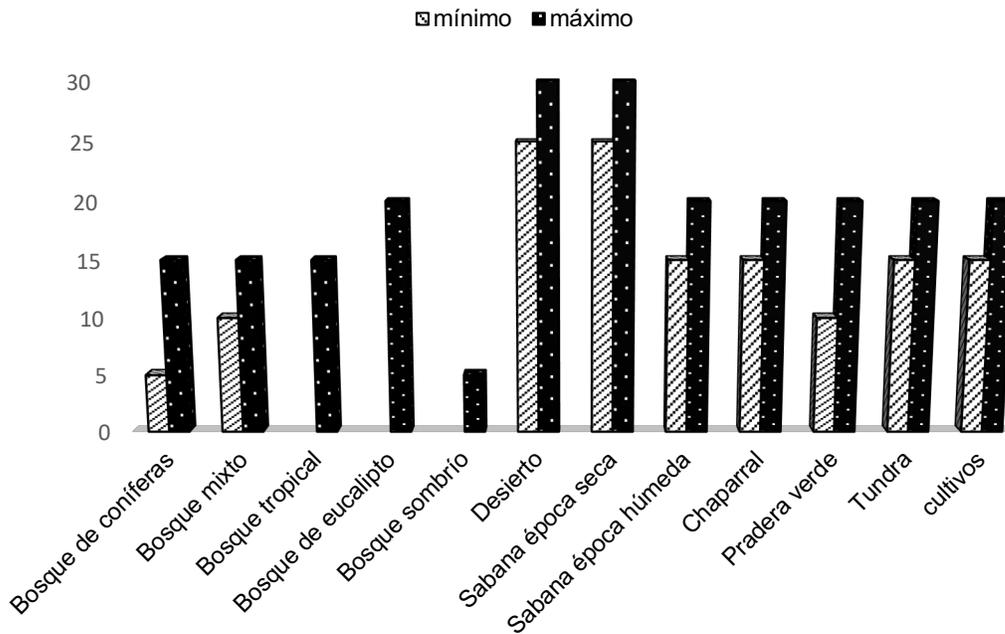
Elaboración propia a partir de Seller (1972), adaptado y adicionado por Eslava (1993, pág. 512)

**Gráfica 2. Porcentaje de Albedo en Superficies Desnudas**



Elaboración propia a partir de Seller (1972), adaptado y adicionado por Eslava (1993, pág. 512)

**Gráfica 3. Porcentaje de Albedo en Superficies Naturales**



*Elaboración propia a partir de Seller (1972), adaptado y adicionado por Eslava (1993, pág. 512)*

Los parámetros clave que determinan la temperatura de la superficie en equilibrio de la Tierra son la emisividad, entendida como el grado al cual la atmósfera emite radiación infrarroja y el albedo. La emisividad depende de la concentración en la atmósfera de los gases de efecto invernadero, la temperatura de la superficie terrestre aumenta cuando la emisividad se incrementa. Sin embargo esta temperatura tiende a disminuir cuando aumenta el albedo. Para que la temperatura de la superficie se mantenga por arriba del punto de congelación la emisividad debe mantenerse relativamente alta y el albedo relativamente bajo. Los ligeros cambios en la relación entre emisividad y el albedo pueden resultar en cambios sustanciales en la temperatura de la superficie. “Este es el caso cuando aumenta la concentración de gases de efecto invernadero y el resultado del calentamiento global observado” (Magaña, 2004, pág. 24)

La radiación solar de onda corta que incide en la superficie de la Tierra es absorbida y redistribuida por la circulación de la atmósfera y de los océanos intentando compensar los contrastes térmicos del ecuador a los polos. La energía de onda larga recibida es re-emitida al espacio manteniendo en el largo plazo el balance entre la

energía recibida y remitida. Cualquier proceso que altere este balance se reflejará en un cambio en el clima. Los cambios en la disponibilidad de energía radiativa se les denomina forzamientos radiativos. Cuando estos últimos son positivos tienden a calentar la superficie terrestre, y en caso de ser negativos se producirá un enfriamiento (Magaña, 2004).

El aumento en la concentración de los gases de efecto invernadero “reducen la eficiencia con la cual la Tierra re-emite la energía recibida del espacio” (Magaña, 2004, pág. 19). Parte de la radiación de onda larga re-emitida por el planeta hacia el espacio por la presencia de esos gases es nuevamente re-emitida a la superficie, elevando la temperatura de la superficie, la cual emitirá más energía. Aunque parte de esa energía quede “atrapada”, suficiente energía saldrá al espacio alcanzando un balance radiativo que mantiene estable el clima. La concentración de los gases de efecto invernadero permanecieron estables durante los últimos 10 000 años, y es a partir del proceso de industrialización que empezó a existir variación en sus concentraciones (Sanchez, Díaz, Cavazos, Granados, y Gómez, 2011). Al aumentar las concentraciones de estos gases la temperatura de superficie del planeta mantiene una tendencia positiva, y aún “si las emisiones de estos gases se estabilizan, los efectos del calentamiento perdurarán por mucho tiempo, pues los gases de este tipo tienden a permanecer por muchos años en la atmósfera” (Magaña, 2004, pág. 19).

Los aerosoles de origen antropogénico, como aquellos producidos por la industria o la quema de bosques, emitidos a la tropósfera tienen la capacidad de reflejar la radiación solar, “constituyéndose en un forzante radiativo negativo que tiende a enfriar el sistema climático” (Magaña, 2004, pág. 19). Algunos aerosoles (como el hollín de las fábricas) tienen la capacidad de absorber la radiación solar por lo que se constituyen como un forzante positivo. Sin embargo la presencia de aerosoles puede alterar la cantidad y reflectividad de las nubes, con un efecto de enfriamiento del sistema climático. Existen aerosoles de origen natural producto del vulcanismo (como el dióxido de sulfuro), emitidos a la estratósfera cuyo “efecto es el de enfriar la atmosfera baja por periodos de unos cuantos años” (Magaña, 2004, pág. 19).

Al modificarse el forzante radiativo, por la actividad del hombre o por procesos naturales, la respuesta del sistema climático es en varias escalas de espacio y tiempo. Los cambios significativos en el balance radiativo, incluidos aquellos debidos a la concentración de gases de efecto invernadero, alteran tanto la circulación de la atmósfera como la de los océanos y en consecuencia el ciclo hidrológico que se verá reflejado en cambios en la precipitación y la temperatura en su superficie.

El vapor de agua es uno de los gases de efecto invernadero no permanentes más abundante de la Tierra (Guerrero, 1991, citado por Sanchez, Díaz, Cavazos, Granados, y Gómez, 2011), por su constante regeneración en la atmósfera puede amplificar el efecto de otros gases de efecto invernadero que a su vez ocasionan que más vapor de agua se incorpore a la atmósfera (en una retroalimentación positiva), por lo que se ha considerado a este gas como uno de los principales determinantes en el calentamiento global (Sanchez, Díaz, Cavazos, Granados, y Gómez, 2011). El agua en estado gaseoso calienta la atmósfera, sin embargo el hielo y el agua en estado líquido tienden a enfriarla, por el reflejo de la radiación solar (Magaña, 2004).

La relación entre la emisividad y el albedo torna complejo el problema del calentamiento global, ya que ambos aumentan al aumentar el grosor de las nubes, como ambos tienen efectos contrarios en la temperatura de la Tierra tienden a compensarse (Magaña, 2004). Al calentarse el planeta se espera un aumento de la evaporación del agua el cual incrementaría la emisividad y al formarse más nubes también aumenta el albedo. La respuesta final de la temperatura de superficie al aumento de CO<sub>2</sub> depende de la emisividad y el albedo del sistema. Por ejemplo, si aumenta la emisividad y el albedo permanece constante se produciría un fuerte calentamiento del sistema. En cambio si la emisividad aumenta a una razón menor que el albedo el sistema se enfriaría y “como parece ocurrir en realidad, el albedo aumenta a una razón menor a la de la emisividad, el calentamiento es menor” (Magaña, 2004, pág. 24). Los modelos del clima utilizados para analizar el incremento en los gases de efecto invernadero pronostican esta última aseveración.

Hoy en día parece innegable reconocer que la temperatura del planeta está aumentando y que los regímenes de lluvia se están modificando. En la historia de la

Tierra en un periodo de millones de años, las concentraciones de los gases de efecto invernadero fueron cambiando de forma natural produciendo variaciones en la temperatura del planeta, pero nunca como ahora se han producido cambios tan drásticos en una escala tan corta de tiempo. De mediados del siglo XIX a la fecha la actividad humana ha resultado en aumentos globales de la temperatura del orden de  $0.6^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$  (IPCC, 2001, citado por Magaña, 2004, pág 25).

Como resultado del calentamiento global se han observado y documentado los siguientes fenómenos (Magaña, 2004, pág. 21):

- La temperatura de superficie ha aumentado y continuará aumentando más rápidamente sobre las zonas continentales que sobre los océanos.
- La tropósfera baja también se ha calentado, pero a un ritmo menor que la superficie.
- Como resultado del aumento de las temperaturas mínimas y por el aumento en la nubosidad y la precipitación la amplitud del ciclo diurno de la temperatura ha disminuido.
- Retracción de glaciares y disminución de la cubierta de hielo y nieve.
- El calor en el océano ha aumentado.
- Mayor concentración de vapor de agua en la atmósfera que resulta en mayores precipitaciones.
- Algunas partes del hemisferio Sur no parecen calentarse.
- Enfriamiento de la estratósfera.
- Cambios en la actividad de huracanes
- Cambios en los gradientes meridionales de temperatura (asociadas con frentes fríos y cálidos).
- Cambios en la actividad del fenómeno del niño.
- Aumento en la desertificación de ciertas regiones del planeta.

**Efectos del cambio climático.** El impacto ambiental podría verse como el conjunto de efectos producidos por la actividad humana sobre el ambiente que conllevan a una modificación del entorno natural.

A partir de que el tema del cambio climático adquirió relevancia tanto en los medios científicos como sociales, se han dado lugar a diversos temas de estudio sobre el fenómeno, desde aquellos que cuantifican las extensiones de los glaciares, analizan las variaciones de los elementos del clima, analizan las sequías, la desertificación, analizan los patrones de la circulación oceánica, predicen escenarios futuros o los que evalúan en impacto en diversos sectores socio-ambientales como sería la degradación del ambiente, producción agrícola, plagas, enfermedades y migraciones (Sanchez, Díaz, Cavazos, Granados, y Gómez, 2011).

Las evaluaciones del Grupo Intergubernamental de expertos sobre cambio climático (IPCC por sus siglas en inglés) presentadas en el cuarto reporte (AR4) en 2007 integraron la información científico-técnica para diagnosticar la situación mundial y regional de las alteraciones del sistema climático. En este informe se establecieron las siguientes conclusiones: El calentamiento del sistema climático es irrefutable, los gases de efecto invernadero registraron un incremento significativo a partir del proceso de industrialización desde 1850 hasta nuestros días ocasionando un aumento en la temperatura global del planeta e impactos sobre el clima. Se prevé que de seguir la tendencia en la emisión de GEI la temperatura del planeta podría aumentar entre 1.1°C hasta 4.5°C o una temperatura mayor para finales del siglo XXI, el nivel del mar podría aumentar entre 28 a 43 centímetros para este siglo y se observarían cambios en los patrones de precipitación y eventos climáticos extremos. “Finalmente el cambio climático ya está teniendo una influencia indiscutible sobre muchos sistemas físicos y biológicos”. (Sanchez, Díaz, Cavazos, Granados, y Gómez, 2011, pág 118).

Los patrones asociados al cambio climático determinados por el IPCC en síntesis son los siguientes:

Derretimiento de las capas de hielo, que provocarían aumento en el nivel del mar, inundación y destrucción de algunas zonas costeras, presencia de lluvias anómalas antes no existentes en tiempo y lugar, incremento en el número de eventos y magnitudes de ciclones tropicales y tormentas tropicales de latitudes medias; aumento de enfermedades; sequías intensas y prolongadas en algunas zonas;

extinción o migración de especies animales y vegetales (Sanchez, Díaz, Cavazos, Granados, y Gómez, 2011).

Los costos anuales del cambio climático, son ya una realidad, podemos observarlos en los resultados de eventos meteorológicos extremos o efectos en la agricultura. Estos costos se elevarán a medida que la temperatura global se incremente y los impactos sean mayores en los sistemas biológicos y humanos. El clima es una compleja interacción entre la atmósfera, los continentes, los océanos, las capas de hielo y nieve, la vida en el planeta y las actividades humanas. El desequilibrio que se presente en alguno de ellos, dará como resultante cambios en los otros componentes del sistema (Sanchez, Díaz, Cavazos, Granados, y Gómez, 2011).

*Efectos del cambio climático sobre los hielos y nieve.* Un efecto evidente del calentamiento global es la disminución de la extensión de la capa de hielo y nieve, se considera que probablemente la capa de nieve ha reducido su extensión en 10% desde los años sesenta, así como también los registros muestran una reducción en la duración de la capa de hielo entre una a dos semanas en lagos y ríos en latitudes medias y altas del hemisferio norte durante el siglo XX. También se ha constatado una recesión de los glaciares de montaña en las regiones no polares y la disminución de la extensión del hielo marino durante la primavera y verano entre un 10-15%. Los glaciares de Chile y Argentina han disminuido como consecuencia del calentamiento de la Tierra y la disminución de las lluvias. El deshielo de los glaciares de la Patagonia “incrementaron el agua de los océanos en 0.04 milímetros por año entre 1975 y 2000, lo que representó el 9% del incremento global” (Sanchez, Díaz, Cavazos, Granados, y Gómez, 2011, pág. 119). En el polo norte ocurre un caso similar, se calcula que existe un derretimiento acelerado el cual podría originar un aumento de *un centímetro en el nivel del mar cada 60 años* (Sanchez, Díaz, Cavazos, Granados, y Gómez, 2011, pág. 119), estos hielos cubren un área cinco veces más grande que la del sur, por lo que *“aportaron el 30% del aumento de las aguas de los océanos en el mismo periodo de tiempo”* (Sanchez, Díaz, Cavazos, Granados, y Gómez, 2011, pág. 119).

El último informe del IPCC de 2014, establece con base en los resultados de investigaciones científicas realizadas en los últimos años que en muchas regiones los

cambios en las precipitaciones, el derretimiento de nieve y hielo están alterando los sistemas hidrológicos. Así mismo se determina con un nivel de confianza alto, el retroceso de los glaciares en todo el planeta debido al cambio climático, así como el calentamiento del permafrost<sup>12</sup> y el deshielo en las regiones elevadas y las regiones de altas latitudes, este informe establece, (con un nivel de confianza medio), que esta situación afecta a la escorrentía<sup>13</sup> y los recursos hídricos aguas abajo y que se afectan los recursos hídricos en términos de cantidad y calidad (Field, et al, 2014).

La pérdida de los glaciares continentales puede reducir el caudal de aguas de los ríos, lo que conlleva a una disminución en la cantidad de agua dulce y esto último generaría escasez del vital líquido para millones de personas en el mundo.

Los recursos hídricos son los más vulnerables al calentamiento global, el aumento en la evaporación y transpiración, reduce la disponibilidad de agua. Los modelos para pronosticar el impacto en la disponibilidad de la misma han demostrado que la disponibilidad de este líquido *“tiene una relación positiva con el nivel de precipitación, en tanto que la temperatura registra una elasticidad negativa”* (Sanchez, Díaz, Cavazos, Granados, y Gómez, 2011, pág. 120), lo que indica que un aumento en la temperatura disminuye el nivel de disponibilidad

***Efectos del cambio climático sobre la biodiversidad.*** Existe una doble amenaza en los ecosistemas terrestres, la primera es por el cambio en el uso del suelo y a esta se suma el cambio climático.

---

<sup>12</sup> Térmicamente el permafrost se define como el suelo, roca, material detrítico que permanece en o por debajo de los 0°C durante al menos dos años consecutivos Esta definición es básicamente termal y no incluye la presencia de hielo, aunque normalmente está presente en diferentes extensiones. El permafrost saturado en hielo contribuye a la regulación hidrológica sobre todo cuando involucra grandes extensiones (Iturraspe, 2011). El suelo de hielo perenne o el hielo congelado se incluyen explícitamente en la definición de permafrost, mientras que el hielo glaciar (hielo sedimentario) no lo es,. Desde un punto de vista térmico, el hielo glaciar a una sub-presión de la temperatura del punto de fusión podría convertirse el parte del entorno permafrost (Harris y Murton , 2005, págs. 11-12).

<sup>13</sup> La escorrentía se define como la cantidad de lluvia que excede la capacidad de infiltración del suelo. Si la lluvia caída excede esta capacidad, el exceso fluye hacia quebradas, arroyos, ríos, lagos y océanos (Nuñez, 2001).

El cambio climático conlleva aumento en la temperatura y déficit de humedad en el suelo, “cuyos efectos se matizan considerando además de la variabilidad natural, los impactos de los incendios forestales y eventos extremos sobre la cobertura forestal” (Sanchez, Díaz, Cavazos, Granados, y Gómez, 2011, pág. 129). Como ejemplo puede citarse el fenómeno del niño en el año de 1998, que resultó en una fuerte sequía, con un fuerte impacto sobre el sector forestal debido a incendios, en nuestro país en ese año se registraron 14 445 incendios que afectaron 84 963 hectáreas (Villers y Hernández, 2007, citados por Sanchez, Díaz, Cavazos, Granados, y Gómez, 2011).

Los impactos del cambio climático actuales y esperados sobre la biodiversidad son significativos e incluyen cambios en el tamaño y la distribución de las poblaciones, corrimientos en las fechas de las fases de la fenología<sup>14</sup>, cambios de rango, evolución e incluso extinción (Sanchez, Díaz, Cavazos, Granados, y Gómez, 2011).

Existe una tendencia en la disminución de ecosistemas como selvas y bosques debido a la tala y cambio en el uso del suelo, para destinarlo como áreas de cultivo, si a esto último se le suma la amenaza del cambio climático la extinción de especies puede ser inminente.

El informe del IPCC 2014 establece como respuesta al cambio climático la modificación en abundancia y áreas de distribución geográfica de muchas especies terrestres, dulceacuícolas y marinas, así como también la modificación en actividades estacionales, pautas migratorias e interacciones con otras especies, así como la extinción de lagunas especies (Field, et al., 2014).

Si se considera que el cambio climático global natural, con una velocidad de cambio inferior a la del actual cambio climático antropogénico causó en los últimos millones de años importantes modificaciones de los ecosistemas y extinciones de

---

<sup>14</sup> La fenología es la ciencia que estudia los fenómenos biológicos (desarrollo y reproducción entre otros) que se presentan periódicamente y que están acoplados a los ritmos estacionales, estos fenómenos tienen una relación directa con el clima y con el curso anual del tiempo atmosférico en un determinado lugar. El aumento en la temperatura provoca alteraciones en los ciclos de las plantas, los tiempos de florecimiento y brote de hojas se ven alterados.

especies, los pronósticos pueden ser alarmantes en términos de pérdida de la biodiversidad.

***Predicciones sobre el efecto del cambio climático en México.*** En 1997, México emitía 0.96 ton de gases de efecto invernadero (GEI) encontrándose entre los 70 países con mayores emisiones de carbono a la atmósfera. El 30.5% de las emisiones de GEI están relacionadas con las actividades de cambio de uso de suelo, asociadas con los procesos de deforestación (Arriaga y Gómez, 2004).

El estudio de País que se presentó en 1997 en la Primera Comunicación de México ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio Climático considera que de existir un incremento de 2°C y una disminución en la precipitación anual del 10% generarían distintos escenarios de cambio climático (INE-SEMARNAP 1997, citado por Arriaga y Gómez 2004). Las especies animales y vegetales, amenazadas por la presión de la actividad humana, tendrán una doble amenaza ahora por el cambio climático. Se estima que esos cambios en los valores de temperatura y precipitación afectarían a los bosques templados, tropicales y los bosques mesófilos de montaña (Villers y Trejo 1998, citados por Arriaga y Gómez 2004) lo que implicaría un cambio en la distribución de las especies de esos ecosistemas. Está ampliamente documentado que la modificación en el área de cobertura de la vegetación –ya sea por expansión o contracción- conllevará necesariamente como consecuencia a una nueva distribución espacial de las especies, así como cambios en la abundancia de aquellas especies susceptibles (Peterson et al., 2001; Peterson et al., 2002, citados por Arriaga y Gómez, 2004, pág. 256).

Se han hecho simulaciones sobre los cambios en la distribución de las poblaciones vegetales, por la influencia del cambio climático, con base en estudios predictivos por medio de modelos como son los Algoritmos Genéticos para el Establecimiento de Reglas de Predicción (GARP, por sus siglas en inglés). Estos modelos se basan en la distribución actual de los tipos de vegetación y las especies que habitan en ellos, así como los parámetros físicos adicionales al clima y sus variaciones, que determinan la distribución de las especies tales como la altitud, la pendiente y la radiación solar estacional, las características ecológicas específicas del

sitio de colecta (nicho ecológico) de los ejemplares de la especie que se desea analizar, estas características son utilizadas por el programa “para generar otras áreas de similitud ecológica donde potencialmente se podría distribuir la especie en cuestión” (Stockwell y Noble, 1992; Stocwell y Peters, 1999, todos citados por Arriaga y Gómez 2004, pág. 257).

Al hacer un análisis predictivo a través de GARP, utilizando 17 especies de pinos e igual número de especies de encinos, y dos especies de aves, la chachalaca (*Ortalis wagleri* Gray G.R.) con amplia distribución<sup>15</sup> y el pavón (*Oreophasis derbianus* Gray) de distribución geográfica restringida<sup>16</sup>. Considerando un modelo general de circulación HadCM2<sup>17</sup>, que predice un aumento de temperatura entre 1.7 a 3°C y una disminución de la precipitación entre 10 a 365 mm, se determinó que los tipos de vegetación que serán más afectados por el cambio climático global con una disminución en la superficie actual son: los bosques de coníferas y encinos, seguidos del matorral xerófilo, el bosque mesófilo de montaña, la vegetación acuática y subacuática y el pastizal (Villers y Trejo, 1998, citado por Arriaga y Gómez, 2004), por lo que también se afectarán todas las especies que viven en esos ecosistemas. Por otro lado este modelo predice que aumentarán su superficie respecto a la actual el bosque tropical perennifolio, el bosque tropical caducifolio y subcaducifolio y el bosque espinoso.

Es importante destacar que a pesar de que los bosques tropicales tienen mayor cantidad de especies, los bosques mixtos de coníferas y encinos en nuestro país, por la gran heterogeneidad de condiciones climáticas, fisiográficas y topográficas hacen

---

<sup>15</sup> Especie distribuida desde Texas hasta Argentina. En México habita en los bosques tropicales caducifolios en la vertiente del Pacífico norte.

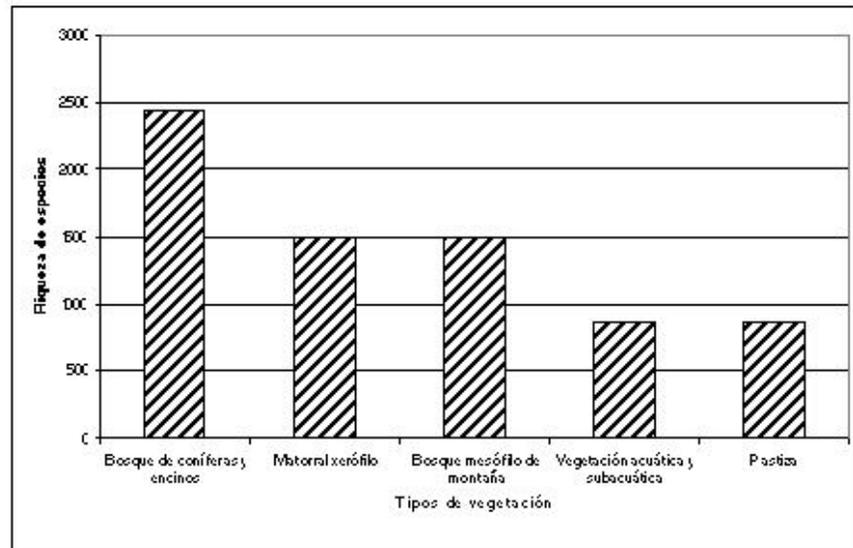
<sup>16</sup> Especie que sólo se encuentra en los bosques mesófilos de montaña de México y Guatemala, esta especie se encuentra en la lista de especies en peligro de extinción.

<sup>17</sup> Los modelos de circulación general HadCM2 incluye varios escenarios. uno conservador y un escenario menos conservador de cómo los climas podrían cambiar en los próximos 50 años debido a las emisiones de gases de efecto invernadero hacia la atmósfera. El escenario HHGSDX50 asume un aumento de CO<sub>2</sub> 0,5 % / anual, mientras que el escenario HHGGAX50 asume un aumento de CO<sub>2</sub> del 1% anual.

que este tipo de vegetación sea el más diverso (Rzedowski, 1998, citado por Arriaga y Gómez, 2004) y el que enfrentaría mayor riesgo por el efecto del cambio climático (ver Gráfica 4 y 5). Es de suma importancia destacar que este modelo no incluye el efecto antrópico asociado al desmonte y por tanto no están consideradas las altas tasas de deforestación que ocurren en estos ecosistemas, ni la pérdida anual de la cobertura vegetal. Estos son los casos para el bosque tropical perennifolio y el bosque mesófilo de montaña que son de los ecosistemas que sufren mayor deforestación en México, condición que no está considerada en el modelo.

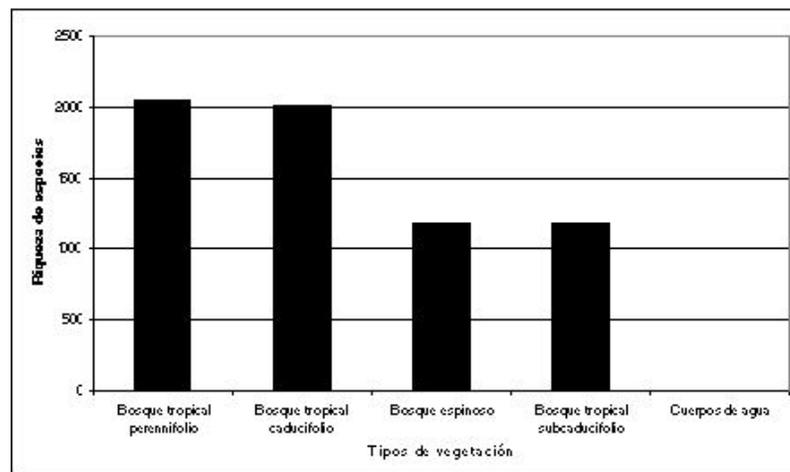
Los resultados obtenidos para las dos especies de aves, predicen que para la chachalaca, de acuerdo a los modelos predictivos la distribución se vería ampliada debido al aumento en la cobertura de vegetación del tipo de bosque tropical caducifolio. Mientras que para el Pavón, el escenario de distribución del bosque mesófilo de montaña en 50 años reflejaría una dramática disminución y por tanto una menor distribución de esta especie llevándola a una mayor susceptibilidad de riesgo que la actualmente definida.

**Gráfica 4. Tipos de Vegetación que Disminuirán su Superficie en Función de los Escenarios de Cambio Climático.**



Tomada de Arriaga y Gómez (2004, pág. 259)

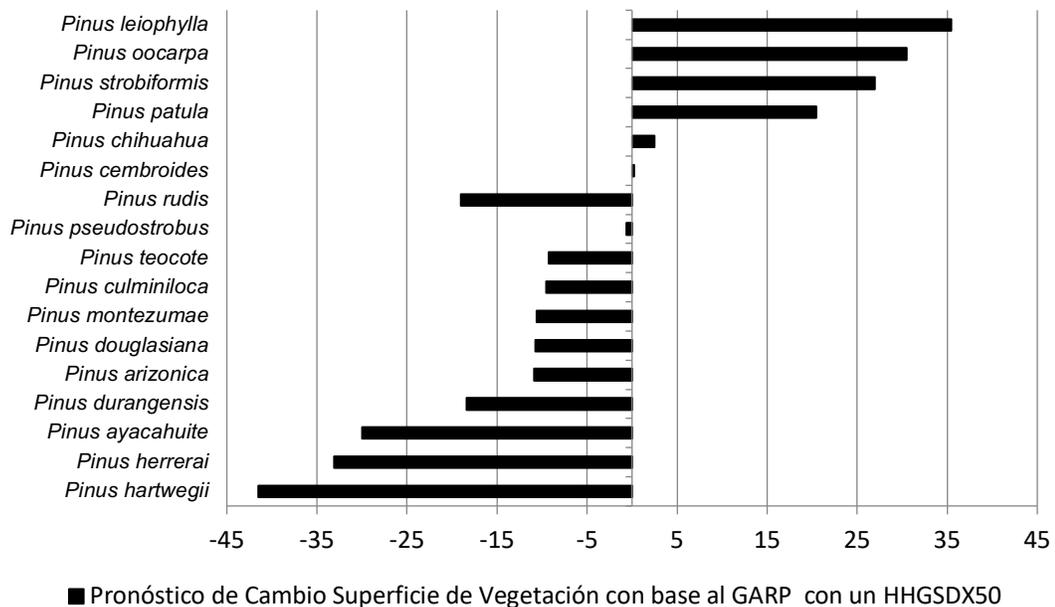
**Gráfica 5. Tipos de Vegetación que Aumentarán su Superficie en función de los escenarios de cambio climático.**



Tomada de Arriaga y Gómez (2004, pág. 259)

Debido al cambio climático las especies de coníferas y los encinos se verán desfavorecidos, las especies que se seleccionaron se “consideraron en función de los límites de tolerancia ecológica en los cuales se desarrollan” (Arriaga y Gómez, 2004pág. 261). Estas especies presentan una distribución tanto en ambientes templados y subhúmedos como ambientes húmedos y fríos. “De acuerdo con los escenarios actuales y cambio climático analizados para las 17 especies de pinos, se observa que estas especies [...] que actualmente se localizan en climas fríos o semifríos y húmedos o subhúmedos disminuyen su área de distribución K” (Arriaga y Gómez, 2004pág. 261), (ver Gráficas 6). En el caso de *Pinus hartwegii* que crece en las partes altas de las zonas montañosas (2500-4000 msnm) en climas fríos o semifríos y húmedos y subhúmedos disminuye su distribución en un 41.5% de la superficie actual. En tanto que las especies que se presentan en climas templados y secos como es el caso de *P. oocarpa*, podría incrementar su área de distribución en un 30.5% (Arriaga y Gómez, 2004 pág. 263).

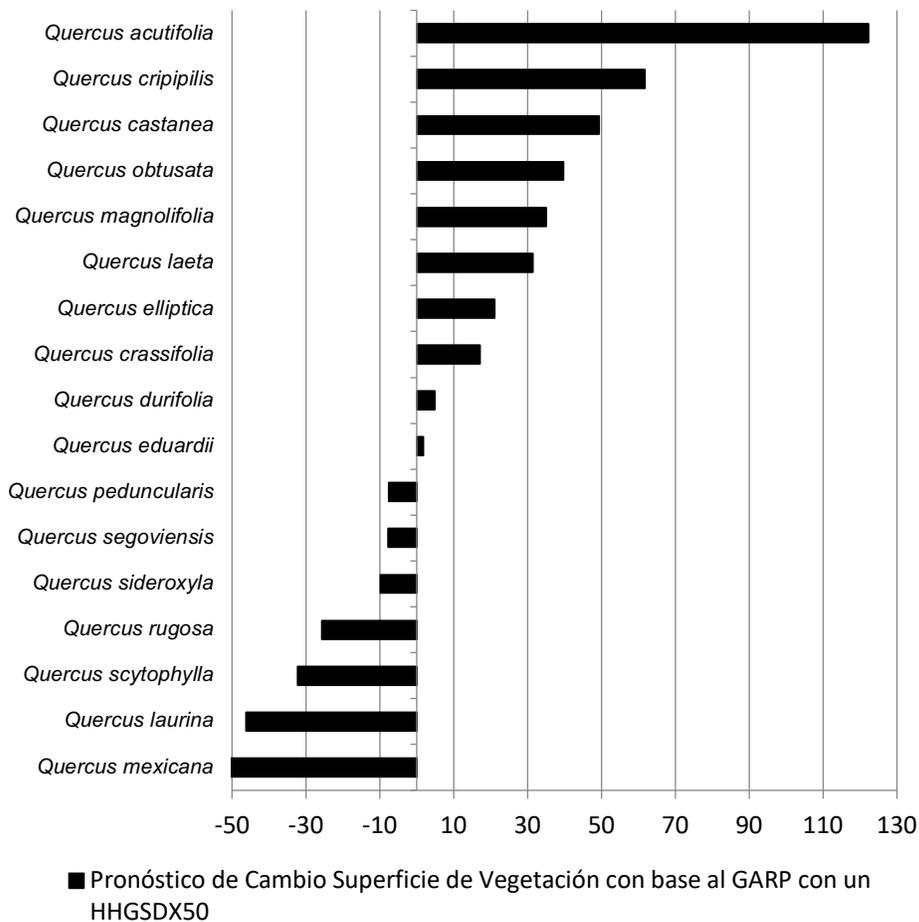
**Gráfica 6. Pronóstico de Cambio Vegetación de Pinos**



Elaboración propia basado en Arriaga y Gómez (2004, pág. 262)

En el caso de los encinos se encuentran patrones similares a los arriba mencionado (ver Gráfica 7), como es el caso de *Quercus laurina* de amplia distribución en el país y que crece en climas templados subhúmedo y templado y húmedo tanto en bosques mixtos de pinos y encinos, como en bosques de coníferas y de encinos disminuiría su distribución en 46.2%, mientras que *Q. laeta* que se encuentra en climas de tipo templado subhúmedo, tanto en bosques mixtos de pino-encino, bosques de encinos y medianamente en chaparrales y matorrales aumentaría su distribución un 30.5% (Arriaga y Gómez, 2004, pág. 261).

**Gráfica 7. Pronóstico de Cambio Superficie de Vegetación de Encinos**



Elaboración propia basado en Arriaga y Gómez (2004, pág. 262)

Estos escenarios predictivos de distribución vegetal generados con el modelo GARP, al igual que los escenarios climáticos así como los de distribución futura de las especies en México son inciertos. El aumento en las superficies de cobertura de cierto tipo de vegetación no se relaciona necesariamente con un aumento en distribución y abundancia de los organismos que viven en esos ecosistemas, “ya que cada especie responderá de acuerdo con sus capacidades de adaptación a los cambios climáticos y a la resiliencia<sup>18</sup> de los ecosistemas en donde se distribuye” (Arriaga y Gómez, 2004, pág. 264).

### **La interacción entre los seres vivos y la regulación del clima**

Una cascada trófica es definida como la progresión de efectos indirectos por los depredadores a través de cada uno de los niveles tróficos inferiores (Estes et al., 2001, citado por Ripple y Beschta, 2004). En los ecosistemas terrestres las interacciones entre los niveles tróficos pueden ser complejas, los efectos tanto de la punta más alta del nivel hacia la base (top-down) y de la base hacia la punta<sup>19</sup> (bottom-up) pueden ocurrir de forma simultánea y con diferentes niveles de intensidad.

Está claramente entendido que los depredadores influyen directamente sobre el tamaño de las poblaciones de sus presas a través de la mortalidad directa, y esto a su vez puede influir sobre la presión de forrajeo de especies específicas de plantas o en comunidades enteras de plantas (Ripple y Beschta, 2004, pág. 756). Existen estudios en la zona norte de Estados Unidos, sobre las interacciones entre el lobo (*Cannis lupus*) y el alce (*Alces alces*) en las cuales se observa que la depredación por el lobo disminuye la población del alce, llevándola a niveles de densidad poblacional bajos (< 0.1-1.3 alces/Km<sup>2</sup>), lo que a su vez resulta en bajos niveles de ramoneo y/o pastoreo,

---

<sup>18</sup> La resiliencia definida en términos ambientales sería la capacidad del sistema de afrontar un suceso, tendencia o perturbación, respondiendo o reorganizándose de modo que se mantengan su función esencial y su estructura, conservando al mismo tiempo la capacidad de adaptación y transformación.

<sup>19</sup> Se considera que en la parte más alta de una red trófica se encuentran los consumidores cuaternarios y en la base se ubicarían los productores.

especialmente en las áreas donde tanto el lobo como los osos depredan al alce (Mesier, 1994, citado por Ripple y Beschta, 2004, pág. 756). Un ejemplo claro de la interacción top and down puede observarse en las colinas boscosas de Venezuela las cuales debido a un embalsamiento fueron aisladas, cuando los depredadores desaparecieron de las “islas” el número de herbívoros aumentó y con ello la reproducción de árboles de dosel fue suprimida por un aumento en la presión de forrajeo, en estas islas sin depredadores se pudo observar que debido a la falta de reclutamiento<sup>20</sup> existían pocas especies con árboles jóvenes (Terborgh et al., 2001, citado por Ripple y Beschta, 2004, pág. 756).

Las interacciones top and down no sólo se limitan al control poblacional, sino que también pueden observarse cambios en el comportamiento de las presas debido a la presencia de depredadores. Estos cambios en el comportamiento reflejan la necesidad para equilibrar la necesidad de alimento y la seguridad, lo cual determina el uso del espacio por los herbívoros, refugios, patrones de forrajeo y preferencias de hábitats, causados por el “miedo” a la depredación (Lima y Eneldo 1990, citados por Ripple y Beschta, 2004, pág. 756), para Werner y Peacor (2003, citados por Ripple y Beschta, 2004, pág. 756) el cambio en el comportamiento de la presa puede influir en otros elementos de la red alimentaria e incluso se pueden producir efectos de igual magnitud de los que resultan por los cambios en las poblacionales de depredadores y/o presas, Schmitz et al. (1997, citados por Ripple y Beschta, 2004, pág. 756) consideran que este cambio de comportamiento puede ser más importante que la mortalidad directa (depredador-presa) en la formación de patrones de herbivoría.

Uno de los cambios en la conducta de las presas es la búsqueda de refugios. Ya que estos reducen potencialmente en número de encuentros con los depredadores, (Taylor, 1984, citado por Ripple y Beschta, 2004, pág. 756) en un sistema lobo-ungulados<sup>21</sup> los refugios serían áreas alejadas de los corredores del lobo (lo cual

---

<sup>20</sup> Reclutamiento entendido como la incorporación de plantas jóvenes al ecosistema.

<sup>21</sup> El término ungulados se refiere a mamíferos placentarios, que se apoyan en el extremo de los dedos, típicamente revestidos de pezuñas, en el caso mencionado se puede tratar de ciervos, renos, caribús, cabra del monte o alces.

implicaría migración), o bien fuera de los territorios centrales de éste último, en ambos casos al existir bajas poblaciones de ciervos y/o alces en estos sitios se reduce drásticamente la herbivoría creando potenciales “refugios de plantas” (Ripple et al. 2001, citado por Ripple y Beschta, 2004, pág. 756), como se pudo observar en el Parque Nacional de Jasper, cuando se recolonizó el área por los lobos se regeneraron áreas (de forma natural) donde existía alto riesgo de depredación y crecimiento de 3 a 5 metros de álamos nuevos.

Las presas pueden alterar el uso del espacio y sus patrones de búsqueda del alimento dependiendo de las características del terreno y el grado que estas influyen en el riesgo de depredación, es decir pueden pastar con menor intensidad en sitios con alto riesgo o evitarlos por completo. En los hábitats cuyo paisaje puede ser cerrado o abierto<sup>22</sup> en el primero las presas pueden utilizar estrategias para esconderse reduciendo los encuentros con los depredadores o bien en un terreno abierto poder visualizar al depredador y tener oportunidad de escape. Se ha observado que el borrego cimarrón (*Ovis canadensis*) evita los sitios donde se obstruye la visibilidad prefiriendo los sitios abiertos, y cuando eventualmente se encuentra en espacios cerrados, con poca visibilidad, se mueve mientras se alimenta, disminuyendo con esto el consumo de forraje por paso, aún cuando la calidad del forraje se encuentra a menor elevación, el forrajeo en sitios cerrados es menor con relación a los sitios de alta visibilidad (Risenhoover y Bayley, 1985, citados por Ripple y Beschta, 2004, pág. 757). Se ha observado que la probabilidad de éxito del lobo mientras caza depende de las circunstancias que le permitan aproximarse a la presa sin ser detectado y que el factor “sorpresa” es un elemento muy importante (Kunkel y Pletscher, 2001, citados por Ripple y Beschta, 2004, pág. 757).

Para reducir el riesgo de depredación por forrajeo, algunos organismos se sitúan en “zonas de escape” que a menudo son áreas cercanas a pendientes extremadamente pronunciadas o acantilados, las cuales son difíciles y en ocasiones

---

<sup>22</sup> En un paisaje cerrado se puede observar gran cantidad de cubierta forestal, mientras que en un paisaje abierto la cubierta forestal es escasa.

imposibles de alcanzar por los lobos, cómo es el caso de la cabra de monte (*Capra ibex*) o el caso del caribú (*Rangifer tarandus*) el cual se desplaza hacia mayores altitudes para aumentar la distancia entre ellos y los lobos los cuales viajan en los fondos de los valles (Bergerud y Pages, 1987, citado por Ripple y Beschta, 2004, pág. 757).

Todos estos cambios en el comportamiento debidos al riesgo de depredación tienen el potencial de influir en la estructura y composición del ecosistema, por la formación de “refugios locales de plantas” los cuales tienen menor tasa herbivoría, y menor probabilidad de que el crecimiento de las plantas, sea eliminado por los ungulados (Ripple y Beschta, 2004, pág. 757).

Las cascadas tróficas pueden afectar la estructura y función del ecosistema, tanto en los factores bióticos como en los abióticos, como es el caso de los ecosistemas riparios<sup>23</sup>. Estos sistemas de ribera cuya función ecológica afecta tanto a los organismos acuáticos y terrestres así como también a los procesos hidrológicos y geomorfológicos de los sistemas fluviales, se caracterizan por su capacidad de absorber y almacenar elementos, retienen parte del nitrógeno y fósforo arrastrados por la escorrentía, mantienen el carbono y el ciclo de nutrientes. La vegetación riparia controla la temperatura y la luminosidad del agua de las zonas ribereñas y acuáticas, a través de sus raíces aumenta la estabilidad de las orillas, “proporciona cantidades importantes de detritos vegetales (madera y hojas muertas) las cuales reducen la velocidad de la corriente, frenan las crecidas” (Granados-Sánchez, Hernández-García, y López-Ríos, 2006, pág. 55), mantienen la conectividad hidrológica entre los ríos y llanuras de inundación, propiciando zonas de calma que ofrecen hábitats favorables y soporte a la cadena alimenticia que permiten la instalación de muchas especies animales.

Cuando estos sistemas se alteran por la herbivoría excesiva, el impacto ecológico sobre el sistema y sus funciones pueden ser graves (Ripple y Beschta, 2004).

---

<sup>23</sup> El término ripario se designa a una región de transición entre los medios terrestres y acuáticos.

La presencia del lobo en los sistemas ribereños no solo tiene efectos directos sobre la disminución de la herbivoría de especies leñosas como el álamo y el sauce ocasionada por los herbívoros ungulados, si no también estos carnívoros representan un control indirecto sobre las poblaciones de castor, ya que al disminuir la presión por herbivoría sobre estos árboles se sostiene el reclutamiento a largo plazo de estas especies y el suministro de alimento al castor (Ripple y Beschta, 2004, pág. 758).

Sin la presencia del lobo en el ecosistema, y reducido el riesgo de depredación, puede conllevar a un aumento en la herbivoría, la cual si es suficientemente severa y sostenida puede causar tanto la pérdida de las especies leñosas por ramoneo, como de las funciones del sistema ripario de las cuales dependen los castores (Ripple y Beschta, 2004).

## Capítulo III

### Las TIC en los Procesos Educativos

#### **Las TIC en el Contexto Educativo**

Existen tres etapas en el desarrollo de la tecnología comunicativa y su incidencia en la educación. La primera etapa cuando el hombre primitivo requiere para el trabajo colectivo –como forma de sobrevivencia y adaptación- comunicarse de forma clara y eficiente, esta etapa denominada natural (fisiológico), es caracterizada por el habla y gestualidad. Como único medio de comunicación, la transmisión oral requería que los hablantes coincidieran físicamente en el tiempo y en el espacio, la observación, la memoria y la reproducción eran las habilidades que tenían que ponerse en juego. Estas habilidades son el origen de algunos métodos de enseñanza y aprendizaje, donde la memoria juega un papel fundamental, y está caracterizada por la imitación, el recitado, la transmisión y reproducción de la información, todos ellos pueden ser útiles para “fijar y conservar unos conocimientos imprescindibles no sólo para preservar la cultura, sino también para reproducir y mantener la separación entre los distintos estamentos sociales que componen una sociedad altamente jerarquizada” (Coll y Monereo, 2008, págs. 22, 24).

La segunda etapa, denominada artificial (técnico), el hombre se adapta y transforma la naturaleza, con el desarrollo de la tecnología (agrícola, ganadera, de construcción de viviendas y elaboración de herramientas) y requiere registrar datos a “modo de memoria externa y trasladar y compartir con otras informaciones, experiencias consejos” (Coll y Monereo, 2008, pág. 24) por medio de la escritura. Esta última rompe la temporalidad, ya no se requiere que exista la presencia física en el mismo momento para establecer la comunicación, y en cierta forma también se rompe la situación espacial, en un principio con distancias cortas a través de mensajeros y después el correo postal.

Las sociedades incipientemente industrializadas y el desarrollo urbano se ven modificados por la creación de la imprenta y el correo postal. La educación se centra y

encuentra sus referentes en los textos, se elaboran los libros escolares, el objetivo de la educación se vuelca a “la consecución de una mente alfabetizada, letrada, capaz no sólo de decodificar fonéticamente los grafemas, sino comprender los contenidos de manera significativa para utilizarlos” (Coll y Monereo, 2008, pág. 24).

Las barreras espaciales se rompen de forma definitiva con la invención del telégrafo, la radio y la televisión, los sistemas analógicos de comunicación “permiten el intercambio a nivel planetario” (Coll y Monereo, 2008, pág. 24). Los nuevos medios audio visuales son tratados de integrar a los centros educativos como un complemento de la información escrita, tratando de “promover una alfabetización gráfica y visual, si bien los intentos son tímidos y tienen un alcance limitado” (Coll y Monereo, 2008, pág. 24) en parte por la entrada de la tecnología digital y la posibilidad que las diferentes tecnologías de la comunicación puedan converger en esta última. La tercera etapa en las tecnologías de la información y la comunicación , llamada virtual (electrónico), se ve magnificada gracias a la interconexión de ordenadores digitales y al internet (primero de forma alámbrica para después llegar al inalámbrico), consolidándose la sociedad de la información (SI). “El desarrollo de las redes inalámbricas y la internet móvil que pueden hacer posibles la vieja utopía de la conexión total” (Coll y Monereo, 2008, pág. 25).

**Uso e impacto de la TIC en el contexto escolar.** Las políticas educativas tanto Internacionales como nacionales han estado orientadas hacia la dotación de tecnología de la información y comunicación (TIC) para su integración en el contexto educativo, con una visión de que éstas pueden mejorar el aprendizaje y la calidad de la educación. A lo largo de los años, en México se han implementado diversos programas, de caducidad sexenal, para dotar a las escuelas de TIC, como son: Red Escolar 1996, SEC 21 1999, Enciclomedia 2004, Habilidades Digitales para Todos 2007, Aula Digital 2008, y el programa más reciente Inclusión y Alfabetización Digital 2014. Contrariamente a los programas gubernamentales mexicanos en dotación de TIC, existe un vacío en las políticas educativas para la capacitación de los docentes en el uso e implementación de las TIC en el proceso de enseñanza aprendizaje, se echan a andar los programas, para luego aprender cómo pueden funcionar.

Existen experiencias internacionales, en contextos similares al mexicano, en que la dotación masiva de equipos, es una medida insuficiente en cuanto que la tecnología por sí misma no basta para mejorar las prácticas docentes ni el aprendizaje de los alumnos. Las TIC pueden contribuir a innovar en los procesos educativos, pero dependen de la habilidad y la disposición de los maestros como mediadores entre ellas y el aprendizaje del alumno. La inserción de las TIC en el proceso educativo presupone, no sólo la dotación de equipos y el uso de estos, si no la adecuada utilización de éstos en el proceso de enseñanza aprendizaje, teniendo de base un plan pedagógico.

Tanto en el panorama internacional como en el nacional, se han realizado infinidad de estudios sobre el impacto y uso de la TIC en el proceso educativo, en estos estudios se han encontrado muchas coincidencias en los problemas a resolver para que las TIC puedan ser un factor de mejora y que impacten positivamente en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Dentro de los factores coincidentes y con mayor peso están la concepción y habilidades que pueda tener el profesor en cuanto a las TIC. Aunque el profesor tenga competencias en el uso de las TIC no significa necesariamente que implemente éstas en su quehacer pedagógico (Kozma, et al., 2010; Karsenti y Lira, 2011) o que al implementarlas dentro del aula modifique el tipo de enseñanza tradicional (Lombillo, López, y Zumeta, 2012; Santiago, Caballero, Gómez, y Domínguez, 2013). Existen considerables elementos subjetivos, como la motivación del docente, formación y concepción pedagógica, entre otros, que inciden directamente en la efectividad e integración de la TIC (Plowman, Mateer, y Leakey, 2002; Area, 2005; Totter, Stütz, y Grote, 2006). De igual manera, cobra un valor significativo la relación bidireccional entre las políticas escolares y aquellas de orden general, entre las cuales figura la formación continua de los docentes y que esta capacitación corresponda a las necesidades de los mismos (Plowman et. al 2002; Valdéz, Angulo, Urías, García, y Mortis, 2011).

### **¿Cómo son Utilizadas las TIC en el Aula?**

Al hacer una clasificación de cómo se utilizan las TIC en el aula, se puede observar que la utilización de estos medios va desde una forma sofisticada de proyección de imágenes o videos, o bien como una forma de acceder a textos supliendo

al libro, como una forma de acceder a la información sin que exista procesamiento de la misma, hasta actividades que permiten el procesamiento de la información y la apropiación del conocimiento. En un estudio de caso realizado en España cuyos objetivos eran identificar, describir y analizar los usos de las TIC desarrollados en cinco secuencias didácticas específicas, relacionadas con el uso de las TIC, analizar el contraste entre los usos previstos y los usos reales de las TIC en esas secuencias didácticas e indagar el grado en que los usos reales encontrados pudieran considerarse transformadores de los procesos de enseñanza y aprendizaje, encontraron que los usos de las TIC como instrumento de configuración de entornos de aprendizaje y espacios de trabajo para profesores y alumnos, (usos que no se limitan a reproducir, imitar o simular entornos de enseñanza y aprendizaje posibles sin presencia de las TIC), y que aprovechan en mayor medida sus potencialidades específicas y su valor añadido eran los menos usuales, al mismo tiempo constataron que los usos reales de las TIC tenían una explotación menor en cuanto a las potencialidades de las herramientas tecnológicas de lo que los profesores anticipaban y eran menos transformadoras de la práctica de lo que los profesores pretendían (Coll, Mauri, y Onrubia, 2008).

Muchos de los problemas asociados con la implementación y/o desarrollo de contenidos en el aula, utilizando las computadoras son debidos a que éstas cumplen la función de profesor en las prácticas educativas tradicionales, convirtiendo al alumno en depositario de la información. Como se describe en Jonassen y Reeves (1996), gran parte de los resultados poco satisfactorios de la utilización de las computadoras en el proceso educativo se puede atribuir a un énfasis equivocado sobre el uso de la tecnología como algo que los estudiantes deben aprender "de" de una manera similar a cómo podrían aprender "de" los maestros, libros de texto o la televisión. La visión de utilizar la computadora como herramienta o tutor fue propuesta desde los años ochenta (Taylor, 1980) aunque esta visión se ha transformado y más recientemente se ha considerado emplear las computadoras como herramientas cognitivas: los investigadores y los profesionales han intentado más recientemente emplear los ordenadores como "herramientas cognitivas" para que los alumnos aprendan "con" éstas 'mientras que están resolviendo los problemas o la realización de tareas.

Desafortunadamente, el uso inmaduro de las computadoras como herramienta cognitiva también ha llevado a resultados poco satisfactorios. En lugar de utilizar las computadoras como herramientas para aprender "con", los profesores se han centrado en ayudar a sus estudiantes a dominar las propias herramientas (todos en Kim y Reeves, 2007).

El uso de las TIC no ha tenido el impacto que se esperaba en el contexto educativo (Kim y Reeves, 2007; Coll, 2008) los principales factores para el uso de éstas como transformadoras de la práctica docente y del aprendizaje en el aula son la capacitación, actitudes, habilidades digitales, plan pedagógico específico, para este recurso, de los profesores, así como aspectos metodológicos a la hora de evaluar la efectividad de las TIC en el aprendizaje.

Con un determinismo tecnológico se ha considerado que las TIC en el contexto educativo, eliminarán la brecha digital, que insertarán al alumno dentro de la sociedad de la información y del conocimiento, que estas tecnologías están "transformando a la educación de manera fundamental. Se dice que desafían las definiciones existentes de conocimiento, ofrecen nuevos modos de motivar a los alumnos y prometen oportunidades infinitas para la creatividad y la innovación" (Buckingham, 2008, pág. 27). Estas expectativas creadas por compañías comerciales, como señala Buckingham, en muchas ocasiones no corresponden a la realidad, y existen evidencias que el impacto de las TIC en el contexto educativo es más bien limitado.

A pesar de que existen evidencias contradictorias de que las TIC sean un factor de mejora educativa, las políticas educativas nacionales han encaminado sus esfuerzos hacia la dotación de tecnología de la información y comunicación (TIC) para su integración en el contexto educativo.

Ante estas políticas el docente, sin una capacitación hacia la alfabetización digital, y sin una propuesta pedagógica sobre el uso de las TIC en el proceso de enseñanza aprendizaje, tiene que articular en su práctica esta tecnología lo cual puede ser desde un punto innovador o bien para replicar formas tradicionales de enseñanza, enseñanza de habilidades funcionales de la tecnología o prescindir de su uso. La falta de coherencia entre la dotación de tecnología y la capacitación del profesor, conlleva a

“un descuido de cuestiones educativas básicas, no solo sobre cómo enseñamos con tecnología, sino también sobre lo que los niños y niñas necesitan saber sobre ella” (Buckingham, 2008, pág. 27).

La enseñanza con TIC presupone algo más que la capacitación (del docente y del alumno) para utilizar procesador de texto, hojas de cálculo y administración de archivos. Podría decirse que este es el currículum del Microsoft Office. Este currículum “ofrece poco más que un entrenamiento descontextualizado en habilidades funcionales” (Buckingham, 2008, pág. 28). Se requiere una alfabetización digital, ante todo con una posición reflexiva y crítica por parte del profesor, en términos de qué enseñar, cómo enseñarlo y cuándo utilizar la tecnología. “Reflexionar sobre cómo las tecnologías median y representan el mundo, acerca de cómo crean sentidos sobre el mundo y cómo son producidas” (Buckingham, 2008, pág. 29). Pero también se requiere que el alumno en el proceso de alfabetización digital, conozca y comprenda qué son los medios y que pueda tener una actitud crítica ante ellos, se hace necesario en este proceso de alfabetización crítica les permita comprender cómo se produce la información, cómo circula, cómo se consume, y qué sentido tiene.

La alfabetización digital, no sólo debe contemplarse en términos del docente y el alumno como consumidores de información, sino también como recreadores y creadores de información.

Para la implementación de la TIC en el acto educativo se requiere una concepción pedagógica centrada en el educando, reconocer que éste tiene saberes, que es un ser cognoscente y creativo, se requiere fomentar una actitud crítica y afianzar la autorregulación del alumno.

Las TIC en el contexto escolar pueden abrir ventanas al conocimiento, a la imaginación, aproximar al alumno a diferentes culturas, a la sociedad de la información, pueden ser espacios de comunicación, de diálogo, de reflexión, potenciadoras cognitivas y es ahí donde estas tecnologías podrían tener un papel relevante en la educación.

El entender cómo los docentes utilizan la TIC dentro del aula puede permitirnos plantearnos un modelo de intervención en el cual se obtenga todo el provecho de las

TIC como herramienta para el aprendizaje y que conduzca a los alumnos hacia la alfabetización digital y los introduzca hacia la sociedad de la información y el conocimiento.

**TIC como “herramientas” mentales.** Para Coll y Monereo (2008, pág. 19) “el tratar de entender y valorar el impacto de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) basándose tan solo en su influencia sobre las variables psicológicas del aprendiz que opera con un ordenador y que se relaciona, a través de él, con los contenidos y tareas de aprendizaje y con sus compañeros o su profesor supondría una aproximación sesgada y miope de la cuestión”, para estos autores el impacto de las TIC es solo un aspecto de un fenómeno más amplio y que está relacionado con el papel de éstas en la sociedad actual.

A partir del desarrollo acelerado de las tecnologías de la información y comunicación, durante la segunda mitad del siglo XX, la sociedad se ha ido transformando y nos estamos encontrando ante una nueva forma de organización económica, social, política y cultural, denominada sociedad de la información que conlleva a nuevas formas de comunicación, de trabajo, de relacionarse y de aprender. En la mirada de Castells (200, pág. 60, citado por Coll y Monereo 2008, pág.19) nos encontraríamos ante “un nuevo paradigma tecnológico organizado en torno a las tecnologías de la información”.

Para Castells (2001, citado por Coll y Monereo, 2008) Internet no es solo una herramienta de comunicación y de búsqueda, procesamiento y transmisión de información que ofrece unas prestaciones extraordinarias; Internet conforma además un nuevo y complejo espacio global para la acción social y, por extensión para el aprendizaje y la acción educativa.

A partir de la expansión del Internet, y su uso en diferentes esferas sociales, se han ido configurando nuevas formas de relación social, de producción y comercio, en las cuales la coincidencia personal en términos espacio-temporal están rebasadas, “las personas no están obligadas a vivir, encontrarse o trabajar cara a cara para producir mercancías, ofrecer servicios o mantener relaciones sociales significativas” (Shayo y cols., 2007, citados por Coll y Monereo, 2008, pág. 20), se han conformado nuevas

“sociedades virtuales” –con nuevas reglas y prácticas- las cuales se han ido expandiendo debido al desarrollo de las economías globales, las políticas nacionales de apoyo a internet, la creciente alfabetización digital de la población y la mejora gradual de la infraestructura tecnológica (Coll y Monereo, 2008).

Para Shayo y colaboradores (2007, citados por Coll y Monereo, 2008), tanto la creciente alfabetización digital como la mejora en la infraestructura tecnológica tienen un efecto multiplicador. Por una parte la convergencia digital -que permite la hipertextualidad<sup>24</sup>- junto con la exigencia del mercado para acceder e intercambiar datos con mayor rapidez y fiabilidad acelera la creación de nuevas aplicaciones que mejoren la comunicación, mientras que por otra parte aumenta tanto el número de usuarios que acceden a internet cómo las necesidades de alfabetización digital.

Las tecnologías de la información y comunicación -por su característica intrínseca de representar y transmitir información- tienen gran relevancia ya que están presentes y afectan prácticamente todos los ámbitos de la actividad humana, desde las formas y prácticas de la organización social, hasta la manera de comprender el mundo, organizar esa comprensión así como la transmisión de esos conocimientos a otras personas. Las TIC han representado en la historia del hombre “instrumentos para pensar, aprender, conocer, representar y transmitir a otras personas y a otras generaciones los conocimientos adquiridos” (Coll y Marti, 2001, citados por Coll y Monereo, 2008, pág. 22). Todas estas tecnologías están fundamentadas en el mismo principio: la posibilidad de utilizar un sistema de signos, como son el lenguaje oral y escrito, imágenes estáticas o en movimiento, símbolos matemáticos y notación musical entre otros. Aunque todas ellas comparten el mismo principio y función, difieren notablemente entre sí, en tanto en las posibilidades como las limitaciones “que ofrecen para representar la información, así como a otras características relacionadas con su

---

<sup>24</sup> La hipertextualidad puede entenderse como la forma de estructuración de un contenido textual o multimedial (hipermedialidad) que lo organiza mediante vínculos o enlaces entre distintas partes del mismo (Coll y Monereo, 2008, pág. 171). La estructuración de estos contenidos permite romper con una lectura lineal de un documento y trasladar al usuario a diferentes medios (otros textos, videos, imágenes) para aclarar o acrecentar la información.

transmisión (cantidad, velocidad, accesibilidad, distancia coordenadas espaciales y temporales etc.) y estas diferencias tienen a su vez implicaciones desde el punto de vista educativo” (Coll y Monereo, 2008, pág. 22).

## **El Enfoque de las Tic en el Proceso de Aprendizaje**

A pesar de enormes aumentos en infraestructura tecnológica y apoyo para los profesores, sigue siendo difícil hallar evidencia del impacto significativo de las TIC en la enseñanza y el aprendizaje en cualquier nivel educativo (Cuban, 2001). Muchos de los problemas de cómo las personas visualizan, desarrollan, utilizan y estudian las TIC en la educación son originados por concebirlas en el marco de las prácticas educativas comunes establecidas con anterioridad. Como señalan Jonassen y Reeves (1996, citados por Kim y Reeves, 2007), gran parte del poco impacto de la aplicación de las TIC en la educación se puede atribuir a un énfasis equivocado en el uso de la tecnología como algo que los estudiantes deben aprender de las tecnologías de forma similar a lo que podrían aprender de los maestros, libros de texto o la televisión.

La conceptualización del uso de las TIC en educación ha cambiado de ser más que un tutor, herramienta y tutelado (Taylor, 1980, citado por (Kim y Reeves, 2007) a ser vistas como "herramientas cognitivas" para que los estudiantes aprendan "con" mientras resuelven problemas o en la realización de tareas (Lajoie y Derry, 1993b; Lajoie, 2000, todos citados por Kim y Reeves, 2007). Desafortunadamente, el uso incipiente de estas tecnologías como herramientas cognitivas también ha conducido a resultados decepcionantes. En lugar de ser utilizadas como herramientas para aprender "con", los profesores se centraron en ayudar a sus estudiantes a dominar las propias herramientas, es decir, se han enfocado a enseñar el uso de la herramienta en lugar del proceso.

La potencialidad de las herramientas cognitivas se basa en el enfoque constructivistas sobre cómo se produce el aprendizaje y consecuentemente cómo los entornos de aprendizaje deben ser diseñados. El aprendizaje constructivista requiere la construcción de significados a través de la reflexión y la reconsideración continua de las interpretaciones existentes del mundo (Salomon y Almog, 1998, citados por Kim

y Reeves, 2007). Para el enfoque constructivista cognitivo la construcción de significados está en el individuo, mientras que el enfoque socio-constructivista considera que la construcción de esos significados está dada por una experiencia compartida más que por un solo individuo. El constructivismo como teoría del conocimiento postula que la adquisición de conocimientos sobre el mundo, y lo que lo que se llega a conocer de este es a través de la imposición sus propios significados del individuo (Duffy y Jonassen, 1992; von Glasersfeld, 1995, todos citados por Kim y Reeves, 2007). De acuerdo a los principios constructivistas no existe una manera correcta y única de ver el mundo y por lo tanto un ambiente de aprendizaje constructivista debe puntualizar sobre las múltiples y diversas formas de ver interpretar y resolver problemas. El enfoque constructivista enfatiza la participación activa del alumno en actividades significativas (tareas por completar o problemas a resolver) que fomenten la adopción de nuevos conocimientos y un mejor entendimiento (Phillips, 1995; Duffy y Cunningham, 1996; Salomon y Almog, 1998; Herrington et al., 2003).

Los resultados de las actividades cognitivas de los alumnos deberían ser las consecuencias de la construcción del conocimiento "con" TIC en lugar de aprender "de" tutoriales de informática de una forma estructurada previamente por otra persona. El enfoque en el uso de TIC para las actividades cognitivas de los alumnos a pensar "con" se deriva de la teoría de la cognición distribuida (Salomon, 1993, citados por Kim y Reeves, 2007). La cognición distribuida implica que los alumnos sean capaces de pensar profundamente y crear ciertos tipos de artefactos que representen su pensamiento al trabajar con herramientas cognitivas.

Jonassen y Reeves (1996, pág. 693, citados por Kim y Reeves, 2007) caracterizan a las herramientas cognitivas como “las tecnologías que mejoran las capacidades cognitivas de los seres humanos durante el pensamiento, resolución de problemas y el aprendizaje”. La mejora, significa que las personas pueden tener pensamientos más profundos, más reflexivos, mediante el traslado de algunas tareas a las herramientas (por ejemplo, cálculos), o ser capaces de realizar tareas cognitivas que serían imposibles sin este tipo de herramientas (por ejemplo, para modelar las interacciones complejas (Jonassen y Reeves, 1996, citados por Kim y Reeves, 2007). Para Salomon (1993, citado por Kim y Reeves, 2007) las herramientas cognitivas son

instrumentos ilimitados que los estudiantes operan y manipulan para ayudarse a sí mismos a enganchar el pensamiento constructivo, lo que les permite pensar más allá de sus limitaciones cognitivas. El “carácter ilimitado” significa que los estudiantes deciden activamente sobre sus procesos mentales y la necesidad de apoyo cognitivo.

Si se parte de la tesis que la cognición no reside sólo en la mente de uno, sino que esta es distribuida entre las personas, los objetos y símbolos durante el pensamiento, la reflexión y el aprendizaje, la teoría de la cognición distribuida ofrece una visión de cómo los estudiantes utilizan el medio y sus sub-componentes como parte integral de su proceso de aprendizaje (Salomon, 1993, citado por Kim y Reeves, 2007).

Existe un cierto acuerdo entre los investigadores que la distribución de la cognición puede ser: Social; simbólica; física o material (Perkins y Grotzer, 1997; Salomon, 1993, todos citados por Kim y Reeves 2007). La distribución social del conocimiento es frecuentemente ejemplificada en los sitios de trabajo, donde la dinámica del pensamiento en equipo y la toma de decisiones en grupo son críticos (Derry et al., 1998 citado por Kim y Reeves 2007). La cognición simbólica distribuida incluye el lenguaje, los signos y símbolos, el lenguaje y las representaciones que hacen posible el pensamiento cotidiano. La distribución física incluye todo lo visible o tangible, que van desde lápiz y papel, el ábaco hasta las máquinas de inteligencia artificial (Kim y Reeves, 2007). Cualquier actividad cognitiva refleja algún aspecto de las tres distribuciones cognitivas, por ejemplo, la lluvia de ideas (distribución social del conocimiento entre las personas) el escribir o dibujar un diagrama (distribución simbólica) para visualizar las ideas discutidas en el pizarrón (distribución física).

La interacción entre personas afecta el comportamiento y el pensamiento; pensar conforme a las estructuras y normas sociales (Kim y Reeves, 2007). Los medios físicos y simbólicos afectan el pensamiento de manera diferente entre las personas. Los símbolos tienen la relación más directa con las representaciones mentales internas. La distribución física por lo general implica algún cambio en el artefacto como el resultado del proceso de pensamiento, por ejemplo, la posición de las cuentas en un ábaco) (Vygotsky, 1978, citado por Kim y Reeves, 2007). Cuando se utilizan medios físicos y representaciones para los procesos mentales, se convierten

en una parte de las interacciones y los resultados de pensar (Pea, 1993; Salomon, 1993a). A veces, la participación de nuevos medios simbólicos y / o físicos en el proceso mental cambia la naturaleza misma de la actividad (Cobb et al., 1991, citado por Kim y Reeves, 2007). En este sentido, las TIC como medio simbólico y físico, pueden mejorar o ampliar las capacidades cognitivas, a través de la velocidad y la precisión en el procesamiento de la información y las representaciones, a través de tareas que impliquen pensamientos complejos, la toma de decisiones y resolución de problemas basados en el procesamiento de la computadora. De esta forma la TIC “ya no se percibe como un medio de entrega simple, sino como una tecnología que tiene capacidades únicas para complementar el conocimiento del alumno” (Kozma, 1991, citado por Kim y Reeves, 2007)). Salomon et al. (1991, citado por Kim y Reeves, 2007) hacen énfasis en este proceso cognitivo al hacer una distinción importante entre los efectos "con" y los efectos “de” la tecnología. Los efectos “con” resultan en un mejor rendimiento intelectual durante el aprendizaje por la distribución física de la cognición hacia la tecnología. Por el otro lado el efecto “de” la tecnología es evidenciado por el "residuo" cognitivo que permanece después de completar una tarea (Salomon et al., 1991 citado por Kim y Reeves, 2007). La distribución, no implica que una actividad cognitiva se divida en partes y se asigne a la TIC para que piense por los alumnos y éstos trabajen menos. Más bien, la distribución implica un estado dinámico de la cognición que se extiende por las capacidades de la computadora. Las herramientas cognitivas no pueden hacerse cargo ni restar importancia al pensamiento humano, como la toma de decisiones, pero pueden realizar tareas que puedan impedir que los estudiantes se involucren en la reflexión y el pensamiento profundo (por ejemplo, los cálculos repetitivos cuando éstos en sí no son la parte fundamental de la tarea) (Kim y Reeves, 2007) o ayudar a los alumnos a hacer conexiones entre un fenómeno y causas. Al extender la cognición humana, las herramientas cognitivas cambian la naturaleza de las actividades y abren múltiples posibilidades a nuevas actividades. Más aun éstas transforman potencialmente las estructura y procesos cognitivos (Salomon y Perkins, 1998, citados por Kim, y Reeves, 2007).

El supuesto de que los alumnos de forma automática van a aprovechar las ventajas que brinda la TIC cuando se involucran en actividades cognitivas, es dudoso

(Perkins, 1993; Salomon, 1993, citados por Kim y Reeves, 2007). Para que estas herramientas cognitivas se conviertan realmente en una extensión de la cognición humana, los estudiantes deben esforzarse para la participación consciente de la actividad. Esto es el estudiantes debe examinar lo nuevo bajo múltiples perspectivas y categorías en la resolución de problemas (Langer y Moldoveanu, 2000 citado por Kim y Reeves, 2007). Las herramientas cognitivas a diferencia de medios que atrapan la atención pasiva del usuario, requieren que el aprendiz sea consciente y reflexivo en el trabajo con estas herramientas, que compare, contraste y reflexione profundamente, tome decisiones más allá de la experiencia de arreglos predeterminados de palabras e imágenes (Kim y Reeves, 2007). Este compromiso mental, lleva a la construcción de nuevo conocimiento o nuevas representaciones del mismo (Norman, 1993, citado por Kim y Reeves, 2007). Se debe estudiar cuidadosamente las transacciones que los estudiantes hacen cuando interactúan y desarrollan asociaciones cognitivas con estas herramientas, ya que las herramientas cognitivas tienen como características la intencionalidad de dejar la toma de decisiones y el pensamiento de orden superior a los alumnos y no proporcionar instrumentos que les permita a los alumnos realizar tareas y resolver problemas sin pensar.

El impacto de las computadoras en la educación se basa en definirlos como “socios del pensamiento” que amplían las capacidades cognitivas humanas más allá de medios de distribución (Salomon et al., 1991, citado por Kim y Reeves, 2007). La teoría de la cognición distribuida ofrece una agenda en cuanto a cómo la cognición debe ser distribuida entre los participantes en una actividad, centrándose en las nuevas oportunidades obtenidas mediante el uso de las TIC en el aprendizaje, Pea (1993, pág. 51, citado por Kim y Reeves, 2007) emplea la noción de "contribución" de Gibson como “propiedades de herramientas que determinan su uso”. La contribución en la cognición distribuida son las posibilidades que los símbolos y artefactos proporcionan en las relaciones distribuidas. Siempre existen esas contribuciones, pero no todas ellas pueden ser utilizadas sin la iniciación y el deseo de la persona que participa en la distribución (Pea, 1993, citado por Kim y Reeves, 2007). Por el contrario, a veces se suele estar acostumbrado a depender de algunos artefacto y símbolos para nuestras actividades cognitivas de tal forma que sus roles ni siquiera se reconocen, atribuyendo

el rendimiento sólo a la propia capacidad del individuo (Pea, 1993 ; Karasavvidis, 2002, citados por Kim y Reeves, 2007). Las contribuciones tecnológicas, los tipos de funciones cognitivas representadas (o por representar) en el diseño de una herramienta, tienen como objetivo apoyar ciertas tareas a través del razonamiento y las decisiones de los diseñadores, que reflejan las normas sociales y los significados culturales (Pea, 1993; Karasavvidis, 2002, citados por Kim y Reeves 2007 ), por lo que en última instancia, cómo se utiliza la tecnología depende de las intenciones de los diseñadores y los usuarios (Moore y Rocklin, 1998).

En resumen, los supuestos teóricos acerca de las herramientas cognitivas basadas en el punto de vista de la cognición distribuida son:

- La cognición se distribuye entre el alumno(s) y una herramienta cognoscitiva;
- La forma en que se distribuye la cognición se determina esencialmente por las intenciones de los diseñadores de herramientas.
- Esta puede ser afectada por la forma en que los alumnos deciden utilizarla en situaciones específicas.

La teoría de la cognición distribuida destaca las funciones de herramientas para ayudar a las tareas cognitivas de los alumnos, pero no se ha precisado sobre cómo debemos decidir qué incluir como funciones de la tecnología, cómo esas funciones podrían funcionar con los alumnos (Kim y Reeves, 2007). La teoría de la experiencia ofrece otra dimensión que complementa el concepto de herramientas cognitivas mediante la aclaración de puntos de vista sobre la naturaleza de las notables actuaciones. La teoría del *expertise* se sustenta en términos de los componentes de especialización, la forma en que se desarrollan, y cómo la experiencia se define cuando la tecnología está involucrada con el fin de describir e interpretar la relación entre las herramientas cognitivas y alumnos. La pericia (*expertise*) se puede definir como un estándar de rendimiento experto en un determinado dominio (Ericsson y Smith, 199, citado por Kim y Reeves, 2007), o como el grado de excelencia para una actividad determinada (Salthouse, 199, citado por Kim y Reeves, 2007). Una visión más amplia de conocimientos, sostiene que todo el mundo tiene un cierto grado de pericia con

respecto a las actividades cotidianas (Sloboda, 1991; Brown et al., 1993; Carlson, 1997, todos citados por Kim y Reeves 2007).

Los expertos suelen utilizar diferentes pericias en la realización de tareas, estos diferentes tipos de pericia interactúan entre sí y contribuyen al proceso de la realización de la misma. Se han establecido distinciones entre el dominio experto y el dominio general. El dominio experto es más específico a los conocimientos y las estrategias de procesamiento de un determinado dominio (como la medicina), mientras que el dominio general (como la creatividad) puede ser transferidos y utilizados a través de dominios diferentes (Kim y Reeves, 2007). Ambos dominios funcionan de manera interdependiente en relaciones cercanas (Perkins y Salomon, 1989, citados por Kim y Reeves, 2007). Patel y Groen (1991 citados por Kim y Reeves, 2007) han clasificado la naturaleza de las pericias en: Experiencias genéricas; experiencias específicas y experiencias independientes del dominio (o generales). Estos autores clasificaron la experiencia de dominio en dos categorías (genéricas y específicas) en relación con la especificidad de los conocimientos y habilidades dentro de un dominio. Como existe mayor especialización dentro de un dominio de conocimientos, una persona puede poseer solamente conocimientos genéricos del dominio, o ambos conocimientos genérico y específico (Patel y Groen, 1991; Ericsson y Charness, 1994, todos citados por Kim y Reeves, 2007).

En el desempeño de las tareas dentro de un dominio, existe una estructura que caracteriza a la experiencia. Los elementos de esta estructura se pueden resumir en el conocimiento, la función y representación, que interactúan entre sí durante realización de la tarea. Los procesos de conocimiento de los expertos durante la realización de la tarea oscilan entre mayor conocimiento deductivo hacia mayor conocimiento inductivo (Patel y Groen, 1991, citados por Kim y Reeves, 2007). Cuando los conocimientos adquiridos se organiza de una manera coherente (es decir, la representación interna de conocimiento), se facilitan las funciones cognitivas, tales como el reconocimiento de patrones, estructuras y el hacer inferencias (Glaser, 1996; Winn y Snyder, 1996, citados por Kim y Reeves, 2007). La capacidad de utilizar representaciones externas de conocimiento y procesos también juega un papel importante en las actuaciones de muchos dominios (Anzai, 1991, citado por Kim y Reeves, 2007). Los expertos generan

representaciones complejas sobre los problemas que encuentran, que les proporcionan imágenes que apoyan la constante reflexiones sobre las mejoras en las acciones y la toma de decisiones (Ericsson, 1996; Glaser, 1996; Winn y Snyder, 1996, todos citados por Kim y Reeves, 2007). El conocimiento, la función y las representaciones trabajan de forma conjunta con roles significativos en el desempeño de los expertos y su desarrollo de experiencia.

La experiencia individual no puede ser plenamente comprendida sin entender el entorno del individuo, muchos dominios de la experiencia no podrían entenderse sin estudiar el uso de los expertos de las ayudas externas. Estas herramientas externas a menudo desempeñan un papel significativo en el trabajo de los expertos. Se han realizado estudios de cómo los expertos en física utilizan diagramas como ayudas externas y representaciones cognitivas, y la relación que guarda el uso de esquemas y del nivel de experiencia, estos diagramas funcionan como *catalizadores* para recordar la información, al igual que como herramientas de cálculo y para realizar inferencias (Anzai 1991, citado por Kim y Reeves, 2007). La experiencia no sólo está determinada por el contexto de la dinámica social y los artefactos en el entorno, sino también está redefinida por los cambios en las formas en que hacemos las cosas (Patel et al., 1996; Feltovich et al., 1997, citados por Kim y Reeves, 2007). La pericia de los médicos de hace 50 años se ve muy diferente de la experiencia de los médicos actuales con los avances de las técnicas médicas y la tecnología, así como nuevas áreas especializadas en el campo médico. Expertos en nuestra sociedad se basan en el entorno se adaptan a sus cambios; son “co-definidos por el contexto” (p.182, Stein, 1997, citado por Kim y Reeves, 2007). Lo que se llama experiencia está siendo redefinida no como una propiedad exclusiva del experto, sino como la total combinación del medio ambiente y los artefactos de los cuales depende el experto. A partir de la teoría de la experiencia, se pueden resumir las suposiciones acerca de las actuaciones humanas:

- La experiencia puede ser clasificada como general, genérica y específica
- La estructura de la experiencia se puede examinar en sus componentes: Conocimientos, funciones y representaciones.

- Al desarrollar la experiencia el individuo, mejora su estructura de conocimientos y estrategias, y que adquiere la automaticidad en algunos de sus procesos de resolución de problemas.
- La experiencia se define con las ayudas externas que las personas utilizan para sus tareas, convirtiéndose en parte de su experiencia.

Netchine-Grynberg (1995, citado por Kim y Reeves, 2007), reconoce tres características principales de herramientas cognitivas: Se forman culturalmente y se transforman para las funciones de las actividades humanas en el mundo real; encierran las estructuras semióticas y proporcionan los medios para la construcción de las representaciones que guían las acciones, forman y activan estructuras cognitivas humanas durante las actividades en el mundo real; los objetivos son orientado e instrumentados hacia la formación de relaciones cognitivas y mediación de acciones entre los seres humanos y el ambiente. Los individuos, bajo esta perspectiva, no se enfrentan directamente a la realidad, sino que la experimentan e internalizan a través de actividades utilizando herramientas cognitivas (Netchine-Grynberg, 1995, citado por Kim y Reeves 2007). Aunque el término "herramienta cognitiva" es una construcción importante para los investigadores, así como los profesionales, la idea no sólo no ha sido muy avanzada, sino también de alguna manera ha perdido su origen en el transcurso de la adopción para las computadoras en la educación. El término se utiliza a veces como un eslogan y "vendido" a los profesores como una mejor manera de utilizar la tecnología en el aula sin comunicar claramente sus implicaciones para los métodos de enseñanza y el papel del profesor (Kim y Reeves, 2007).

Kim y Reeves (2007) consideran que para definir claramente el significado de las herramientas cognitivas se requiere unir la teoría de la cognición distribuida y la teoría sobre las actividades cognitivas de los expertos. Para ambas teorías la tecnología tiene diferentes perspectivas, mientras que para la teoría de la cognición distribuida la tecnología es uno de los diversos recursos en la distribución de la cognición, para la teoría de la experiencia son la combinatoria del medio ambiente y los artefactos de los cuales depende el experto. Ambas teorías convergen en un punto crucial: hacen hincapié en el papel significativo de la tecnología en la ampliación de las

capacidades humanas en lugar de reemplazarlas. Con la superposición de la teoría de la experiencia sobre la cognición distribuida, las personas, el medio ambiente y las herramientas son vistos como un sistema de desempeño, que traen sus cualidades y experiencia a la situación y que interactúan entre sí (Salomon, 1993a; Patel et al., 1996, todos citados por Kim y Reeves, 2007). Desde el punto de vista de la experiencia la tecnología añade especificidad a la noción compartida de que la tecnología se convierte en uno de los activos más importantes de las actividades involucradas. Con los supuestos básicos que la cognición se distribuye físicamente a la tecnología y que la experiencia es co-definida con herramientas expertas, una herramienta cognitiva puede considerarse que tiene algún tipo de experiencia que permite la cognición que se le distribuirá, formando un sistema conjunto de aprendizaje. Se pueden redefinir las herramientas cognitivas para el aprendizaje añadiendo la perspectiva de la experiencia: Las herramientas cognitivas son las tecnologías con que los alumnos interactúan y piensan en la construcción del conocimiento, diseñadas para aportar su experiencia al desempeño como parte del sistema de aprendizaje conjunto.

Cuando se considera a estas dos teorías juntas, aprender con la tecnología ya no se lleva a cabo únicamente por el alumno, sino como un sistema de aprendizaje conjunto, que comprende al menos alumno (s), herramienta (s), y la actividad.

**Tipos de TIC.** El término "herramienta cognitiva" se ha utilizado para explicar diferentes abstracciones así como entidades concretas (por ejemplo, tanto el lenguaje humano y calculadoras físicas se consideran herramientas cognitivas). Las herramientas cognitivas para el aprendizaje han sido clasificadas en función de sus propósitos y diferentes características. Jonassen y Carr (2000, citados por Kim y Reeves, 2007; Coll, Mauri, y Onrubia, 2008) sugirieron clasificarlas en: Herramientas mentales, vistas como herramientas de organización semánticas (por ejemplo, bases de datos y herramientas de mapeo conceptual, redes semánticas), herramientas de modelado dinámicas (por ejemplo, hojas de cálculo, sistemas de expertos y micromundos), herramientas de interpretación de la información o visualización (por ejemplo, Maximus y Geometría Tutor), herramientas de construcción del conocimiento (por ejemplo, multimedia e hipermedia), y las herramientas cognitivas socialmente

compartidas o de conversación (por ejemplo video conferencias y la colaboración argumentadas apoyada en la computadora).

Para Coll, Mauri, y Onrubia (2008 pág. 90) esta clasificación es más una “una tipología de herramientas de TIC que de usos” de las mismas, ya que le confiere las características arriba descritas es la utilización que los usuarios hacen de estas aprovechando sus características. Para estos autores la utilización de las hojas de cálculo, los materiales multimedia, y los foros poco tienen que ver con la clasificación propuesta:

Esta limitación junto con el hecho de prejuzgar qué usos son adecuados y cuáles no en función de su mayor o menor compatibilidad con los principios y las propuestas constructivistas en las que se sitúan Jonassen y colaboradores hacen plantear serias dudas sobre la utilidad de esta clasificación para identificar y describir los usos de las TIC, así como para tratar de comprender su impacto sobre las prácticas educativas y su incidencia eventual como instrumentos psicológicos mediadores de los procesos intra e inter-mentales implicados en la enseñanza y el aprendizaje (Coll, Mauri, y Onrubia, 2008, pág. 90).

## **TIC Educativas**

Para Coll, Mauri, y Onrubia, (2008), las TIC por sus características intrínsecas pueden funcionar como herramientas psicológicas susceptibles de mediar los procesos inter e intrapsicológicos implicados en la enseñanza y el aprendizaje. Las TIC pueden mediar la relación entre los contenidos, el profesor y el alumno “contribuyendo a conformar el contexto de actividad en el que tienen lugar estas relaciones” (Coll, Mauri, y Onrubia, 2008, pág. 90). Para estos autores se pueden dividir dependiendo de su tipología de uso en cinco grandes categorías:

- Las TIC como instrumentos mediadores de las relaciones entre los alumnos los contenidos y tareas de aprendizaje. Algunos ejemplos del uso de estas tecnologías por parte de los alumnos son: la búsqueda y selección de contenidos de aprendizaje; el acceso a repositorios de contenidos con formas más o menos complejas de organización y formas de representación (multimedia, hipermedia, simulaciones); explorar, profundizar, analizar y valorar contenidos de

aprendizaje, acceso a repositorios de tareas y actividades con algún grado de interactividad; y la realización de tareas y actividades de aprendizaje (presentaciones, organización de datos, elaboración de textos o informes).

- Las TIC como instrumentos mediadores de las relaciones entre los Profesores y los contenidos y tareas de enseñanza y aprendizaje. Como ejemplo se pueden mencionar: La búsqueda, selección y organización de información relacionada con los contenidos de enseñanza, el acceso a repositorios de objetos de aprendizaje; acceso a bases de datos y propuestas de actividades de enseñanza y aprendizaje, elaboración de registros de las actividades de enseñanza y aprendizaje; planificación y preparación de actividades de enseñanza y aprendizaje.
- Las TIC como instrumentos mediadores de las relaciones entre los profesores y los alumnos o entre alumnos. Algunos ejemplos habituales son: Intercambios comunicativos entre profesores y alumnos relacionados o no con las tareas de enseñanza y aprendizaje.
- Las TIC como instrumentos mediadores de la actividad conjunta desplegada por profesores y alumnos durante la realización de las tareas o actividades de enseñanza aprendizaje. Como por ejemplo: auxiliares o amplificadores tanto de las actuaciones del profesor como de los alumnos, como puede ser explicar, ilustrar, modelizar intercambiar información mostrar avances , seguimiento de los mismos, retroalimentación orientación y ayuda.
- Las TIC como instrumentos configuradores de entornos o espacios de trabajo y de aprendizaje. Como pueden ser: configurar entornos de aprendizaje individual en línea que permitan el aprendizaje autónomo e independiente; configurar entornos de trabajo colaborativo y espacios que se puedan desarrollar en paralelo en los que los participantes puedan incorporarse de acuerdo a su propio criterio.

Las TIC tienen una serie de posibilidades para ser aplicadas en el terreno educativo, entre estas se pueden mencionar las siguientes (Cabero, Castaño, y Romero, 2007, pág. 16):

- Ampliación de la oferta informativa.
- Creación de entornos más flexibles de aprendizaje.
- Eliminación de las barreras espacio-temporales entre el profesor y los estudiantes.
- Incremento de las modalidades educativas.
- Potenciación de los escenarios y entornos interactivos.
- Favorecer tanto el aprendizaje independiente, como el aprendizaje autónomo, el en grupo y el aprendizaje colaborativo.
- Romper los escenarios formativos, limitados a las instituciones escolares.
- Ofrecer nuevas posibilidades para la orientación y tutorización de los estudiantes.
- Facilitar la formación permanente.

La introducción de las TIC en el aula, conlleva a hacer una profunda reflexión sobre la forma en la que se conciben el ambiente de aprendizaje, las prácticas de enseñanza y el uso que se les da a estas herramientas en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Se requiere romper con la forma tradicional de enseñanza, en donde prevalecen las interacciones profesor-alumno, con las cuales el conocimiento y la forma de acceder a él dependen únicamente de éstas, para dar entrada a la cognición distribuida, donde los alumnos interactúan y aprenden “con” las TIC, en ambientes híbridos de aprendizaje.

**Ambientes híbridos de aprendizaje.** El aprendizaje híbrido se puede definir como la convergencia de dos ambientes de aprendizaje arquetípicos, donde se pueden combinar modalidades instruccionales, métodos de instrucción o bien combinar la instrucción “cara a cara” con la instrucción en línea (Graham, 2006, pág. 4). Las dos primeras posiciones encaran un debate sobre la influencia de los medios de comunicación en comparación con los métodos de aprendizaje (Clark, 1983, 1994; Kozma, 1991, 1994, todos citados por Graham, 2006, pág. 4). Para Graham (2006) estas dos posiciones no definen la esencia del aprendizaje híbrido, enfrentan problemas ya que lo definen de forma tan amplia que abarcan prácticamente todos los

sistemas de aprendizaje, en este sentido es difícil encontrar un sistema de aprendizaje que no implique diferentes métodos de instrucción y múltiples medios de entrega. Este autor considera que los ambientes híbridos de aprendizaje son la combinación de dos modelos de enseñanza-aprendizaje históricamente separados, en los cuales se combina el sistema de enseñanza tradicional “cara a cara” con los sistemas de enseñanza distribuida, de esta forma se puede definir el sistema de aprendizaje híbrido como: “la combinación de la instrucción cara a cara con la instrucción mediada por computadora” (Graham, 2006, pág. 5), donde existe un papel central de las tecnologías de la información y comunicación en este sistema de enseñanza; para Duart et al. (2008, citado por Osorio, 2010) el ambiente híbrido de aprendizaje más que la combinación de ambos ambientes es la completa integración de los mismos y son inseparables. “El concepto de aprendizaje híbrido constituye una posibilidad de continuo en el proceso de enseñanza-aprendizaje puesto que puede verse como la expansión y continuidad espaciotemporal (presencial y no presencial, sincrónica y asincrónica) en el ambiente de aprendizaje” (Osorio, 2010, pág. 3).

En épocas pasadas la enseñanza tradicional (cara a cara) y la enseñanza distribuida estaban profundamente separadas, tenían diferentes dimensiones, que se fundamentaban en diferentes métodos de enseñanza, utilizaban diferentes formas de comunicación y estaban diseñadas para públicos diferentes. Las dimensiones de enseñanza tradicional se caracterizaron por estar en un entorno real, síncrono, enriquecido, donde prevalecían las interacciones persona-persona y estaban dirigidas por un maestro, mientras que respecto de los sistemas de enseñanza a distancia estas dimensiones se fundamentaban en el aprendizaje autogobernado determinado por el propio ritmo del sujeto en un ambiente asincrónico, con interacciones de tipo textual con una máquina.

Con el rápido avance de innovaciones tecnológicas especialmente en las tecnologías digitales, las posibilidades y dimensiones del aprendizaje en un ambiente

distribuido<sup>25</sup> se han ido modificando e invadiendo territorios que antes sólo eran posibles en la instrucción cara a cara. En la actualidad es posible tener interacciones distribuidas síncronas en tiempo real, con niveles cercanos de fidelidad que los que se producen en las interacciones cara a cara. La dimensión de lo humano también ha sido modificada, ahora en la cognición distribuida “existe un creciente interés en facilitar interacción humana en la forma de la colaboración asistida por el ordenador” (Graham, 2006, pág. 6), por medio de comunidades virtuales, chats, foros de discusión, blogs, mensajería instantánea y video conferencias.

La mayor disponibilidad de las Tecnologías digitales y la adopción generalizada de éstas en los entornos educativos tradicionales, ha dado lugar a mayores niveles de integración de los elementos instruccionales mediados por computadora en estos ambientes de aprendizaje. Desde el punto de vista del aprendizaje distribuido<sup>26</sup> se puede observar que existen “evidencias de convergencia en los requerimientos en los que reside el aprendizaje cara a cara y una limitación de eventos cara a cara tales como orientaciones y presentaciones finales” (Graham, 2006, pág. 7), donde además se enfatiza la interacción de persona a persona y un creciente uso de las tecnologías de forma sincrónica para mediar estas interacciones.

Osguthorpe y Graham (2003, citados por Graham, 2006, pág. 8) señalan las diferentes razones por las cuales los actores del proceso educativo pueden optar por un sistema de aprendizaje híbrido frente a otros sistemas de aprendizaje: La riqueza pedagógica, el acceso al conocimiento, las interacciones sociales, la acción social, el costo-efectividad y la facilidad de revisión. Graham, Allen y Ure (2003, 2005, todos citados por Graham 2006, pág. 8) en sus investigaciones encontraron que las razones mayoritarias por las cuales la gente optaba por un sistema híbrido de enseñanza eran la pedagogía mejorada, mayor acceso-flexibilidad y un aumento en el costo efectividad.

---

<sup>25</sup> Ambiente distribuido de enseñanza.

<sup>26</sup> El aprendizaje distribuido, es el proceso de enseñanza-aprendizaje, centrado en el aprendiz en el cual tanto los contenidos como la metodología no parten exclusivamente del docente sino que existe diversidad en las vías de acceso al conocimiento y pueden combinarse diversas estrategias entre ellas el aprendizaje en línea y todos los recursos disponibles de las TIC (Bautista, Borges, y Forés, 2006).

Graham señala que en la literatura sobre ambientes híbridos de aprendizaje se ha encontrado que estos “ambientes combinan lo mejor de ambos mundos” (Graham, 2006, pág. 8) aunque también este autor deja entrever que existe un sesgo en esta afirmación, ya que rara vez se reconoce que en un ambiente de aprendizaje híbrido “también se pueden mezclar los elementos menos eficaces de ambos mundos si no está bien diseñado”. (Graham, 2006, pág. 8)

Los ambientes híbridos de enseñanza en términos de una mejora en la pedagogía cambian de forma radical la forma de enseñanza, se deja de lado la estrategia de transmisión del conocimiento por medio de conferencias magistrales o clases expositivas, para dar paso a estrategias interactivas, aumento en nivel de estrategias de aprendizaje activo, estrategias de aprendizaje entre iguales, y las estrategias centradas en el alumno (Collis, Bruijsten, y van der Veen, 2003; Hartman Dziuban y Moskal, 1999; Morgan 2002; Smelser 2002, todos citados por Graham, 2006, pág. 8). Estos ambientes “mezclados” permiten que el alumno adquiera a fondo la información y que este aprendizaje esté determinado por el propio ritmo del sujeto, pero además propician que la clase cara a cara en vez de una conferencia se transforme hacia un “laboratorio” enfocado en el aprendizaje activo y de experiencias, y a su vez apoyan la transferencia del aprendizaje en línea hacia el sitio de trabajo (Lewis y Orton, 2006, citados por Graham, 2006, pág. 8). Los módulos de aprendizaje en línea pueden ayudar a los estudiantes para adquirir “las habilidades relacionadas con herramientas e información técnica para luego en clase presencial centrarse en su aplicación, estudios de caso y desarrollar la habilidad de toma de decisiones” (Cottrell y Robinson, 2003, citados por (Graham, 2006, pág. 9).

La combinación de la enseñanza cara a cara con los sistemas de enseñanza distribuida rompe con las limitaciones espacio-temporal para llegar a un continuo espacio temporal. Los ambientes híbridos de enseñanza requieren de un ambiente virtual de aprendizaje, en el cual el aprendizaje sea autogobernado y el ritmo de aprendizaje determinado por el aprendiz. El objetivo de las plataformas educativas que posibilitan la creación de estos ambientes de aprendizaje, “es el de proveer un espacio en el cual se puedan encontrar los profesores, los estudiantes, los tutores y otros

agentes involucrados en el proceso de enseñanza-aprendizaje [...] mediante el uso de diversas técnicas y metodologías” (Zubieta, 2016, pág. 9).

Existen plataformas educativas tanto comerciales como de acceso libre, las primeras salen al mercado con altos costes económicos tanto para la adquisición como para el mantenimiento del software que se requiere, en cambio las plataformas libres por ser de código abierto representan un coste cero para la adquisición y el mantenimiento (Garrido y Fernández, 2011). Como ejemplo de estas últimas se pueden mencionar Moodle, Sakai, ATutor, Chamilo, OpenMOOC, Claroline y .LRN.

La plataforma Moodle, ha sido una de las plataformas más utilizadas en la última década, Garrido y Fernández (2011, pág. 298) reportan que existen 44673 sitios en todo el globo traducidos a más de 75 idiomas, en nuestro país tan sólo en la Universidad Nacional Autónoma de México “operan más de 150 plataformas” (Zubieta, 2016, pág. 9). El éxito de uso de esta herramienta de gestión del aprendizaje en las aulas, radica en que favorece y aumenta el grado de interactividad y colaboración de los alumnos durante el proceso educativo (Klebl, 2006; Cavus, Uzunboylu e Ibrahim, 2006; Cavus e Ibrahim, 2007, todos citados por Garrido y Fernández, 2011, pág. 298), así como también propicia interés y alta motivación para trabajar con Moodle (Perkins y Pfaffman, 2006; Martin y Serrano, 2009, todos citados por Garrido y Fernández, 2011, pág. 298).

**La plataforma Moodle.** La plataforma Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) es un software libre, multilingüe, en constante evolución y actualización, diseñado para la creación de cursos en línea y entornos virtuales de aprendizaje, con una fundamentación pedagógica basada en el constructivismo (Moodle, 2016). Esta plataforma se considera que es un ambiente virtual de aprendizaje o Virtual Learning Environment (VLE por sus siglas en inglés), ya que con esta aplicación se puede generar un espacio educativo que “complementa o inclusive sustituye la educación presencial” (González, Romero, y Velázquez, 2015, pág. 142), ya que Moodle permite la creación tanto de repositorios de contenidos de aprendizaje,

así como también posibilita la interacción de los estudiantes entre sí y con los profesores.

Este software tiene una interfaz liviana y es accesible y compatible desde cualquier navegador web, independientemente del sistema operativo (Moodle, 2016). La plataforma se puede personalizar, incorporando logos y banners, creación de perfiles de usuarios (administrador, profesor, alumno) y cambio de roles, este ambiente de aprendizaje es escalable, por lo que se posibilita aumentar la matrícula de cada curso (Moodle, 2016).

Moodle proporciona un conjunto de herramientas que posibilitan tanto el aprendizaje híbrido (blended learning) como los cursos en línea, permite integrar con facilidad tanto lecciones y glosarios que pueden ser apoyadas con videos e imágenes, interactividades de reforzamiento mediante paquetes SCORM, formación de grupos, actividades individuales y colaborativas, diferentes formas de evaluación y retroalimentación, así como también facilita la comunicación entre los participantes del curso y con el profesor a través de foros, wikis, chats y blogs (Moodle, 2016).

Esta plataforma proporciona a los usuarios un conjunto de herramientas cognitivas que pueden mediar la relación entre los contenidos, el alumno y el profesor. Por las características intrínsecas de este software se puede afirmar que Moodle permite ser englobado en las cinco categorías de uso de las TIC que proponen Coll, Mauri y Onrubia (2008) ya que por su uso puede verse como un instrumento mediador de las relaciones entre los alumnos, los contenidos y tareas de aprendizaje, pero a su vez media las relaciones entre los profesores, los contenidos y las tareas de enseñanza y aprendizaje, y las relaciones alumno-profesor y alumno-alumno, además de mediar la actividad conjunta desplegada entre profesores y alumnos en la realización de las tareas, y por último es un instrumento que permite configurar espacios de trabajo y aprendizaje (ver Tabla 7.)

Moodle cuenta con una diversidad de herramientas que permiten tanto configurar un curso así como también proponer, realizar y evaluar las actividades que se realizarán durante el mismo. Entre las herramientas que posee esta plataforma se

encuentran las siguientes: Lección. glosario, planes de aprendizaje, notas, consultas, cuestionarios, revista, encuestas, portafolios, chats, foro, mensajería, taller, tarea, Wiki, estadísticas, canales RSS, blogs, networking, monitoreo del progreso, módulo SCORM y prevención de plagio.

TABLA 7. TIPOLOGÍA DE LAS HERRAMIENTAS DE LA PLATAFORMA MOODLE

Tipología de uso.	Herramientas.
Mediadores de las relaciones alumnos-contenidos y tareas de aprendizaje.	Lección, glosario, libro, planes de aprendizaje, Networking, monitoreo del progreso
Mediador de las relaciones entre los profesores, los contenidos y las tareas de enseñanza y aprendizaje.	Consultas, encuestas, estadísticas, Actividades condicionales, prevención de plagio.
Mediador de las relaciones alumno-profesor y alumno-alumno.	Chats, foro, mensajería
Mediador de la actividad conjunta desplegada entre profesores y alumnos en la realización de las tarea.	Notas, libro, portafolios, taller, blog. Canales RSS
Instrumento que permite configurar espacios de trabajo y aprendizaje.	Tarea, Wiki, módulo SCORM.

*Elaboración propia con base en Coll, Mauri y Onrubia (2008).*

### ***Las herramientas de Moodle y sus usos en la enseñanza de las ciencias .***

Lección. Con esta herramienta se pueden presentar los contenidos del curso en una serie de páginas en lenguaje HTML, cabe mencionar que no se requiere el conocimiento de este lenguaje para poder conformarlas, las lecciones se presentan en formato de texto, se pueden incluir imágenes fijas o animadas, videos, cuestionarios y enlazarse con un glosario. Por su carácter de hipermedialidad esta herramienta, puede ayudar a los estudiantes a aproximarse a los contenidos que pueden ser de difícil comprensión o situaciones o experimentos que no pueden reproducirse en el

laboratorio escolar, como sería el caso de la conformación o duplicación de la molécula del ADN, lo cual puede ser presentado através de modelos tridimensionales, con movimiento o videos, o bien acercarlos a situaciones que sólo con las TIC pueden ser accesibles por la condición espacio-temporal , como es el seguimiento que realiza la NASA sobre el deshielo del Ártico debido al cambio climático. Por el carácter de hipertextualidad que tienen las lecciones los alumnos pueden profundizar en conocimiento sobre los temas abordados, sin que se pierda en el “mundo de información” que existe en la red.

**Glosario.** Permite a los participantes crear y mantener una lista de definiciones o conceptos de forma similar a un diccionario en el cual se pueden adicionar imágenes y videos. Los estudiantes pueden contribuir a la construcción del glosario, y estas contribuciones pueden aprobarse por defecto o requerir la aprobación del profesor. El glosario puede estar vinculado a las lecciones, lo puede ayudar al estudiante a comprender o afianzar conceptos, o bien apropiarse de conceptos o del lenguaje que se utiliza en la ciencia.

**Planes de aprendizaje:** Con esta herramienta se favorece que los estudiantes puedan llevar el control de sus actividades y aprendizaje ya que se pueden crear plantillas de planes de aprendizaje individuales o colectivos y enlazarse con las actividades propuestas, generándose un reporte desglosado y evaluación de estas.

**Notas.** Se pueden crear notas de un usuario en particular y que este pueda tener conocimiento sobre las mismas.

**Consultas.** Permite al profesor hacer una pregunta con respuestas de opción múltiple, los resultados pueden darse a conocer o no ser publicados, de forma anónima o con el nombre de los estudiantes. Esta herramienta puede utilizarse como encuesta rápida que permita a los estudiantes reflexionar sobre un tema, para comprobar si los alumnos han entendido un concepto o para la toma de decisiones sobre el curso. Los cursos generados en la pataforma Moodle no son estáticos, por lo que que a partir del resultado de las consultas se puede ampliar las lecciones, integrar nuevos contenidos, o actividades que faciliten al estudiante la comprensión que los temas propuestos.

Cuestionarios. Permiten al profesor el diseño de exámenes con preguntas de opción múltiple, respuesta corta, respuesta numérica, coincidencia, ensayo, verdadero y falso. Se puede limitar la resolución de estos a una sola ocasión con o sin límite de tiempo o bien que el estudiante intente resolverlos en varias ocasiones. Cada intento se califica y se guarda en el libro de calificaciones de forma automática con la excepción de las preguntas tipo ensayo que se evalúan de forma manual. El profesor puede determinar si el cuestionario presenta las preguntas ordenadas o de forma aleatoria, así como también si se muestran o no los comentarios de retroalimentación y respuestas correctas al usuario. Estas herramientas pueden ser utilizadas como exámenes diagnósticos, exámenes del curso, o test para tareas de lectura, puede ser también una herramienta de autorregulación para el alumno ya que con ellas podría comprobar si tiene dominio sobre el tema o si requiere nuevamente volver a la lección.

Libro. Se pueden crear materiales de estudio en forma de libros con contenidos multimedia en múltiples páginas, los cuales pueden tener capítulos y subcapítulos, esta herramienta puede ser utilizada para que el alumno tenga acceso a materiales de lectura, o bien como un portafolio de trabajo del estudiante, o bien puede ser un recurso en el cual el propio estudiante pueda ser editor de contenidos que sean propuestos durante el curso.

Encuestas. Permite al profesor obtener la opinión de los participantes del curso, puede ser anónima y los resultados pueden o no ser mostrados a los participantes del curso. Estas encuestas pueden ser utilizada para evaluar y mejorar y reorientar los contenidos del curso.

Tarea. Este espacio está diseñado para que los alumnos suban sus trabajos en diferentes formatos (texto, hoja de cálculo, presentación, imagen, video) con el fin de ser evaluados por el profesor, y que a su vez el alumno reciba retroalimentación sobre los mismos. Se puede establecer fecha límite de entrega o bien dejarla abierta. El diseño de las “tareas” puede permitir trabajar aspectos relacionados con el curso, desarrollo de habilidades de investigación, análisis y comunicación, ya sea en elaboración de trabajos escritos, ensayos, reportes de prácticas de laboratorio o resultados de investigación, (los cuales pueden incluir tablas, imágenes diagramas y

referencias), utilización de hojas de cálculo y programas estadísticos permiten al estudiante registrar, manipular datos numéricos obtenidos en experiencias de campo, de laboratorio o de base de datos y hacer cálculos estadísticos sencillos o complejos, elaborar graficas y analizar resultados.

La creación y modificación de imágenes, pueden ser utilizadas por los estudiantes para la ilustración de trabajos, resultados de un experimento resúmenes visuales y elaboración de modelos. Es de suma importancia la utilización de imágenes en la enseñanza de las ciencias ya que gracias a estas los alumnos pueden adquirir una representación mental de fenómenos físicos y químicos como son los casos de la energía mecánica, los campos magnéticos, la conformación del átomo y su configuración electrónica. En especial en la enseñanza de de la Biología la imagen toma un papel fundamental, ya que en muchas ocasiones las actividades prácticas requieren de observación directa de lo organismos o experimentación que no siempre es posible realizarse en el entorno escolar (López y Morcillo, 2008), y es gracias a las imágenes que los alumnos se pueden formar representaciones mentales de la estructura, componentes, función y hasta comportamiento de los seres vivos desde un nivel molecular, pasando por el nivel microscopico hasta llegar al nivel macroscopico.

Portafolios. Esta estrategia didáctica permite recolectar las las evidencias de trabajo y el proceso de aprendizaje del estudiante. La elaboración de estos portafolios posibilitan que los estudiantes plasmen sus ideas previas y que estas puedan ser confrontadas con los nuevos conocimientos adquiridos, abren la posibilidad de que los materiales propuestos durante el curso sean “cuestionados, reorientados e incluso rediseñados por el alumnado” (Esteban, et. al, 2006, pág. ii). Se considera que los portafolios “reflejan la evolución del aprendizaje, estimulan la experimentación, reflexión e investigación, el diálogo con los problemas” (Esteban et. al., 2006, pág. iii), así como tambien propician la autoevaluación por medio de observación y la refexión sobre sus trabajos. Cuando el alumno se enfrenta a la resolución de problemas abiertos, se posiciona en una situación parecida a la de un investigador “novel al inicio de la resolución de un problema” (Esteban et al., 2006, pág. iii) y el desarrollo de los

portafolios ayudará al aprendiz “a adquirir capacidades relacionadas con el trabajo científico y de investigación” (Esteban et al., 2006, pág. iii).

En la plataforma Moodle los portafolios permiten el envío de tareas en uno o múltiples archivos tanto en formato HTML, imágenes o texto, sesiones de chat, entradas del módulo de actividades de base de datos, publicaciones en foros y entradas del glosario.

Entre los recursos de Moodle que “posibilitan la comunicación, el intercambio de ideas, información o materiales digitales y participación en proyectos comunes de aprendizaje” (López y Morcillo, 2008), se pueden mencionar los chats, foros de discusión, los Wikis, la mensajería y el blog.

Chats. Cuando un grupo no tiene posibilidad de reunirse físicamente para poder conversar “cara a cara”, esta herramienta es útil ya que permite a los participantes del curso tener una discusión en formato de texto de manera sincrónica en tiempo real. Estas sesiones se guardan y pueden ser públicas para todos los miembros del curso o limitadas a los usuarios con permiso para ver los registros de las sesiones.

Foro. Permite a los participantes tener discusiones asincrónicas que tienen lugar durante un periodo prolongado de tiempo. Este recurso puede ser estándar en el que cualquier participante puede iniciar una nueva discusión, y el foro de preguntas y respuestas donde un estudiante debe participar antes de poder ver los mensajes de otros estudiantes. Estos foros permiten compartir materiales digitales ya que se pueden adjuntar archivos que se mostrarán en el mismo. La suscripción en el foro puede ser opcional, forzada, automática o prohibir la suscripción. Los mensajes pueden ser evaluados por el profesor o evaluación por pares y las calificaciones pueden ser agregadas al libro de calificaciones. Los foros pueden ser un sitio para que los estudiantes se conozcan, discutan contenidos del curso, para abordar el trabajo colaborativo, para realizar lluvia de ideas o como ayuda entre profesor-estudiante o estudiante-estudiante.

Blogs. Son páginas personales en la web que constan de entradas las cuales pueden estar en forma de texto, imágenes videos e incluso audios, se presentan en orden cronológico inverso. Los visitantes del Blog pueden dejar comentarios los cuales pueden ser publicados. En Moodle cada usuario tiene su propio blog, o bien se pueden registrar sus blogs externos para que sus publicaciones se incluyan automáticamente en su blog de Moodle.

Mensajería. Tanto los profesores, como los estudiantes y otros usuarios pueden enviar y recibir mensajes privados.

Taller. Esta herramienta permite la evaluación entre pares, los estudiantes envían su trabajo y a su vez reciben los trabajos de otros estudiantes, los cuales tienen que evaluar de acuerdo a los criterios previamente especificados por el profesor. Los trabajos pueden ser elaborados directamente en la plataforma o bien subirse archivos de cualquier tipo. La identidad de los autores durante la evaluación puede darse a conocer o bien quedar oculta. En esta actividad existen dos calificaciones, la primera consiste en la evaluación del trabajo presentado por el alumno, y la segunda que califica la habilidad de evaluación entre pares.

Wiki. El término wiki fue acuñado del hawaiano “wiki wiki” que significa muy rápido (Moodle, 2016), esta herramienta consiste en una serie de documentos que pueden ser escritos directamente en la web de forma colaborativa por los participantes del curso. Básicamente un wiki es una página web (portal) la cual puede estar enlazada hacia otras páginas.

La wiki está programada en lenguaje HTML, pero no se requiere que el usuario tenga conocimiento o dominio del lenguaje para poder editar.

Una característica de la wiki es que no existe un editor central que controle la edición final de los documentos, en su lugar la comunidad es quien edita sus propios contenidos, por lo que el resultado final son las “visiones de consenso de trabajo de muchas personas sobre un documento” (Moodle, 2016).

Estadísticas. Se pueden generar gráficas y tablas de actividad del sitio.

Canales RSS (Really Simple Syndication) son canales de noticias que les permiten a los usuarios estar actualizados en sus foros, entradas del glosario y otros eventos dentro de Moodle.

Networking. Permite al administrador de la plataforma enlazarse con otra plataforma Moodle y compartir algunos recursos.

Monitoreo del progreso. Cada curso tiene su libro de calificaciones, las cuales pueden obtenerse de forma automática o de forma directa por el profesor. Las finalizaciones de las actividades se pueden registrar de forma automática cuando se cumplen los criterios especificados o bien que el alumno la registre de forma manual, lo que permite al profesor tener un seguimiento del progreso de cada alumno.

Actividades condicionales. Permiten al profesor restringir la disponibilidad de secciones del curso, actividades o entrega de actividades de acuerdo a ciertas condicionantes como pueden ser: fechas de entrega, calificación obtenida, grupo o finalización de actividad.

Módulo SCORM. Los Modelos de Referencia de Objetos de Contenidos Compartibles (SCORM, por sus siglas en inglés) en una serie de especificaciones “que permiten la inter-operatividad, accesibilidad y reusabilidad de contenidos de aprendizaje basados en la web (Moodle, 2016)”. Estos contenidos pueden ser proporcionados a los estudiantes mediante cualquier Sistema de gestión de aprendizaje (LMS<sup>27</sup> por sus siglas en inglés) que sea compatible con SCORM.

Prevención de plagio. Aunque la plataforma no contiene un método preinstalado para la prevención de plagio (como pueden ser Crot, Moss, Regla de acceso

---

<sup>27</sup> El sistema de gestión de aprendizaje (LMS) consiste en un programa instalado en un servidor, que se emplea para administrar, distribuir y controlar las actividades de aprendizaje en ambientes virtuales.

declaración sobre plagio), éstos pueden ser incorporados a la plataforma por el administrador, lo cual permitirá detectar cuando un estudiante envía contenidos copiados y que no se le da crédito al autor de texto o citas copiadas.

***Alcances y limitaciones de la plataforma Moodle.*** Como resultado de numerosos estudios se ha demostrado que el uso de la plataforma Moodle propicia en los estudiantes el sentido de comunidad y de conectividad, aumenta la capacidad de aprendizaje dando por tanto unos resultados de mayor éxito educativo (Perkins y Pfaffan, 2006; Cavus, Uzunboylu e Ibrahim, 2006; Cavus e Ibrahim, 2007; Jamtsho y Bullen, 2007; Moreno et al., 2007; Ketamo y Alajaaski, 2008; Kok, 2008; Martín y Serrano, 2009, todos citados por Garrido y Fernández, 2011, pág. 298).

El diseño y adaptabilidad de Moodle posibilitan la integración con otros sistemas de monitoreo gráfico interactivo como es el caso de GISMO (Mazza y Botturi, 2007, citados por Garrido y Fernández, 2011) que permiten al profesor la visualización de las actividades de un estudiante específico o las actividades de la clase en su conjunto. Esta herramienta además de posibilitar al instructor seguir de cerca la asistencia al curso, los avances, lecturas desarrolladas y envíos de tareas de los alumnos, le proporciona una visualización del grupo en su conjunto, con lo cual el profesor puede realizar un análisis de las actividades y tener una perspectiva clara de “que es lo que la clase está haciendo, o que ha hecho en un periodo en el pasado” (Moodle, 2016).

Esta plataforma permite la integración de programas de representación gráficos y animados (realizados en Java) que permiten al usuario mediante la interacción con el programa -elección de opciones, introducción de datos o valores- “*construir e interactuar con el conocimiento*” (González, 2013, pág. 10). Estos programas se caracterizan por la adaptabilidad al nivel académico requerido, permiten la personalización de la actividad, existe sencillez y rapidez en la ejecución, posibilitan la repetición. Estos programas tienen gran potencial didáctico en la enseñanza de las ciencias ya que pueden ser utilizados para la visualización de fenómenos tanto a nivel micro como macroscópico, que son difíciles de ejecutar en el laboratorio escolar (González, 2013), también pueden ser utilizados para apropiación de lenguaje científico mediante el aprendizaje por repetición. Moodle también permite la incorporación de

juegos 3D que creen escenarios apropiados que faciliten la asimilación de los objetivos de aprendizaje (González y Blanco, 2008 citados por Garrido y Fernández, 2011).

Aunque la plataforma Moodle presenta un sin número de ventajas para integración y uso en las aulas, se encuentra con dos limitaciones no intrínsecas a ella misma. La primera de estas limitantes está directamente relacionada con la formación de los educadores en cuanto a los conocimientos técnicos que favorecen su uso y aprovechamiento en las asignaturas (Villano, 2008 citado por Garrido y Fernández, 2011, pág. 298), la segunda limitante para poder utilizar la plataforma en el aula, es el requerimiento de diseño previo de contenidos y actividades propias para el desarrollo de los aprendizajes en los estudiantes (Benson, Lawler y Whitworth, 2008; Chen, Wang y Hung, 2009, todos citados por Garrido y Fernández, 2011, pág. 298).

Habiendo presentado ya el marco teórico-conceptual de este estudio viene a continuación la descripción y explicación del modelo pedagógico que se diseñó para mejorar el aprendizaje del tema cambio climático en estudiantes de secundaria; asimismo, se describe el método de investigación para probar este modelo pedagógico.

## Capítulo IV

### Estrategias didácticas y su implementación

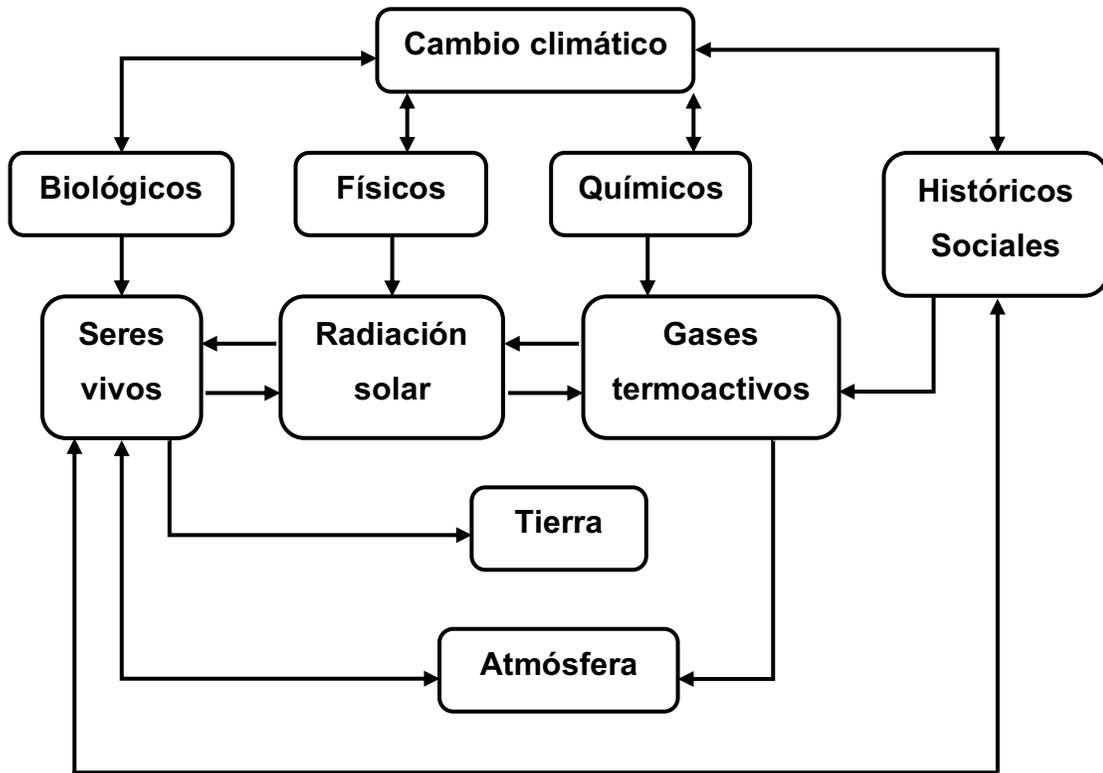
El fenómeno “Cambio climático” es la resultante de una serie de interacciones físicas, químicas y biológicas, las cuales configuran un sistema. Las variaciones en cualquier elemento del sistema conllevan a una retroalimentación positiva en los diferentes componentes del mismo. Es por ello que para abordar el estudio sobre este fenómeno no es suficiente conocer las causas y consecuencias del cambio climático de origen antrópico, para comprender el fenómeno, se requiere reconocer cada una de las partes que componen el sistema y las relaciones que existen entre los componentes.

Bajo esta mirada en este trabajo de investigación se propuso a

bordar el fenómeno desde diferentes puntos de vista: el fenómeno físico de radiación solar y sus efectos sobre la tierra y la atmósfera; las características químicas de la atmósfera y de los gases termoactivos y su interacción con la radiación solar para dar como resultado el efecto invernadero; desde el punto biológico las relaciones e interacciones entre los seres vivos, la radiación solar, la atmósfera y el clima; y desde un punto histórico y social las causas y consecuencias del cambio climático (ver Figura 2)

En este sistema multicausal, desde la óptica de la autora de este trabajo, se hace necesario que el aprendiz logre identificar los diferentes componentes del fenómeno y la estrecha relación de éstos entre sí. Si se considera abordar el aprendizaje sobre el cambio climático y la relación de los seres vivos con este fenómeno desde la perspectiva propuesta en este trabajo de investigación, se requiere que el alumno construya una red conceptual con temas que desde el punto de vista de un novato podrían ser inconexos. En este sentido el uso de las TIC sin que medie una intención pedagógica, podría ser sólo –en el mejor de los casos si es que el estudiante no “infonaufraga”- un medio de entrega de información que le permita a los alumnos la realización de la tarea o resolución del problema sin que exista la reflexión y la integración conceptual.

Figura 2. Sistema de relaciones del cambio climático.



Para facilitar tanto el acceso a la información, así como la implementación de tareas que propicien la reflexión e integración conceptual se propuso la creación de un ambiente híbrido de enseñanza utilizando la plataforma Moodle la cual, por sus características propias, permite centrarse en el alumno y que, a través de las actividades de aprendizaje propuestas, el estudiante pueda integrar los conceptos planteados en este trabajo de investigación. La plataforma educativa no sólo es un medio de entrega de información, en la cual el alumno puede apropiarse de conceptos o del lenguaje propio de la ciencia, sino que, además, a través de las tareas, se posibilita la reflexión y contrastación de las ideas previas con los nuevos conceptos aprendidos, lo cual puede propiciar en el aprendiz cambios en su estructura de conocimientos fenómeno propiamente definido como cambio conceptual. La implementación de un ambiente híbrido permite también romper con el espacio y la

temporalidad que el trabajo en el aula tradicional requiere, por lo que se le otorga al estudiante la posibilidad de aprender a su propio ritmo, “avanzar y retroceder” en los contenidos y actividades propuestas, reflexionar sobre su aprendizaje, contrastar y modificar sus tareas, integrarlas a nuevos conocimientos y compartirlas.

Por lo anteriormente expuesto es que se consideró la elaboración de un curso en la plataforma Moodle con un modelo de enseñanza basado en el cambio conceptual mediado con TIC. Para ello se elaboraron lecciones para cada uno de estos contenidos propuestos, los cuales se incluyeron en un curso denominado “Cambio Climático y Pérdida de la Biodiversidad” en la plataforma Moodle “Estudios sobre Educación en la Sociedad del Conocimiento” de la Universidad Pedagógica Nacional, Unidad Ajusco.

### **Estructura y contenidos del curso “Relación entre el cambio climático y la pérdida de la biodiversidad” en la plataforma Moodle.**

El curso se dividió en bienvenida y cinco lecciones tituladas: “Bombardeos de Radiación y los rayos que nos importan; “El cobertor de la tierra”, “Efecto atmósfera”, “La tierra tiene fiebre” y por último “Los increíbles reguladores del clima”. En cada una de las lecciones se determinó una actividad que el alumno tenía que realizar durante el avance de la lección.

El contenido de cada una de las lecciones se seleccionó, elementarizó y redactó utilizando preguntas intercaladas analogías y glosario, de forma tal que los contenidos fueran inteligibles para los estudiantes de nivel de secundaria, se elaboraron gráficos, así como también se seleccionaron imágenes y videos disponibles en la web bajo licencia Creative Commons, en algunos casos se editaron tanto imágenes, videos y se tradujeron al español con el fin de apoyar cada una de estas lecciones; en el Anexo I se presentan íntegramente los contenidos de la plataforma.

### **Actividades en la plataforma.**

Los cuestionarios pre-test y post-test una vez elaborados se insertaron en la plataforma, y se automatizó su calificación, para que tanto el alumno como el profesor

conocieran los resultados. El acceso a estos cuestionarios fue restringido en una fecha y hora determinada.

Para cada una de las lecciones, se propuso una serie de actividades de aprendizaje, encaminadas a propiciar la interacción e interactividad del alumno con la plataforma y entre los propios alumnos. Las actividades consistieron en participación en foro, elaboración de organizadores gráficos como: cuadro sinóptico y cuadro C-Q-A (Díaz Barriga, 2002), mapas conceptuales, elaboración de gráficos en Excel, cuestionarios de evaluación, ejercicios interactivos de construcción de frases, cuestionarios, ejercicios de arrastrar-soltar y crucigrama todos elaborados con el programa Hot Potatoes.

Contenidos, actividades y tareas del curso:

- Inicio del curso. Se presenta el pre test.
- Bienvenida. En este apartado se establece el objeto de estudio que se realizará durante el curso (ver Imagen 1. Bienvenida.), así como también se pretende propiciar un conflicto cognitivo al preguntar al estudiante ¿Te has preguntado alguna vez, si los seres vivos pueden regular el clima de la Tierra?

*Imagen 1. Bienvenida.*

Bienvenida

Relación entre el  
Cambio climático  
y la Pérdida de la  
Biodiversidad



En este curso vamos a explorar, que es el efecto invernadero, cómo se produce, cuál es la importancia de este fenómeno para la vida en la tierra, qué es el cambio climático y la relación de las actividades humanas en este fenómeno, así como también investigaremos sobre la importancia de los seres vivos en la regulación del clima en la tierra.

- ¿Te has preguntado alguna vez, si los seres vivos pueden regular el clima de la Tierra?
- ¿Cuál es la relación entre los ecosistemas y el cambio climático?
- ¿Por qué la desaparición de un depredador cambia el paisaje?
- ¿Cuál es la relación entre los seres vivos, el efecto invernadero y el cambio climático?

Al final de este curso podrás resolver estas interrogantes.

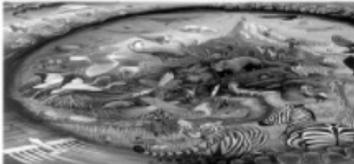
Es importante que realices todas las actividades propuestas y consultes cada una de las lecciones.

Actividad propuesta: Foro lluvia de ideas. El propósito de la actividad es que el alumno externalice sus concepciones alternativas y conocimientos previos sobre el tema.

La Tarea: “Mi primer mapa conceptual” (Imagen 2.) , la elaboración de este mapa tenía como finalidad que el estudiante elabore un primer modelo en el cual se registren sus concepciones alternativas, e identifique las relaciones entre los conceptos, la finalidad de este primer mapa conceptual fue que éste sirviera como referencia y contrastación de los conocimientos previos con los conocimientos adquiridos a lo largo de la intervención, con el fin de propiciar el proceso de cambio conceptual cuando el estudiante identificara la inconsistencia entre los conocimientos previos y los adquiridos (Jonassen, 2006). Esta tarea fue retomada en distintos momentos a lo largo del curso.

*Imagen 2. Mi Mapa Conceptual.*

## Mi Mapa Conceptual



En base a tus conceptos vertidos en el foro y los conceptos de tus compañeros elabora un mapa conceptual sobre el efecto invernadero el cambio climático y la pérdida de la biodiversidad. Utiliza la tabla que elaboraste previamente.

10 Consejos para hacer un mapa me..

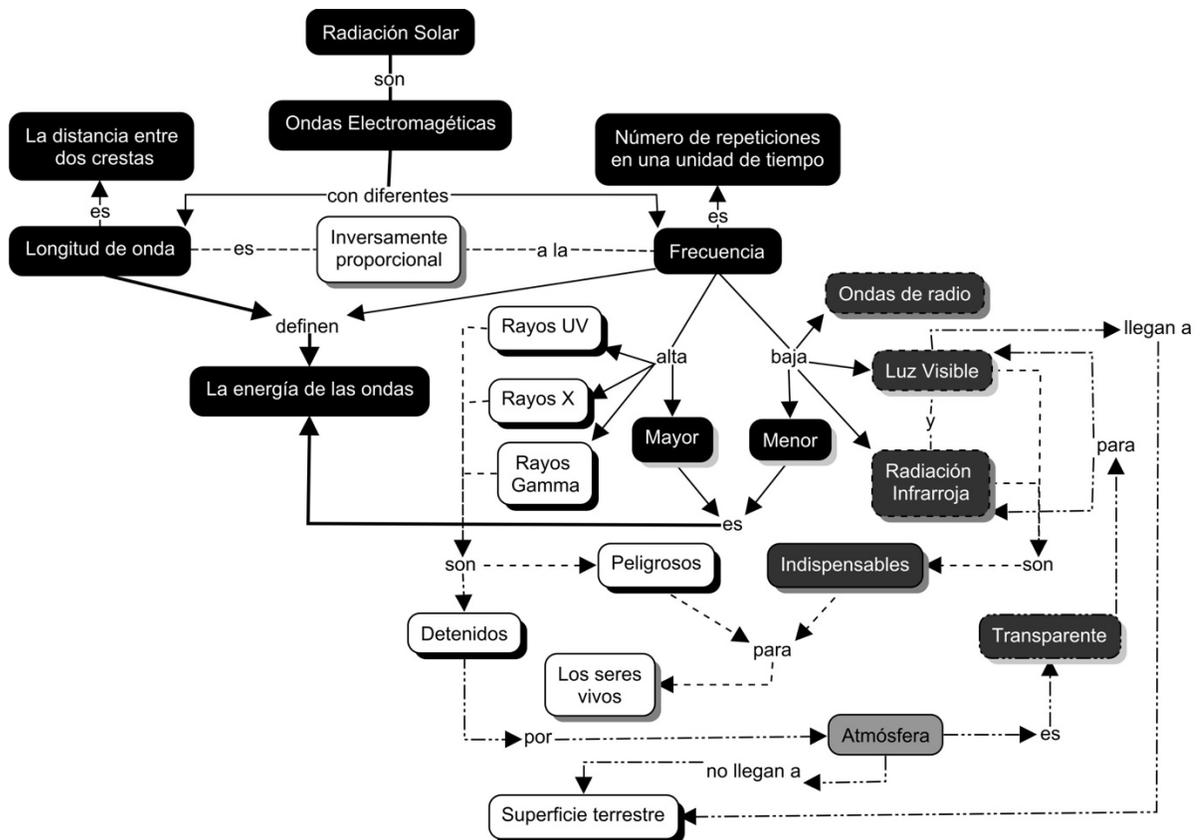


Utiliza Cmap, si no está instalado en tu computadora puedes trabajar en línea con mindmap .

Para crear ramas en tu mapa deberás dar clic en las flechas.

- Bombardeos de Radiación y los rayos que nos importan. En esta lección se introduce al alumno a los conceptos de radiación, el espectro electromagnético, relación entre la longitud de onda, la frecuencia y la energía, los componentes de la radiación solar, el flujo solar, cómo incide sobre la tierra y la importancia de estas radiaciones para los seres vivos. Se consideró abordar estos contenidos con la finalidad que el estudiante lograra identificar el espectro de la radiación solar que incide sobre la superficie terrestre y que interviene en el fenómeno del efecto invernadero, así como también reconociera la importancia de la radiación solar sobre los seres vivos. Los temas propuestos y sus relaciones se presentan en la Figura 3.

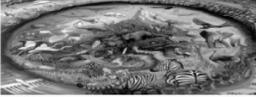
Figura 3. "Radiación Solar".



Tareas propuestas: Dado que para los estudiantes el tema no se había abordado en cursos anteriores se consideró implementar un organizador gráfico denominado “Radiación solar”, mediante este organizador gráfico los alumnos tenían la tarea de identificar el espectro de la radiación solar, la relación que existe entre la energía, la longitud de onda y la frecuencia, que parte del espectro electromagnético incide sobre la superficie terrestre y determina la importancia para los seres vivos. Con esta actividad se buscaba que el alumno contrastara sus ideas intuitivas sobre la radiación solar, y que pudiera establecer que la radiación que llega a la superficie de tierra es de baja energía (ver Imagen 3). Para fortalecer lo aprendido se implementaron ejercicios de reforzamiento mediante juegos presentados mediante un paquete Scorm de Hot potatoes (crucigramas, construye la frase y relaciona las imágenes con los conceptos), para que el alumno se apropiara de los conceptos (ver Imagen 4); con el fin de que el alumno comprobara qué conceptos había adquirido y cuáles requerían reforzamiento se utilizó el cuestionario “evaluando lo aprendido” como herramienta autorreguladora, se presenta un fragmento de este cuestionario en la Imagen 5. Una vez terminada la lección se le solicitó al alumno que integrara los conceptos aprendidos en su mapa conceptual mediante la tarea “Mejorando mi mapa conceptual”, el objetivo de esta actividad era que los alumnos confronten lo aprendido en la lección con los conocimientos previos, y que reestructuren su conocimiento y lo expliciten en su modelo (ver Imagen 6).

Imagen 3. "Radiación Solar".

### Radiación Por doquier



En este tema, vamos a revisar los principales conceptos sobre la radiación solar. Te has preguntado: ¿Existe alguna relación entre la radiación solar y el clima de la tierra? ¿Cuáles son las radiaciones solares, que llegan a la tierra? ¿Cómo influyen en el efecto invernadero?

Las respuestas a estas interrogantes podrás resolverlas durante este curso.

Para guiarte a través de este tema, elabora una tabla en formato de Word donde escribas las características más importantes de la radiación solar. Puedes utilizar la que te proponemos abajo, o bien diseñar la tuya.

Radiación Solar					
Tipo de Onda Electromagnética	Frecuencia (Alta, Baja)	Longitud de Onda (Corta, Larga)	Energía (r, +, ++, +++) ++++ +++++	¿Llega a la tierra? (si, no)	Importancia o Efecto para los Seres Vivos
Rayos gamma			+++++++		
Rayos X				no	
Rayos Ultravioleta					
Luz visible					
Radiación Infrarroja					
Ondas de radio		larga			
Microondas	baja				

Al terminar de completar tu tabla, guárdala y la subes a la plataforma.

## Imagen 4. "Ejercicios de Reforzamiento"

Ejercicio anterior
Índice
Siguiente ejercicio

### Construye la frase

Palabras revueltas

Coloca las palabras en el orden correcto, para formar una frase coherente, una vez que hayas formado la frase comprueba tu respuestas.

comprobar refresar reiniciar pista

La ondas de de onda paquete  
diferentes juntas y es viajan solar  
radiación en que de electromagnéticas  
frecuencia vacío el longitud un

Ejercicio anterior
Índice
Siguiente ejercicio

Características de la radiación solar

Módulo de columnas

10/22

Analiza las respuestas de la derecha y colócalas en el lugar más correcto, cuando todas las opciones antes de comenzar, cada ítem que falte te restará puntuación.

Comprobar

Relaciona entre dos células o dos células

Radiación solar de muy alta energía que no llega a la Tierra

Rayos de alta energía que tienen longitud de onda larga y alta frecuencia

Radiación solar que llega a la superficie terrestre y las plantas la utilizan para hacer a través la fotosíntesis.

Rayos ultravioleta

Alfa

Rayos infrarrojos

Da un clic sobre el número para que aparezca la pregunta. Completa el crucigrama y después verifica tus respuestas con el botón comprobar. Puedes utilizar pistas que te darán una letra al dar un clic sobre el número, pero al utilizar las pistas perderás puntuación. Es importante que revises la ortografía.

Horizontal
Vertical

Comprobar

1. Ondas que se propagan a través del espacio transportando energía.

4. Momento de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier fenómeno o suceso periódico.

5. Energía proveniente del sol.

7. Los rayos de alta energía no llegan a la superficie terrestre gracias a la...

8. Distancia entre dos valles o dos crestas.

9. Movimiento que presenta una cresta y un valle.

10. La radiación solar no necesita un medio material para viajar es decir viaja en el...

11. Se propaga en el espacio en forma de onda electromagnéticas.

13. Rayos de alta energía que son retardados en la atmósfera.

2. Es percibida por el ojo humano.

3. Rayos de baja energía y gran longitud de onda que penetran la atmósfera y llegan a la superficie terrestre.

6. La propagación de energía a través del vacío en forma de onda electromagnética o partícula subatómica.

12. Radiación solar de muy alta energía, en medicina se utilizan para combatir el cáncer.

Ejercicio anterior
Índice
Siguiente ejercicio

## Imagen 5. "Cuestionario de Evaluación".

**Pregunta 1**

Sin responder aún  
Puntuación como 1,00

▼ Marcar pregunta

🔗 Editar pregunta

Los rayos gamma son un tipo de radiación solar que se caracterizan por ser de gran energía debido a que son de:

Seleccione una:

- Baja frecuencia y longitud de onda corta.
- Alta frecuencia y longitud de onda corta
- Alta frecuencia y longitud de onda larga
- Baja frecuencia y longitud de onda larga

**Pregunta 2**

Sin responder aún  
Puntuación como 1,00

▼ Marcar pregunta

🔗 Editar pregunta

La energía de las radiaciones electromagnéticas está definida por la longitud de onda y la

Respuesta:

**Pregunta 3**

Sin responder aún  
Puntuación como 1,00

▼ Marcar pregunta

🔗 Editar pregunta

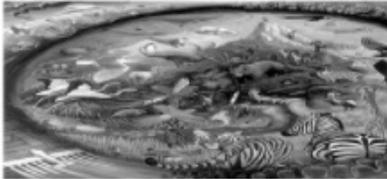
La luz visible o blanca está constituida por el espectro constituido por:

Seleccione una:

- Infrarrojo, Naranja, amarillo, verde, cian, azul y ultravioleta.
- Rojo, Naranja, amarillo, verde, cian, azul y ultravioleta. Los rayos UV tienen alta energía y no son visibles para el ojo humano.
- Rojo, Naranja, amarillo, verde, cian, azul y violeta.
- Infrarrojo, Naranja, amarillo, verde, cian, azul y violeta.

Imagen 6 "Mejorando Mi Mapa Conceptual".

Mejorando  
**Mi Mapa  
Conceptual**



¿Los elementos aprendidos sobre la radiación solar puedes integrarlos a tu mapa conceptual?

Revisa "Mi mapa conceptual" y trata de integrar los nuevos conceptos, de ser necesario puedes eliminar algunos conceptos que hayas puesto anteriormente y que ya no te ayuden a explicar el fenómeno del cambio climático y efecto invernadero.

Puedes utilizar la tabla que elaboraste, o bien nuevamente revisar la lección.

Guarda los cambios a tu mapa conceptual, expórtalos en formato JPG y súbelos a la plataforma.

- **El cobertor de la tierra.** La lección consistió en una revisión sobre la atmósfera, sus capas y sus características, los componentes principales, elementos traza, distribución de gases en la atmósfera, composición química y comportamiento con la radiación solar, las características y comportamiento de los gases termoactivos. El ozono, composición química, comportamiento ante la radiación solar y su efecto refrigerante, el agujero en la capa de ozono, importancia de esta capa para los seres vivos, el comportamiento del ozono en la troposfera como gas de efecto invernadero. Principales gases termoactivos composición química y comportamiento ante la radiación infrarroja, importancia de estos gases para el mantenimiento de la vida en la Tierra los conceptos abordados y sus relaciones se presentan en la Figura 4.

Actividad Propuesta. Se propuso un organizador gráfico C-Q-A (lo que sé, lo que voy a aprender y lo que aprendí), con el fin de que el alumno cambiara sus representaciones intuitivas por sí mismo al comparar éstas con el conocimiento validado generando con ello un cambio conceptual. Cabe mencionar que, para guiar a los alumnos en los temas centrales de la lección, se consideró especificar los contenidos en "lo que voy a aprender" (ver Imagen 7). Una vez terminado el organizador gráfico se solicitó a los estudiantes que incorporaran los conceptos a su mapa mental o conceptual.

Figura 4. "Componentes de la Atmósfera".

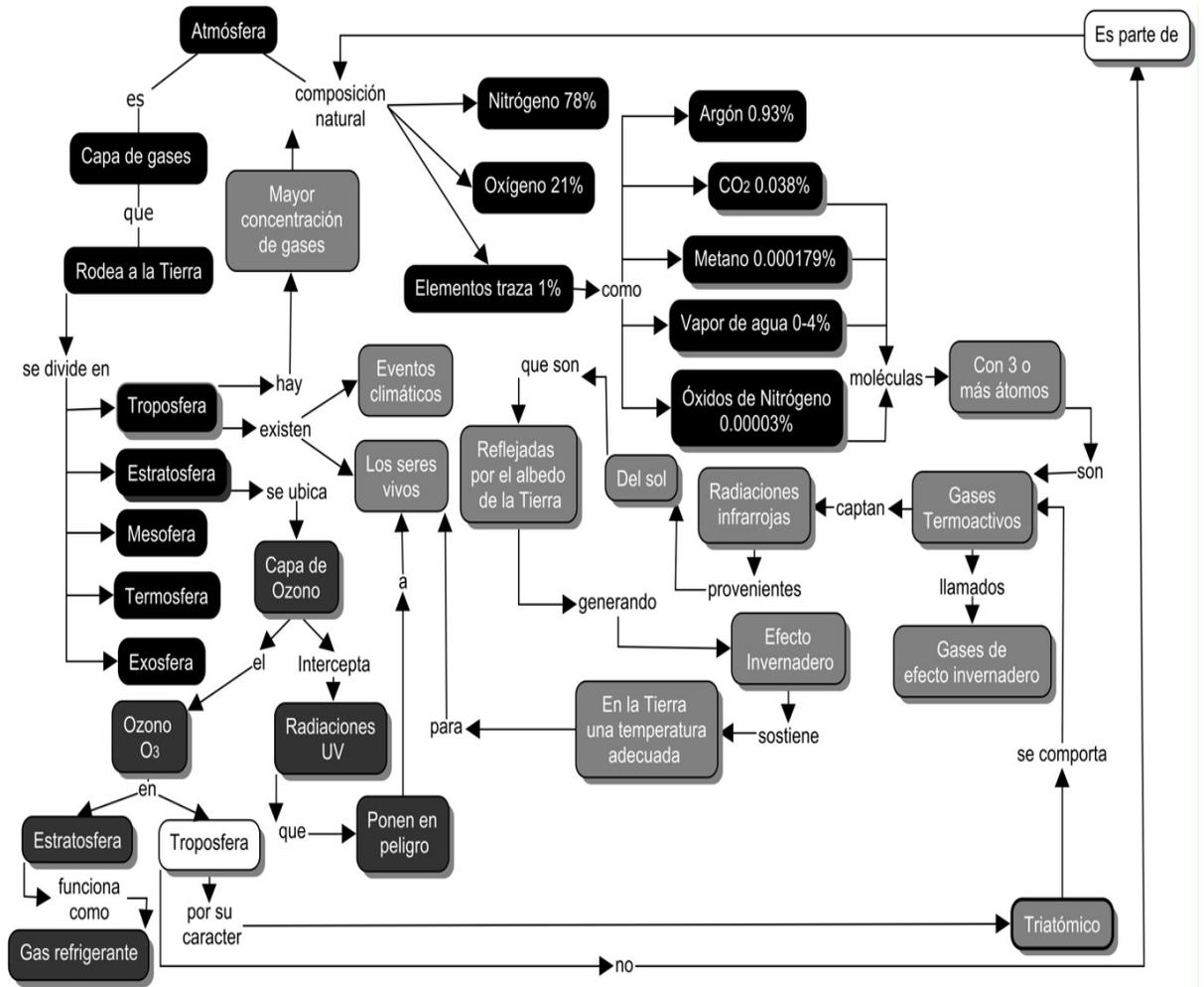
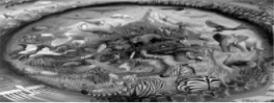


Imagen 7. "Cuadro CQA".

**Preparando  
Mi Sitio Web  
Mapa mental**



Los sitios web, son lugares donde podemos crear información, la cual puede llegar a muchas personas, el problema del cambio climático nos afecta a todos, y es por ello que es importante difundir los conocimientos sobre el problema.

Para ello vas a crear tu propia página web, donde irás agregando la información que vayas generando.

La información que presentes, debe ser de tu propia autoría, y si presentas algunas imágenes o partes de de un texto debes darle crédito al autor.

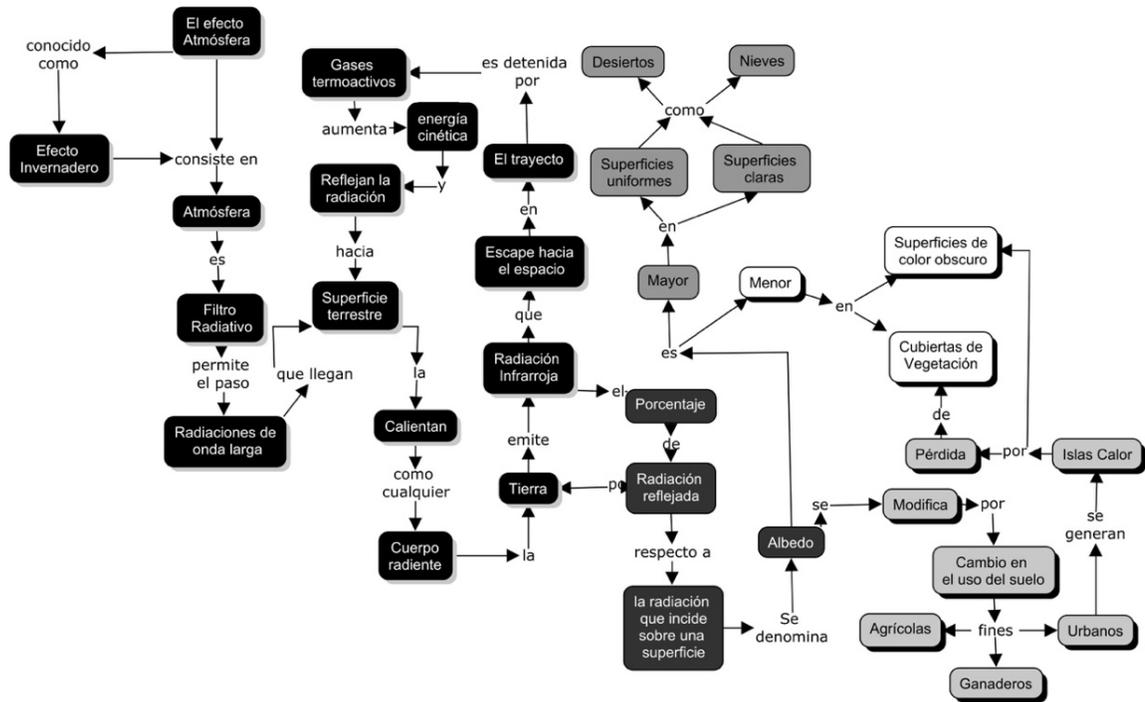
Vas a elaborar una tabla en formato de Word con la información que se te pide, una vez que hayas completado la información súbela a la plataforma.

La atmósfera y sus características		
¿Cuánto conozco del tema?	Lo que voy a aprender	Lo que aprendí
	<p>Principales componentes de la atmósfera.</p> <p>Características de los principales componentes de la atmósfera.</p> <p>Componentes traza de la atmósfera.</p> <p>Gases termoactivos de la atmósfera.</p> <p>Capas de la atmósfera y sus principales características.</p> <p>Composición, características e importancia de la capa de ozono.</p> <p>Gases de efecto invernadero.</p> <p>Gases de efecto invernadero más importantes.</p>	

Para generar la primera publicación de la página, vas a elaborar un mapa mental (mapa con imágenes y textos), con Cmaps donde expliques con tus palabras que es la atmósfera, cuales son sus capas, los gases que la constituyen, y la importancia de esos gases, puedes utilizar tu tabla para elaborar tu mapa. Busca imágenes que fortalezcan tus ideas y permitan facilitar la comprensión de los conceptos que presentas. Una vez que termines el mapa mental súbelo a la plataforma para recibir retroalimentación.

**Efecto Atmósfera.** En la lección se abordaron los conceptos del albedo, la relación de este concepto y la temperatura de la Tierra, las diferencias en el albedo debidas a las características de la superficie terrestre, la isla de calor. Se integraron los conceptos de radiación solar, la atmósfera como filtro radiativo, el albedo y los gases termoactivos, para explicar el efecto invernadero como un fenómeno natural,

los conceptos abordados durante la lección se presentan en la Figura 5. "Efecto Atmósfera".



Actividades propuestas: Mi cartel "Efecto atmósfera" a partir de la elaboración de un modelo sobre el efecto invernadero, se pretende que los alumnos integren a sus estructuras cognitivas tanto los conceptos abordados en las lecciones previas (radiación solar, Atmósfera, características y componentes) como los conceptos abordados en esta lección estableciendo un sistema multicausal. Al igual que la lección anterior se implementaron ejercicios de reforzamiento mediante juegos y un cuestionario de evaluación (ver Imagen 8 y 9).

Figura 5. "Efecto Atmósfera".

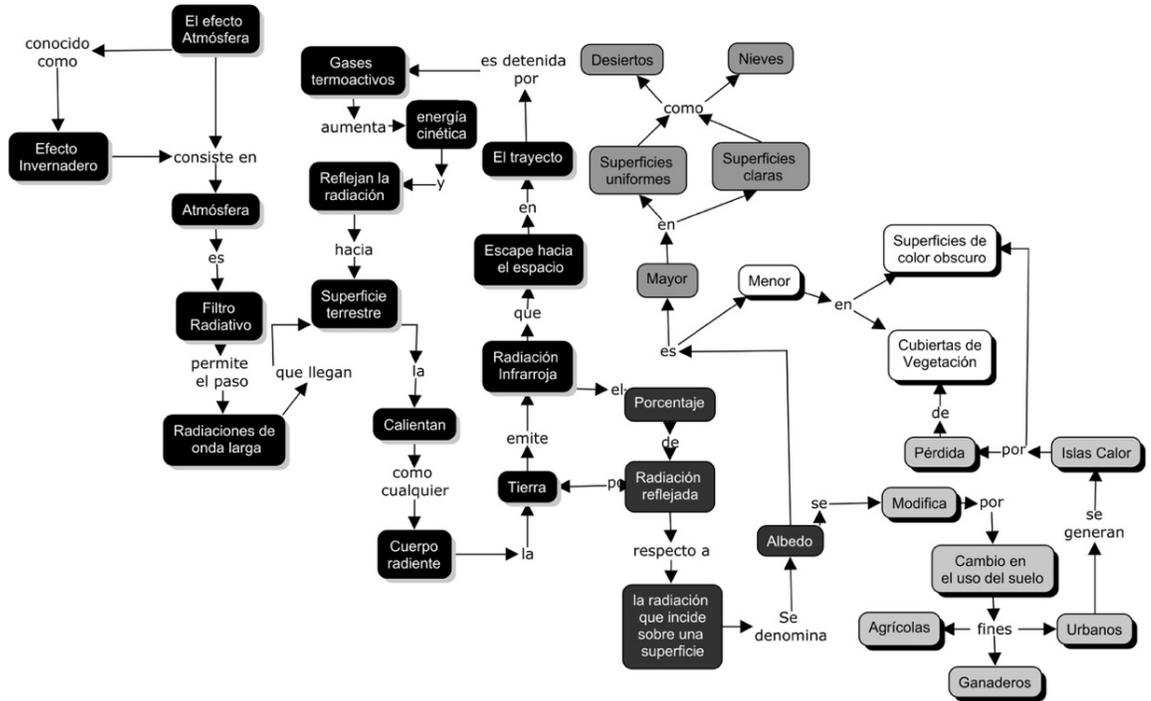


Imagen 8 "Mi Cartel".

**Mi Cartel Efecto Atmósfera**



La pérdida de la biodiversidad, afecta de forma significativa la radiación que emite la Tierra. en esta lección aprenderemos un poco más sobre el efecto atmósfera y cómo los seres vivos contribuyen a la regulación del clima.

En esta ocasión vas a elaborar un cartel, donde de forma gráfica se pueda entender cómo es que la atmósfera atrapa la radiación que es emitida por la Tierra. Para ello vas a utilizar papel y colores.

En ese cartel vas a comparar un ecosistema de bosque que no ha sido modificado por la acción del hombre con uno que ha sido talado y que ahora se utiliza como pastizal para el ganado.

Tu cartel debe estar fundamentado en el contenido de la lección. Debe incluir los conceptos de **Radiación solar, Radiación infrarroja, Albedo, Atmósfera y Gases de efecto invernadero.**

Una vez que hayas concluido la actividad, vas a digitalizar el cartel, lo guardas en formato JPG y lo subes a la plataforma.

Es importante que te esmeres ya que tu trabajo será publicado en tu página web.

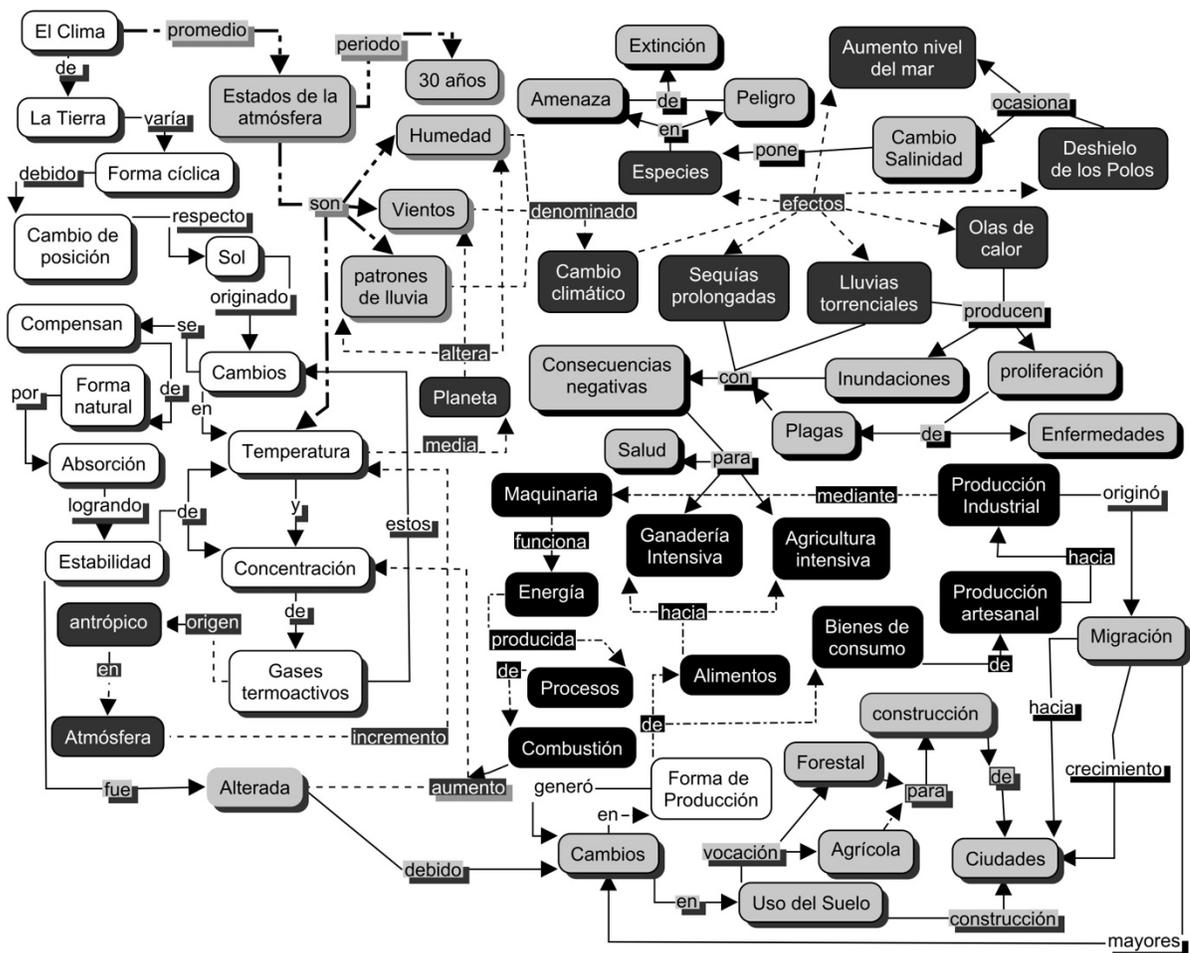
Imagen 9 "Ejercicios de Reforzamiento".



- **La Tierra tiene fiebre.** Para abordar la lección del calentamiento global se consideraron los contenidos: origen del fenómeno, la revolución industrial, el cambio en las formas de producción, consumo uso del suelo y como efecto de estos el aumento la concentración de gases termoactivos en la atmósfera. Cambio en la temperatura media de la Tierra en los últimos 50 años, efectos del cambio climático: Cambio en el patrón de precipitaciones, deshielo de glaciares, el Ártico y el Antártico, aumento del nivel del mar por el aumento de temperatura del mismo y el deshielo en los polos. Efectos sobre las poblaciones humanas, inundaciones, sequías, proliferación de enfermedades y migración (ver Figura 6.)

Actividades propuestas. ¿Por qué la tierra tiene fiebre? A diferencia de las actividades anteriores, esta tarea, se propuso que se realizara antes de abordar la lección, con ella se pretendía que el alumno estableciera el patrón de comportamiento de las curvas de la temperatura media de la Tierra de 1880- 2012, el número de huracanes ocurridos de 1960-2011 y las emisiones de 1750-2011. Una vez realizadas las curvas el estudiante contrastó las diferentes gráficas e infirió la relación que existían entre ellas (ver Imagen 10). Al concluir la lección los alumnos retomaron su mapa conceptual que se fue construyendo desde el principio del curso y con base en lo aprendido el alumno contrasta nuevamente sus ideas previas y lo reestructura integrando los conceptos en el curso (ver Imagen 11).

Figura 6. Cambio climático, causas y efectos.



## Imagen 10. ¿"Porqué la Tierra Tiene Fiebre?"

### ¿Porqué la Tierra Tiene Fiebre?



Vamos a analizar algunos datos, para ello elabora una tabla en Excell con la información que te presentamos, sobre las emisiones de dióxido de carbono, el aumento de la temperatura de la tierra y los huracanes de los últimos años.

Una vez que hayas completado la hoja, elaborarás cuatro gráficas, la primera gráfica mostrará la temperatura media de la tierra entre 1880-2012, la segunda gráfica tratará el aumento en las concentraciones de dióxido de carbono desde 1750 hasta nuestros días, la tercera gráfica mostrará el aumento de huracanes y tormentas tropicales del periodo comprendido entre 1960-2014. En la última gráfica conjuntarás los datos del aumento en las concentraciones de dióxido de carbono, la temperatura media de la tierra y los huracanes.

Compara las 3 primeras gráficas.

¿Existe una relación entre ellas?

¿Si existe una relación cuál es?

¿Al observar la cuarta gráfica que conclusiones puedes sacar?

Escribe tus respuestas en un archivo de Word y anexa las graficas que elaboraste, sube tu trabajo a la plataforma.

Año	Emisiones de CO <sub>2</sub> en el mundo en millones de toneladas métricas
1750	3
1770	4
1790	5
1810	10
1830	24
1850	54
1870	147
1890	356
1910	819
1931	940
1950	1630
1960	2569
1965	3130
1970	4053
1975	4596
1980	5313
1985	5438
1990	6121
1995	6374
2000	6763
2005	8076
2010	9140
2011	9449

Fuente: Boden T., Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory.  
Disponible en: [cdiac.ornl.gov/ftp/ndp030/global.1751\\_2011.ems](http://cdiac.ornl.gov/ftp/ndp030/global.1751_2011.ems)

Década	Temperatura media de la tierra en °C
1880	13.73
1890	13.75
1900	13.74
1910	13.72
1920	13.83
1930	13.96
1940	14.04
1950	13.98
1960	13.99
1970	14.00
1980	14.18
1990	14.31
2000	14.51
2012*	14.6

Osborn, L., History of Changes in the Earth's Temperature. Disponible en: <http://www.currentresults.com/Environment-Facts/changes-in-earth-temperature.php>

\* CIENCIA@NASA Disponible en [http://ciencia.nasa.gov/ciencias-especiales/15jan\\_warming/](http://ciencia.nasa.gov/ciencias-especiales/15jan_warming/)

Año	Número de Huracanes en el Océano Pacífico	Número de Tormentas tropicales
1960	4	3
1965	4	2
1970	5	5
1975	6	2
1980	7	4
1985	7	4
1990	8	5
1995	11	8
1997	9	
2000	8	6
2005	14	10
2010	12	7
2011	10	1
2014	28	2

### *Imagen 11 "Reestructurando mi Mapa Conceptual".*



- **Los seres vivos como reguladores del clima.** En la lección se presentaron las evidencias en formato de texto y videos sobre la relación e interacción entre los seres vivos y la regulación del clima. Los temas abordados consistieron en como el fitoplancton interviene en la formación de nubes en la regulación de la temperatura superficial de los océanos; la relación que existe entre los bosques como almacén de dióxido de carbono, su función de amortiguación en la intersección de lluvias, enfriamiento, infiltración y retención de agua; por último se presentaron las cascadas tróficas, el efecto del lobo en la recuperación del parque Yellowstone (ver Figura 7 ).

Tarea propuesta. Se pidió a los alumnos retomar el mapa conceptual, que se había ido modificando durante el curso, y nuevamente se reestructura incorporando los nuevos conocimientos.

Actividad final. ¿Cuánto conozco del tema? Los alumnos resolvieron el Post Test como evaluación final.

### **Procedimiento**

El aula digital de la escuela secundaria donde se realizó el presente trabajo de investigación, sólo contaba con 12 computadoras en funcionamiento, para un total de 48 alumnos, por lo que fue necesario formar equipos de trabajo, así como preparar los materiales en físico de las actividades que estaban propuestas para realizarse en línea, esto con el fin de que todos los alumnos pudieran desarrollarlas.

Antes de la intervención se dio de alta en la plataforma a cada uno de los alumnos, y se preparó una carpeta personalizada para cada participante, la cual contenía el pre-



hincapié en que solo contestaran las preguntas que conocían y dejaran en blanco los temas que no sabían. Antes de aplicar la escala de motivación se leyeron las instrucciones para contestarla y se dio un ejemplo de cómo se debía contestar. Al proporcionárseles a los participantes la dirección electrónica y claves de acceso se les invitó a los alumnos a que trataran de acceder a la plataforma. En esa misma fecha se aplicaron también los instrumentos antes mencionados al grupo control.

Durante la segunda sesión de trabajo se presentó la plataforma por medio de una proyección y se les explicó cómo entrar a la misma por medio de sus claves de acceso, en esta sesión los alumnos agrupados en equipo elaboraron un mapa mental en hojas de papel, con los conocimientos previos e ideas intuitivas que tenían sobre la relación que existe entre el cambio climático, efecto invernadero y pérdida de la biodiversidad.

En las sesiones siguientes los alumnos fueron abordando cada uno de los temas y realizaron en equipo las actividades propuestas en la plataforma, y de forma individual en materiales que se les proveía en cada sesión de trabajo. Durante cada una de estas jornadas de trabajo, tanto la profesora titular, como la autora de este trabajo, resolvimos las dudas que iban presentando los alumnos, así como también se les asesoró en cuestiones técnicas de uso de la plataforma y de los programas utilizados en la misma. Cabe mencionar que para evitar que existiera demasiado ruido por el acceso a los videos a diferentes tiempos y que el audio se volviera ininteligible se optó por proyectarlos y que los participantes los observaran al unísono, y al final de estos los alumnos comentaron algunos aspectos sobre ellos, aunque después de esto los alumnos pudieron acceder a ellos las veces que lo requirieron.

En la última sesión de trabajo en el salón de clases se aplicó el post-test y se agradeció a los alumnos su participación.

## Capítulo V

### Método

En este capítulo se presenta la investigación de campo y todo el procedimiento seguido para llevarla a cabo. Empezamos por plantear la pregunta general, los objetivos generales y específicos de la investigación y la hipótesis experimental. Después se presentan el tipo de estudio y diseño de investigación, el escenario, los participantes, las técnicas e instrumentos para la recogida de información. Finalmente se describe cómo fue conformada la plataforma Moodle y cómo se llevó a cabo la intervención.

### **Pregunta General**

¿Un modelo pedagógico basado en cambio conceptual con implementación de TIC es adecuado para la mejora en el aprendizaje del tema “*Relación entre la pérdida de la biodiversidad y el cambio climático*”, que se imparte en el primer grado de secundaria?

### **Objetivo General**

Probar un modelo de intervención con enfoque de cambio conceptual mediado con la plataforma MOODLE para apoyar el aprendizaje del tema “*Relación entre la pérdida de la biodiversidad y el cambio climático*”, que se imparte en el primer grado de secundaria.

Objetivos específicos.

- Elaboración de un modelo de enseñanza de un tema de la biología: la relación entre la pérdida de la biodiversidad y el cambio climático fundamentado en cambio conceptual:
  - Definición de los contenidos específicos que se requieren para la enseñanza del cambio climático y pérdida de la biodiversidad.

- Selección de materiales didácticos con TIC que permitan el cambio de representaciones intuitivas de los alumnos.
- Desarrollo y evaluación del modelo de enseñanza sobre la relación entre la pérdida de la biodiversidad y el cambio climático fundamentado en cambio conceptual y mediado por la plataforma Moodle.

### **Hipótesis experimental**

El aprendizaje de los estudiantes en el tema *Relación entre la pérdida de la biodiversidad y el cambio climático* será mayor y mejor si se cumplen las siguientes condiciones en el aula: La enseñanza de la materia está fundamentada en un modelo pedagógico basado en cambio conceptual mediado por Moodle.

### **Tipo de estudio y Diseño de Investigación**

Se realizó un estudio explicativo mediante un diseño de tipo cuasi-experimental con pre y pos test y grupo no equivalente de control para cumplir con el objetivo general antes establecido.

**Escenario.** La investigación se llevó a cabo en la secundaria 29 “Don Miguel Hidalgo y Costilla” turno vespertino, ubicada en Calle Moneda 13, Tlalpan Centro, 14000 Ciudad de México.

Esta escuela da servicio a 411 alumnos. Repartidos en un total de nueve grupos, tres grupos de cada grado. La población escolar está constituida por 142 alumnos de primer grado (80 mujeres y 62 hombres), 136 alumnos de segundo grado (71 mujeres y 65 hombres) y 133 alumnos de tercer grado (59 mujeres y 74 hombres). Los grupos están constituidos entre 44 a 50 alumnos.

El personal está formado por un director, un subdirector, veinticinco docentes, dos laboratoristas, un maestro de UDEEI, servicio de asistencia constituido por dos prefectos, un orientador y un trabajador social, un profesor encargado del aula digital y personal de apoyo constituido por tres laboratoristas, secretarias y un bibliotecario.

La escuela cuenta con dieciocho salones de los cuales solo se utilizan nueve en el turno vespertino, tres laboratorios, una biblioteca, seis talleres, un aula digital, un auditorio, una biblioteca y salón de maestros, así como las oficinas administrativas.

La intervención se llevó a cabo en el Aula Digital de la secundaria. Dicho espacio cuenta con 25 computadoras, de las cuales sólo 12 están en funcionamiento. En el aula hay una profesora, la cual orienta y enseña a los alumnos sobre el uso tanto del hardware y el software.

## **Participantes**

La muestra estuvo constituida por 88 estudiantes (39 hombres y 49 mujeres) de primer grado de la secundaria 29 divididos en dos grupos naturales e intactos; los participantes tenían una edad promedio de 12.2 años. El grupo experimental estuvo constituido por 21 hombres y 23 mujeres, mientras que el grupo control estuvo conformado por 18 hombres y 26 mujeres. La elección de estos grupos fue de forma intencional ya que los dos grupos tuvieron al mismo profesor. La única diferencia entre ellos, fue la manipulación de la variable independiente experimental que es el modelo pedagógico con TIC que se probó.

## **Técnicas e instrumentos de recogida de Información**

Para la recogida de información se construyó una prueba con el fin de medir los conocimientos sobre el tema el cual fue utilizado en el pre y pos test. También se midió la motivación de los participantes mediante una escala de motivación la cual fue validada por los autores.

*Pre y post test.* Prueba de conocimientos factuales y conceptuales sobre las características de la radiación solar, atmósfera, efecto invernadero, cambio climático y la relación entre la regulación del clima y la biodiversidad. Esta prueba consistió en una serie de 24 reactivos de opción múltiple, 2 reactivos de respuesta inmediata y 2 reactivos de respuesta construida. La consistencia interna del instrumento de evaluación se midió mediante la prueba de Kuder y Richardson 20 para pruebas

dicotómicas, los valores del  $\rho_{KR20}$  para el pre y pos test fueron 0.47 y 0.83 respectivamente, en el caso del pretest la confiabilidad es baja, valor que se podría esperar en un instrumento en el cual existe desconocimiento sobre los temas, mientras que en el pos test la confiabilidad es fuerte.

Para medir la motivación se utilizó la *Escala para evaluar la motivación de los niños hacia el aprendizaje* de Jiménez Hernández y Macotela Flores (2008), la cual evalúa el grado y tipo de orientación (interna/externa) que presentan los alumnos hacia el aprendizaje escolar, el instrumento está compuesto por 19 ítems que miden la independencia/dependencia hacia el maestro, el interés por aprender/interés por obtener buenas calificaciones, preferencia por el reto/preferencia por el trabajo fácil. Esta escala presenta un buen índice de consistencia interna, con un alpha de Cronbach de 0.7157. La motivación académica se midió para tenerla controlada en ambos grupos, experimental y control, ya que el diseño fue cuasi-experimental, es decir, con grupos ya conformados sin la posibilidad de asignar a los sujetos aleatoriamente a los grupos. Debido a que la motivación académica es un factor muy importante relacionado al logro académico (ej. Pintrich y García, 1993; Cázares, 2003), ésta fue una variable independiente controlada (validez interna del diseño) para concluir con mayor certeza que la mejor ejecución que se encuentre en el aprendizaje en el grupo experimental, con respecto al control, se deba a la intervención (modelo pedagógico por cambio conceptual mediado por MOODLE), y no a la motivación de los participantes.

Concluida la presentación del modelo pedagógico así como el método de investigación que se siguió para implementarlo y probarlo, se presentan a continuación los resultados obtenidos de esta investigación cuasi-experimental.

## Capítulo VI

### Resultados

En este capítulo se presentan los resultados cuantitativos (prueba de conocimientos, cuestionario de motivación y rúbrica de cinco niveles de desempeño para las respuestas construidas) y cualitativos (análisis de respuestas construidas para las preguntas 28 y 29 de la prueba de conocimientos).

Los resultados de la prueba de conocimientos de opción múltiple y de respuesta construida del pre y post test se analizaron de forma independiente con el programa SPSS 18.

Para analizar el cambio conceptual, se utilizaron las respuestas construidas, del instrumento de evaluación y mediante una rúbrica se hizo el análisis cualitativo.

### Resultados cuantitativos del pre test

Los resultados obtenidos a través de la prueba T de Student para muestras independientes demuestran que las medias de los grupos antes de la intervención difieren significativamente a favor del grupo experimental con 1.7 puntos ( $p= 0.003$  como se muestra en la Gráfica 8 y en las tablas Tabla 8 y 9.

**Gráfica 8. Comparativo de Medias Pre Test Grupo Experimental y Control.**

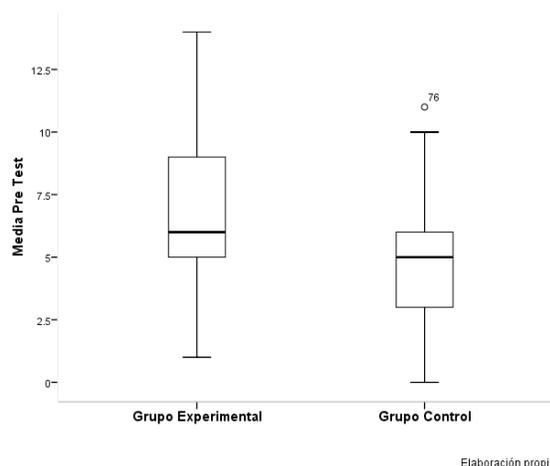


Tabla 8. **Estadístico de Grupo Experimental y Control Pre Test**

	Grupos	N	Media	$\sigma$	Error tip. De la media
Puntaje total pre-test.	Experimental	44	<b>6.84</b>	2.861	0.431
	Control	44	<b>5.14</b>	2.319	0.350

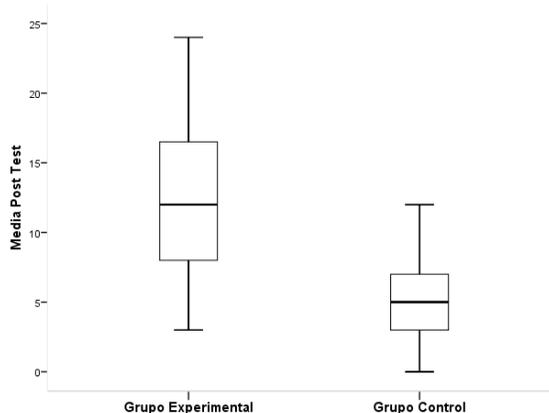
Tabla 9. **Prueba T de Student para muestras independientes Pre Test**

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas.		Prueba de T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
Puntaje total del pre-test	Se asumen $\sigma^2$ iguales	1.748	.190	3.071	86	<b>.003</b>	1.705	.555	.601	2.808
	No se asumen $\sigma^2$ iguales			3.071	82.466	<b>.003</b>	1.705	.555	.600	2.809

## Resultados cuantitativos del post test

Al analizar los resultados obtenidos a través de la prueba T de Student para muestras independientes se encontró que las medias de los grupos experimental y control en la prueba de conocimientos en el post-test difieren significativamente a favor del grupo experimental (media de 12.34) con un valor  $p= 0.000$  con un intervalo de confianza  $\alpha=0.05$  como se demuestra a continuación en la Gráfica 9 y en la Tabla 10 y 11.

**Gráfica 9. Comparativo de Medias Post Test Grupo Experimental y Control.**



Elaboración propia.

**Tabla 10. Estadístico de Grupo Experimental y Control Post Test**

	Grupos	N	Media	$\sigma$	Error tip. de la media
Puntaje total post-test.	Experimental	44	<b>12.34</b>	4.894	0.738
	Control	44	<b>5.05</b>	2.570	0.387

**Tabla 11. Prueba T de Student para muestras independientes Post Test**

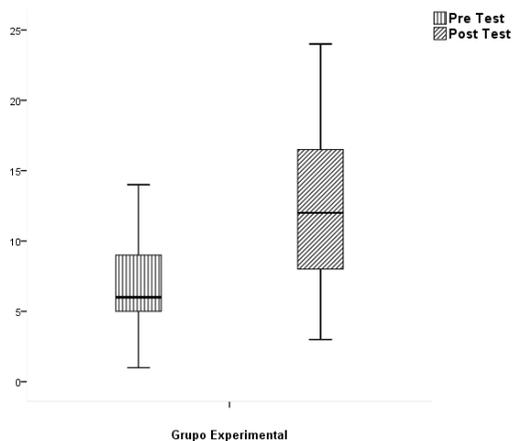
		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas.		Prueba de T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
Puntaje total del post-test	Se asumen $\sigma^2$ iguales	17.638	.000	8.755	86	.000	7.295	.833	5.639	8.952
	No se asumen $\sigma^2$ iguales			8.755	65.033	.000	7.295	.833	5.631	8.960

\*Se muestra el intervalo de confianza entre medias. Se usó la fórmula  $\bar{X} \pm (1.96) (SE)$ . Se puede apreciar que, con un grado de confianza del 95%, la media poblacional se encontrará entre 10.9 y 13.8 puntos.

Al comparar los resultados obtenidos del pre y post tests a través de la prueba t de Student para muestras relacionadas para el grupo experimental, se demuestra que las medias del grupo antes y después de la intervención difieren significativamente entre el pre-test y el post-test con un valor  $p= 0.000$  y un intervalo de confianza

establecido de  $\alpha = 0.05$  como se demuestra en la Gráfica 10 y en tablas Tabla 12 y 13 que se presentan a continuación.

**Gráfica 10. Comparativo de Medias Pre y Post Test Grupo Experimental.**



Elaboración propia.

**Tabla 12. Estadísticos de muestras relacionadas Grupo Experimental Pre y Post Test**

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. De la media
Par 1	Puntaje total pre-test	<b>6.84</b>	44	2.861	0.431
	Puntaje total post-test	<b>12.34</b>	44	4.894	0.738

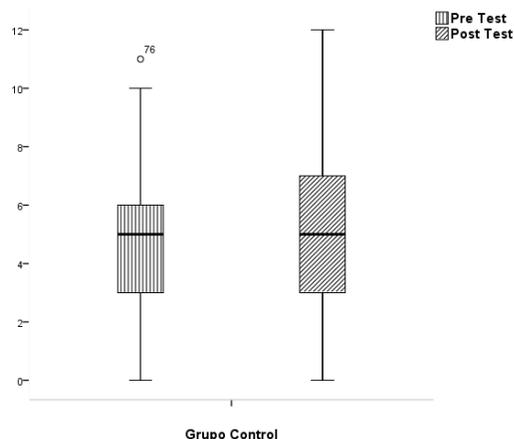
**Tabla 13. Prueba T muestras relacionadas Grupo Experimental Pre y Post Test**

		Diferencias relacionadas					Diferencias relacionadas 95% Intervalo de confianza para la diferencia		
Par 1	Puntaje total pre test - post test	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	t	gl	Sig. (bilateral)	Inferior	Superior
				-5.50	4.84	.73	-7.54	43	<b>.000</b>

Los resultados obtenidos a través de la prueba t de Student para muestras relacionadas para el grupo control, denotan que las medias del grupo no difieren significativamente entre el pre-test y el post-test con un valor  $p = 0.791$  y un intervalo de

confianza  $\alpha = 0.05$  como se puede ver en la Gráfica 11 y en tablas 14 y 15 que se presentan a continuación.

Gráfica 11. **Comparativo de Medias Pre y Post Test Grupo Control.**



Elaboración propia.

Tabla 14. **Estadísticos de muestras relacionadas Grupo Control Pre y Post Test**

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. De la media
Par 1	Puntaje total pre-test	<b>5.14</b>	44	2.319	0.350
	Puntaje total post-test	<b>5.05</b>	44	2.570	0.387

Tabla 15. **Prueba T de muestras relacionadas Grupo Control Pre y Post Test**

		Diferencias relacionadas					Diferencias relacionadas		
							95% Intervalo de confianza para la diferencia		
Par 1	Puntaje total Pre Test - Post Test	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	t	gl	Sig. (bilateral)	Inferior	Superior
				.091	2.260	.341	0.267	43	<b>.791</b>

En el diseño de la prueba de opción múltiple se consideraron cuatro grandes temas que se abordaron ampliamente en el curso en la plataforma Moodle: Radiación

solar, efecto invernadero, modelo del efecto invernadero y cambio climático. Con el fin de determinar el nivel de apropiación del conocimiento de estos temas presentados en la plataforma, se dividió la prueba en cuatro grupos y se procedió a hacer el análisis de cada uno de ellos.

Al realizar el análisis del pre test para el tema de radiación solar, mediante la prueba T de student para muestras independientes se encontró que no existen diferencias significativas ( $p= 0.650$  entre las medias del grupo control y el grupo experimental, que presentaron los valores de 2.0682 y 1.9318 respectivamente, la diferencia entre medias fue de 0.1364 a favor del grupo control, por lo que se puede aseverar que para este tema ambos grupos se encontraban en condiciones similares de conocimientos antes de la intervención (ver Tabla 16 y 17).

Tabla 16. **Estadístico de Grupo Experimental y Control Pre Test Tema Radiación Solar.**

	Grupos	N	Media	$\sigma$	Error tip. de la media
<i>Puntaje total pre-test.</i>	Experimental	44	<b>1.9318</b>	1.38762	.20919
	Control	44	<b>2.0682</b>	1.42074	.21418

Tabla 17. **Prueba T de Student para muestras independientes Pre Test Tema Radiación Solar.**

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas.		Prueba de T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
Puntaje total del pre-test	Se asumen $\sigma^2$ iguales	.337	.563	-.455	86	<b>.650</b>	-.13636	.29939	-.731	.4588
	No se asumen $\sigma^2$ iguales			-.455	85.952	<b>.650</b>	-.13636	.29939	-.731	.4588

En el análisis del post test, a partir de la prueba T de student para muestras independientes se pudo observar que existe una diferencia significativa ( $p=.000$  a favor del grupo experimental como se puede observar en la Gráfica 12, el valor de la media para el GE fue de 3.5682 y para el GC fue de 1.9091 la diferencia entre las medias fue de 1.659 (ver Tabla 18 y 19).

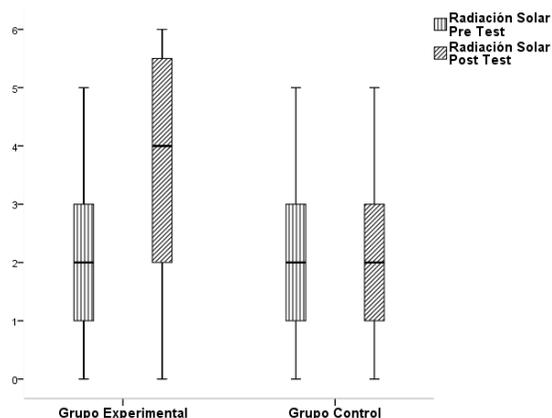
Tabla 18. **Estadístico de Grupo Experimental y Control Post Test Tema Radiación Solar.**

	Grupos	N	Media	$\sigma$	Error tip. de la media
<i>Puntaje total post-test.</i>	Experimental	44	<b>3.5682</b>	1.90956	.28788
	Control	44	<b>1.9091</b>	1.42760	.21522

Tabla 19. **Prueba T de Student para muestras independientes Post Test Tema Radiación Solar.**

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas.		Prueba de T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig (bilateral)	Diferencia de medias	Error tip de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
Puntaje total del post-test	Se asumen $\sigma^2$ iguales	4.707	.033	4.616	86	<b>.000</b>	1.65909	.35943	.9445	2.373
	No se asumen $\sigma^2$ iguales			4.616	79.626	<b>.000</b>	1.65909	.35943	.9437	2.374

**Gráfica 12. Comparativo de Medias Radiación Solar Pre y Post Test Grupo Experimental y Control.**



Elaboración propia.

En el análisis mediante la prueba T de student para muestras relacionadas se demuestra que existen diferencias significativas entre el pre test y post test en el grupo experimental ( $p= 0.000$  y un intervalo de confianza que va de .93 a 2.37) y una diferencia de medias de 1.6364 a favor del post test como puede observarse en la Tabla 20 y 21. La comparación entre las respuestas del pre test con post test del grupo experimental demuestra que para cada una de las preguntas relacionadas con este tema existe una mejora significativa en el aprendizaje como puede observarse en la Gráfica 13. En ésta se puede observar que los patrones en los polígonos que representan en su vértice el número de respuestas correctas en el antes (línea punteada) y en el después (línea continua), no coinciden, siendo de mayor nivel las respuestas del post-test.

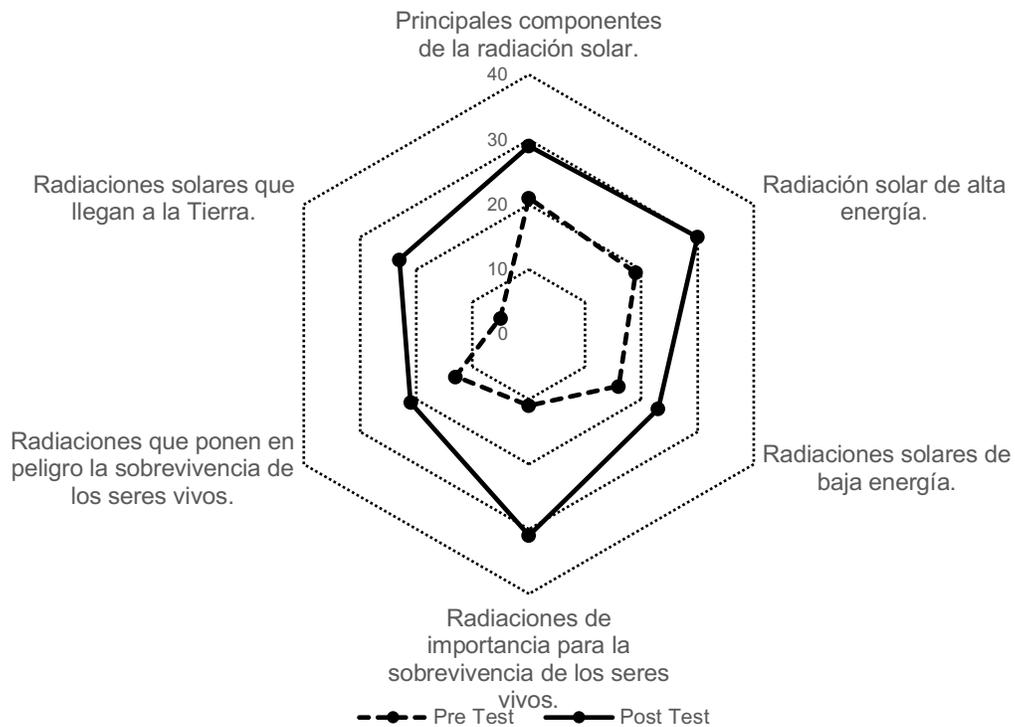
**Tabla 20. Estadísticos de muestras relacionadas Grupo Experimental Pre y Post Test Tema Radiación Solar.**

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. De la media
Par. $t$	Puntaje total pre-test	<b>1.9318</b>	44	1.38762	.20919
	Puntaje total post-test	<b>3.5682</b>	44	1.90956	.28788

Tabla 21. **Prueba T de muestras relacionadas Grupo Experimental Pre y Post Test Tema Radiación Solar**

Par 1	Puntaje total Pre Test - Post Test	Diferencias relacionadas					Diferencias relacionadas		
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	t	gl	95% Intervalo de confianza para la diferencia		
							Inferior	Superior	
		-1.6364	2.08082	.31370	-5.22	43	.000	-2.26899	-1.00374

Gráfica 13. **Resultados de la Prueba de Opción Múltiple Sobre el Tema Radiación Solar Grupo Experimental.**



Elaboración propia.

Los resultados del análisis de la prueba T de Student para muestras relacionadas del grupo control arrojan que no existen diferencias significativas entre el pre y post test ( $p = 0.534$  y un intervalo de confianza establecido que va -2.26 a -1.0) y

la diferencia de las medias de 0.15909 como puede observarse en la Tabla 22 y 23. A diferencia del grupo experimental al comparar las respuestas del pre test con post test del grupo control se demuestra que para cada una de las preguntas relacionadas con el tema Radiación Solar no existe una mejora significativa en el aprendizaje como puede observarse en la Gráfica 14, en la cual se puede observar que el vértice de los polígonos que representan las respuestas en el antes (línea punteada) y el después (línea continua), coinciden o se traslapan casi totalmente.

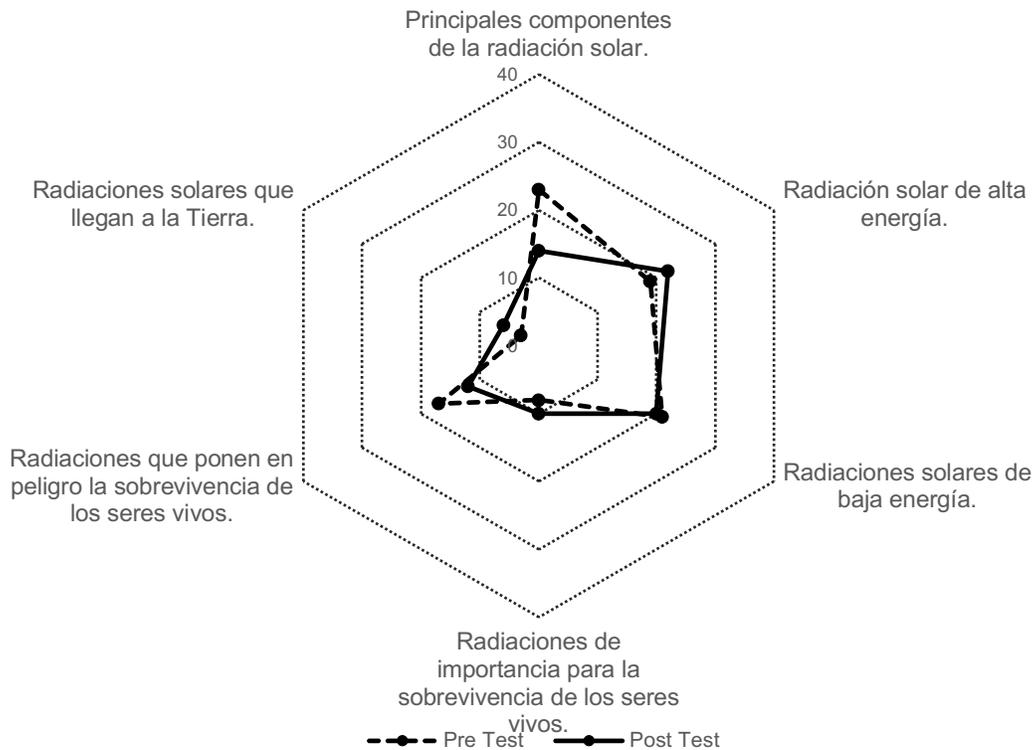
Tabla 22. **Estadísticos de muestras relacionadas Grupo Control Pre y Post Test Tema Radiación Solar.**

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. De la media
Par 1	Puntaje total pre-test	<b>2.0682</b>	44	1.42074	.21418
	Puntaje total post-test	<b>1.9091</b>	44	1.42760	.21522

Tabla 23. **Prueba T de muestras relacionadas Grupo Control Pre y Post Test Tema Radiación Solar.**

		Diferencias relacionadas					Diferencias relacionadas		
							95% Intervalo de confianza para la diferencia		
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	t	gl	Sig. (bilateral)	Inferior	Superior
Par 1	Puntaje total	.15909	1.68362	.25381	.627	43	<b>.534</b>	-.35278	.67096
	Pre Test - Post Test								

**Gráfica 14. Resultados de la Prueba de Opción Múltiple Sobre el Tema Radiación Solar Grupo Control.**



*Elaboración propia.*

Al realizar el análisis del pre test para el tema de “Efecto invernadero”, mediante la prueba T de student para muestras independientes se encontró que existen diferencias significativas ( $p= 0.028$ ) entre las medias del grupo control y el grupo experimental, que presentaron los valores de 1.0455 y 1.6136 respectivamente, la diferencia entre medias fue de 0.56818 a favor del grupo experimental (ver Tabla 24 y 25), por lo que para este tema el grupo experimental tenía una ventaja sobre el grupo control antes de la intervención.

**Tabla 24. Estadístico de Grupo Experimental y Control Pre Test Tema Efecto Invernadero.**

	Grupos	N	Media	$\sigma$	Error tip. de la media
Puntaje total pre-test.	Experimental	44	<b>1.6136</b>	1.18549	.17872
	Control	44	<b>1.0455</b>	1.19989	.18089

Tabla 25. **Prueba T para muestras independientes Pre Test Tema Efecto Invernadero.**

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas.		Prueba de T para la igualdad de medias					
		F	Sig.	t	gl	Sig (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia
Puntaje total del pre-test	Se asumen $\sigma^2$ iguales	.023	.881	2.234	86	<b>.028</b>	.56818	.25429	.0627 1.074
	No se asumen $\sigma^2$ iguales			2.234	85.987	<b>.028</b>	.56818	.25429	.0627 1.074

En el análisis del post test, a partir de la prueba T de student para muestras independientes se pudo observar que existe una diferencia significativa ( $p=.000$ ) a favor del grupo experimental<sup>28</sup> como se puede observar en la Gráfica 15, el valor de la media para el GE fue de 3.0682 y para el GC fue de 0.9545 la diferencia entre las medias entre el grupo experimental y el control fue de 2.11364 (ver Tabla 26 y 27).

Tabla 26. **Estadístico de Grupo Experimental y Control Post Test Tema Efecto Invernadero.**

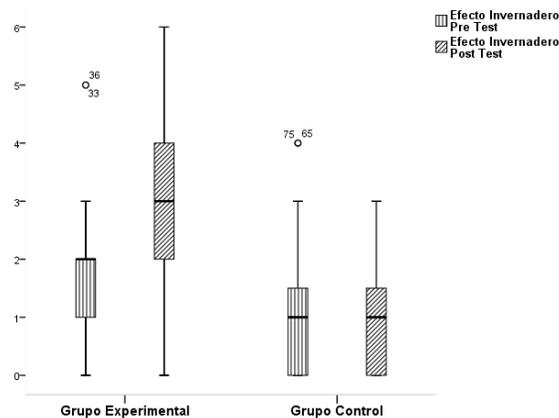
	Grupos	N	Media	$\sigma$	Error tip. de la media
Puntaje total post-test.	Experimental	44	<b>3.0682</b>	1.26487	.19069
	Control	44	<b>.91384</b>	.91384	.13777

<sup>28</sup> Aunque antes de la intervención se encontró diferencia que favorece al grupo experimental la diferencia entre las medias después de este estudio la diferencia entre estas medias se hace más evidente, por lo que la mejora en ésta se le puede atribuir a la intervención.

**Tabla 27. Prueba T de Student para muestras independientes Post Test Tema Efecto Invernadero.**

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas.		Prueba de T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
Puntaje total del post-test	Se asumen $\sigma^2$ iguales	4.202	.043	8.985	86	.000	2.11364	.23525	1.646	2.581
	No se asumen $\sigma^2$ iguales			8.985	78.278	.000	2.11364	.23525	1.645	2.582

**Gráfica 15. Comparativo de Medias Efecto Invernadero Pre y Post Test Grupo Experimental y Control.**



Elaboración propia.

Al realizar el análisis estadístico mediante la prueba T de Student para muestras relacionadas del grupo experimental se encontró que existen diferencias significativas entre el pre y post test ( $p= 0.000$ ) encontrando una diferencia de medias de 1.4546, mientras que en el grupo control, al realizar el análisis estadístico se encuentra que no existe diferencias significativa ( $p= 0.599$ ) y una diferencia entre las medias de 0.09091 (ver Tabla 28, 29, 30 y 31).

**Tabla 28. Estadísticos de muestras relacionadas Grupo Experimental Pre y Post Test Tema Efecto Invernadero.**

		Media	N	Desviación tip.	Error típ. De la media
Par 1	Puntaje total pre-test	<b>1.6136</b>	44	1.18549	.17872
	Puntaje total post-test	<b>3.0682</b>	44	1.26487	.19069

**Tabla 29. Prueba T de muestras relacionadas Grupo Experimental Pre y Post Test Tema Efecto Invernadero.**

		Diferencias relacionadas					Diferencias relacionadas		
							95% Intervalo de confianza para la diferencia		
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	t	gl	Sig. (bilateral)	Inferior	Superior
Par 1	Puntaje total	<b>-1.4546</b>	1.71796	.25899	-5.62	43	<b>.000</b>	-1.97685	-.93224
	Pre Test - Post Test								

**Tabla 30. Estadísticos de muestras relacionadas Grupo Control Pre y Post Test Tema Efecto Invernadero.**

		Media	N	Desviación tip.	Error típ. De la media
Par 1	Puntaje total pre-test	<b>1.0455</b>	44	1.19989	.18089
	Puntaje total post-test	<b>.9545</b>	44	.91384	.13777

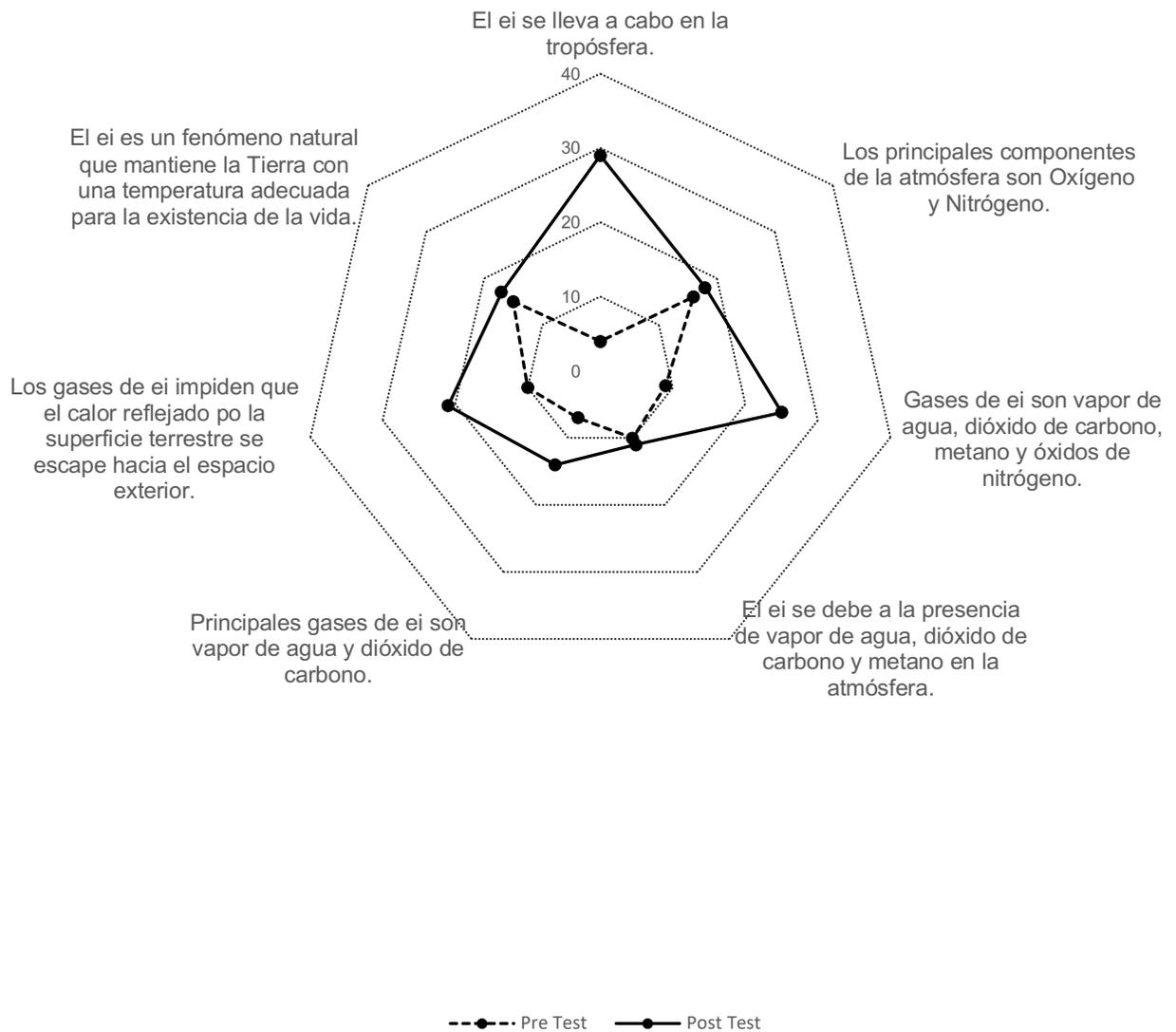
**Tabla 31. Prueba T de muestras relacionadas Grupo Control Pre y Post Test Tema Efecto Invernadero.**

		Diferencias relacionadas					Diferencias relacionadas		
							95% Intervalo de confianza para la diferencia		
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	t	gl	Sig. (bilateral)	Inferior	Superior
Par 1	Puntaje total	.09091	1.13748	.17148	.530	43	<b>.599</b>	-.25492	.43674
	Pre Test - Post Test								

La comparación entre las respuestas del pre test con post test del grupo experimental demuestra que para cada una de las preguntas relacionadas con el tema de “Efecto Invernadero” existe una mejora en el aprendizaje, siendo muy evidente en algunos temas, como puede observarse en la Gráfica 16 los vertices del polígono con línea continua que representan los resultados del post test se separan de los vertices del polígono de línea discontinua que representan la prueba de pre test. En cambio para el grupo control no se demuestra una mejora en el aprendizaje como puede observarse en la Gráfica 17.

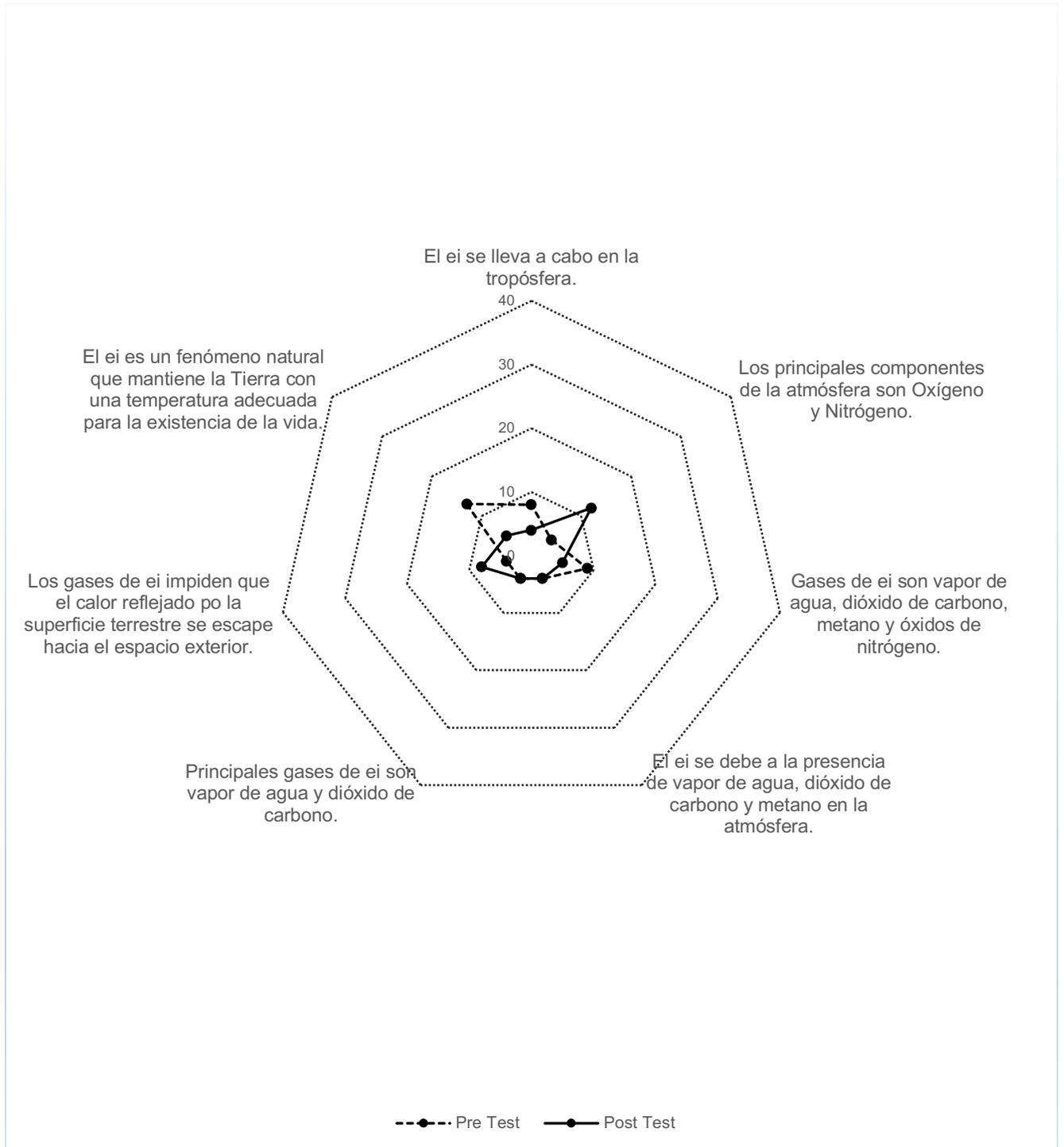
Se hace necesario hacer notar que aunque los resultados arrojan que existe una mejora en el aprendizaje de este tema, existen ideas previas que permanece presentes en la estructura cognitiva de los alumnos, por lo que no logran identificar al EI (Efecto Invernadero) como un fenómeno natural indispensable para la vida en el planeta, o bien reconocer que el efecto invernadero se debe principalmente a los gases termoactivos CO<sub>2</sub>, metano y vapor de agua.

**Gráfica 16. Resultados de la Prueba de Opción Múltiple Sobre el Tema Efecto Invernadero (ei) Grupo Experimental.**



*Elaboración propia.*

**Gráfica 17. Resultados de la Prueba de Opción Múltiple Sobre el Tema Efecto Invernadero (ei) Grupo Control.**



*Elaboración propia.*

Al realizar el análisis del pre test para el “Modelo de Efecto Invernadero”, mediante la prueba T de student para muestras independientes se encontró que existen diferencias significativas ( $p= 0.003$ ) y las medias del grupo control y el grupo experimental, presentaron los valores de 0.5909 y 1.4091 respectivamente, la diferencia entre medias fue de 0.81818 a favor del grupo experimental (ver Tabla 32 y 33), por lo que se puede aseverar que para este tema el grupo experimental inicia con una ventaja con relación al grupo control.

**Tabla 32. Estadístico de Grupo Experimental y Control Pre Test Tema Modelo Efecto Invernadero.**

	Grupos	N	Media	$\sigma$	Error tip. de la media
<i>Puntaje total pre-test.</i>	Experimental	44	<b>1.4091</b>	1.57477	.23741
	Control	44	<b>.5909</b>	.78705	.11865

**Tabla 33. Prueba T de Student para muestras independientes Pre Test Tema Modelo Efecto invernadero.**

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas.		Prueba de T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
Puntaje total del pre-test	Se asumen $\sigma^2$ iguales	13.999	.000	3.083	86	<b>.003</b>	.81818	.26541	.2905	1.345
	No se asumen $\sigma^2$ iguales			3.083	63.220	<b>.003</b>	.81818	.26541	.2878	1.348

En el análisis del post test, a partir de la prueba T de student para muestras independientes se pudo observar que existe una diferencia significativa ( $p=.000$ ) entre ambos grupos, el valor de la media para el GE fue de 3.2727 y para el GC fue de 0.7727, la diferencia entre las medias fue de 2.50 (Tabla 34 y 35).

Tabla 34. **Estadístico de Grupo Experimental y Control Post Test Tema Modelo Efecto Invernadero.**

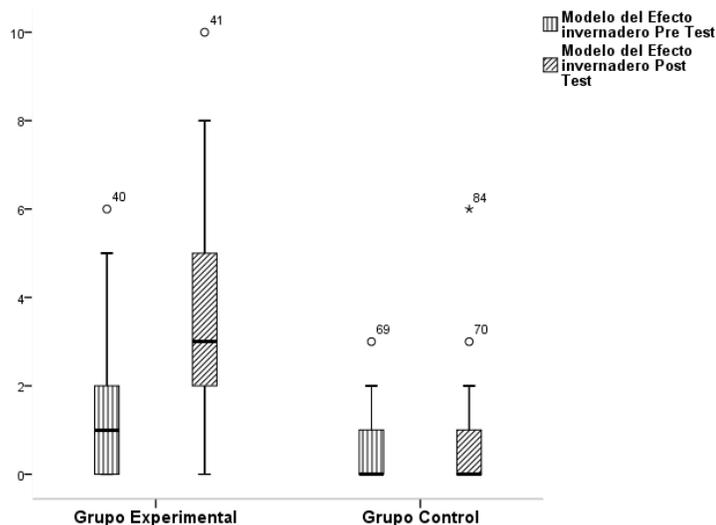
	Grupos	N	Media	$\sigma$	Error tip. de la media
<i>Puntaje total post-test.</i>	Experimental	44	<b>3.2727</b>	2.27590	.34310
	Control	44	<b>.7727</b>	1.13841	.17162

Tabla 35. **Prueba T de Student para muestras independientes Post Test Tema Modelo Efecto invernadero.**

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas.		Prueba de T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
Puntaje total del post-test	Se asumen $\sigma^2$ iguales	17.477	.000	6.517	86	<b>.000</b>	2.50000	.38363	1.737	3.262
	No se asumen $\sigma^2$ iguales			6.517	63.250	<b>.000</b>	2.50000	.38363	1.733	3.266

Aún cuando el grupo experimental tiene una ventaja con respecto al grupo control en la identificación del modelo del efecto invernadero antes de la intervención, se puede observar que existe un incremento en la media de respuestas acertadas al final de la misma, mientras que en el grupo control no hay diferencias entre el pre y post test, como se puede observar en la Gráfica 18.

Gráfica 18. **Comparativo de Medias Modelo del Efecto Invernadero Pre y Post Test Grupo Experimental y Control.**



Elaboración propia.

El resultado del análisis de la prueba t de student para muestras relacionadas del grupo experimental demuestra que existen diferencias significativas entre el pre y el post test ( $p=.000$ ), presentando una diferencia de medias de 1.8636, mientras que para el grupo control se encuentra que no hay diferencias significativas entre ambas pruebas ( $p=.345$  , con una diferencia de medias de 0.1818 como puede observarse en las Tabla 36 - 39.

Tabla 36. **Estadísticos de muestras relacionadas Grupo Experimental Pre y Post Test Tema Modelo Efecto Invernadero.**

		Media	N	Desviación tip.	Error típ. De la media
D. S.	Puntaje total pre-test	<b>1.4091</b>	44	1.57477	.23741
	Puntaje total post-test	<b>3.2727</b>	44	2.27590	.34310

Tabla 37. **Prueba T de muestras relacionadas Grupo Experimental Pre y Post Test Tema Modelo Efecto Invernadero.**

		Diferencias relacionadas					Diferencias relacionadas		
							95% Intervalo de confianza para la diferencia		
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	t	gl	Sig. (bilateral)	Inferior	Superior
Par 1	Puntaje total	-1.8636	2.27822	.34345	-5.43	43	.000	-2.55628	-1.17099
	Pre Test - Post Test								

Tabla 38. **Estadísticos de muestras relacionadas Grupo Control Pre y Post Test Tema Modelo Efecto Invernadero.**

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. De la media
Par 1	Puntaje total pre-test	.5909	44	.78705	.11865
	Puntaje total post-test	.7727	44	1.13841	.17162

Tabla 39. **Prueba T de muestras relacionadas Grupo Control Pre y Post Test Tema Modelo Efecto Invernadero.**

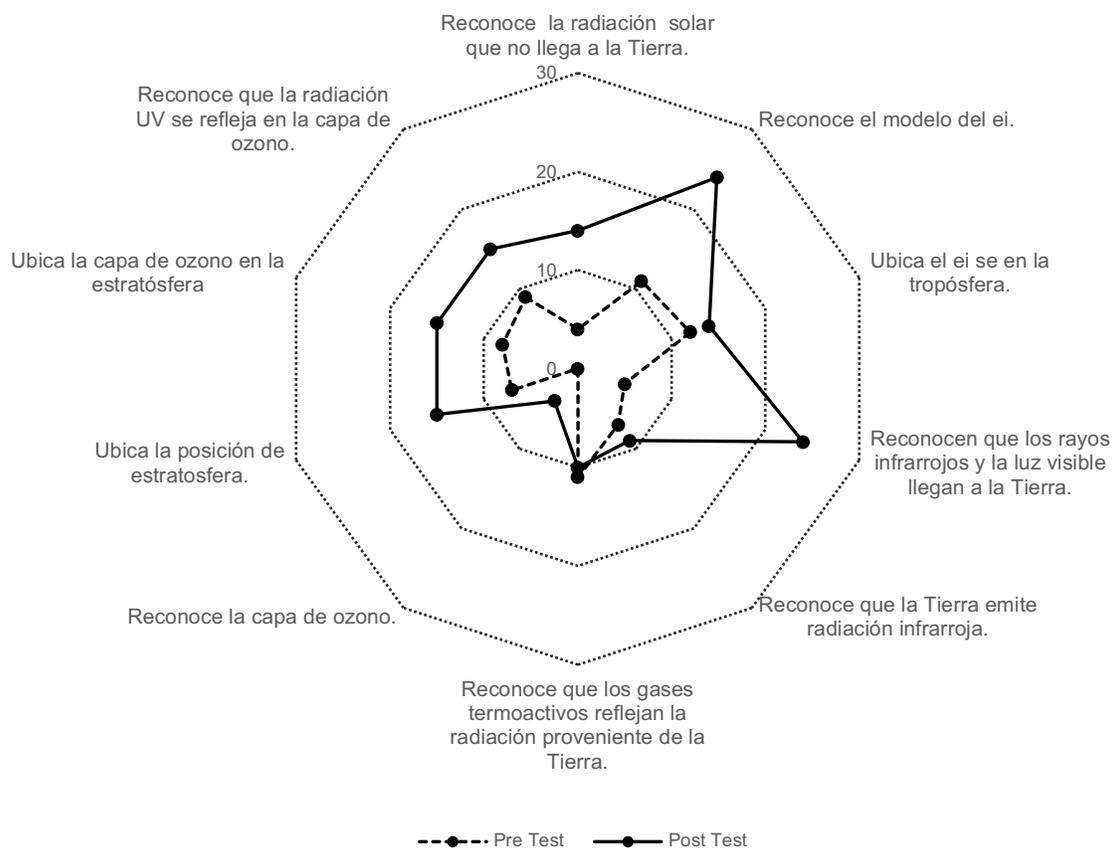
		Diferencias relacionadas					Diferencias relacionadas		
							95% Intervalo de confianza para la diferencia		
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	t	gl	Sig. (bilateral)	Inferior	Superior
Par 1	Puntaje total	-.1818	1.26257	.19034	-.955	43	.345	-.56567	.20204
	Pre Test - Post Test								

En el grupo experimental se puede observar una mejora en el aprendizaje en la comparación entre las respuestas del pre test con post test del grupo experimental demuestra que para cada una de las preguntas relacionadas con el tema el “Modelo

de efecto invernadero”, existe una mejora en el aprendizaje, mientras que en el grupo control no se demuestra que existan mejoras, cómo puede observarse en las gráficas 19 y 20, donde los vértices de los polígonos representan las respuestas acertadas del pre test (líneas discontinuas) y post tests (líneas continuas).

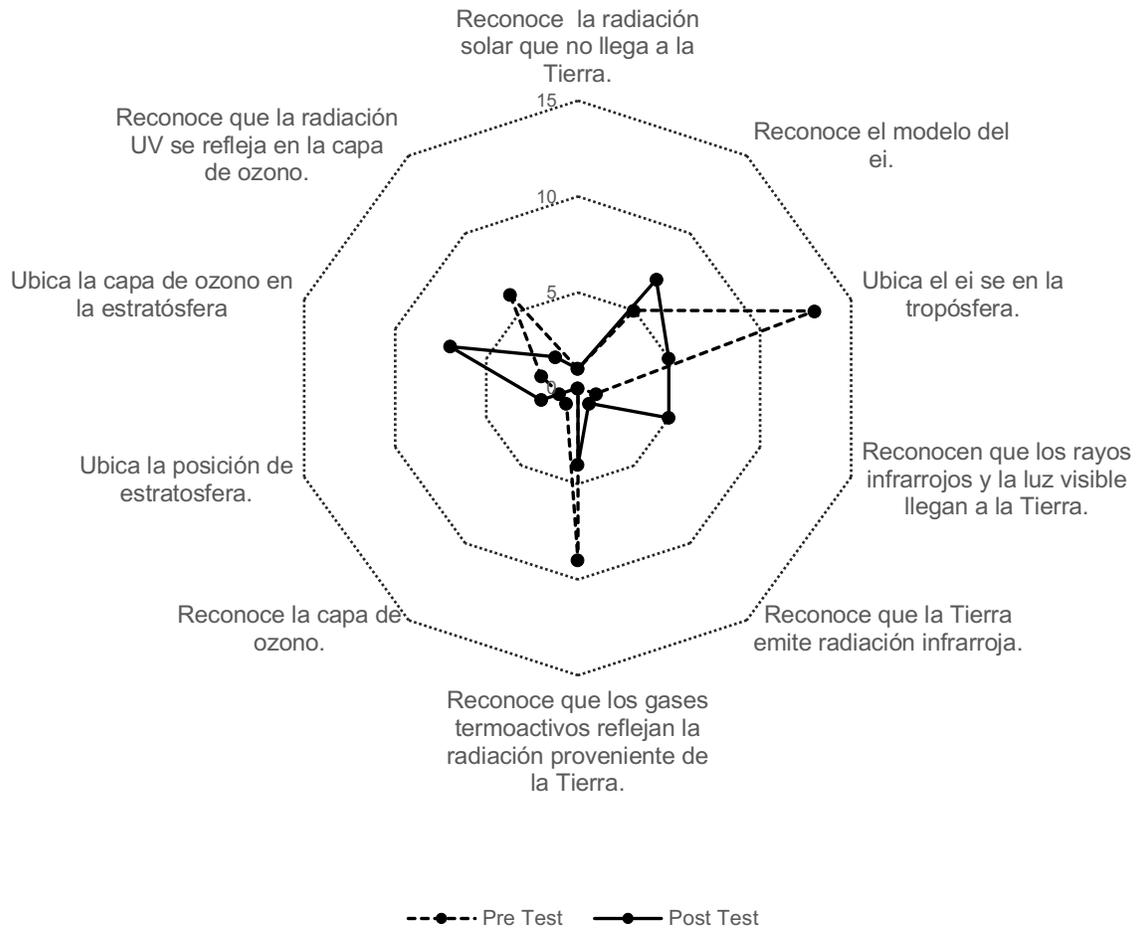
Aunque eixste una mejora global en la comprensión del modelo del efecto invernadero en el grupo experimental, es necesario mencionar que los alumnos no logran completar el modelo ubicando la reflexión de los rayos infrarrojos por los gases termoactivos.

**Gráfica 19 Resultados de la Prueba de Opción Múltiple Sobre el Modelo Efecto Invernadero Grupo Experimental.**



*Elaboración propia.*

**Gráfica 20. Resultados de la Prueba de Opción Múltiple Sobre el Modelo Efecto Invernadero Grupo Control.**



*Elaboración propia.*

Al realizar el análisis del pre test para el tema de “Cambio Climático”, mediante la prueba T de student para muestras independientes se encontró que no existen diferencias significativas ( $p= 0.086$  entre las medias del grupo control y el grupo experimental, que presentaron los valores de 1.4091 y 1.7273 respectivamente, la diferencia entre medias fue de 0.31818 a favor del grupo experimental, por lo que se

puede aseverar que para este tema ambos grupos se encontraban en condiciones similares de conocimientos antes de la intervención (Tabla 40 y 41).

Tabla 40. **Estadístico de Grupo Experimental y Control Pre Test Tema Cambio Climático.**

	Grupos	N	Media	$\sigma$	Error tip. de la media
<i>Puntaje total pre-test.</i>	Experimental	44	<b>1.7273</b>	.87241	.13152
	Control	44	<b>1.4091</b>	.84408	.12725

Tabla 41. **Prueba T de Student para muestras independientes Pre Test Tema Cambio Climático.**

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas.		Prueba de T para la igualdad de medias					
		F	Sig.	t	gl	Sig (bilateral)	Diferencia de medias	Error tip de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia
Puntaje total del pre-test	Se asumen $\sigma^2$ iguales	.042	.838	1.739	86	<b>.086</b>	.31818	.18300	-.046 .682
	No se asumen $\sigma^2$ iguales			1.739	85.906	<b>.086</b>	.31818	.18300	-.046 .682

En el análisis del post test, a partir de la prueba T de student para muestras independientes se pudo observar que si existe una diferencia significativa ( $p=.031$ ) entre ambos grupos como se puede observar en la Gráfica 21, el valor de la media para el GE fue de 1.6591 y para el GC fue de 1.2045 la diferencia entre las medias fue de 0.45455, como se muestra en la Tabla 42 y 43.

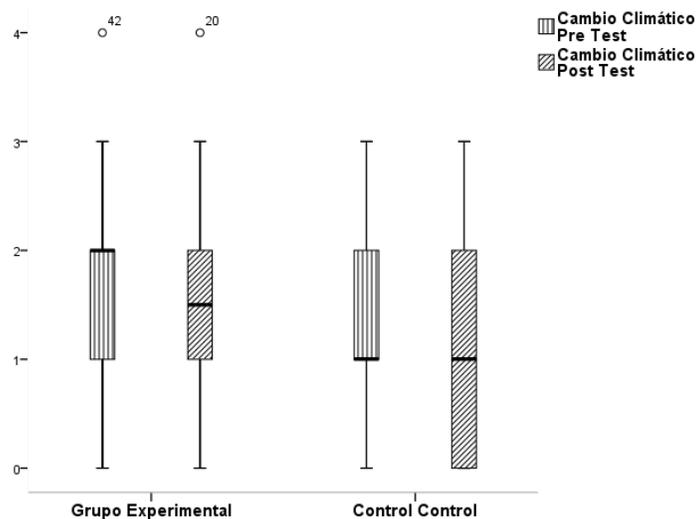
Tabla 42. **Estadístico de Grupo Experimental y Control Post Test Tema Cambio Climático.**

	Grupos	N	Media	$\sigma$	Error tip. de la media
<i>Puntaje total post-test.</i>	Experimental	44	<b>1.6591</b>	.98697	.14879
	Control	44	<b>1.2045</b>	.95429	.14387

Tabla 43. **Prueba T de Student para muestras independientes Post Test Tema Cambio Climático.**

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas.		Prueba de T para la igualdad de medias					
		F	Sig.	t	gl	Sig (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia
Puntaje total del post-test	Se asumen $\sigma^2$ iguales	.029	.865	2.196	86	.031	.45455	.20697	.0431 .866
	No se asumen $\sigma^2$ iguales			2.196	85.903	.031	.45455	.20697	.0431 .866

Gráfica 21. **Comparativo de Medias Cambio Climático Pre y Post Test Grupo Experimental y Control.**



Elaboración propia.

Al realizar el análisis mediante la prueba t de student para muestras relacionadas para el grupo experimental se determina que no existen diferencias significativas entre el pre test y el post test ( $p= 0.636$ ) con una diferencia de medias de 0.06818, (ver Tabla

44 y 45). El grupo control tampoco muestra diferencias significativas ( $p= 0.211$ ) con una diferencia en las medias de 0.20455 (ver Tablas 46 y 47).

Tanto en el grupo experimental como el grupo control no se muestra una mejora en el aprendizaje para el tema Cambio climático y calentamiento global como puede observarse en las gráficas 22 y 23 donde los vértices de los polígonos muestran las respuestas correctas, las líneas punteadas representan el pre test, mientras que las líneas continuas representan el post test.

Tabla 44. **Estadísticos de muestras relacionadas Grupo Experimental Pre y Post Test Cambio Climático.**

Par 1		Media	N	Desviación tip.	Error típ. De la media
		Puntaje total pre-test	<b>1.7273</b>	44	.87241
	Puntaje total post-test	<b>1.6591</b>	44	.98697	.14879

Tabla 45. **Prueba T de muestras relacionadas Grupo Experimental Pre y Post Test Tema Cambio Climático.**

Par 1		Diferencias relacionadas					Diferencias relacionadas		
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	t	gl	Sig. (bilateral)	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
								Inferior	Superior
	Puntaje total	.06818	.94985	.14320	.476	43	.636	-.22060	.35696
	Pre Test - Post Test								

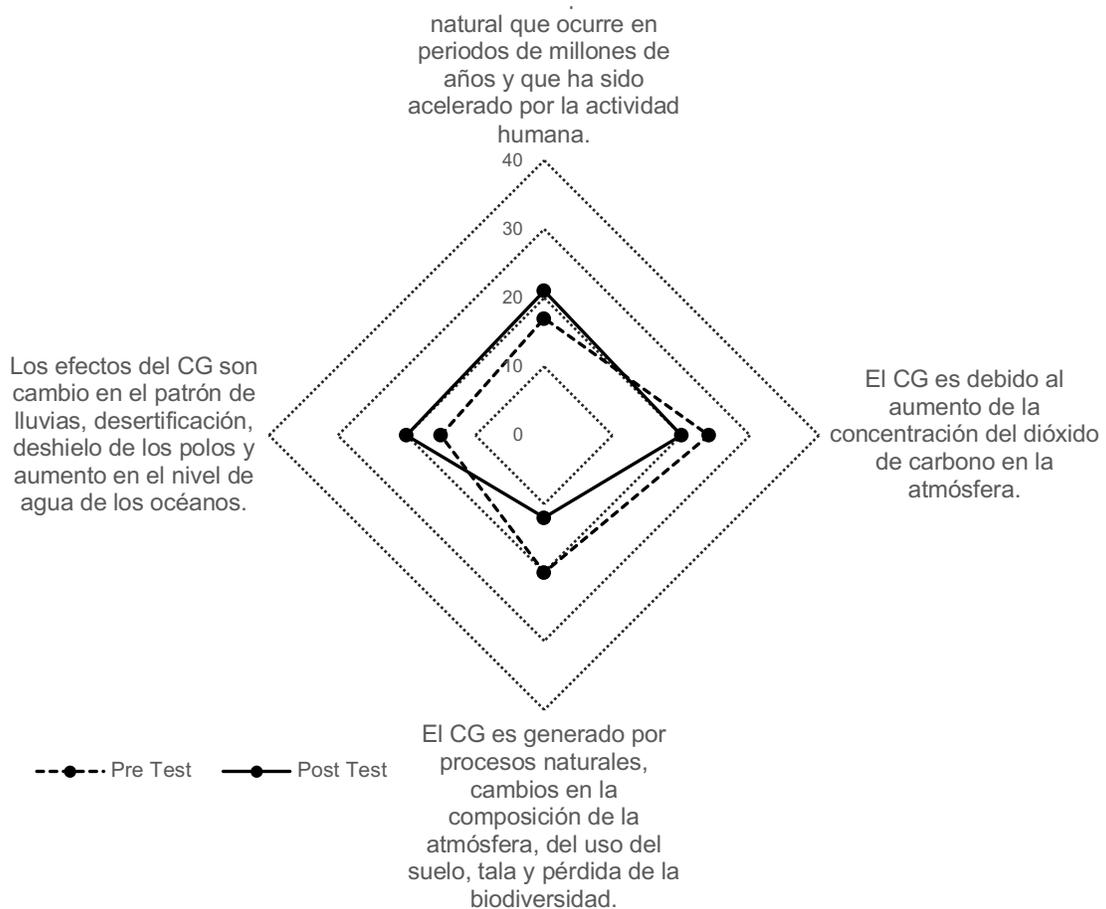
Tabla 46. **Estadísticos de muestras relacionadas Grupo Control Pre y Post Test Tema Cambio Climático.**

Par 1		Media	N	Desviación tip.	Error típ. De la media
		Puntaje total pre-test	<b>1.4091</b>	44	.84408
	Puntaje total post-test	<b>1.2045</b>	44	.95429	.14387

Tabla 47. **Prueba T de muestras relacionadas Grupo Control Pre y Post Test Tema Cambio Climático.**

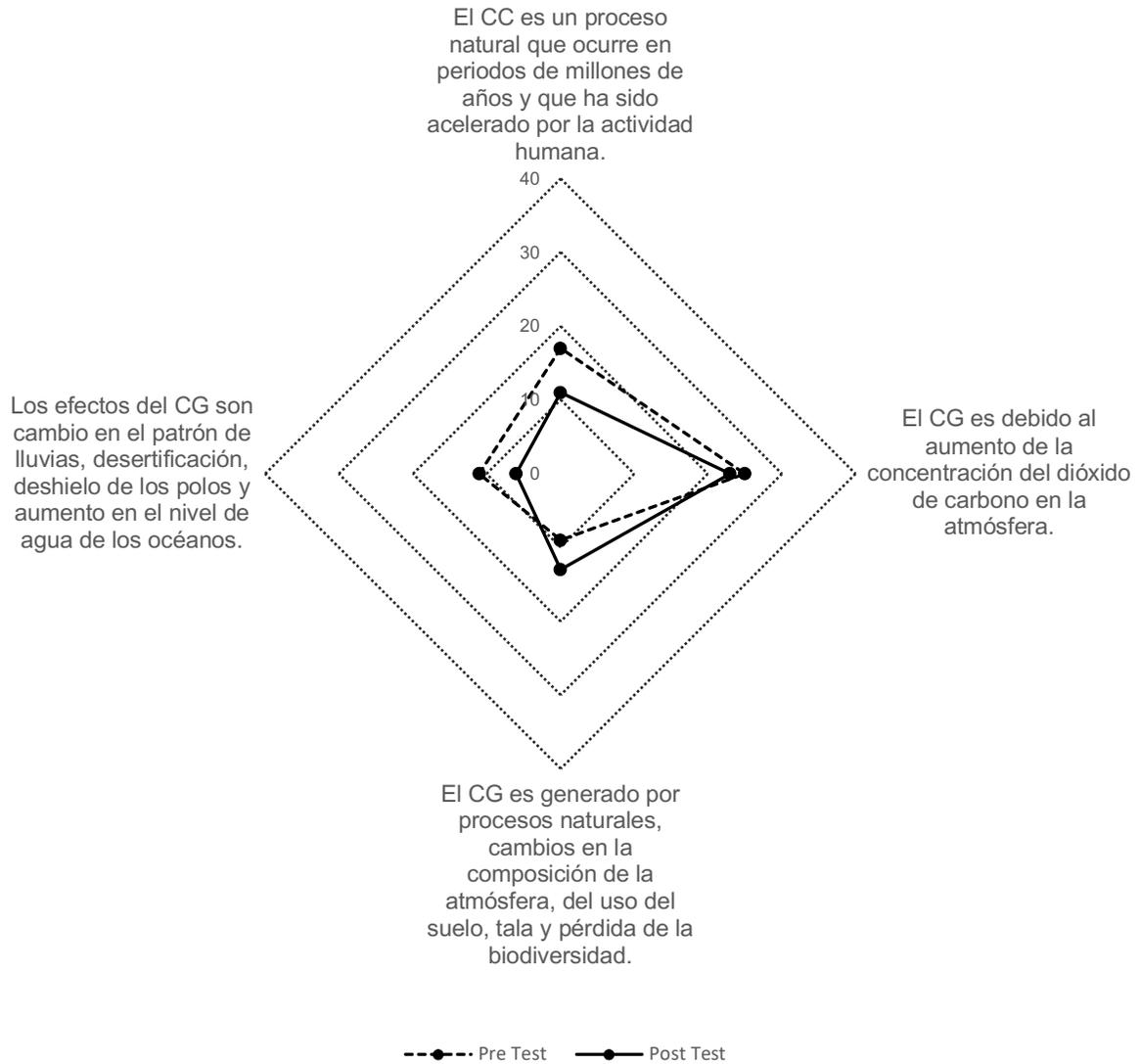
		Diferencias relacionadas					Diferencias relacionadas		
							95% Intervalo de confianza para la diferencia		
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	t	gl	Sig. (bilateral)	Inferior	Superior
Par 1	Puntaje total	.20455	1.06922	.16119	1.269	43	.211	-.12053	.52962
	Pre Test - Post Test								

Gráfica 22. **Resultados de la Prueba de Opción Múltiple Sobre el Tema Cambio Climático (CC) y Calentamiento Global (CG) Grupo Experimental.**



Elaboración propia.

**Gráfica 23. Resultados de la Prueba de Opción Múltiple Sobre el Tema Cambio Climático (CC) y Calentamiento Global (CG) Grupo Control.**



*Elaboración propia.*

## Resultados cuantitativos de las repuestas construidas

Al comparar las medias entre el grupo experimental y control obtenidas en el pre test mediante la prueba t para muestras independientes, se observó que aunque existe una leve diferencia en las medias a favor del grupo experimental esta diferencia no es significativa como lo demuestran los valores  $p=0.197$  para la pregunta 28 y el valor  $p=0.100$  para la pregunta 29. Como se puede observar en las Tablas 48 y 49.

Tabla 48. *Estadísticos de Muestras Independientes Respuestas Construidas Pre-Test*

	Grupo	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
P28 <sup>a</sup> pre-test	Experimental	36	<b>1.39</b>	1.554	.259
	Control	25	<b>.92</b>	1.077	.215
P29 <sup>b</sup> pre-test	Experimental	30	<b>.30</b>	.877	.160
	Control	24	<b>.00</b>	.000	.000

<sup>a</sup> P28 cadenas tróficas

<sup>b</sup> P29 interacción lobo-clima

Tabla 49. *Prueba T de Muestras Independientes Respuestas Construidas Pre-Test*

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
P28 <sup>a</sup> pre-test	Se han asumido varianzas iguales	6.560	.013	1.305	59	<b>.197</b>	.469	.359	-.250	1.188
	No se han asumido varianzas iguales			1.392	58.999	<b>.169</b>	.469	.337	-.205	1.143
P29 <sup>b</sup> pre-test	Se han asumido varianzas iguales	13.214	.001	1.673	52	<b>.100</b>	.300	.179	-.060	.660
	No se han asumido varianzas iguales			1.874	29.000	<b>.071</b>	.300	.160	-.027	.627

<sup>a</sup> Pregunta 28 cadenas tróficas

<sup>b</sup> Pregunta 29 interacción lobo-clima

Los resultados obtenidos de las repuestas construidas a través de la prueba t de Student para muestras relacionadas para el grupo experimental, demuestran que

las medias del grupo difieren significativamente entre el pre-test y el post-test con un valor  $p= 0.000$  y un intervalo de confianza establecido de  $\alpha = 0.05$  como se muestra en las Tablas 50 y 51, que se muestran a continuación.

Tabla 50. **Estadísticos de muestras relacionadas Grupo Experimental Respuestas Construidas**

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. De la media
<i>Pregunta 28<sup>a</sup></i>	Puntaje total pre-test	<b>1.43</b>	35	1.558	.263
	Puntaje total post-test	<b>4.11</b>	35	1.491	.252
<i>Pregunta 29<sup>b</sup></i>	Puntaje total pre-test	<b>.30</b>	30	.877	.160
	Puntaje total post-test	<b>2.23</b>	30	1.547	.282

<sup>a</sup> Pregunta 28 cadenas tróficas  
<sup>b</sup> Pregunta 29 interacción lobo-clima

Tabla 51. **Prueba T muestras relacionadas Grupo Experimental Respuesta Construidas**

		Diferencias relacionadas					Diferencias relacionadas 95% Intervalo de confianza para la diferencia		
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	t	gl	Sig. (bilateral)	Inferior	Superior
Par 1	Puntaje total pre- post test P28 <sup>a</sup>	-2.69	1.728	.292	-9.194	34	.000	-3.279	-2.092
	Puntaje total pre- test post- test P29 <sup>b</sup>	-1.93	1.461	.267	-7.250	29	.000	-2.479	-1.388

<sup>a</sup> Pregunta 28 cadenas tróficas  
<sup>b</sup> Pregunta 29 interacción lobo-clima

Los resultados obtenidos de las respuestas construidas a través de la prueba t de Student para muestras relacionadas para el grupo control, demuestran que las medias del grupo no difieren entre el pre-test y el post-test con un valor  $p= 0.74$  para la pregunta 28 y  $p=0.331$  para la pregunta 29 un intervalo de confianza establecido de  $\alpha = 0.05$  como se muestra en las tablas que se muestran a continuación.

Tabla 52. **Estadísticos de muestras relacionadas Grupo Control Respuestas Construidas**

		Media	N	Desviación típ.	Error típ. de la media
Par 1	P28 <sup>a</sup> pre-test	<b>.92</b>	25	1.077	.215
	P28 <sup>a</sup> post-test	<b>.84</b>	25	1.463	.293
Par 2	P29 <sup>b</sup> pre-test	<b>.00</b>	19	.000	.000
	P29 <sup>b</sup> post-test	<b>.05</b>	19	.229	.053

<sup>a</sup> Pregunta 28 cadenas tróficas

<sup>b</sup> Pregunta 29 interacción lobo-clima

Tabla 53. **Prueba de T para muestras relacionadas Grupo Control Respuestas Construidas**

		Diferencias relacionadas					Diferencias relacionadas 95% Intervalo de confianza para la diferencia		
		Media	Desviación típ.	Error típ. de la media	t	gl	Sig. (bilateral)	Inferior	Superior
Par 1	P28 <sup>a</sup> pre-post tets	.080	1.222	.244	.327	24	<b>.746</b>	-.424	.584
Par 2	P29 <sup>b</sup> pre-post tets	-.053	.229	.053	-1.000	18	<b>.331</b>	-.163	.058

<sup>a</sup> Pregunta 28 cadenas tróficas

<sup>b</sup> Pregunta 29 interacción lobo-clima

Al hacer la prueba estadística T de muestras independientes para las preguntas 28 y 29 del post test se mostró que existen diferencias significativas entre las medias del grupo experimental y control ( $p=0.000$ ) como se muestra en las Tablas 54 y 55.

La media para las respuestas construidas para el grupo experimental fue de 1.3 y 5.9 en el pre y post-test respectivamente y de 0.8 y 0.9 para el grupo control, la diferencia de medias del pre y post-test fue de 4.5 para el GE y 0.1 para el GC.

Tabla 54. Estadísticos de Grupo Muestras Independientes Post Test Respuestas Construidas

	Grupo	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
	Control	32	<b>.84</b>	1.370	.242
P29 <sup>b</sup> post-test	Experimental	41	<b>2.22</b>	1.541	.241
	Control	23	<b>.04</b>	.209	.043

<sup>a</sup> Pregunta 28 cadenas tróficas.

<sup>b</sup> Pregunta 29 interacción lobo-clima.

Tabla 55. Prueba T de Muestras Independientes Post Test Respuestas Construidas

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
									Inferior	Superior
P 28 <sup>a</sup> post test	Se han asumido varianzas iguales	.349	.557	8.907	72	<b>.000</b>	3.156	.354	2.450	3.863
	No se han asumido varianzas iguales			9.102	71.041	<b>.000</b>	3.156	.347	2.465	3.848
P29 <sup>b</sup> post-test	Se han asumido varianzas iguales	63.374	.000	6.713	62	<b>.000</b>	2.176	.324	1.528	2.824
	No se han asumido varianzas iguales			8.896	42.570	<b>.000</b>	2.176	.245	1.683	2.669

### Análisis cualitativo de las respuestas construidas

Con la resolución acertada de un cuestionario con respuestas de opción múltiple que refleja aprendizajes factuales, la autora de esta tesis consideró que no se podría aseverar que se habría generado un cambio en las representaciones de los alumnos, es por ello que se consideró incluir dentro de la prueba un par de preguntas de respuesta construida que permitieran contrastar tanto las concepciones intuitivas de los participantes antes de la intervención y las respuestas posteriores a la misma,

verificando con esto si permanecían en los individuos sus concepciones alternativas o se generaba un cambio en sus representaciones.

El análisis Cualitativo de las respuestas construidas se llevó a cabo mediante una rúbrica para identificar los diferentes niveles de representación. Esta rúbrica tiene seis categorías y cinco niveles de ejecución: un valor de cero, el cual fue asignado cuando en la respuesta prevalecen concepciones intuitiva alejadas de consideraciones científicas; un valor de uno cuando la respuesta es parcialmente correcta y se menciona un aspecto relevante; un valor de dos cuando la respuesta es correcta y se mencionan dos aspectos relevantes; el valor tres fue asignado cuando el alumno lograba explicar algunas causas y efectos; para alcanzar cuatro puntos la respuesta debía establecer las causas y los efectos en una estructura más integrada; y finalmente el valor cinco fue asignado cuando el aprendiz lograba integrar los conocimientos y hacer inferencias sobre los temas desarrollados (ver Anexo III).

#### Análisis cualitativos pre-test

Cuando a los alumnos se les presenta una imagen de un ecosistema de bosque templado y se les hace notar que en dicho ecosistema ha desaparecido el lobo, al preguntárseles qué sucederá en el ecosistema, algunos alumnos no responden a la pregunta (11GE y 19GC), más de una tercera parte de los alumnos del grupo experimental y un poco más de la mitad del grupo control no logra identificar que existe una cadena alimenticia y que la desaparición del lobo influirá negativamente en el equilibrio de dicha cadena, como es el caso del estudiante con identificación (ID) número 60 del GC que no logra identificar los efectos y responde:

ID 60 GC. *“Pues nada”*

En otras respuestas los alumnos identifican con un determinismo causal el efecto basándose en preconcepciones o ideas intuitivas como puede verse en las respuestas de los siguientes participantes:

ID 33 GE. *“Que estos animales entre sí, si pueden vivir tranquilamente y reproducirse sin problema alguno”.*

ID 76 GC. *“Va a ver (haber) más especies que a lo mejor está en peligro de extinción.”*

Es de hacer notar que algunos de los participantes responden desde una percepción fatalista basandose en los principios de constancia, condicionalidad, asimetría y transmisión generativa del determinismo causal y consideran que al desaparecer una especie el ecosistema:

ID 34 GC. *“Se destruiría ya que en un ecosistema existen varios seres vivos y si uno se extinguiera todo el ecosistema sería destruido”.*

En todos estos casos se les asignó un puntaje de cero ya que no logran reconocer las relaciones tróficas que existen en una cadena o red alimenticia.

Un poco menos de la mitad del GE y una porción aún menor del GC de los participantes (20 y 12 respectivamente), responde a la pregunta identificando la existencia de la cadena alimenticia y algunos de sus componentes, reconocen la relación depredador presa, aunque en algunos caso no logran explicar qué sucede cuando se rompe la cadena alimenticia, y en otros casos a pesar de reconocer esta relación no comprenden que existe un equilibrio en el ecosistema regulado por las relaciones tróficas. Con respecto a esto último bajo los principios del determinismo causal un participante afirma que:

ID 12 GE. *“No habría tantos animales muertos si estuviera el lobo sería una fauna escasa”.*

De los estudiantes que identifican los elementos de la cadena trófica solo algunos (14 GE y 2 GC) identifican que existe un desequilibrio en la cadena alimenticia al desaparecer el depredador cuaternario, aunque como en los casos anteriores siguen prevaleciendo ideas intuitivas que manifiestan una relación causa efecto al considerar que la ausencia de un depredador puede ocasionar que disminuya severamente la diversidad animal.

ID 4 GE. *“Este es un depredador muy importante el ecosistema no será el mismo porque los otros depredadores acabarán con el ecosistema”*.

Otros participantes aunque identifican la existencia de relaciones alimentarias, consideran estas de forma lineal, y que al desaparecer un elemento de la cadena trófica en este caso el lobo, toda la cadena se verá destruida, como sería el caso de algunos participantes que mencionan:

ID 62 GC. *“Se destruye la cadena alimenticia y algunos animales mueren”*.

ID 84 GC *“Se rompe la cadena alimenticia y se destruye”*.

De los participantes que reconocen que existe un desequilibrio en la cadena alimenticia un poco más de la mitad en el GE y muy pocos del GC (8 GE, 2 GC), refieren de forma implícita que como consecuencia de la desaparición del lobo algunos animales del ecosistema pueden verse favorecidos, como podemos observar en la respuesta de un participante:

ID 28 GE. *“Que habrá más biodiversidad porque no hay tanta caza y crecerán los animales”*.

En estas afirmaciones aunque se puede ver forma explícita que algunos organismos son favorecidos, volvemos a encontrar ideas intuitivas que contrastan con el conocimiento científico, respecto de los orígenes de la biodiversidad y el papel de las relaciones tróficas en la regulación de la densidad poblacional. Tan sólo algunos alumnos (5 GE y 2 GC) refieren que como consecuencia de la desaparición del consumidor cuaternario (lobo) las poblaciones de otros organismos pueden aumentar, como son los casos siguientes:

ID 59 GC. *“Aumentarán las otras especies hasta ser una plaga”.*

ID 14 GE. *“Sobre población de los animales y un desorden en la cadena alimenticia. “Si porque el lobo es carnívoro y sin él crecerá la población de animales”.*

En estas aseveraciones se puede observar cómo los participantes explicitan el crecimiento poblacional, aunque no logra identificar cuáles serían las consecuencias de ese crecimiento.

Tan sólo un participante del GE infiere que el crecimiento de las poblaciones traería como consecuencia la disminución del *alimento*.

ID 20 GE. *“No habrá vegetación porque los animales se la comen y se acabaría”.*

En esta aseveración también se pueden observar ideas intuitivas del “todo o nada” donde a pesar de que el participante puede vislumbrar que existe una disminución de alimento al aumentar las poblaciones de herbívoros, no logra comprender cómo es que se regula el crecimiento de las poblaciones.

## **Análisis Cualitativos del post-test**

En el Post-test del grupo control disminuyen el número de respuestas sin contestar y aumenta el número de respuestas construidas con valor de cero, al comparar las respuestas del pre y post test se encuentran muchas similitudes, en ambas pruebas se puede observar que la mayoría de los alumnos conserva sus conocimientos intuitivos, como puede observarse al comparar la respuesta del pre test:

ID 76 GC. *“Va a ver más especies que a lo mejor esta en peligro de extinción”* con la respuesta del mismo sujeto en el post-test *“Por la caza de los lobos ya que estos son peligrosos por atacar”*.

En ambas respuestas se logra identificar que el aprendiz conserva la idea de que el consumidor cuaternario por su peligrosidad (en este caso el lobo) puede ser eliminado de la cadena alimenticia sin que exista un desequilibrio.

Existen respuestas en las cuales los alumnos consideran que las relaciones tróficas se modifican substituyendo a un depredador con otro como es el caso de esta respuesta

ID 88 GC. *“El águila se come a todos”* (pre test) y en el post-test podemos observar que mantiene sus ideas intuitivas al afirmar que *“Se hará un eslabón”* (ver Gráfica 24).

Aunque en el grupo control existe una prevalencia de preconcepciones que permanecen en los alumnos también existen, dos casos en los cuales los alumnos cambian sus representaciones estableciendo un esquema de causa múltiples necesarias, y siguiendo los principios del determinismo causal como se puede observar al comparar la respuesta del pre-test:

ID 88 GC. *“El lobo se comerá al venado para su supervivencia pero ya no se lo comerá va a cambiar el ciclo entre el lobo y el venado”* y la respuesta del post-test, *“Sin el lobo que comería (comiera) al venado, la manada del venado se haría más grande influyendo en que los alimentos no serían suficientes para alimentar a todos y morirían de hambre”*.

ID 59 GC pre-test. *“Aumentarán las otras especies hasta ser una plaga”* y el post-test *“Aumentará la población de varias especies, haciendo las plagas, la vegetación se acaba y morirán acabando con un ecosistema”*.

En ambas respuestas se puede observar como los estudiantes pasan de un esquema causa-efecto a un esquema multicausal, donde infieren de manera implícita el efecto de la competencia por el alimento.

Los resultados del post-test del GE muestran un cambio con relación con el pre-test, el número de alumnos que no responden a la pregunta o que tienen un valor de cero disminuyen y existe un aumento en los otros valores (ver Gráfica 25).

Aunque existen algunos alumnos que no logran cambiar sus representaciones intuitivas “del lobo feroz” y añaden los nuevos elementos a sus representaciones, intuitiva como es el caso de un estudiante que en el pre-test responde:

ID 33 GE. *“Que estos animales entre sí, si pueden vivir tranquilamente y reproducirse sin problema alguno”* en el post-test responde *“Que sin el lobo esos animales pueden vivir tranquilos sin ser devorados solo que los pueda matar el clima”*.

También se pueden observar cambios en las representaciones que se acercan más al conocimiento científico. Estos cambios en las representaciones de los alumnos tienen diferentes niveles, que van desde la identificación de elementos aislados, como es el caso de un estudiante que en el pre-test considera que al desaparecer el lobo:

ID 10GE. *“Que se irá acabando la biodiversidad”* y en el post-test cambia su representación de pérdida de la biodiversidad, logra relacionar de forma lineal la causa y el efecto e incorpora elementos de depredador-presa al afirmar: *“Que ya no habrá quien se coma a los herbívoros”*.

En estos cambios en las preconcepciones también encontramos cambios hacia representaciones más elaboradas que pasan de una causa-efecto lineal hacia la comprensión de relaciones en un sistema que se acerca más al conocimiento científico como es el caso de un estudiante que en el pre-test responde:

ID 16 GE. *“Habría más animales”* el cual deja entrever las ventajas de la desaparición del depredador cuaternario, y en el post-test este estudiante afirma que *“habrá sobrepoblación de animales herbívoros”* y complementa su respuesta aseverando que *“al reintroducir al lobo a un ecosistema regulan la población de venados y así habrá más vegetación”*.

Aunque este estudiante no habla de forma explícita de un desequilibrio en la cadena trófica y la competencia por el alimento se puede observar como lo interioriza y comprende la importancia de los elementos bióticos del ecosistema.

También se puede mencionar en cambio de representaciones de un alumno que en el pre-test afirma que:

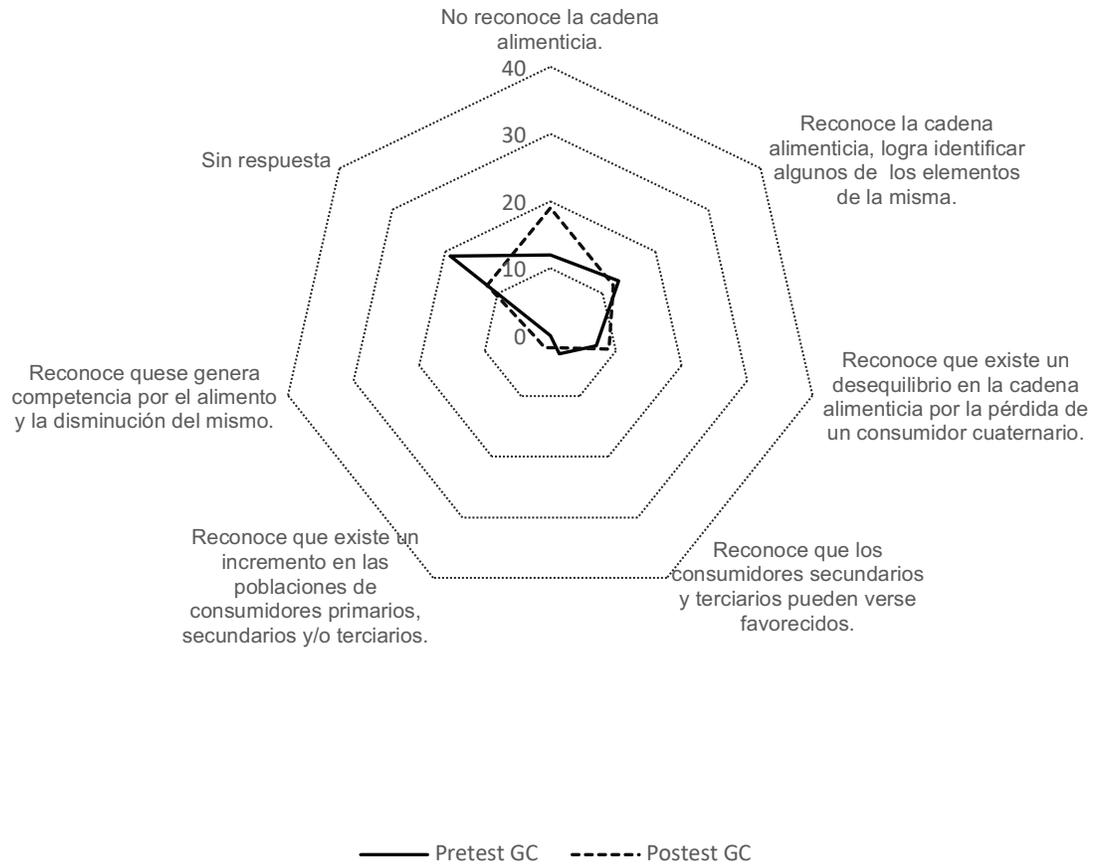
ID 12 GE. *“No habría tantos animales muertos si estuviera el lobo sería una fauna escasa”* donde nuevamente observar la preconcepción errónea del lobo como un organismo que desbasta

los ecosistemas y que su desaparición es altamente benéfica para los otros organismos, y en el post-test el alumno reconoce la importancia de todos los factores bióticos del ecosistema, e infiere que al desaparecer un depredador hay un desequilibrio que genera aumento en poblaciones de herbívoros y competencia por el alimento al afirmar que *“Todo animal o ser vivo hace algo importante en los ecosistemas si se retira el lobo, toda la vegetación se acabará más rápido ya que los animales no se los comen los lobos, procrean (aparean) y a más animales menos comida”*.

Entre la comparación de respuestas entre el pre-test y el post-test también se encontró que algunos alumnos tenían representaciones más cercanas al conocimiento científico donde las relaciones en sistemas se hacen más evidentes, como es el caso de un alumno que en el pre-test responde:

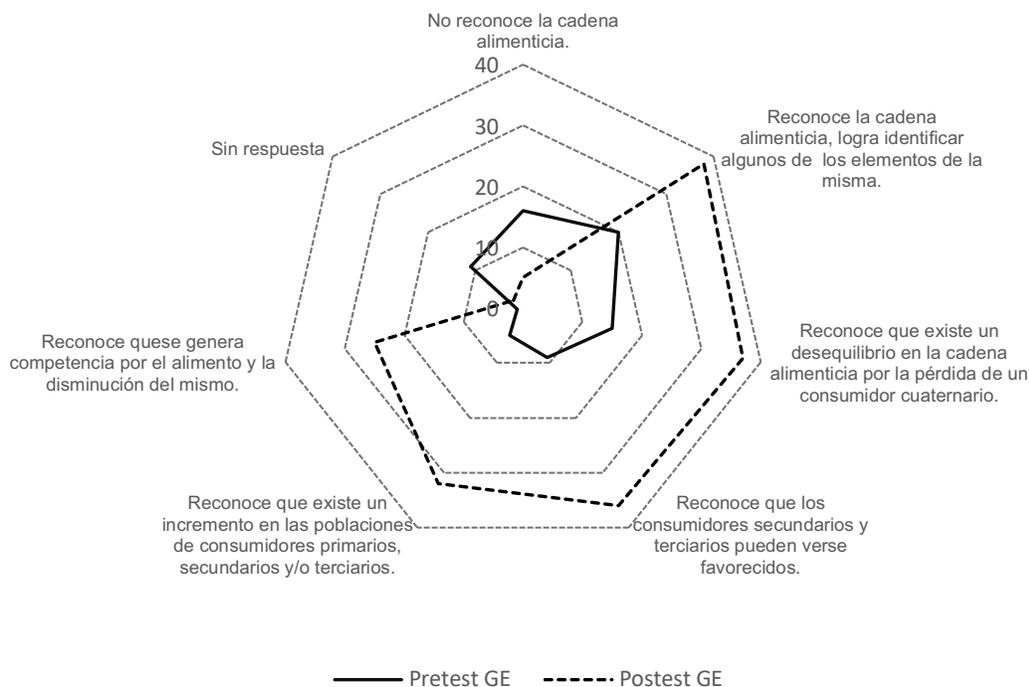
ID 32 GE. *“Si ya no esta el lobo puede que crezcan las presas que antes cazaba y se hagan más ya que no está para cazarlas”*, en este caso el alumno está infiriendo que va a existir aumento en la población con la desaparición del depredador y al contestar el post-test este sujeto establece nuevas relaciones multicausales en su sistema de representaciones al observar como el crecimiento poblacional repercute en una disminución del alimento cuando afirma que *“Crecerá el animal o animales que cazaba y aumentará su especie en grandes números y se comerán todas las hierbas y pasto que hay donde habitan”*.

**Gráfica 24. Representaciones de los Alumnos sobre el Desequilibrio en la Cadena Alimenticia al Desaparecer el Consumidor Cuaternario Pre y Post Test Grupo Control**



*Elaboración propia.*

**Gráfica 25. Representaciones de los alumnos sobre el desequilibrio en la cadena alimenticia al desaparecer el consumidor cuaternario Pre y Post Test Grupo experimental**



*Elaboración propia.*

## Cascadas Tróficas

Al preguntar a los participantes si existe una relación entre la desaparición del lobo y la regulación del clima, en el pre-test la mayoría de los alumnos tanto en el grupo experimental como en el grupo control (27 GE, 24 GC) no logra identificar la relación o bien dejan la respuesta en blanco (14 GE, 20 GC).

De los participantes que contestan la pregunta, algunos no alcanzan a comprenderla y hacen referencia al cambio climático o el cambio en la temperatura y lo relacionan con la desaparición del lobo como es el caso de las respuestas de algunos participantes:

ID 17 GE. *“Pues si porque ellos están acostumbrados a su propio clima y si no lo tienen es como sacarlos de su hábitat y se van a morir”.*

ID 13 GE. *“Si porque el cambio climático, su cuerpo no está acostumbrado a un cambio climático tan repentino”.*

ID 24 GE. *“Si porque la variación del clima el lobo no puede adaptarse lo que hace que se mueran y se extingan”.*

ID 69 GC. *“Si porque necesitan los animales comida y si cambia el clima no tienen comida y se van y el lobo no encuentra ninguna presa..”.*

Otros alumnos alcanzan a comprender la pregunta aunque no logran establecer una relación entre los seres vivos y la regulación del clima como se puede observar en estas respuestas:

ID 71 GC. *“No porque no es lógico”.*

ID 7 GE. *“No porque el lobo no hace llover ni hace que haya calor ni cambia el clima por eso no hay nada de común con el lobo y el clima”.*

Una minoría de participantes establece una relación entre los seres vivos (o el lobo) y la regulación climática como puede observarse en esta respuesta.

ID 1 GE. *“No, los animales no afectan el clima, pero hay pérdida de la biodiversidad y eso si puede afectar”.*

Aunque la respuesta no hace explícita la relación, ni menciona qué organismos podrían regular el clima, deja entrever la posibilidad de que algunos organismos al desaparecer pueden modificar el clima.

En el pre-test también se encontraron explicaciones fundamentadas en el conocimiento científico como es el caso de estas dos respuestas:

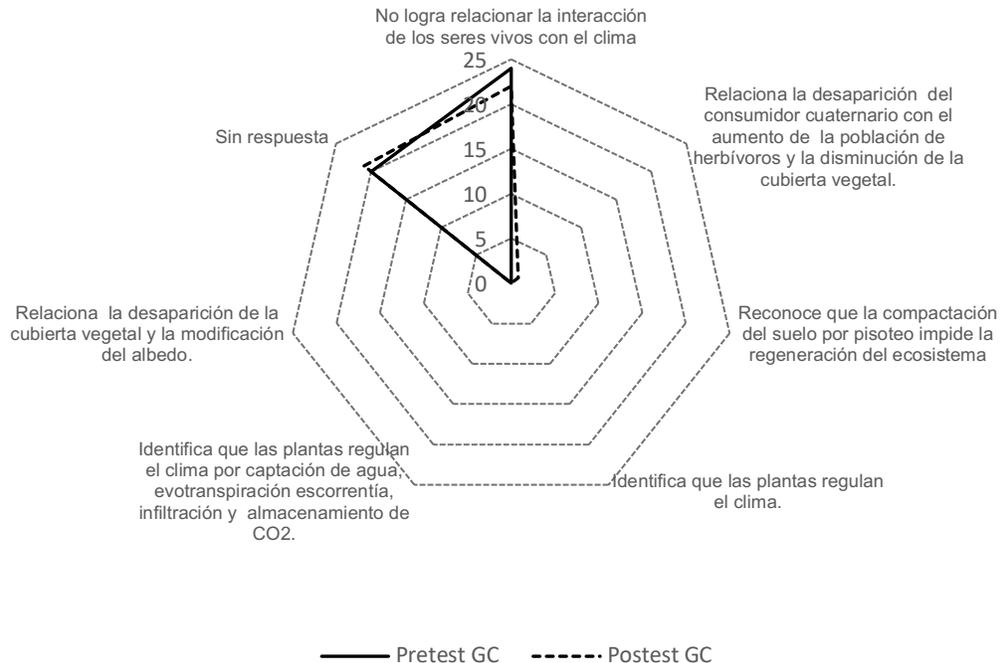
ID 16 GE. *“Si, el lobo deja de comer animales y entonces crecen más animales que emiten metano y gases de efecto invernadero”.*

ID 20 GE. *“Si porque si no se come los animales las plantas se acabarían y habría mucho dióxido de carbono y eso provocaría calentamiento”.*

En ambas respuestas estos alumnos infieren que sí existe una relación entre la desaparición del lobo y la regulación del clima, y llegan a comprender que al desaparecer el lobo habrá un aumento en algunas poblaciones de animales, (herbívoros) y que esto puede provocar un aumento de gases de efecto invernadero en la atmósfera, que conllevaría a un aumento en la temperatura.

Los resultados del Post-test y el Pre-test del grupo control son completamente similares donde existe un predominio de respuestas en blanco o bien que no logran encontrar ninguna relación entre la regulación del clima y los seres vivos, en cambio en el grupo experimental se observaron modificaciones en las representaciones de los participantes en diferentes niveles (ver Gráfica 26).

**Gráfica 26. Representaciones de los Alumnos Sobre la Relación Entre los Seres Vivos y el Clima Pre y Post Test GC.**



*Elaboración propia.*

A diferencia del grupo control el grupo experimenta presenta cambios entre el pre y post-test. Algunos de los participantes del grupo experimental que en el pre-test no respondieron el cuestionamiento, en el post-test la responden en diferentes niveles pudiéndose observar la construcción de representaciones que se acercan al conocimiento de las cascadas tróficas, como es el caso de unos estudiantes que responden que al desaparecer el depredador cuaternario:

ID 15 GE. hay un *“aumento de ciervos y la desertificación* (vista por el aprendiz como la desaparición de la cubierta vegetal) *de algunos valles por los ciervos”* ... *“Si* (refiriéndose a que existe una relación entre el lobo y la regulación del clima) *porque el lobo se come a los ciervos y estos no se acaban el pasto”,* y al existir los consumidores cuaternarios *“dan más vida a más especies”*.

En esta respuesta se puede observar cómo el alumno construye un sistema de representaciones a partir de un esquema de causas múltiples necesarias para explicar el fenómeno, y aunque no hace explícita la importancia de la vegetación en la regulación del ciclo hidrológico, llega a reconocer las interacciones de la cascada trófica.

Otro estudiante responde ante el cuestionamiento de la siguiente forma:

ID 8 GE. *“El venado y demás animales como los búfalos se comerían toda la vegetación y sería como un desierto y no habría animales como los pájaros o castores por eso es necesario el depredador es decir el lobo”* al responder si existe una regulación del lobo en el clima contesta *“Sí pero nada más en esa zona se reflejarían mucho los rayos solares y habría muy poco albedo”*.

En esta respuesta se puede observar claramente cómo el aprendiz interconecta un sistema de causa múltiples necesarias causa con el efecto, es capaz de reconocer la disminución de la biodiversidad al romperse la cadena trófica pero además asocia el desbalance de esta última con un cambio en la radiación solar recibida y la radiación solar emitida por la Tierra debido a desaparición de la cubierta vegetal, aunque en su respuesta muestra cierta confusión del efecto albedo, puede reconocer que disminuye.

Al comparar las respuestas del pre-test y el post-test del GE, se pudieron encontrar cambios en diferentes niveles en las representaciones de los estudiantes (ver Gráfica 27 ), como se muestra en las siguientes respuestas:

ID 37 GE. *“No”* refiriéndose a la posibilidad de la existencia de relación entre el lobo y la regulación del clima, *“... no se ve pero creo que porque haría [sic] mucha contaminación”* y en el post-test responde *“si (refiriéndose a que existe una relación entre el lobo y*

la regulación del clima) *“porque sin un cazador salen muchos herbívoros y se comen el ecosistema”*.

En este caso podemos observar como el estudiante modifica radicalmente su representación, aunque no es capaz de reconocer todos los efectos pasa de relacionar la contaminación y el clima, a reconocer las interacciones entre los seres vivos, en un sistema multicausal empieza a relacionar el desequilibrio en la cadena trófica con la disminución de la cubierta vegetal y la regulación del clima.

En el pre-test un estudiante responde que existe una relación entre la regulación del clima y el lobo desde un punto de vista adaptativo afirmando en el pre test que:

ID 4. GE. *“El lobo regula su temperatura pero al clima que le satisface. Si el clima no está a la temperatura adecuada el lobo irá desapareciendo poco a poco”*, en el post test el estudiante desecha su concepción alternativa y responde que sí existe una relación entre los seres vivos y la regulación del clima *“...., ya que los lobos ayudan a mantener un ecosistema y si ya no hay lobos los ecosistemas se acabarán y los ecosistemas regulan el clima al igual que los seres vivos y si desaparecen habrá un movimiento en la regulación del clima”*.

En esta respuesta el alumno establece un sistema multicausa y visualiza la importancia del equilibrio en el ecosistema y aunque no es capaz de explicar cómo es que los seres vivos participan en la regulación del clima, reconoce el fenómeno. Como en el caso anterior en el pre-test otro participante ve la relación clima-lobo en términos de adaptación y responde:

ID 2 GE. *“Si porque el lobo estará acostumbrado a un clima pero como se alteró el lobo estará mal por el clima”* y al responder en el

post-test el estudiante, aunque establece relaciones causa efecto de forma lineal, relaciona a la cubierta vegetal con la regulación del clima, sosteniendo que *“Sí hay una relación, ya que como no había lobos solo había fauna herbívora y se comía la vegetación y ya no había reguladores del clima”*.

Es de hacer notar la respuesta, en el pre-test, de un estudiante en la cual impera la preconcepción del lobo como un organismo que desbasta el ecosistema y la analogía que establece en relación del depredador y el calentamiento global al afirmar:

ID 28 GE. *“Que el calentamiento global es igual que el lobo matan y se acaba la biodiversidad”*, en el post-test ese mismo estudiante manifiesta un cambio conceptual en la relación depredador-presa cuando afirma que *“En esa parte como no hay animales (refiriéndose al lobo) para que casen [sic] a los herbívoros (estos últimos) se comen toda la vegetación y como no hay animales para cazarlos habrá un desierto”*.

En esta respuesta el sujeto logra de forma incipiente establecer la dinámica del sistema en relación a la regulación del clima y el lobo cuando justifica:

ID 28 GE. *“porque crecen las plantas y los árboles, cuando está el lobo (que regula a la población de herbívoros), las plantas absorben el agua y cambian las cascadas, serpentean menos (refiriéndose a una disminución en la erosión).*

Aunque en la respuesta no se explicita cómo las plantas regulan el clima, el alumno empieza a representar el fenómeno de evapotranspiración y de disminución de escorrentía.

Existen algunas respuestas más elaboradas donde podemos encontrar un cambio en las representaciones intuitivas mejor fundamentadas como podemos observar en estas respuestas de pre y post-test:

ID 41 GE. *“Si por el efecto invernadero y el aumento del clima hay mucha pérdida de biodiversidad y gracias a eso el lobo desaparece”.*

En el pre-test el estudiante no comprende la importancia del efecto invernadero para el sostenimiento de la vida en la Tierra y no logra establecer las causas que originan el aumento de temperatura en nuestro planeta, y relaciona la pérdida de la biodiversidad con ambos fenómenos; en la respuesta del post-test este participante establece las relaciones bióticas del ecosistema y el desequilibrio que se origina en el mismo con la extinción del lobo así como la disminución de los depósitos de carbón y el aumento de la temperatura por gases de efecto invernadero, como puede observarse en su aseveración:

ID 41 GE. *“Debido a que no hay lobos sus principales presas empezarían a aumentar generando sobrepoblación, con esto se alimentarían de toda la vegetación hasta no tener nada que comer e ir a otros lugares.*

En la respuesta de forma explícita establece que “Sí” existe relación entre el lobo y la regulación climática.

ID 41 GE. *“sin el lobo como ya dije antes sus presas (herbívoros) aumentarían dejándonos casi sin vegetación esto provocaría que ya no habría plantas que convirtieran el CO<sub>2</sub> en oxígeno haciendo que aumente la temperatura y el clima de la Tierra.*

Por último se puede observar el cambio conceptual en un estudiante cuando se compara el pre-test donde sólo visualiza un efecto (la pérdida de la biodiversidad) sin visualizar las causas como se puede ver en la respuesta del pre-test:

ID 1 GE. *“No, los animales no afectan el clima pero hay pérdida de la biodiversidad y eso si puede afectar”.*

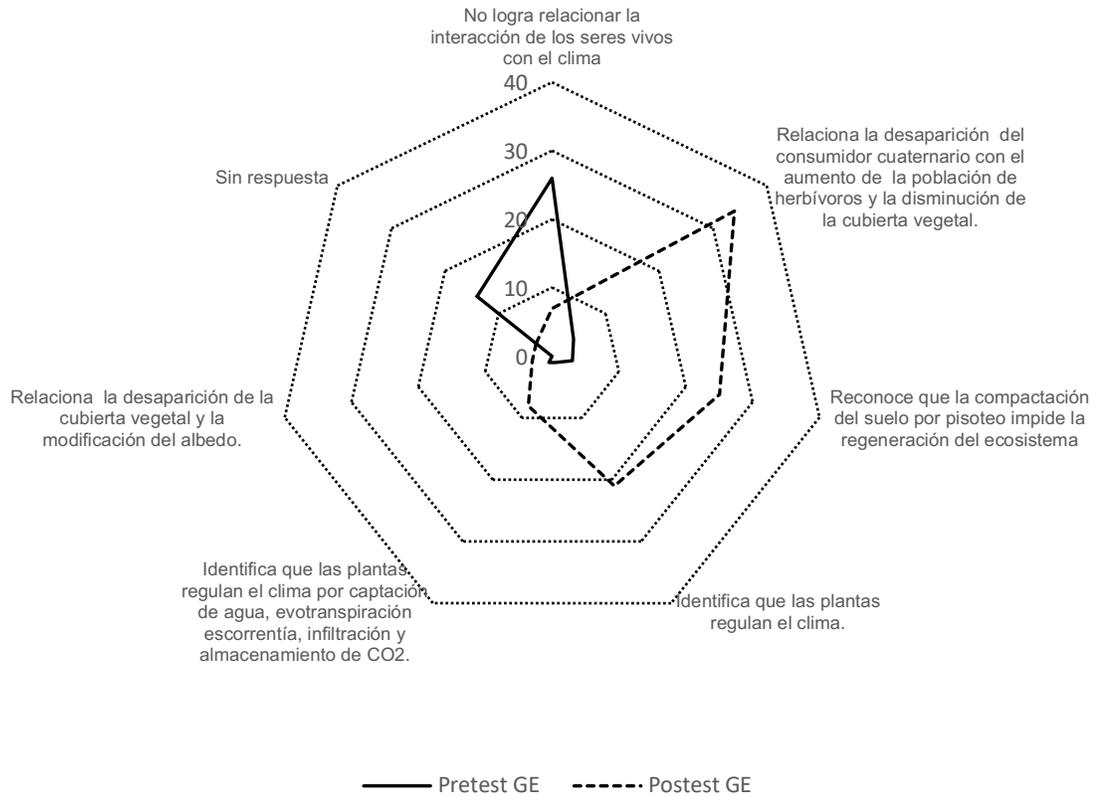
Después de la intervención este mismo estudiante en el post-test responde que al desaparecer el lobo:

ID 1 GE. *“No habrá alguien que acabe con los animales como el ciervo, y el ciervo acabará con el pasto y la biodiversidad también, no hay quien mate a los coyotes y ellos acaban con los ratones, conejos y otros, eso quiere decir que los halcones se van y así pasaría con más especies”.*

Al mismo tiempo el estudiante afirma que el lobo puede regular el clima y que al desaparecer este *“... los ciervos se comen el pasto, la superficie sería más oscura, así que el albedo reduciría y así cambiaría el clima”.*

En esta respuesta el estudiante comprende a cabalidad las interrelaciones que existen entre los seres vivos, pero además es capaz de hacer inferencias sobre las consecuencias de la pérdida de biodiversidad y el cambio climático.

Gráfica 27. Representaciones de los alumnos sobre la relación entre los seres vivos y el clima Pre y Post Test GE.



Elaboración propia.

## Tamaño del Efecto

Hoy en día, más que reportar sólo la significancia estadística de la prueba de hipótesis, se requiere reportar el tamaño del efecto de las intervenciones. El Tamaño del Efecto (TE) es un nombre dado a una familia de índices que miden la *magnitud* del efecto de tratamiento. A diferencia de las pruebas de significancia, estos índices son independientes del tamaño de muestra (Becker, 2000). El tamaño del efecto representa el cambio medido a partir de desviaciones estándar.

El Tamaño del efecto (TE) puede interpretarse en términos del porcentaje de no traslape de los puntajes del grupo experimental con los puntajes del grupo control (Cohen, 1988, p. 21-23). Cohen definió un TE "pequeño" en .2; un TE medio en .5 y un TE grande en .8 o mayor. Un tamaño del efecto (TE) del .00 indica que la distribución de puntajes del grupo experimental se traslapa por completo con la distribución de puntajes del grupo control. Un TE de .80 indica un 47.4% de no traslape entre ambas distribuciones. Un TE de 1.7 indica un no traslape de 75.4% entre ambas distribuciones.

El tamaño del efecto de esta intervención fue de 1.93 lo que implica, de acuerdo con la tabla de Cohen que hubo un 80% de no traslape entre las distribuciones de los puntajes de los dos grupos en el post-test. Por lo tanto el tamaño del efecto fue grande. En el Anexo IV se presenta el análisis completo.

## Medición de Motivación Académica

**Prueba t de diferencia entre medias de motivación entre los dos grupos experimental y control.** Al realizar la prueba t se encontró que las medias de la escala de motivación académica al principio de la intervención entre los dos grupos son muy semejantes. Aunque la media es ligeramente mayor en el grupo experimental (2.54) la diferencia no es significativa. En ambos grupos hay un nivel moderado de motivación académica.

**Tabla 56. Estadístico de Grupo Escala de Motivación**

	Grupos	N	Media	$\sigma$	Error tip. De la media
<i>Escala de motivación</i>	Experimental	35	<b>2.54</b>	0.388	0.066
<i>Puntaje total.</i>	Control	35	<b>2.53</b>	0.419	0.071

**Tabla 57. Prueba T de Student para Muestras Independientes Escala de Motivación**

		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas.		Prueba de T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ de la diferencia	95% Intervalo de confianza para la diferencia	
Puntaje total Escala de Motivación	Se asumen $\sigma^2$ iguales	0.264	0.609	0.171	68	0.865	0.017	.097	-0.176	0.209
	No se asumen $\sigma^2$ iguales			0.171	67.600	0.865	0.017	.097	-0.176	0.209

## Capítulo VII

### Conclusiones

En este apartado vamos a contestar la pregunta de investigación que se planteó al principio del trabajo. Asimismo, vamos a ofrecer una explicación o reflexión sobre por qué pensamos que se obtuvieron los resultados que se obtuvieron. También se exponen los alcances y limitaciones del estudio.

¿El cambio conceptual con implementación de TIC es un modelo pedagógico adecuado para la mejora en el aprendizaje?

Los resultados de este estudio muestran que la implementación de un modelo pedagógico basado en el cambio conceptual mediado por la plataforma Moodle puede mejorar el aprendizaje del tema Relación entre el cambio climático y la pérdida de la biodiversidad.

La plataforma Moodle por su gran versatilidad, más que un instrumento para transmitir información puede ser una herramienta cognitiva, ya que no sólo permite la presentación de lecciones en donde la hipermedialidad es posible, la utilización del lenguaje oral y escrito, imágenes fijas y con movimiento, videos pueden proporcionar al aprendiz los elementos para que el alumno aprenda con la TIC, la plataforma Moodle además posibilita la implementación de actividades para que los alumnos interactúen entre sí, piensen, representen y transmitan los conocimientos adquiridos, permite también la retroalimentación a través de cuestionarios y ejercicios interactivos en los cuales el aprendiz no sólo identifica el error sino que además le permite afianzar conceptos, logrando con todo esto el aprendizaje significativo.

Las características propias de la plataforma por sí mismas no garantizan el aprendizaje del alumno, se requiere además de una intención y fundamentación pedagógica constructivista que se centre en el aprendiz, que visualice que la construcción del conocimiento está dada por la imposición de los significados propios del individuo y que no existe una forma única de entender el mundo, por ello el ambiente de aprendizaje debe incluir tareas que permitan al estudiante involucrarse en la tarea, pensar profundamente, hacer conexiones y crear artefactos que reflejen su pensamiento.

Las condiciones arriba mencionadas son una condición necesaria más no suficiente para garantizar el aprendizaje mediado por TIC en un ambiente híbrido de enseñanza, además se requiere la motivación fundamental del alumno sea el aprender por el fin mismo de aprender, más que aprender para obtener una buena calificación, que tenga preferencia hacia al reto más que hacia el trabajo fácil, que el alumno pueda valorar su trabajo y que tenga independencia en su aprendizaje mas allá de la ayuda que le pueda proporcionar el profesor.

En este sentido los resultados del pre-test mostraron que los estudiantes tanto del GE como del GC tenían un nivel de motivación medio (2.5), por lo que se controló esta variable al inicio de la intervención en que los dos grupos empiezan con el mismo nivel de motivación. Aunque no se puede saber si la motivación en el grupo experimental aumentó a medida que transcurría la intervención dado que ya no se midió nuevamente, lo que podría también haber impactado positivamente en los resultados del GE. Aunque no se cuantificó nuevamente la motivación, se pudo observar directamente en el escenario educativo cómo los alumnos a medida que se familiarizaban con la plataforma iban adquiriendo mayor confianza en la realización de la tarea y autonomía en el trabajo.

Al hacer el análisis de la prueba de conocimientos medido por el coeficiente Kuder y Richardson 20, para pruebas dicotómicas, se puede afirmar que esta prueba tiene consistencia interna, aunque en el pre-test el índice de confiabilidad fue bajo con un valor de  $\rho_{KR20} = 0.48$ , el cual se esperaría cuando una población no tiene conocimiento o pleno dominio de los ítems, en el post-test el valor de  $\rho_{KR20} = 0.83$  que se interpreta como un nivel de confiabilidad aceptable, por lo que podemos aseverar que la prueba de conocimientos es un instrumento fiable para los fines que se perseguían en esta investigación.

Al comparar los resultados del pre-test de igualdad de varianzas mediante la prueba de Levene del GE y el GC se encontró que entre estos grupos las varianzas son iguales ( $W = 0.190$ ). Al contrastar los resultados con la prueba T para muestras independientes, se puede observar que los grupos presentan una diferencia significativa ( $p = 0.003$ ), por lo que desde un principio de la intervención se empezó a

trabajar con dos muestras diferentes, las cuales estaban conformadas por grupos naturales, en las cuales la constante estaba representada por el profesor. Dada la conformación de grupos y la propia dinámica escolar la asignación de los participantes para llevar a cabo este estudio, no pudo realizarse de forma aleatoria sino que fue una asignación de grupos realizada por la propia dirección de la escuela, es decir se trató de grupos intactos.

La selección de contenidos, y la presentación de estos en la plataforma en lecciones apoyadas en la hipermedialidad, analogías y preguntas para reflexionar, así como las tareas a desarrollar condujeron a los estudiantes del grupo experimental a mejorar el conocimiento declarativo, como se puede observar al comparar los resultados del pre y post test.

Por lo que respecta a la prueba de hipótesis aunque en el pre-test el grupo experimental empieza con una ventaja de 1.7 puntos en la media con respecto al grupo control, en el post-test la ventaja del grupo experimental es mucho mayor que la del grupo control (7.30 puntos), por lo que aun quitando a esta puntuación los 1.7 puntos la diferencia entre ambos grupos en el post-test es aún substancial (5.6 puntos más en el grupo experimental).

Al hacer el análisis cualitativo de las respuestas construidas y transformar estos datos en cuantitativos podemos observar que en la diferencia de medias las respuestas construidas entre el grupo experimental y el grupo control en el pre-test dichos datos no son significativos, sin embargo después de la intervención en el post-test se encuentra que existe una diferencia significativa en las medias a favor del grupo experimental.

Para poder afirmar que se dio cambio conceptual en la muestra de estudio durante la intervención, se requiere saber cuáles son las ideas intuitivas del aprendiz, que este las haga explícitas, para después al término de la investigación volver sobre la pregunta y poder contrastar el “antes y el después”. Para ello se requiere contar con ítems de respuesta construida que den como resultado el reflejo de las preconcepciones y concepciones científicas. Se requiere hacer un análisis “fino” de las respuestas, el cambio conceptual visto como un cambio en las representaciones del

sujeto que aprende, no se puede medir en términos del “todo o nada”, se debe asumir que este cambio no es la substitución de un conocimiento por otro, sino es una transformación profunda en los sistemas de representación que subyacen a sus marcos conceptuales, es decir es un transformación en las raíces que apuntalan el conocimiento.

Mientras al aprendiz le sean funcionales sus preconcepciones para explicarse el mundo, es poco factible que se realicen cambios en estos sistemas de representaciones; cuando este sistema ya no le es funcional para explicar un fenómeno podemos decir que existe un conflicto cognitivo. Este conflicto cognitivo genera desequilibrio en la estructura del aprendiz lo que puede ser utilizado como un motor con fines de enseñanza por cambio conceptual. En el caso de este trabajo de investigación se buscó el conflicto cognitivo por medio de la pregunta ¿Qué sucede si se retira el lobo del ecosistema, existe alguna relación entre la desaparición del lobo y la regulación del clima? Al inicio de la intervención este cuestionamiento no sólo sirvió para que el alumno hiciera explícitas sus ideas intuitivas, en las cuales se encontraron muchas respuestas que distaban del conocimiento avalado y otras que estaban más aproximadas a este último, sino también motivó a los alumnos a involucrarse con el trabajo.

El cambio conceptual, requiere de cambios epistémicos y ontológicos. En los cambios epistémicos ya no se trata de descubrir o reflejar la realidad, sino para interpretarla elaborar modelos alternativos. La enseñanza por cambio conceptual buscando este cambio epistémico puede echar mano de la explicación y contrastación de modelos, se puede basar en la construcción de mapas mentales y/o conceptuales, estos modelos pueden ser vistos como un modelo inacabado donde el estudiante puede ir contrastando sus ideas alternativas, con los conocimientos científicos. En el cambio ontológico se requiere que la interpretación del mundo no sea a través de hechos desconectados, implica ir de una causalidad lineal, hacia una causalidad múltiple hasta llegar a un sistema de relaciones e interacciones, en ese sentido la formación de modelos por parte del estudiante puede generar conexiones entre temas “inconexos”, como se pudo observar durante este trabajo de investigación, en donde los alumnos a través de la elaboración de

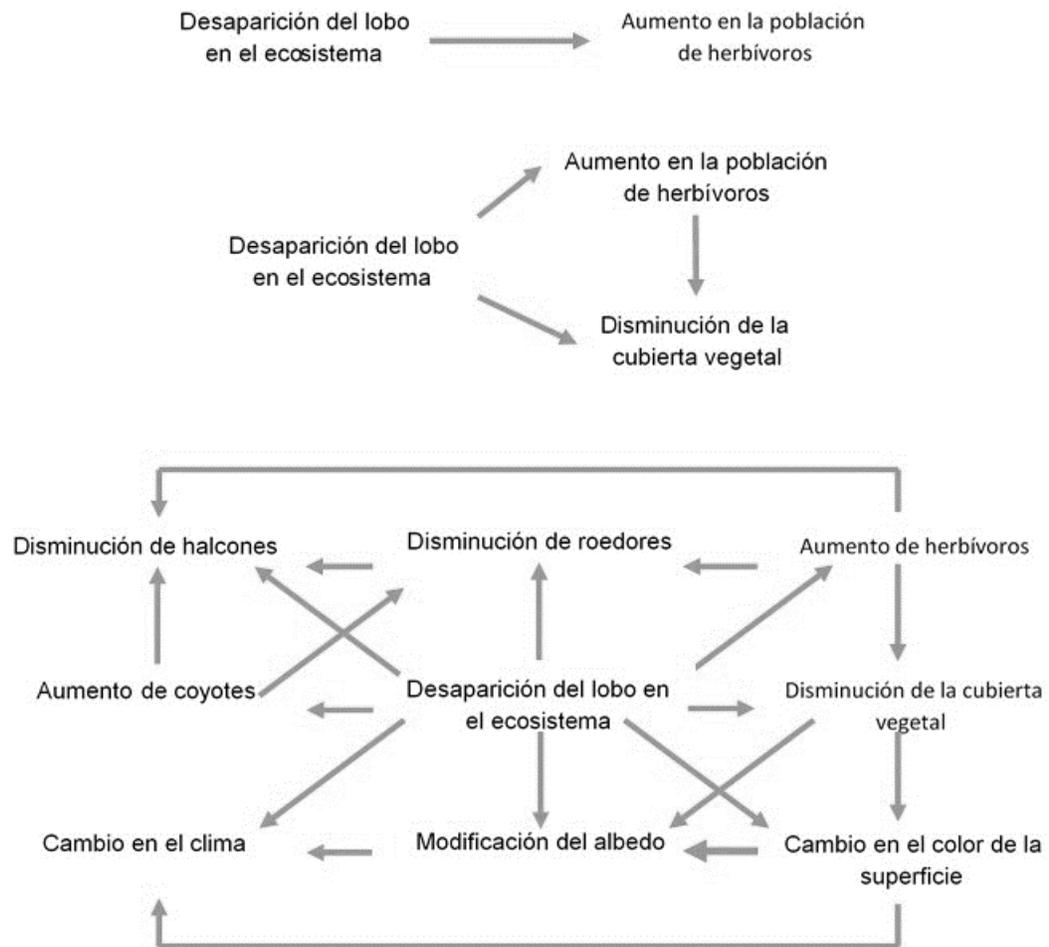
mapas mentales fueron estableciendo por sí mismos las relaciones entre los conceptos propuestos en la plataforma.

La enseñanza por cambio conceptual no tiene un modelo único, sino que se pueden utilizar diferentes estrategias, se puede recurrir a “llenar de evidencias” al alumno para que contraste sus ideas intuitivas, con el conocimiento científico, esperando que en algún momento el alumno modifique sus estructuras cognitivas. En el caso de este trabajo de investigación, aunque no era el propósito fundamental se presentaron a los participantes por medio de una lección evidencias sobre la relación de los seres vivos y la regulación del clima.

El análisis cualitativo de las respuestas construidas, permite observar el cambio epistémico y ontológico de los estudiantes en diferentes niveles, donde se pudieron encontrar algunas explicaciones en las cuales el proceso de cambio va de relacionar hechos inconexos hacia una relación de causalidad lineal, en estos casos se puede ver cómo el estudiante incorpora la nueva información enriqueciendo sus concepciones. En otros casos se observó cómo el alumno construye un sistema de causalidad múltiple, en el cual hay una modificación -por medio de un ajuste- de la estructura cognitiva, mientras que en otros estudiantes se observa cómo elaboran un sistema de relaciones e interacciones que es característico del conocimiento científico, en estos casos hay un cambio radical de la estructura cognitiva, por lo que se puede aseverar que existió reestructuración (ver Figura 8).

Tanto el enriquecimiento de la estructura cognitiva como el ajuste y la reestructuración son parte de un proceso de cambio conceptual, en este sentido podemos observar en el grupo de estudio diferentes niveles de cambio conceptual. Estos diferentes niveles de logro pueden ser debidos a diferencias en el bagaje cultural en el grupo de estudio, aunque se esperaría que el grupo tuviera un nivel de dominio homogéneo de conocimientos y competencias (habilidad verbal de lectura y escritura) para el aprendizaje, existen diferencias que pueden ser significativas.

**Figura 8. Cambio Ontológico en el Sistema de Representaciones**



*Elaboración propia*

Los resultados permiten afirmar que la propuesta de enseñanza basada en el cambio conceptual con la mediación de TIC utilizada en este trabajo de investigación es eficaz para promover aprendizaje significativo.

Dado todo lo anterior, se acepta la hipótesis de investigación en la que se plantea que: “El desempeño académico de los estudiantes en la materia de Ciencias 1 será mayor y mejor si se cumplen las siguientes condiciones en el aula: La enseñanza de la materia está basada en un modelo pedagógico basado en cambio conceptual que incluye TIC”.

## **Alcances del Estudio**

La propuesta de enseñanza fundamentada en cambio conceptual y mediada con la plataforma Moodle mejora el aprendizaje de los alumnos, permite que los conceptos que se abordan aislados entre diferentes disciplinas como es el caso de biología, geografía y matemáticas que se abordan en primer grado de secundaria se integren en un sistema de relaciones, como son los casos de los temas: *La atmósfera* en el cual los alumnos antes de la intervención, no lograban relacionar con *el efecto invernadero*, el uso de gráficas para relacionar el aumento de las *emisiones de CO<sub>2</sub>*, *aumento de la temperatura media de la Tierra* y el *aumento en el número de ciclones y huracanes*.

Aunque en la propuesta de enseñanza no se abordaban de forma detallada los conceptos de flujo de energía en los ecosistemas, propició que los participantes movilizaran los conocimientos previos sobre este tema, integrándolos en un sistema de relaciones.

La enseñanza en estudiantes de educación básica a través de una plataforma educativa, con lecciones estructuradas y con opción a ampliar el conocimiento evita que el estudiante se pierda en un “mundo de información”, y acceda a páginas donde el conocimiento no está legitimado, o que está fragmentado y en el peor de los casos no tiene relación con el saber científico.

La conformación de las actividades en la plataforma propicia la elaboración de la tarea por el propio alumno, evitando la práctica común del “copiado y pegado”, así como también fomentó el trabajo colaborativo y la interacción con el profesor.

El uso de la TIC en un ambiente híbrido de enseñanza, permite introducir a los alumnos en la sociedad de la información y el conocimiento, los conduce hacia la alfabetización digital.

## **Limitaciones del estudio**

Aunque los resultados de este trabajo de investigación brindan fuerte evidencia a la hipótesis alternativa, habría sido deseable que los grupos experimental y control fueran similares en conocimientos antes de la intervención garantizando con esto el poder explicativo de la variable independiente.

Habría sido deseable que al final de la intervención se aplicara nuevamente la escala de motivación, para poder afirmar si esta variable influyó en la diferencia entre los resultados del grupo experimental y el grupo control, al corroborar si dicha variable se incrementaba o no después del curso en el grupo experimental.

Aunque el examen de conocimientos mostró la mejora en el aprendizaje y el cambio en las representaciones de los alumnos, debiera contener una pregunta de respuesta construida que abarcara el fenómeno del efecto invernadero, cómo es que se produce y qué relación tiene con los seres vivos, esto con el fin de poder analizar si los conceptos aprendidos sobre este tema logran los participantes integrarlos dentro del sistema conceptual.

El estudio se llevó a cabo en una escuela secundaria de alto prestigio en la delegación Tlalpan y por tanto de alta demanda, donde los alumnos tienen un alto sentido de pertenencia y motivación por el hecho de estar en esa institución, por lo que habría sido deseable que se hubieran contrastado los resultados de esta escuela con otra, para tener más evidencia de que es la intervención en sí misma la que está mejorando el aprendizaje.

## Referencias

- Almerich, G., Suárez, M., Orellana, N., Belloch, C., Bo, R., y Gastaldo, I. (2005). Diferencias en los conocimientos de los recursos tecnológicos en profesores a partir del género, edad y tipo de centro. *RELIEVE*, 11(2), 127-146. Recuperado de [http://www.uv.es/RELIEVE/v11n2/RELIEVEv11n2\\_3.htm](http://www.uv.es/RELIEVE/v11n2/RELIEVEv11n2_3.htm)
- Aragón, M., Bonat, M., Oliva, J., y Mateo, J. (1999). Las analogías como recurso didáctico en la enseñanza de las ciencias. *Alambique*(21). Recuperado de <http://www.grao.com/revistas/alambique/021-la-divulgacion-cientifica/las-analogias-como-recurso-didactico-en-las-ensenanza-de-las-ciencias>
- Area, M. (2005). Las tecnologías de la información y comunicación en el sistema escolar. Una revisión de las líneas de investigación. *Revista ELección de Investigación y EValuación Educativa*, 11(1). Recuperado de [http://www.uv.es/RELIEVE/v11n1/RELIEVEv11n1\\_1.htm](http://www.uv.es/RELIEVE/v11n1/RELIEVEv11n1_1.htm)
- Arriaga, L., y Gómez, L. (2004). Posibles efectos del cambio climático en algunos componentes de la biodiversidad de México. En J. Martínez , A. Fernández, y P. Osnaya, *Cambio climático: una visión desde México* (págs. 256-265). México: Instituto Nacional de Ecología. Recuperado de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/download/437.pdf>
- Becker, L. (21 de 03 de 2000). *Colorado University, Colorado Spring*. Recuperado de <http://www.uccs.edu/lbecker/effect-size.html>
- Bozú, Z. (2009). *El perfil de las cométencias profesionales del profesorado de la ESO*. Recuperado de [http://www.oei.es/docentes/articulos/perfil\\_competencias\\_profesionales\\_profesorado\\_eso\\_bozu.pdf](http://www.oei.es/docentes/articulos/perfil_competencias_profesionales_profesorado_eso_bozu.pdf)
- Buckingham, D. (Septiembre de 2008). Repensar el aprendizaje en la era de la cultura digital. *Dossier Revista el Monitor*. Recuperado de [https://www.google.com.mx/search?q=Repensar+el+aprendizaje+en+la+era+d+e+la+cultura+digitalyq=Repensar+el+aprendizaje+en+la+era+de+la+cultura+digitalyaqs=chrome..69i57.1456j0j7ysourceid=chromeyes\\_sm=122yie=UTF-8](https://www.google.com.mx/search?q=Repensar+el+aprendizaje+en+la+era+d+e+la+cultura+digitalyq=Repensar+el+aprendizaje+en+la+era+de+la+cultura+digitalyaqs=chrome..69i57.1456j0j7ysourceid=chromeyes_sm=122yie=UTF-8)

- Cázarez, A. (2003). Modelamiento de variables cognitivas, afectivo-motivacionales y contextuales, asociadas al aprendizaje académico. En D. González, *La utilización del modelamiento estructural en las ciencias sociales* (págs. 111-146). Universidad de Sonora.
- Calixto, R. (Enero-Junio de 2013). Educación ambiental en las representaciones de docentes de escuelas secundarias. *Revista de Investigación Educativa* 16.
- Calixto, R. (1 de Septiembre de 2015). Educación ambiental para la sustentabilidad en la educación secundaria. *Actualidades Investigativas en Educación*, 15(3).
- Calixto, R. (Diciembre de 2015). Las representaciones sociales del cambio climático en estudiantes de educación secundaria. *Revista de Estudios y Experiencias en Educación*, 14(27).
- Cabero, J., Castaño, C., y Romero, R. (2007). Las TIC en los procesos de formación. Nuevos medios, nuevos escenarios para la formación. En J. Cabero, R. Romero, J. Barroso, P. Román, M. Llorente, y G. Castaño, *Diseño y producción de TIC para la formación. Nuevas tecnologías de la información y comunicación*. (págs. 13-28). Barcelona, España: Editorial UOC.
- Campos, A. (2005). *Mapas conceptuales, mapas mentales y otras formas de representación del conocimiento*. Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio.
- CERI. (2010). *Are the new millennium learners making the grade?* OECD. Recuperado de [file:///D:/seminario%20de%20titulaci%C3%B3n/Are\\_the\\_new\\_millennium\\_learners\\_making\\_the\\_grade\\_-\\_ICT\\_use\\_in\\_Pisa\\_2006\\_-\\_OECD\\_2010.pdf](file:///D:/seminario%20de%20titulaci%C3%B3n/Are_the_new_millennium_learners_making_the_grade_-_ICT_use_in_Pisa_2006_-_OECD_2010.pdf)
- Limón, S., Mejía, J., y Aguilera, J. (2012). *Biología*. México: Castillo.
- Coll, C. (2007). Las competencias en la educación escolar: algo más que una moda y mucho menos que un remedio. (I. Educativa, Ed.) *Aula de Innovación Educativa*(161), 34-39.
- Coll, C. (2008). Aprender y enseñar con TIC expectativas, realidad y potencialidades. *Boletín de la Institución Libre de Enseñanza*(72), 17-40. Recuperado de

[http://escritoriodecentos.educ.ar/datos/recursos/articulos/aprender\\_y\\_enseñar\\_con\\_tic.pdf](http://escritoriodecentos.educ.ar/datos/recursos/articulos/aprender_y_enseñar_con_tic.pdf)

- Coll, C. (2011). Aprender y enseñar con las TIC: expectativas, realidad y potencialidades. En R. Carneiro, J. Toscano, y T. Díaz, *Los desafíos de las TIC para el cambio educativo. Colección METAS EDUCATIVAS 2021*. OEI y Fundación Santillana. de  
[http://bibliotecadigital.educ.ar/articles/read/aprender\\_y\\_enseñar\\_con\\_tic](http://bibliotecadigital.educ.ar/articles/read/aprender_y_enseñar_con_tic)
- Coll, C., Mauri, T., y Onrubia, J. (2008). La utilización de las tecnologías de la información y la comunicación en la educación: Del diseño tecno-pedagógico a las prácticas de uso. En C. Coll, y C. Monereo, *Psicología de la educación virtual. Aprender y enseñar con las tecnologías de la información y la comunicación* (págs. 74-101). Madrid: Morata.
- Coll, C., Mauri, T., y Onrubia, J. (2008). Análisis de los usos reales de las TIC en contextos educativos formales: una aproximación socio-cultural. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 10(1), 1-18.
- Colón, A. (2016). El uso del currículo oculto en la interpretación de cambio climático en infografías de estudiantes de educación superior. *Alteridad. Revista de Educación*.
- Delval, J. (2008). *El desarrollo humano*. Madrid: Siglo XXI de España Editores.
- Díaz Barriga, F., y Hernández Rojas, G. (2002). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Una interpretación constructivista* (Segunda edición ed.). México: McGraw Hill, Interamericana.
- Dominguez, G. (Enero-Junio de 2013). Diagnóstico sobre las competencias de los docentes de ciencias en el uso de las TIC. *Revista científica electrónica de Educación y Comunicación en la Sociedad del Conocimiento*, 1, 107-123.
- Eslava, J. (Marzo de 1993). Climatología y diversidad climática de Colombia. *Revista Académica Colombiana de Ciencias*, XVIII(71). Recuperado de [http://www.accefyn.org.co/revista/Volumen\\_18/71/508-538.pdf](http://www.accefyn.org.co/revista/Volumen_18/71/508-538.pdf)

- Esteban, F. e., y et. Al. (2006). La investigación dirigida como base didáctica de la docencia de la Histología aplicada: el uso del portafolios. *Iniciación a la Investigación*, 20.
- Fernández, G., Gonzalez, F., y Molina, J. (2011). El cambio climático y el agua: Lo que piensan los estudiantes Universitarios. *Enseñanza de las Ciencias*, 29(3).
- Field, C., Barros, V., Jon Dokken , D., Mach , K., Mastrandrea, M., Bilir , E., . . . Estrada , Y. (2014). *Cambio climático 2014 Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Suiza: IPCC. Recuperado de [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5\\_wgII\\_spm\\_es.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/ar5_wgII_spm_es.pdf)
- Garcia-Milà, M. (2001). La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias físiconaturales: una perspectiva psicológica. En C. Coll, J. Palacios, y A. Marchesi, *Desarrollo psicológico y educación*. (Vol. Psicología de la educación escolar, págs. 527-548). Madrid: Alianza editorial.
- García-Rodeja, I., y Lima, O. (2012). Sobre el cambio climático y el cambio de los modelos de pensamiento de los alumnos. *Enseñanza de las ciencias*(30.3).
- Garduño, R. (2004). ¿Qué es el efecto inveradero? En J. Martínez, A. Fernández , y P. Osnaya, *Cambio climático: Una visión desde México* (págs. 29-40). México: Instituto Nacional de Ecología.
- Garduño, T., Sánchez, S., Soria, E., y Soria, G. (2012). *Colección la formación docente para la trasformación Institucional. Desarrollo de competencias docentes: un acercamiento al aula* (Primera ed., Vol. V). D.F., México: Instituto Politécnico Nacional.
- Garrido, C., y Fernández, M. (2011). El uso de Moodle como entorno virtual de apoyo a la enseñanza presencial. En R. R., y C. L., *La práctica educativa en la Sociedad de la Información*. España: Marfil.

- González, C., Romero, E., y Velázquez, M. (2015). Moodle. En M. Mendizabal, y R. Valenzuela, *Plataformas libres para la educación mediada por las TIC*. Ciudad de México, México: UNAM.
- González, D. (1997). La lógica operatoria de Piaget. En *Anuario de Educacion y Comunicación* (Vol. Vol II: Psicología, págs. 306-308). México: UAM-X CSH, Depto. de Educación y Comunicación. Recuperado de [http://148.206.107.15/biblioteca\\_digital/estadistica.php?id\\_host=6ytipo=CAPITULOyid=1219yarchivo=35-1219bjp.pdfytitulo=La%20l%C3%B3gica%20operatoria%20de%20Piaget](http://148.206.107.15/biblioteca_digital/estadistica.php?id_host=6ytipo=CAPITULOyid=1219yarchivo=35-1219bjp.pdfytitulo=La%20l%C3%B3gica%20operatoria%20de%20Piaget)
- González, G. (2012). La representación social del cambio climático. Una revisión Internacional. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 17(55).
- Graham, C. (2006). Blended Learning Systems: Definition, Current Trend, and future directions. En C. Bonk, y C. Graham, *The handbook of blended learning: Global perspectives, local designs*. San Francisco: Pfeiffer. Recuperado de <https://books.google.com.mx/books?id=2u2TxK06PwUCyprintsec=frontcover#v=onepageyqyf=false>
- Granados-Sánchez, D., Hernández-García, G., y López-Ríos, F. (2006). Ecología de las zonas ribereñas. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y*, 12(1), 55. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62912107>
- Gómez Crespo, M. (2005). *Aprendizaje e instrucción en química. El cambio de las representaciones de los estudiantes sobre la materia*. Madrid. Recuperado de <http://redined.mecd.gob.es/xmlui/bitstream/handle/11162/83856/00820070001680.pdf?sequence=1>
- González, J. (2013). Estrategia metodológica mediada por la plataforma Moodle para la enseñanza-aprendizaje de los conceptos de distancia, desplazamiento, velocidad y aceleración en los estudiantes de grado décimo. *Tesis*. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Harris, C., y Murton , B. (2005). *Cryospheric Systems: Glaciers and Permafrost*. London: The Geological Society.

- Hill, J., y Kerber, A. (1967). *Models, Methods, and analytical procedures in education research*. Detroit: Wayne University Press.
- ISTE. (2008). *ISTE Standards Teachers*. Recuperado de International Society for Technology in Education: [http://www.iste.org/docs/pdfs/20-14\\_ISTE\\_Standards-T\\_PDF.pdf](http://www.iste.org/docs/pdfs/20-14_ISTE_Standards-T_PDF.pdf)
- Iturraspe, R. (2011). *Glaciares de Tierra del Fuego*. Buenos Aires: Dunken.
- Jimenez-Leal, W., y Gaviria, C. (2014). El desarrollo y el aprendizaje del razonamiento causal: análisis de una tensión aparente. *Universitas Psychologica*, 13(4).
- Jonassen, D. (2006). *Modeling with technology, Mindtools for Conceptual Change*. Pearso Merrill Prentice Hall.
- Karsenti, T., y Lira, M. (2011). ¿Están listos los futuros profesores para integrar las TIC en el contexto escolar? El caso de los profesores en Quebec, Canadá. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 13(1), 56-70.
- Kim, B., y Reeves, T. (2007). Reframing research on learning with technology: in search of the meaning of cognitive tools. *Instrucciona Science*.
- Kim, B., y Reeves, T. (2007). Reframing research on learning with technology: in search of the meaning of cognitive tools. *Instrucciona Science*. doi:10.1007/s11251-006-9005-2
- Kozma, R. (2010).  
 The Technological, Economic, and Social Contexts for Educational ICT Policy .  
 En R. B. Kozma, *ICT Policies and Educational Transformation* . UNESCO.  
 Recuperado de  
<http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/ED/ICT/pdf/ICTpoliedtran.pdf>
- Lasnier, F. (Octubre de 2001). Un modèle intégré pour l'apprentissage d'une compétence. *Pédagogie collégiale*, 15(1). Recuperado, de  
[http://www.aqpc.qc.ca/sites/default/files/revue/Lasnier\\_15\\_1.pdf](http://www.aqpc.qc.ca/sites/default/files/revue/Lasnier_15_1.pdf).

- Lombillo, I., López, A., y Zumeta, E. (Julio de 2012). Didáctica del uso de las TIC y los medios de enseñanza tradicionales en las Instituciones de Educación Superior (IES) municipalizadas. *NEW APPROACHES IN EDUCATIONAL RESEARCH*, 1(1), 33-40.
- López, A., Postigo, Y., y León-Sánchez, R. (2007). La naturaleza de las representaciones sobre sistema circulatorio. En J. Pozo, y F. Flores, *Cambio conceptual y representacional en el aprendizaje y la enseñanza de la ciencia* (págs. 155-172). Madris: A. Machado Libros.
- López, M., y Morcillo, J. (2008). Recursos informáticos para el aprendizaje de procedimientos de Biología en la Enseñanza Secundaria. En P. Calvo, y J. F., *Recursos didácticos en Ciencias Naturales*. Madrid: Real Sociedad Española de Historia Natural.
- Magaña, R. (2004). En J. Martínez, y A. Fernández, *Cambio climático: una visión desde México*. Distrito Federal, México: Instituto Nacional de Ecología. Recuperado de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/download/437.pdf>
- Martínez, J., León, O., y Villegas, Z. (Junio de 2011). Competencias básicas que posee el docente de matemática en el ámbito de las tecnologías de información y comunicación (tic) en educación media técnica del distrito escolar nº 4 de Guacara. *Revista de Tecnología de Información y Comunicación en Educación*, 5(1), 119-132.
- Mayer, R. (2002). *Psicología de la educación. El aprendizaje en las áreas del conocimiento*. Madrid: Prentice Hall.
- Montaño, A. ,. (2013). *Educación Superior en América Latina: reflexiones y perspectivas en Educación*. Bilbao: Universidad de Deusto. Recuperado de <file:///D:/seminario%20de%20titulaci%C3%B3n/competencias%20docentes/Tuning%20A%20Latina%202013%20Educacion%20ESP%20DIG.pdf>
- Moodle. (2016). *Acerca de Moodle*. Recuperado de Moodle: [https://docs.moodle.org/all/es/Acerca\\_de\\_Moodle](https://docs.moodle.org/all/es/Acerca_de_Moodle)
- Nuñez, J. (2001). *Manejo y conservación de suelos*. San José: EUNED.

- OECD. (2007). Capital humano: Cómo moldea tu vida lo que sabes. *Perspectivas de la OECD*. Recuperado de <http://www.oecd.org/insights/38435951.pdf>
- Onrubia, J. (1993). Enseñar: Crear zonas de desarrollo próximo e intervenir en ellas. En C. Coll, *El constructivismo en el aula*. México: Graó.
- Osorio, L. (2010). Características de los ambientes híbridos de aprendizaje: estudio de caso de un programa de posgrado de la Universidad de los andes. *Universities and Knowledge Society Journal*, 7(1).  
doi:<http://dx.doi.org/10.7238/rusc.v7i1.655>
- Plowman, L., Mateer, J., y Leakey , A. (2002). *Connecting schools, libraries and community education centres with ICT: an evaluation of the CREATIS project*. University of Stirling.
- Pérez-Tamayo, R. (1990). *¿Existe el método científico? Historia y realidad*. México: Fondo de Cultura Económica. Recuperado de [http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/161/html/sec\\_29.html](http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/161/html/sec_29.html)
- Perrenoud, P. (2004). *Diez nuevas competencias para enseñar*. España: Grao. Recuperado de <http://redecu.uach.mx/competencias/Diez%20nuevas%20competencias%20para%20enseñar.pdf>
- Piaget, J., y García, R. (1973). *Las explicaciones causales*. Barcelona: Barral Editores.
- Pintrich, P., y Garcia, T. (1993). Intraindid learning.vidual differences in students motivation and sel´regulate. *German Journal of Psychology*, 7 (3), 99-107.
- Posner, G., Strike, K., Hewson, P., y Gertzog, W. (1982). accomodation of a scientific conception: Towars a Theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- Pozo. (1985). *Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal*. Madrid: Visor.
- Pozo, J. (1996). *Aprendices y maestros. La psicología cognitiva del aprendizaje*. Madrid: Alianza Editorial.

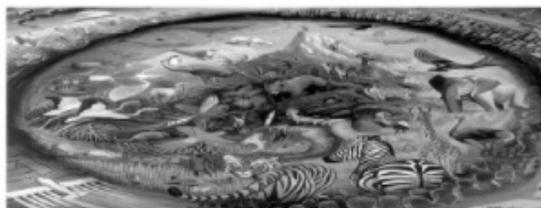
- Pozo, J. (2007). Ni cambio ni conceptual: la construcción del conocimiento científico como un cambio representacional. En J. Pozo, y F. Flores, *Cambio conceptual y representacional en el aprendizaje y la enseñanza de la ciencia* (págs. 73-89). Madrid: A. Machado Libros.
- Pozo, J., y Gómez Crespo, M. (1998). *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata.
- Remolina, J. F. (2014). La integración educativa de las nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos, XLIV*(1).
- Ricoy, M., y Couto, M. (2011). As Tic No Ensino Secundário Na Matemática Em Portugal: A Perspectiva Dos Professores. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa, 14*(1), 95-119. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/relime/v14n1/v14n1a5.pdf>
- Ripple, W., y Beschta, R. (2004). Wolfes and the ecology of fear: Can predation risk strucure ecosystems? *Bioscience, 54*(8), 755-766. Recuperado de <http://bioscience.oxfordjournals.org/content/54/8/755.full.pdf+html?sid=ee2419bf-ddc7-455c-b998-62dd9e4a67f4>
- Sánchez, A., Mena, J., González, M., y GuanLin, H. (2012). In service Teachers' actitudes towards the use of ICT in the classroom. *Procedia - Social and Behavioral Sciences 46 ( 2012 ) 1358 – 1364 , 46, 1358 – 1364 .*
- Sanchez, I., Díaz, G., Cavazos, M., Granados, G., y Gómez, E. (2011). *Elementos para entender el cambio climático y sus impactos*. México: Miguel Ángel Porrúa.
- Santiago, G., Caballero, R., Gómez, D., y Domínguez, A. (2013). El uso didáctico de las TIC en escuelas de educación básica en México. *RLEE, XLIII*(3), 99-131.
- SEP (2006). *Educación Básica. Secundaria. Ciencias. Programas de estudio 2006*. México: SEP. Recuperado de [http://telesecundaria.setab.gob.mx/pdf/ciencias/Ciencias\\_Programa06.pdf](http://telesecundaria.setab.gob.mx/pdf/ciencias/Ciencias_Programa06.pdf)

- SEP. (2011). *Acuerdo número 592 por el que se establece la Articulación de la Educación Básica*. (S. d. Pública, Ed.) Recuperado el 21 de febrero de 2015
- SEP. (2011). *Programa de Estudios 2011, Guía Para el Maestro Educación Básica Secundaria, Ciencias*. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/18621/Primer\\_grado\\_Ciencias\\_I\\_2013\\_guia\\_maestro.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/18621/Primer_grado_Ciencias_I_2013_guia_maestro.pdf)
- Solé, I., y Coll, C. (1993). Los profesores y la concepción constructivista. En C. e. Coll, *El constructivismo en el aula*. México: Graó.
- Torres, G., y Valencia, L. (2013). Uso de las TIC e internet dentro y fuera del aula. *Apertura*, 5(1).
- Totter, A., Stütz, D., y Grote, G. (2006). ICT and Schools: Identification of Factors Influencing the use of new Media in Vocational Training Schools. *The Electronic Journal of e-Learning*, 4, 95-102.
- Treagust, D., y Duit, R. (2009). Multiple Perspectives of Conceptual Change in Science and the Challenges Ahead. *Journal of Science and Mathematics*, 96.
- Valdéz, A., Angulo, J., Urías, M., García, R., y Mortis, S. (2011). Necesidades de capacitación de docentes de educación básica en el uso de las TIC. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*(39), 211-223.
- Verneaux, R. (1982). *Textos de los grandes filósofos*. Barcelona: Heder. Recuperado de [https://www.u-cursos.cl/fau/2011/1/GEO-103/1/material\\_docente/bajar?id\\_material=457928](https://www.u-cursos.cl/fau/2011/1/GEO-103/1/material_docente/bajar?id_material=457928)
- Zubieta, J. (2016). Presentación. En V. R. Mendizabal M., *Plataformas libres para la educación mediada por las TIC*. Ciudad de México: UNAM.

Anexo I. Contenidos de la plataforma.

Bienvenida

## Relación entre el Cambio climático y la Pérdida de la Biodiversidad



En este curso vamos a explorar, que es el efecto invernadero, cómo se produce, cuál es la importancia de este fenómeno para la vida en la tierra, qué es el cambio climático y la relación de las actividades humanas en este fenómeno, así como también investigaremos sobre la importancia de los seres vivos en la regulación del clima en la tierra.

¿Te has preguntado alguna vez, si los seres vivos pueden regular el clima de la Tierra?

¿Cuál es la relación entre los ecosistemas y el cambio climático?

¿Por qué la desaparición de un depredador cambia el paisaje?

¿Cuál es la relación entre los seres vivos, el efecto invernadero y el cambio climático?

Al final de este curso podrás resolver estas interrogantes.

Es importante que realices todas las actividades propuestas y consultes cada una de las lecciones.

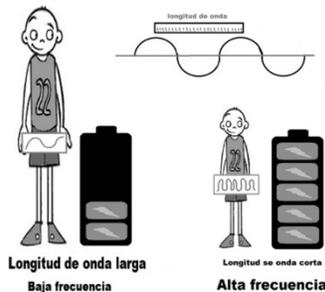
## La Energía que Proviene del Sol



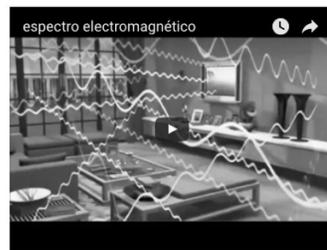
Todos los cuerpos emiten radiación, la cual no necesita un medio material para su propagación. El Sol como cuerpo radiante emite radiación que son ondas electromagnéticas que se propagan en todas direcciones y que no requieren de un

medio material para su propagación, imagina poder viajar a cualquier sitio sin tener un transporte, ¡viajar en el vacío! eso sucede con la radiación solar.

Esta radiación está constituida por un "paquete ondas" diferentes que viajan juntas, llamado espectro electromagnético, todas estas ondas tienen diferentes frecuencias y longitud de onda, lo cual determina su energía, visibilidad y poder de penetración. Observa la siguiente imagen:



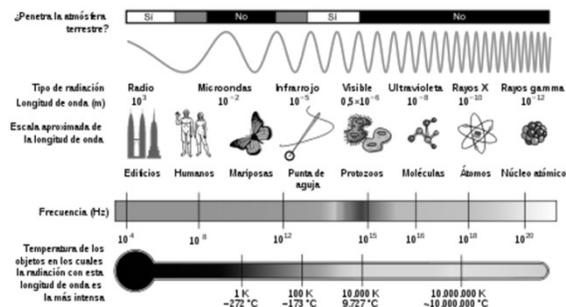
Como puedes observar, cuando la longitud de onda de la radiación electromagnética es larga, entonces disminuye la frecuencia y la energía de esas ondas es menor, en cambio cuando la longitud de onda es corta la frecuencia aumenta y la energía de la onda es mayor.



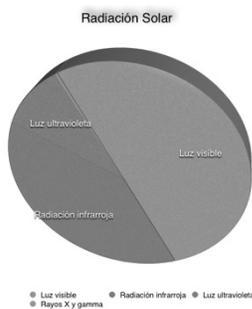
Video sobre radiación solar disponible en:

<https://www.youtube.com/watch?v=v-acc6CkZUA>

La radiación solar está compuesta por rayos infrarrojos de baja energía (menor frecuencia y mayor longitud de onda), la luz visible que abarca el intervalo del espectro del rojo al violeta, los rayos ultravioleta (UV) de alta energía (mayor frecuencia y menor longitud de onda) y los rayos gamma de muy alta energía. Observa con atención la imagen inferior, en ella se muestra el espectro de la radiación solar, las diferentes frecuencias y longitudes de onda de cada una ¿Cuál radiación del espectro electromagnético tiene mayor

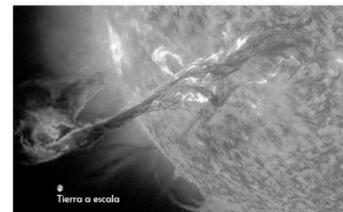


energía? ¿Cuáles son las radiaciones de menor energía? ¿Toda la radiación solar llega a la Tierra?



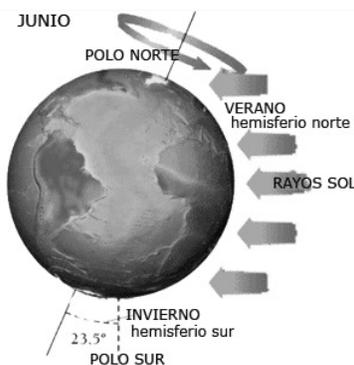
Alrededor del 50% de la radiación electromagnética emitida por el Sol es luz visible, 40% es radiación infrarroja y ondas de radio, casi el 10% es luz ultravioleta y una pequeña proporción son rayos gamma y rayos X.

Si observas la imagen inferior podrás percatarte de el tamaño de la Tierra con relación al Sol. Como podrás observar la Tierra por su pequeñísimo tamaño con relación al Sol y por la gran distancia con este, recibe una fracción minúscula de toda esta energía radiante. De toda esta energía cerca del 30% se refleja en la atmósfera terrestre y poco más del 20% se absorbe por la misma. El 70% de la radiación ultravioleta es detenida por la atmósfera.



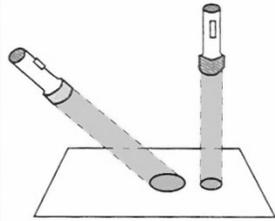
Podemos decir que prácticamente la radiación solar es luz y calor que tiene efectos en la tierra, lo podemos percibir cuando la radiación no es bloqueada por las nubes.

La radiación solar llega a toda la superficie de la terrestre en la misma cantidad, pero el efecto de inclinación de la Tierra cuando gira alrededor del sol hace que los rayos sean más directos en algunos lugares que en otros, como ejemplo podemos mencionar las estaciones del año, cuando el Hemisferio Norte está inclinado hacia el Sol es verano y en el Hemisferio Sur es invierno.



Los efectos del Sol varían según la latitud y la altitud a la que nos encontremos, y también con la época del año y la hora del día. Mientras más cerca del ecuador estemos, más verticalmente inciden los rayos solares y más radiación recibe cada metro cuadrado de superficie, si observas la figura inferior podrás notar que cuando la lámpara se coloca en forma vertical el área iluminada es menor, ¡toda la energía se concentra en esa superficie!, en cambio si se coloca la

lámpara de forma inclinada la luz cubre una mayor superficie y la energía se distribuye en una área mayor.



En general, hay más peligro de daños por radiación ultravioleta en regiones ecuatoriales y a bajas altitudes. Pero mientras más cerca de los polos estemos (mayor latitud), más partículas energéticas solares y rayos cósmicos llegan a la superficie.

## Los Rayos que nos Importan



La radiación solar tiene una importancia vital en el suministro de energía en la Tierra e interviene en los procesos físicos y químicos de los seres vivos, por ejemplo: Los reptiles, por ser de sangre fría, no se pueden mover a temperaturas bajas y es por eso que los puedes observar asoleándose por mañanas hasta que alcanzan una temperatura que les permite moverse.



las que

El proceso de la fotosíntesis, las plantas transforman la energía luminosa en energía química, este proceso no podría llevarse a cabo sin la presencia de la luz.

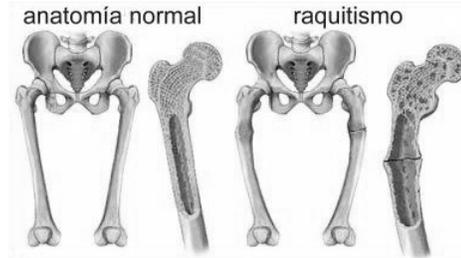
Video sobre



fotosíntesis disponible en:

<https://www.youtube.com/watch?v=KPFRz7pnprQ>

Los seres humanos fijamos la vitamina D (Calciferol) gracias a la exposición a los rayos solares, esta vitamina muy importante para nosotros previene el raquitismo, enfermedad en la cual la conformación de los huesos se ve alterada. Es por eso que en las etapas de crecimiento de los niños es importante que reciban "baños de sol".



**Problema al alza**  
El crecimiento se vuelve más lento y hasta se detiene, por los efectos de la vitamina D, a su vez, se altera la conformación de los huesos, como el raquitismo.

**El efecto de los rayos ultravioleta en la piel**

- 1. Irradiación:** Los rayos ultravioleta A y B penetran en la piel, dañando las células y provocando quemaduras.
- 2. Quemaduras:** Los rayos ultravioleta B provocan quemaduras de primer grado, que se manifiestan como enrojecimiento y dolor.
- 3. Manchas solares:** Los rayos ultravioleta B provocan la aparición de manchas solares, que son áreas de piel que se oscurecen.
- 4. Cáncer de piel:** Los rayos ultravioleta B provocan el desarrollo de células cancerosas en la piel.

**Protección de la piel:**

- Usar protector solar con un factor de protección solar (FPS) de al menos 30.
- Evitar la exposición directa al sol entre las 10 y las 16 horas.
- Usar ropa protectora, sombrero y gafas de sol.

**Problema del Hospital:** Aumenta el número de casos de cáncer de piel.

**Nota 10:** El aumento de la intensidad de la radiación UV en la superficie terrestre, en respuesta a un efecto invernadero causado por el aumento de la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera, es un problema que se debe tener en cuenta.

**1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11**

**No se debe permitir el uso de dispositivos móviles en áreas de riesgo.**

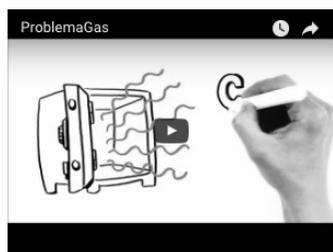
**Medidas preventivas:** Mantener los dispositivos móviles en áreas seguras y evitar el uso de dispositivos móviles en áreas de riesgo.

**Medidas preventivas:** Evitar el uso de dispositivos móviles en áreas de riesgo y mantenerlos en áreas seguras.

Fuente: Organización Mundial de la Salud (OMS) y Organización Panamericana de la Salud (OPS).

Un aspecto importante de la radiación solar, es la fracción de radiación ultravioleta que penetra en la atmósfera, estos rayos son dañinos para la piel, el efecto nocivo depende del tiempo de exposición y de la energía de la radiación, estos rayos pueden provocar quemaduras, daños a las fibras de colágeno (proteína que da soporte a la piel), lo cual puede ocasionar arrugas prematuras. En casos extremos, la radiación puede alcanzar el núcleo celular y dañar su ADN, lo que es potencialmente cancerígeno.

El cobertor de la Tierra  
**Atmósfera**  
**Problema Gas**



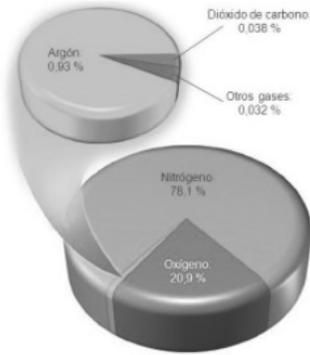
**Problema Gas disponible en:**

<https://www.youtube.com/watch?v=Ua0CC2DZiQI>

## La capa de Gases que Rodea a la Tierra



La atmósfera es una capa de gases muy delgada que rodea a la tierra, está compuesta principalmente por una gran proporción de Nitrógeno y una menor proporción de Oxígeno, y una pequeñísima proporción de otros gases llamados traza, como el Argón, todos estos gases por sus características monoatómicas o diatómicas son transparentes a la radiación, es decir permiten el paso de la radiación. Si la atmósfera estuviera constituida por esos gases podríamos respirar pero la temperatura de la tierra estaría tan baja, como si no existiera atmósfera.



La composición de la atmósfera está predominada por nitrógeno en un 78% y oxígeno en un 21%.

En la pequeñísima proporción de elementos traza también encontramos los gases termoactivos, mejor conocidos como gases de efecto invernadero, los cuales tienen como característica estar constituidos por tres o más átomos, como son el dióxido de carbono, el metano, óxidos de nitrógeno y el vapor de agua.



Los gases que componen la atmósfera no se distribuyen de la misma manera por toda la atmósfera, mientras se esté más cerca de la superficie terrestre encontraremos mayor concentración de gases y a medida de que nos vamos alejando de la superficie terrestre la concentración de gases va disminuyendo. Es por esta razón que la atmósfera se ha dividido en:

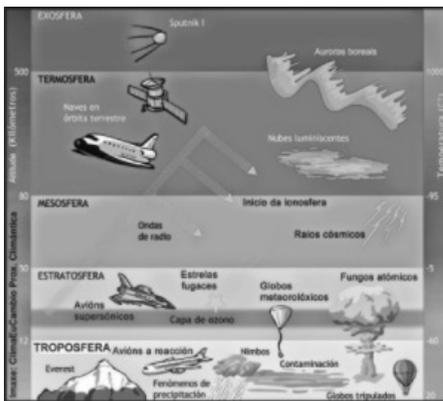
Troposfera, Estratosfera, Mesosfera, Termosfera y Exosfera.

Observa el siguiente video: ¿En que región de la atmósfera se llevan a cabo todos los eventos climáticos? ¿Donde se ubica la capa de Ozono?



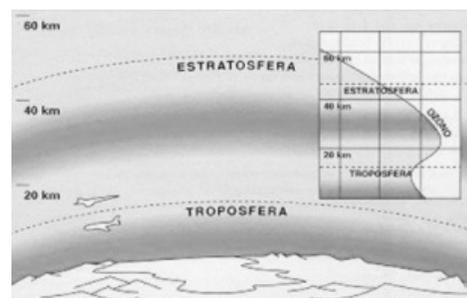
Video sobre capas de la atmósfera

Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=Jv9r7ZCN-DU>



En la troposfera que alcanza una longitud aproximada de 10 Km encontramos la mayor concentración de gases y prácticamente está contenida toda el agua atmosférica por lo que encima de ella no hay propiamente clima. En esta capa encontramos los gases de efecto invernadero los cuales por su característica termoactiva captan los rayos infrarrojos emitidos por la tierra y mantienen la temperatura del planeta en un promedio de 15°C, sin la presencia de estos gases la temperatura promedio del nuestro planeta sería de -18°C. En definitiva los gases de efecto invernadero mantienen a la tierra a una temperatura que permite que exista vida en el planeta.

La estratosfera está situada entre los 10-50 Km por encima de la superficie terrestre, está capa atmosférica, es muy importante para la vida, ya que en ella se encuentra la capa de ozono de forma natural. En la imagen inferior puedes observar donde se ubica esta importante capa.



## El Filtro Solar de la Tierra



Capa de Ozono.



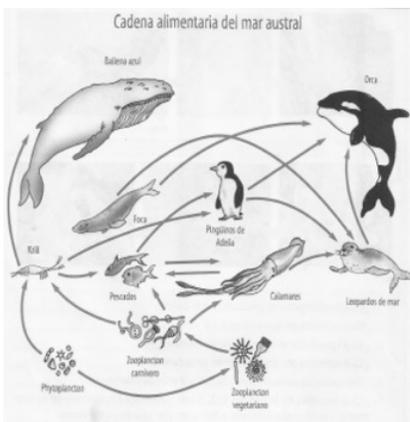
Como puedes observar en la animación inferior, el ozono es una molécula compuesta por la unión de tres átomos de oxígeno (que están representados por las esferas azules), esta molécula la podemos encontrar de forma natural en la estratosfera.

El Ozono (O<sub>3</sub>), en la estratosfera evita que las radiaciones ultravioleta (UV) penetren a la superficie terrestre, podríamos afirmar que el ozono en la estratosfera funciona como una "sombrija" que protege a la tierra de la mayor parte de esta radiación que proviene del sol.



La capa de ozono estratosférica, absorbe gran cantidad de la radiación UV emitida por el sol, si toda esta radiación llegara a la superficie terrestre todas las formas de vida en el planeta (incluidos nosotros) estarían en peligro. Un aumento en la radiación pondría en peligro a los ecosistemas terrestres y marinos, se verían seriamente afectados los cultivos y la producción de alimentos, por ejemplo; en los ecosistemas acuáticos el plancton –primer eslabón de la cadena alimentaria acuática- que viven en las superficies del agua, serían de los organismos

que tenderían a desaparecer, y con la desaparición de estos organismos los otros organismos de mayor tamaño morirían de hambre y la vida en este ecosistema desaparecería.



Observa la imagen inferior, ¿Las ballenas y pingüinos podrán sobrevivir si desaparece el plancton?

La capa de ozono en la estratosfera ha sido afectada por la actividad humana, por lo que en las últimas décadas se han observado agujeros, por los cuales pasan los rayos UV.



Video Ozzy Ozono. El riesgo de la destrucción

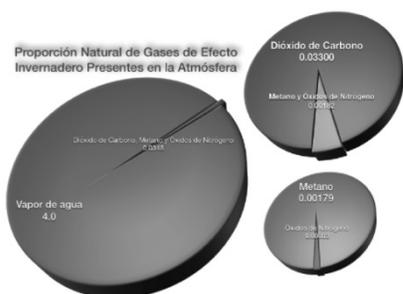
Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=WdNEnABvhEE>

La capa natural de ozono en la estratósfera al evitar que los rayos de alta energía lleguen a la superficie de la Tierra funciona como un protector térmico que evita que nuestro planeta esté más caliente. Por tal razón podemos afirmar que el ozono en la estratosfera no funciona como un gas de efecto invernadero sino por el contrario como “refrigerante”.

La actividad humana ha generado emisiones de ozono las cuales permanecen en la troposfera, cuando esto sucede, el ozono ya no se comporta como un gas “refrigerante” sino al contrario como un gas de efecto invernadero.

### El cobertor de la Tierra.

Como ya hemos visto, en la composición de la atmósfera predominan el oxígeno, nitrógeno, los cuales indudablemente tienen gran importancia para la vida, pero también existen otros elementos que aunque se encuentran en proporciones muy pequeñas (elementos traza) son de vital importancia para todos los seres vivos, ya que sin ellos la temperatura de la tierra sería en promedio de  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , lo que implicaría que aunque fuera verano la tierra estaría congelada.

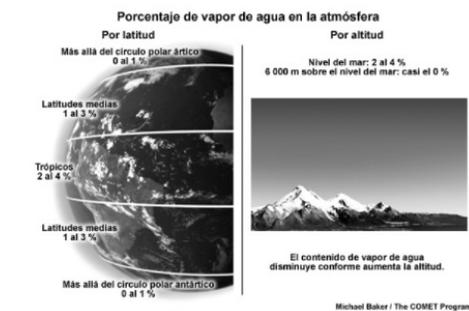


A estos gases se le ha denominado gases termoactivos o gases invernadero. Entre los principales gases invernadero que encontramos en la atmósfera de forma natural están: El dióxido de carbono  $\text{CO}_2$  en mayor proporción (0.033%), el metano  $\text{CH}_4$

(0.000179%), óxidos de nitrógeno NOx con 0.00003% y seguido vapor de agua cuya presencia en la atmósfera es variable y puede ser del 0 a 4%. Observa la gráfica inferior ¿Cuáles son los gases de efecto invernadero más importantes?

Por su proporción en la atmósfera el vapor de agua seguido del CO<sub>2</sub> son los principales gases de efecto invernadero. Es importante recalcar que la proporción de vapor de agua puede variar, llegando incluso a tener valores iguales a cero.

Los gases invernadero se caracterizan por ser moléculas constituidas por tres o más átomos, y son capaces de absorber los rayos infrarrojos que provienen del sol y que son reflejados por el suelo y las masas de agua, en un fenómeno conocido como albedo. Es decir los gases termoactivos “atrapan” la energía reflejada por la tierra, impidiendo que esta se “escape” hacia el espacio.

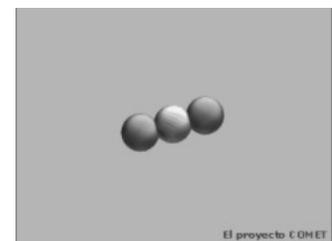


**Video sobre el efecto invernadero. Disponible en:**

[https://www.youtube.com/watch?v=2U\\_FznW-n-U](https://www.youtube.com/watch?v=2U_FznW-n-U)

Como puedes observar en la animación inferior, las moléculas de los gases de efecto invernadero al absorber la radiación reflejada por la tierra, aumentan su energía de movimiento (energía cinética) y chocan con otras moléculas vecinas, produciendo calor, el cual es reflejado nuevamente hacia la tierra.

Podríamos pensar que los gases de efecto invernadero funcionan como una chamarra, que evita que el calor que generas salga hacia el exterior y por tanto te mantienes



caliente. Es por eso que considera a estos gases como el cobertor de la tierra.

Se puede afirmar que gracias a estos gases la tierra ha tenido una temperatura adecuada para el surgimiento de la vida y la evolución de las especies.

Efecto atmósfera.

## Los Sospechosos Habituales



En esta lección vamos a aprender cómo es que la tierra se mantiene caliente, que es el fenómeno de albedo , que es el efecto atmósfera, y la relación que existe entre el albedo y el efecto atmósfera.

¿En alguna ocasión has caminado sobre el pavimento o en la arena de la playa en un día muy caluroso?

¿Qué sensación tienes en tus pies?

¿Sería igual la sensación se caminaras sobre pasto o hierba?



Video sobre los gases de efecto invernadero..Disponible en:

[https://www.youtube.com/watch?v=2U\\_FznW-n-U](https://www.youtube.com/watch?v=2U_FznW-n-U)

## Los Espejos de la Tierra



Los rayos solares que atraviesan la atmósfera llegan a la superficie de la Tierra y la calientan. La superficie de la tierra al calentarse refleja parte de la radiación que

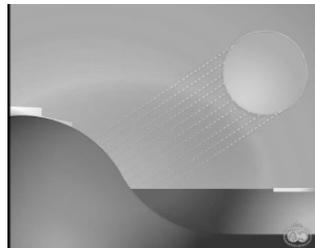
recibe del sol a través de la atmósfera y las nubes, el porcentaje de la radiación reflejada con respecto a la radiación que incide sobre una superficie se le denomina albedo.



**Video del efecto albedo, disponible en:**

[https://www.youtube.com/watch?v=WL\\_lhZ3zn9k](https://www.youtube.com/watch?v=WL_lhZ3zn9k)

Cuando la radiación reflejada es muy grande, y por tanto el albedo es grande, el planeta tiende a enfriarse, ya que los rayos reflejados tenderían a “escaparse” hacia el espacio. En cambio cuando el albedo es menor el planeta se calentaría por la absorción de esas radiaciones.



**Video del efecto albedo, disponible en:**

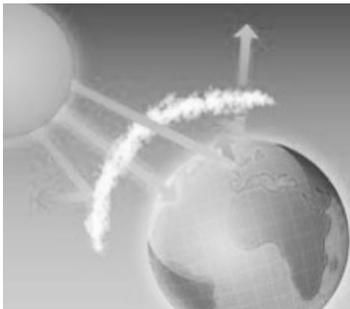
<https://www.youtube.com/watch?v=FolwIVwudus>

¿Alguna vez has tratado de leer a pleno rayo del sol?

Seguramente si lo has intentado tus ojos se habrán lastimado, ya que el color blanco de la hoja de papel refleja más la luz que un color oscuro. La radiación reflejada depende de la composición y el color del objeto. Las superficies claras tienen valores de albedo superiores a las oscuras, y las brillantes más que las mates. El albedo medio de la Tierra es del 37-39% de la radiación que proviene del Sol.

El albedo es más alto en la nieve y en las superficies uniformes de color claro, mientras que en las superficies cubiertas de vegetación o quemadas tienen un albedo más bajo. Observa con atención la imagen del efecto albedo.

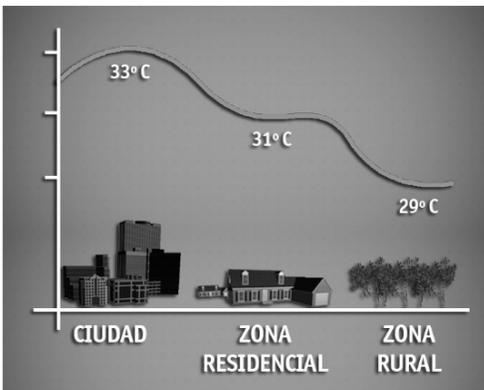
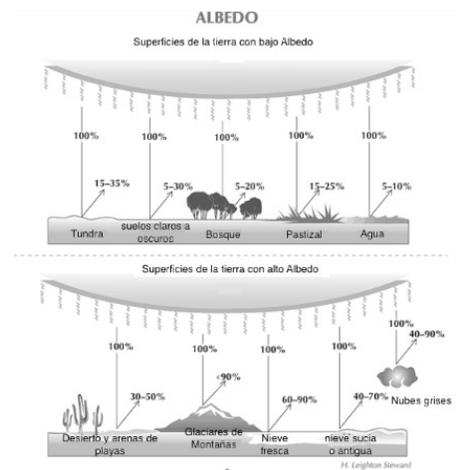
¿En que superficies es menor el albedo? ¿Cómo será el albedo en las grandes ciudades? ¿Cuál es la relación entre la presencia de vegetación y el albedo?



El agua en la Tierra produce una realimentación positiva para el albedo, ya que las bajas temperaturas incrementan la cantidad de hielo sobre su superficie, lo que hace más blanco al planeta y aumenta su albedo, y esto a su vez enfría más el planeta, creándose nuevas cantidades de hielo. La desertificación, la tala de bosques, la urbanización entre otros factores modifican el albedo.

¿Has oído hablar de la isla de calor?

En las grandes ciudades el albedo se ha visto modificado, el cambio en el uso del suelo para la construcción de viviendas, vialidades, comercios,



escuelas, hospitales y toda la infraestructura para dar servicio a la población han generado un cambio en la temperatura de la ciudad. Observa la imagen inferior, ¿Cuál es la diferencia en las temperaturas entre una zona urbana y una rural?

¿Cuáles son los elementos que hacen que la ciudad el albedo se vea modificado?

La tierra radiante y el efecto atmósfera.

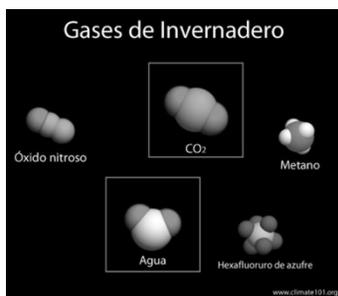
La atmósfera funciona como un filtro radiativo, es decir permite el paso de radiación de onda larga (rayos infrarrojos y luz visible) y detiene en sus capas altas la radiación de onda corta (rayos ultravioletas y rayos gamma). Los rayos que atraviesan

la atmósfera y llegan a la superficie de la tierra son absorbidos por la misma, lo cual genera que nuestro planeta se caliente.

Al calentarse la tierra, como todo cuerpo radiante, emite radiación infrarroja hacia el espacio (por el fenómeno de albedo), aunque esta radiación no logra salir de la atmósfera, ya que en su trayecto se encuentra con los componentes de la atmósfera (gases invernadero).

Estos gases absorben la radiación y al igual que lo que sucede en la superficie terrestre se calientan (aumentando su energía de movimiento) y emiten radiación hacia arriba y hacia abajo. Esta radiación vuelve nuevamente hacia la superficie terrestre. Podríamos decir que la radiación infrarroja queda "atrapada" en la troposfera ya que el aire es muy transparente para la radiación de onda corta y muy opaco a la de onda larga.

En otras palabras, ¿Alguna vez has entrado a un automóvil (o un invernadero) que ha estado parado toda la mañana al rayo del sol?, si lo has hecho podrás reconocer



que aunque la temperatura exterior no sea tan caliente, el interior del automóvil estará más caliente que el exterior, y quizás sea preciso abrir las ventanas, esto es debido a que la energía del sol queda atrapada en el automóvil sin la posibilidad que los rayos infrarrojos puedan salir, ya que los vidrios impiden la salida de los rayos infrarrojos. Algo

parecido sucede en la tierra con la atmósfera, aunque difiere del invernadero (o del automóvil) en que la atmósfera no tiene una tapa que la encierre y los invernaderos y el auto tienen vidrios que impiden que el aire



caliente se escape. La radiación solar incide sobre los autos sin poder disiparse.

Aunque la atmósfera no tiene propiamente límites marcados y carece una “tapa”



o vidrios que impidan que las radiaciones infrarrojas emitidas por la superficie terrestre se “escapen” fuera del planeta, los gases de efecto invernadero presentes en la troposfera funcionan como esa “tapa” que impide

que la radiación infrarroja se hacia el exterior de la Tierra. Los gases de efecto invernadero, principalmente el dióxido de carbono y el vapor de agua, ocasionan que la temperatura de la tierra sea propicia para la vida. Por estas razones sería más adecuado decir efecto atmósfera en vez de efecto invernadero.

Los síntomas de la Tierra.

**La  
Tierra  
Tiene Fiebre**



¿Te has preguntado cuáles han sido los efectos del cambio en la concentración de gases termoactivos en la atmósfera?



Video sobre calentamiento global, disponible en:

<https://www.youtube.com/watch?v=AcyA4TjLDS4>

## Inicios del Calentamiento Global



Video sobre el calentamiento global, disponible en:

<https://www.youtube.com/watch?v=mlmcQW42VXw>

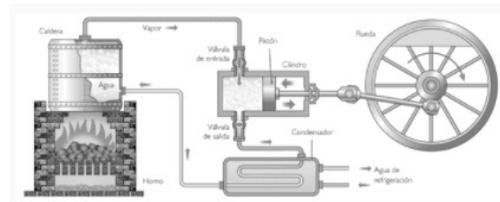
La temperatura y las concentraciones de los gases de efecto invernadero han variado de forma cíclica en periodos de cientos de miles de años conforme ha ido variando la posición de la tierra con respecto del sol, es por ello que han existido diferentes glaciaciones.

Estas variaciones naturales de la concentración de gases invernadero, que han ocurrido durante miles de años, han sido compensadas ya que los gases invernadero se absorben de forma natural. Por lo tanto, se podría decir que las concentraciones de gases invernadero y la temperatura del planeta habían permanecido bastante estables.

Es a partir de la revolución Industrial que ese delicado equilibrio entre el aumento de gases invernadero y la absorción de estos de forma natural se ha visto descompensada.

Con la invención de la máquina de vapor se transformó la forma de producción, se desplazó el trabajo artesanal para dar lugar a la producción industrial. Las nuevas máquinas requerían energía para funcionar, y es a través de la quema de carbón, y más adelante la quema de combustibles fósiles donde se obtuvo la energía requerida.

La revolución industrial no solo cambió la forma de producción, sino también originó la



migración de las personas hacia los sitios donde se establecieron las fábricas, se cambió el paisaje natural, los bosques y áreas de cultivo fueron modificados para dar paso a la construcción de grandes ciudades.

La población humana también aumento, generando con ello nuevos retos: mayor producción de alimentos, mayor construcción de casas e infraestructura (escuelas, hospitales, carreteras, comercios entre muchas otras) que permitieran garantizar la calidad de vida de la población. Para poder cumplir con esos retos el cambio en el uso del suelo se hizo necesario, se talaron bosques, para convertirlos en zonas de cultivo, potreros y poblados.



Video sobre la Revolución Industrial

<https://www.youtube.com/watch?v=sOb59ALkGnc>

La quema de combustibles para la generación de bienes de consumo y el cambio en el uso del suelo, modificaron el balance que existía en la atmósfera. La emisión de gases de efecto invernadero, se incrementó de tal forma que la absorción de estos gases de forma natural requeriría muchos años.

Las actividades humanas han aumentado la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera en más de un tercio desde que inició la revolución industrial. Estos cambios que se han producido históricamente en el transcurso de miles de años, en la actualidad se producen en tan solo unas décadas.

**La Tierra  
Nos señala  
Los Síntomas**





Video Semarnap sobre efectos del cambio climático, disponible en:

<https://www.youtube.com/watch?v=bSDhJ-Rk6oU>

El aumento de la temperatura planetaria desde 1950 como consecuencia de la actividad humana es algo que ya no puede ser refutable, ya que las evidencias científicas son contundentes.

Si observa los registros de la temperatura de la tierra desde 1850, se puede observar que las últimas tres décadas han sido las más cálidas, y probablemente desde hace cinco siglos no se registraban temperaturas similares.

La temperatura promedio del planeta se ha incrementado en 0.8 °C en los últimos 100 años, este efecto es sorprendentemente homogéneo en toda la superficie terrestre, aunque es ligeramente mayor en el hemisferio norte.

El cambio climático no se presenta el mismo ritmo sobre la tierra y las superficies oceánicas. Los océanos absorben el 90% del calor del planeta. Las corrientes marinas son el principal transporte energía y calor de nuestro planeta, si no existieran estas corrientes la Tierra sería mucho más calurosa. El transporte del calor oceánico es muy lento, ¡del orden de miles de años! Esto significa que aunque en este momento se dejaran de emitir gases de efecto invernadero a la atmósfera el calentamiento global que hemos generado persistirá en un futuro.

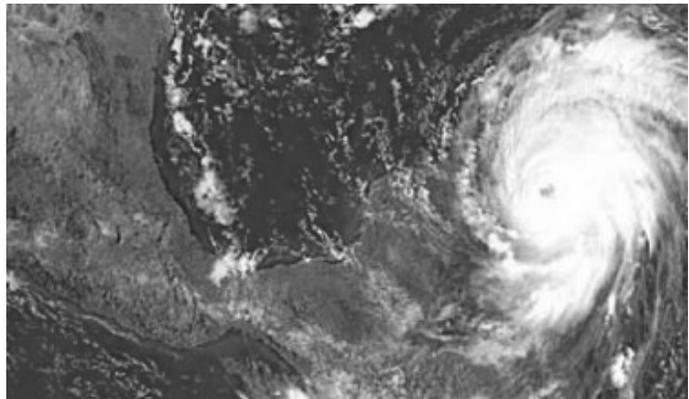
Los efectos inmediatos del calentamiento global, se presentan en el transporte de calor en los océanos, El aumento de temperatura de la superficie oceánica, crea las condiciones para la formación de ciclones.

¿Qué es un ciclón?

Un ciclón tropical es un remolino gigantesco que cubre cientos de miles de kilómetros cuadrados y principalmente se generan sobre los océanos tropicales.

Los ciclones en los océanos se forman cuando la temperatura de la capa superficial de agua supera los 26°C y existen una zona de baja presión atmosférica, hacia la cual convergen vientos de todas direcciones.

Los vientos en la zona circundante fluyen y aumenta el ascenso del aire caliente y húmedo que contiene vapor de agua. El calor latente, ganado por la condensación del vapor de agua, es la fuente de energía del ciclón. Una vez que se inicia el movimiento del aire hacia arriba, a través de la columna central, se incrementa la entrada de aire en los niveles más bajos, con la correspondiente salida en el nivel superior del fenómeno. Por la influencia de la fuerza de rotación de la Tierra, el aire converge, gira y comienza a moverse en espiral, en sentido contrario a las manecillas del reloj en el Hemisferio Norte y en el sentido de las manecillas de reloj en el hemisferio Sur.



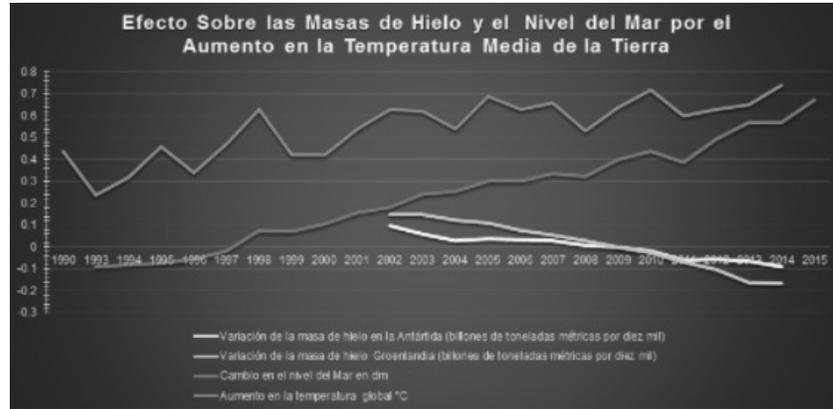
Video sobre la formación de ciclones, disponible en:

<https://www.youtube.com/watch?v=12A-JF2Tr4>



En el año de 2013 la cobertura del hielo del Ártico alcanzó el mínimo histórico en más de 100 años, de continuar la tendencia actual se espera que para el 2050 ya no exista hielo. Lo cual tendría serias implicaciones para la regulación del clima de la tierra, el nivel del mar y para la biodiversidad. ¿Qué sucedería con los organismos

terrestres y que viven en regiones? se vería el clima de la



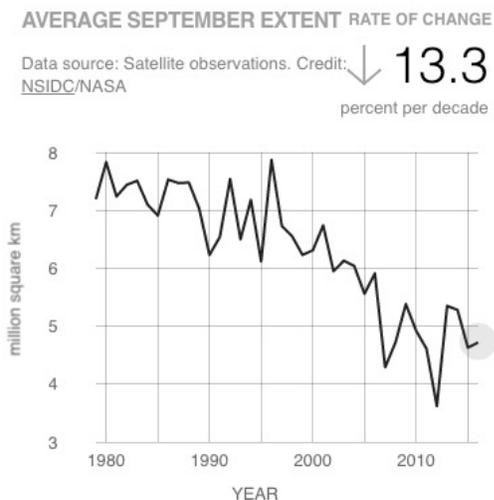
marinos estas ¿Cómo afectado tierra?

Dirígete a la página de la NASA “El cambio Climático Global. Los Signos Vitales del planeta. Observa la gráfica del cambio en el hielo marino del Ártico, puedes mover el punto rojo para observar cómo ha ido cambiando la superficie de hielo. En esta misma página encontraras una animación de cómo se ha ido modificando la superficie de hielo en la Antártida. Obsérvalos con atención y contesta estas preguntas.

¿Qué ha sucedido con la superficie de hielo en la Ártico?

¿Qué tipo de modificaciones han ocurrido en esa superficie?

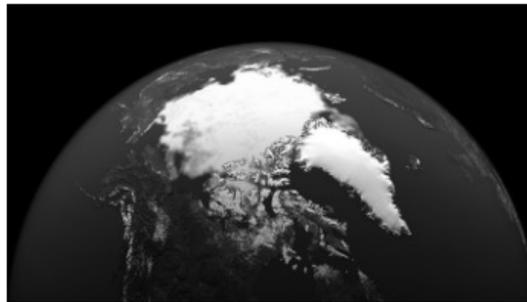
¿Cuáles son las causas de estas modificaciones?



TIME SERIES: 1979-2015

1988

Data source: Satellite observations.  
Credit: [NASA Scientific Visualization Studio](#)



▶ 1979 ———— ○ ———— 2015

Página interactiva de la NASA con el registro de los cambios del hielo del ártico

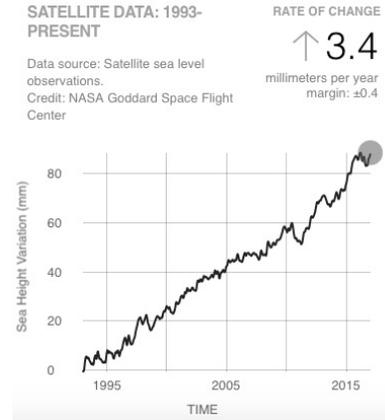
<https://climate.nasa.gov/vital-signs/arctic-sea-ice/>

El aumento en el nivel del mar por el calentamiento global es otra de las evidencias contundentes que podemos observar, este aumento en el nivel del mar se debe en una parte al derretimiento polar, pero una factor importante del aumento en el nivel del mar, es el aumento de volumen debido al calentamiento. Toda sustancia cuando se calienta se aumenta su volumen, ¿alguna vez has visto como un globo parcialmente lleno de aire al exponerse a los rayos del sol pareciera que “aumenta su tamaño”? Esto sucede debido que el aire en su interior se calienta y se expande, ocupando un volumen mayor, lo mismo sucede con los océanos al aumentar su temperatura. En la siguiente página de la NASA podrás observar cómo se ha modificado el nivel del mar. Observa las gráficas con atención y contesta estas preguntas.

¿Qué ha sucedido con el nivel del mar?

¿Qué relación existe entre el deshielo del Ártico y el nivel del mar?

¿Qué efectos tienen sobre las poblaciones humanas?



Página interactiva de la NASA, Signos Vitales del Ártico, sobre los cambios en el nivel del mar disponible en: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/sea-level/>

Existen numerosas evidencias sobre los cambios que se han producido en nuestro planeta a partir del aumento en la temperatura media de la Tierra producido por el incremento de gases termoactivos (gases invernadero) en la atmósfera. Quizás los fenómenos más evidentes, son el deshielo de los glaciares y los polos, el aumento en el nivel del mar los cuales están representados en la siguiente gráfica. ¿Que puedes observar en ella?

En el año de 2013 la cobertura del hielo del Ártico alcanzó el mínimo histórico en más de 100 años, de continuar la tendencia actual se espera que para el 2050 ya no exista hielo. Lo cual tendría serias implicaciones para la regulación del clima de la tierra, el nivel del mar y para la biodiversidad.

Los océanos no tienen la misma salinidad (cantidad de sal) y esto es debido al derretimiento del agua polar y la lluvia. Las diferencias de salinidad son un excelente marcador de los patrones de precipitación globales. En los últimos años se ha observado que el aumento en la diferencia de salinidad se refleja en un cambio en el patrón de lluvias. ¡Los ecosistemas secos reciben menos lluvia (con sequías más prolongadas) mientras que los sistemas húmedos reciben mayor cantidad de lluvia! El cambio en el patrón de lluvias es evidente, en algunos lugares llueve de forma torrencial, mientras en otros existen sequías prolongadas.

A toda  
Acción Hay una  
**Reacción**



Los distintos efectos del calentamiento global ya están provocando daños en la calidad de vida de los seres humanos y en diferentes organismos de nuestro planeta.

El patrón de lluvias se ha modificado en dos direcciones distintas; inundaciones y sequías extremas en todo el planeta incluido nuestro territorio.

Las sequías han aumentado en México y se espera una menor precipitación en las latitudes medias como es el norte de México, con un incremento en la extensión de los desiertos.

Por el otro lado, las inundaciones como resultado de las lluvias con mayor intensidad, duración y frecuencia, el aumento en el número y fuerza de los ciclones se ha vuelto un problema en las áreas anteriormente afectadas, como es el caso del sureste de nuestro país, el cual se ha visto afectado con graves inundaciones. En la ciudad de México en el 2015 se registraron fuertes inundaciones, como puedes observar en la fotografía inferior.

Las olas de calor, los periodos de sequía prolongados y las inundaciones tienen consecuencias negativas sobre la agricultura, la ganadería y la salud humana. En 2003 se registró una de las peores rachas de calor en Europa que llevó a la pérdida de cultivos por 1200 millones de dólares, y en ese mismo periodo los costos extras por hospitalización fueron de 150 millones de dólares.

La expansión de enfermedades tropicales hacia otras regiones del mundo, como el dengue, la enfermedad de Lyme, el mal de Chagas, el virus del Nilo occidental y la malaria entre otras, está relacionado con el calentamiento global. Todas estas enfermedades son

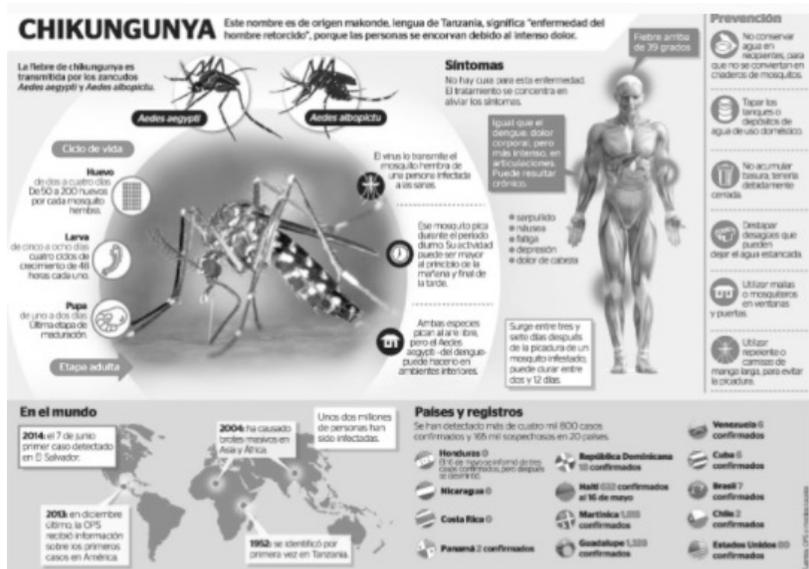


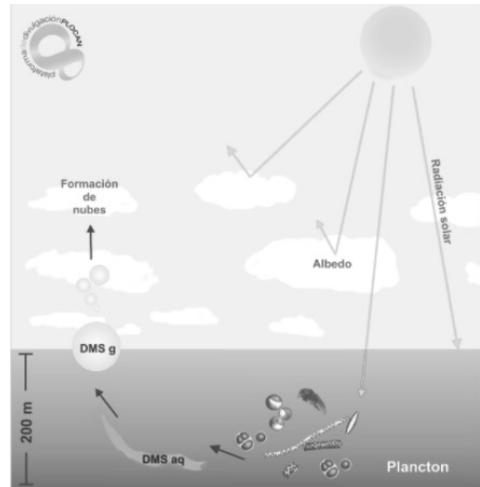
transmitidas por un organismo hospedero, es decir un organismo que transmite el agente infeccioso por medio de piquetes o mordeduras. Estos organismos pasan por distintas fases de desarrollo las cuales se llevan en distintas condiciones ambientales en las que la temperatura es un factor determinante. Cuando las temperaturas son elevadas estos organismos se reproducen más rápido y la eclosión de los huevos de estos vectores se acelera. Se ha observado que con el aumento de la temperatura media de la Tierra las poblaciones de insectos han aumentado, se puede afirmar que los ganadores absolutos del aumento en la temperatura media de la tierra son los insectos.



En la ilustración inferior puedes observar el ciclo de vida del mosquito transmisor de la enfermedad de Chikungunya. ¿Que sucedería si los ciclos de vida de este insecto se acortan debido al aumento de temperatura? ¿Cuáles serían las consecuencias para la salud de la población?

La migración como consecuencia del cambio climático es un aspecto muy importante que hay que considerar. Se espera que en los próximos 50 años una séptima parte de la población global (1000 millones de personas) tengan que migrar por la pérdida de cultivos, eventos climáticos extremos e inundaciones en las zonas costeras y en los países isleños, debidos al cambio climático.





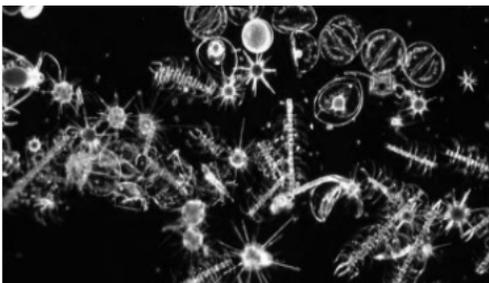
## La Sombrilla del Mar



El fitoplancton son organismos fotosintéticos microscópicos que tienen gran importancia ya que la mayor producción de oxígeno en el planeta es realizada por estos organismos, pero además su importancia no termina aquí ya que también son el primer eslabón de la cadena alimentaria marina.

Estos organismos generan una sustancia llamada dimetilsulfonato (DMS), la cual tiene dos cualidades muy importantes: la primera es su solubilidad, a menor temperatura del agua es más soluble y a mayor temperatura es más insoluble; otra característica es su capacidad para formar nubes.

Como cualquier organismo autótrofo el fitoplancton requiere de la luz solar para generar su alimento, de modo que cuanto más luz solar reciba podrá producir mayor cantidad de alimento. ¿Pero qué sucede cuando existe más radiación solar de la necesaria? ¿Qué mecanismo activa para bloquearla?



Cuando la superficie oceánica recibe una cantidad excesiva de radiación solar, su temperatura aumenta, aumenta su temperatura, y el fitoplancton se protege liberando DMS. Estas moléculas ascienden

hacia la atmósfera entre unos 50 y 100 metros donde se encuentra vapor de agua, y se empiezan a formar nubes.

Al formarse estas nubes se bloquea el paso de la radiación solar hacia la superficie marina, protegiendo al fitoplancton de temperaturas elevadas. El fitoplancton logra poner contrapeso a los cambios en el clima, es decir funciona como un “termostato”.

## Los Imanes de Lluvia



La importancia de los bosques, no sólo radica en la obtención de madera, o como productores de oxígeno. Estos ecosistemas, permiten el sostenimiento de sin fin de especies y además ¡regulan el clima!

Cuando llueve los ecosistemas boscosos interceptan hasta el 30% del agua, otra parte de agua se infiltra hacia los depósitos subterráneos y solo una pequeña parte se escurre superficialmente.

Los árboles requieren de grandes cantidades de agua para su sostenimiento, partes del agua que utilizan la devuelven a la atmósfera por evaporación, la cual en las regiones boscosas es muy alta. Los bosques tropicales y los bosques de montaña tienen una gran evaporación, lo cual genera vientos que a su vez atraen el aire húmedo de las costas, favoreciendo las lluvias en el interior del continente, tal pareciera que los bosques funcionan como un imán que atrae la lluvia.



Video sobre las características de los Bosques de niebla, disponible en:

<https://www.youtube.com/watch?v=21DP1tG9Aoo>

Los bosques almacenan tan sólo en su cobertura vegetal 300 mil millones de dióxido de carbono, cuando éstos son destruidos todo el carbono se libera a la atmósfera mediante la descomposición o la combustión de los residuos vegetales.

La deforestación contribuye a incrementar el cambio climático, lo cual afecta a otros ecosistemas por el aumento en las temperaturas así como también se genera un cambio en el patrón e intensidad de las lluvias.

Los Bosques desempeñan importantes funciones de amortiguación, como la interceptación de lluvias, enfriamiento, infiltración y retención de agua, pueden mitigar los fenómenos meteorológicos extremos y reducirlos efectos del cambio climático en los recursos hídricos.

Los bosques nublados de montaña, son definidos como bosques que se encuentran cubiertos por nubes o niebla. Una característica muy importante de estos bosques es su capacidad para captar el agua de la niebla y las nubes, lo permite una provisión de agua dulce disponible en los ríos que se encuentran en las partes bajas.

Cuando los bosques de montaña son cortados disminuye la cantidad de agua retenida y los manantiales en época de secas dejan de fluir. En temporadas de lluvias el agua corre pendiente abajo erosionando los suelos, los ríos se ven también modificados alternando entre sequías e inundaciones tanto en áreas cercanas como a grandes distancias.

Los bosques permiten mantener la calidad y cantidad de agua, influyen en la cantidad de agua disponible y regulan el flujo tanto de las aguas superficiales como las subterráneas. Una gran parte del agua potable mundial proviene de zonas boscosas, el agua que consumen los habitantes de la Ciudad de México, proviene de bosques de montaña.



Video de cierre reflexión sobre los bosques de niebla disponible en:

<https://www.youtube.com/watch?v=bBZIIHPeNgk>

Los  
Lobos  
Cambian  
el Curso  
de los Ríos



Vuelve a ver el video sobre los lobos que cambiaron el curso de los ríos y contesta las siguientes preguntas:

Cuando los cazadores exterminaron a los lobos del parque Yellowstone ¿qué población de animales se vio más favorecida?

¿Qué efectos causó a la población favorecida que los lobos desaparecieran?

El crecimiento de esta población ¿qué efectos causó sobre las plantas?

¿Se modificó el albedo en esta zona, en qué sentido?

Cuando se pierde la biodiversidad en un ecosistema, ¿es posible que se modifique el clima?



**Video sobre las cascadas tróficas “Cómo los lobos cambiaron el curso de los ríos”, Disponible en:**

<https://www.youtube.com/watch?v=nHdBB9zTuNA>

### Anexo III. Cuestionario sobre cambio climático y biodiversidad.

Edad \_\_\_\_\_. Género: (Masculino) ( Femenino)

Instrucciones:

Este instrumento tiene la finalidad de recabar información sobre los conocimientos de los alumnos en relación al cambio climático y efecto invernadero.

Responda las siguientes preguntas, marcando la respuesta correcta. Si no sabes alguna respuesta, deja la pregunta sin contestar; es importante que no adivines la respuesta.

- 
- 1) Marca con una X los principales componentes de la radiación solar.
- |  |   |  |  |
|--|---|--|--|
| a) Rayos gamma, rayos ultravioleta, Luz visible y rayos infrarrojos. | b) Rayos ultravioleta, Visible, rayos X, rayos gamma. | c) Luz visible, rayos X, rayos infrarrojos, rayos ultravioleta | d) Rayos infrarrojos, microondas, rayos X, rayos ultravioleta. |
|--|---|--|--|
- 2) Marca con una X las radiaciones solares de alta energía.
- |                               |                                      |                                      |                                     |
|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| a) Rayos gamma y luz visible. | b) Rayos gamma y rayos ultravioleta. | c) Luz visible y rayos ultravioleta. | d) Rayos infrarrojos y luz visible. |
|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
- 3) Marca con una X las radiaciones solares de baja energía.
- |                               |                                      |                                      |                                     |
|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| a) Rayos gamma y luz visible. | b) Rayos gamma y rayos ultravioleta. | c) Rayos ultravioleta y luz visible. | d) Rayos infrarrojos y luz visible. |
|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
- 4) Marca con una X las radiaciones de gran importancia para la sobrevivencia de los seres vivos.
- |                               |                                      |                                     |                                    |
|-------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| a) Rayos gamma y luz visible. | b) Rayos ultravioleta y luz visible. | c) Rayos infrarrojos y luz visible. | d) Rayos gamma y rayos infrarrojos |
|-------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
- 5) Marca con una X las radiaciones que ponen en peligro la sobrevivencia de los seres vivos.
- |                                      |  |                                     |                                     |
|--------------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| a) Rayos gamma y Rayos ultravioleta. | b) Rayos ultravioleta y rayos infrarrojos. | c) Luz visible y rayos infrarrojos. | d) Rayos infrarrojos y rayos gamma. |
|--------------------------------------|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
- 6) Marca con una X las radiaciones que calientan a la Tierra.
- |                                     |                                      |                                      |                                     |
|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| a) Rayos gamma y rayos infrarrojos. | b) Rayos ultravioleta y rayos gamma. | c) Luz visible y rayos ultravioleta. | d) Luz visible y rayos infrarrojos. |
|-------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|
- 7) La atmósfera es una mezcla de gases principalmente compuesta por:
- |                        |                    |                            |                                  |
|------------------------|--------------------|----------------------------|----------------------------------|
| a) Oxígeno y nitrógeno | b) Oxígeno y Argón | c) Vapor de agua y oxígeno | d) Dióxido de carbono y oxígeno. |
|------------------------|--------------------|----------------------------|----------------------------------|
- 8) El efecto invernadero es:
- |   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| a) Un fenómeno natural que mantiene a la Tierra con una temperatura adecuada para la existencia de la vida. | b) Producto de la actividad humana, por la quema de combustibles fósiles. | c) Un problema que provoca el cambio climático. | d) Ninguna de las respuestas anteriores |
|---|---|---|---|
- 9) El efecto invernadero se debe a:
- |   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| a) La presencia de Oxígeno, Dióxido de carbono y Nitrógeno en la atmósfera. | b) La presencia de Ozono, Dióxido de carbono, metano y Oxígeno en la atmósfera. | c) La presencia de Vapor de agua, Dióxido de carbono y metano en la atmósfera | d) La presencia de Aerosoles y Ozono en la atmósfera y Oxígeno en la atmósfera. |
|---|---|---|---|
- 10) El efecto invernadero se lleva a cabo en:
- |   |   |   |  |
|---|---|---|--|
| a) En la termosfera a una altura entre 50 y 80 km de la superficie terrestre. | b) En la mesosfera a una altura entre 15 km de la superficie terrestre. | c) En la exosfera a una altura entre 500 km de la superficie terrestre. | d) En la troposfera a una altura entre 10 Km de la superficie terrestre. |
|---|---|---|--|
- 11) Los gases de efecto invernadero son:

- a) Ozono, Vapor de agua, dióxido de carbono, Nitrógeno.      b) Dióxido de carbono, Oxígeno, óxidos Nitrógeno.      c) Vapor de agua, dióxido de carbono, metano y óxidos de nitrógeno.      d) Oxígeno, Metano, vapor de agua y ozono.

12) Los principales gases de efecto invernadero son:

- a) Oxígeno, Dióxido de carbono.      b) Nitrógeno y Dióxido de carbono.      c) Dióxido de carbono y vapor de agua.      d) Ozono y Dióxido de carbono.

13) Marca con una X el efecto de los gases de efecto invernadero.

- a) Impiden que el calor proveniente del sol se escape al espacio exterior.      b) Impiden que el calor reflejado por la superficie terrestre se escape hacia el espacio exterior.      c) Impiden que los rayos solares entren a la atmósfera y calienten la superficie terrestre.      d) Provocan que los rayos solares calienten la superficie terrestre.

14) El calentamiento Global es debido a:

- a) El cambio en la concentración de Dióxido de carbono en la atmósfera.      b) El hoyo en la capa de ozono.      c) La radiación proveniente del Sol.      d) La presencia de aerosoles en la atmósfera.

15) Marca con una X los efectos del calentamiento Global.

- a) Cambio en el patrón de lluvias y desertificación.      b) Deshielo de los polos aumento en el nivel de agua de los océanos.      c) Inundaciones, proliferación de enfermedades y Pérdida de la biodiversidad.      d) Las respuestas a y b son correctas.      e) Todas las respuestas correctas son correctas.

16) Escoge la respuesta más acertada. El cambio climático es:

- a) Un proceso natural y ocurre en periodos de millones de años y por lo tanto se autorregula. La actividad humana no lo modifica.      b) Un proceso natural e ocurre en periodos de millones de años y que ha sido acelerado por la actividad humana.      c) No es un proceso natural, ocurre en periodos cortos de tiempo y ha sido generado por la actividad humana.      d) No ha existido cambio climático en la historia de la Tierra. Siempre han existido las mismas temperaturas.

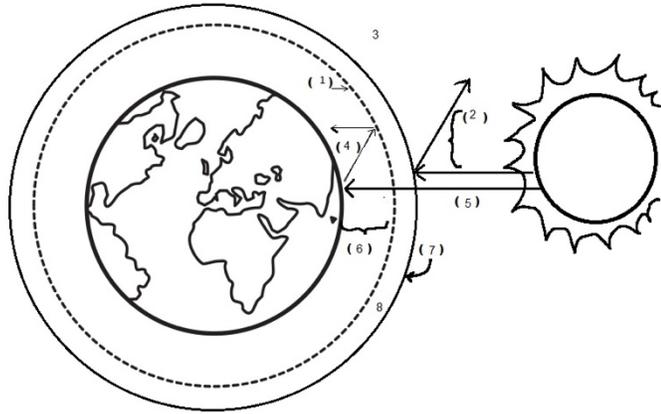
17) El calentamiento global genera una variación en el estado medio del clima y es generado por:

- a) Procesos naturales y cambios en la composición de la atmósfera, del uso del suelo, tala y pérdida de la biodiversidad.      b) Cambios en la composición de la atmósfera, tala de bosques, ciclones huracanes y tornados.      c) Procesos naturales, cambio en el uso de las Tierras, y la pérdida de la biodiversidad.      d) Cambios en la composición de la atmósfera, tala de bosques, lluvias, nevadas, ciclones huracanes y tornados.

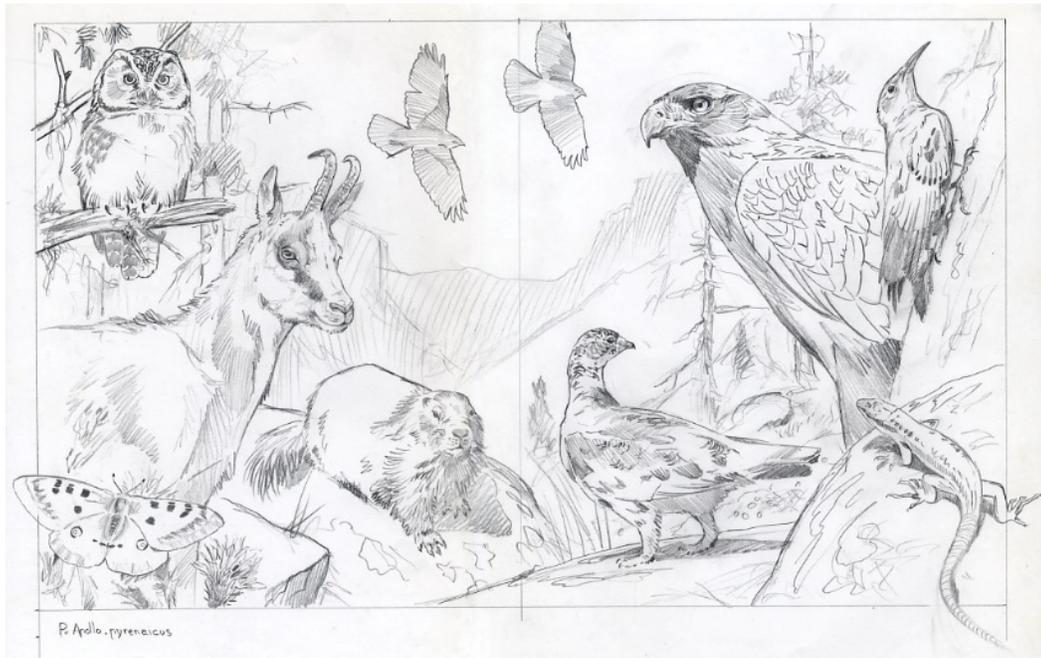
18) Observa la siguiente imagen. ¿A qué fenómenos hace referencia? \_\_\_\_\_

Escribe en el paréntesis el número que corresponda.

- ( ) Radiación UV.
- ( ) Radiación infrarroja y luz visible.
- ( ) Rayos x.
- ( ) Capa de ozono.
- ( ) Estratosfera.
- ( ) Troposfera.
- ( ) Radiación infrarroja.
- ( ) Gases invernadero.



19) En la imagen de abajo se presenta un ecosistema, en el cual se ha retirado al lobo que es uno de los depredadores más importantes, explica que sucederá en este ecosistema. ¿Existe alguna relación entre la desaparición del lobo y la regulación del clima? Fundamenta tus respuestas.



Anexo III. Rúbrica de evaluación para las respuestas construidas

<p>En la imagen inferior se presenta un ecosistema, en el cual se ha retirado al lobo que es uno de los depredadores más importantes, explica que sucederá en este ecosistema.</p> <p>R. Al desaparecer el principal consumidor cuaternario del ecosistema, se genera un desequilibrio en la cadena alimenticia, los consumidores primarios, secundarios y terciarios, pueden incrementar en número la población, lo cual generará una competencia por el alimento, el cual al verse reducido hará que las poblaciones disminuyan hasta alcanzar un nuevo equilibrio en las poblaciones.</p>					
5	4	3	2	1	0
<p>Reconoce la cadena alimenticia, logra identificar a los elementos de la misma, reconoce que hay un desequilibrio en la cadena alimenticia por la pérdida de un consumidor cuaternario y que los consumidores primarios, secundarios y terciarios pueden verse favorecidos, que existe un incremento en las poblaciones de consumidores primarios, secundarios y/o terciarios, lo que genera competencia por el alimento y la disminución del mismo.</p>	<p>Reconoce la cadena alimenticia, logra identificar a los elementos de la misma, reconoce que hay un desequilibrio en la cadena alimenticia, por la pérdida de un consumidor cuaternario y que los consumidores primarios, secundarios y terciarios pueden verse favorecidos, que existe un incremento en las poblaciones de consumidores primarios, secundarios y/o terciarios, pero no reconoce que existe competencia por el alimento y disminución del mismo</p>	<p>Reconoce la cadena alimenticia, logra identificar a los elementos de la misma, reconoce que existe un desequilibrio en la cadena alimenticia por la pérdida de un consumidor cuaternario y que los consumidores secundarios y terciarios pueden verse favorecidos, pero no reconoce que existe un incremento en las poblaciones de consumidores primarios, secundarios y/o terciarios, y que existe competencia por el alimento y disminución del mismo</p>	<p>Reconoce la cadena alimenticia, logra identificar a los elementos de la misma, reconoce que existe un desequilibrio en la cadena alimenticia por la pérdida de un consumidor cuaternario pero no reconoce que los consumidores secundarios y terciarios pueden verse favorecidos, y que existe un incremento en las poblaciones de consumidores primarios, secundarios y/o terciarios, y que existe competencia por el alimento y disminución del mismo</p>	<p>Reconoce la cadena alimenticia, logra identificar algunos de los elementos de la misma. Pero no reconoce que existe un desequilibrio en la cadena alimenticia por la pérdida de un consumidor cuaternario no reconoce que los consumidores secundarios y terciarios pueden verse favorecidos, y que existe un incremento en las poblaciones de consumidores primarios, secundarios y/o terciarios, y que existe competencia por el alimento y disminución del mismo</p>	<p>No reconoce que existe una cadena alimenticia</p>
<p>¿Existe alguna relación entre la desaparición del lobo y la regulación del clima? Fundamenta tu respuesta.</p> <p>R. Si. Al desaparecer el consumidor cuaternario, se generó un desequilibrio en la cadena alimenticia, las poblaciones de los consumidores primarios (en este caso los ciervos) al no tener depredadores aumentaron lo que conllevó a una disminución de la cubierta vegetal, aunado a la compactación del suelo generado por el pisoteo constante de estos organismos, ocasionó que las semillas no pudieran germinar y las pocas plántulas que pudieran desarrollarse fueran rápidamente consumidas, impidiendo con esto la regeneración del ecosistema. Al quedar desnudo el suelo se modifica el albedo lo cual puede generar un cambio en el clima.</p> <p>La cubierta vegetal por su capacidad de captación de agua y evapotranspiración generan vientos que propician la lluvia en el interior del continente, esto aunado a su capacidad de amortiguamiento, permiten la filtración del agua al subsuelo, disminuyendo la escorrentía lo cual genera que en otros sitios se formen cuerpos de agua (ríos, lagos). Una característica muy importante de los bosques es su capacidad de funcionar como "almacén" de CO<sub>2</sub> (uno de los principales gases de efecto invernadero) debido al proceso de la fotosíntesis.</p>					
<p>Relaciona la desaparición del consumidor cuaternario con el aumento de la población de herbívoros y la disminución de la cubierta vegetal. Reconoce que la compactación del suelo por pisoteo impide la regeneración del ecosistema. Identifica que las plantas regulan el clima por captación de agua, evotranspiración escorrentía,</p>	<p>Relaciona la desaparición del consumidor cuaternario con el aumento de la población de herbívoros y la disminución de la cubierta vegetal. Reconoce que</p>	<p>Relaciona la desaparición del consumidor cuaternario con el aumento de la población de herbívoros y la disminución de la cubierta vegetal. Reconoce que la compactación del suelo por pisoteo impide la</p>	<p>Relaciona la desaparición del consumidor cuaternario con el aumento de la población de herbívoros y la disminución de la cubierta vegetal. Reconoce que la compactación</p>	<p>Relaciona la desaparición del consumidor cuaternario con el aumento de la población de herbívoros y la disminución de la cubierta vegetal. Pero no reconoce que la compactación del suelo por pisoteo</p>	<p>No logra relacionar la interacción de los seres vivos con el clima</p>

<p>infiltración y almacenamiento de CO<sub>2</sub>. Relaciona la desaparición de la cubierta vegetal y la modificación del albedo.</p>	<p>la compactación del suelo por pisoteo impide la regeneración del ecosistema. Identifica que las plantas regulan el clima por captación de agua, evotranspiración, infiltración y almacenamiento de CO<sub>2</sub>. Pero no relaciona la desaparición de la cubierta vegetal y la modificación del albedo.</p>	<p>regeneración del ecosistema. Identifica que las plantas regulan el clima. Pero no reconoce los mecanismos de captación de agua, evotranspiración, infiltración y almacenamiento de CO<sub>2</sub>. no relaciona la desaparición de la cubierta vegetal y la modificación del albedo</p>	<p>del suelo por pisoteo impide la regeneración del ecosistema. Pero no Identifica que las plantas regulan el clima por captación de agua, evotranspiración, infiltración y almacenamiento de CO<sub>2</sub>. no relaciona la desaparición de la cubierta vegetal y la modificación del albedo</p>	<p>impide la regeneración del ecosistema. No identifica que las plantas regulan el clima por captación de agua, evotranspiración, infiltración y almacenamiento de CO<sub>2</sub>. no relaciona la desaparición de la cubierta vegetal y la modificación del albedo</p>	
--	--	--	--	---	--

#### Anexo IV. Tamaño del efecto.

**d de Cohen (1988).** Cohen definió a  $d$  como la diferencia entre dos medias,  $M_1 - M_2$ , dividida por la desviación estándar,  $s$ , de cualquiera de los grupos. La  $d$  es una medida descriptiva. Cohen argumentó que la DE ( $s$ ) de cualquiera de los dos grupos se podía utilizar cuando las varianzas de ambos grupos son homogéneas.

En la práctica, se usa la desviación estándar *combinada* (*spooled standard deviation*), Rosnow y Rosenthal (1996), porque no se asumen varianzas homogéneas.

Por convención la substracción,  $M_1 - M_2$ , se hace de tal modo que la diferencia sea positiva si ésta va en dirección de la *mejora* o en la dirección predicha y negativa si ésta va en la dirección de *deterioro* u opuesta a la dirección predicha. Aquí esperamos una diferencia positiva, es decir, que el grupo experimental presenta una puntuación mayor que la del grupo control en la prueba de conocimientos. Por lo tanto,  $M_1$  corresponderá al grupo experimental.

La fórmula de la  $d$  de Cohen para dos medias es:

$$d = \frac{M_1 - M_2}{DE\ combinada}$$

La desviación estándar combinada es la raíz media cuadrada de las dos desviaciones estándar (Cohen, 1988, p. 44). Esto es, la desviación estándar combinada es la raíz cuadrada del promedio de las desviaciones estándar. Cuando las dos desviaciones estándar son similares la raíz cuadrada media no diferirá mucho del simple promedio de las dos varianzas.

La fórmula de la DE combinada (*Spooled*) es:

$$d = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{Spooled}$$
$$Spooled = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

Donde  $n_1$  y  $n_2$  son los tamaños de muestra y  $s^2$  la desviación estándar al cuadrado de cada muestra.

Sustituyendo en la fórmula de la desviación estándar combinada (*Spooled*) tenemos:

$$\sqrt{\frac{(43)6.60 + (43)23.42}{86}}$$

$$\sqrt{\frac{1245.76}{86}}$$

$$\sqrt{14.48}$$

$$Spooled = 3.805$$

Luego sustituyendo en la fórmula de  $d$  de Cohen tenemos:

$$d = \frac{12.34 - 5.05}{3.805}$$

$$d = 1.931$$

**Tabla 58. Porcentajes de no traslape (nonoverlap) de acuerdo al valor de d.**

Cohen's Standard	Effect Size	Percentile Standing	Percent Of Nonoverlap
<b>Large</b>	2.0	97.7	81.1%
	<b>1.9</b>	97.1	<b>79.4%</b>
	1.8	96.4	77.4%
	1.7	95.5	75.4%
	1.6	94.5	73.1%
	1.5	93.3	70.7%
	1.4	91.9	68.1%
	1.3	90	65.3%
	1.2	88	62.2%
	1.1	86	58.9%
	1.0	84	55.4%
	0.9	82	51.6%
0.8	79	47.4%	
<b>Medium</b>	0.7	76	43.0%
	0.6	73	38.2%
	0.5	69	33.0%
<b>Small</b>	0.4	66	27.4%
	0.3	62	21.3%
	0.2	58	14.7%
	0.1	54	7.7%
	0.0	50	0%

Tomado de Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd ed.)*: Lawrence Erlbaum Associates. Hillsdale, NJ. EUA

## Anexo IV. Plan curricular de Ciencias I.

Bloque	Programa 2011	
	Contenidos Aprendizajes esperados	Conceptos. (Limón, Mejía, y Aguilera, 2012)
Competencias que se favorecen:	Comprensión de fenómenos y procesos naturales desde la perspectiva científica. Toma de decisiones informadas para el cuidado del ambiente y la promoción de la salud orientadas a la cultura de la prevención. Comprensión de los alcances y limitaciones de la ciencia y del desarrollo tecnológico en diversos contextos	
La biodiversidad: resultado de la evolución	1. El valor de la biodiversidad	
	1.1 Comparación de las características comunes de los seres vivos. 1.1.1 Se reconoce como parte de la biodiversidad al comparar sus características con las de otros seres vivos, e identificar la unidad y diversidad en relación con las funciones vitales.	Características comunes de los seres vivos. Organización celular Capacidad de respuesta al ambiente. Nutrición, respiración, reproducción, crecimiento, desarrollo, irritabilidad, adaptación y biodiversidad.
	1.2 Representación de la participación humana en la dinámica de los ecosistemas. 1.2.1 Representa la dinámica general de los ecosistemas considerando su participación en el intercambio de materia y energía en las redes alimentarias y en los ciclos del agua y del carbono.	Ecosistema, redes alimentarias, niveles tróficos, ciclo del agua y ciclo de carbono.
	1.3 Valoración de la biodiversidad: causas y consecuencias de su pérdida 1.3.1 Argumenta la importancia de participar en el cuidado de la biodiversidad, con base en el reconocimiento de las principales causas que contribuyen a su pérdida y sus consecuencias	Biodiversidad, especies endémicas, extinción de especies, conservación, recursos naturales, ecosistemas.
	2. Importancia de las aportaciones de Darwin.	
	2.1 Reconocimiento de algunas evidencias a partir de las cuales Darwin explicó la evolución de la vida. 2.1.1 Identifica el registro fósil y la observación de la diversidad de características morfológicas de las poblaciones de los seres vivos como evidencias de la evolución de la vida.	Evolución de las especies, registro de fósiles, seres vivos, seres extintos, ancestro común, Charles Darwin, selección natural, características morfológicas.
	2.2 Relación entre la adaptación y la sobrevivencia diferencial de los seres vivos. 2.2.1 Identifica la relación de las adaptaciones con la diversidad de características que favorecen la sobrevivencia de los seres vivos en un ambiente determinado.	Selección natural, Darwin, adaptación, ambiente, sobrevivencia diferencial.
	3. Interacciones entre la ciencia y la tecnología en la satisfacción de necesidades e intereses.	

Bloque	Programa 2011	
	Contenidos Aprendizajes esperados	Conceptos. (Limón, Mejía, y Aguilera, 2012)
	3.1 Reconocimiento de las aportaciones de la herbolaria de México a la ciencia y a la medicina del mundo. 3.1.1 Identifica la importancia de la herbolaria como aportación del conocimiento de los pueblos indígenas a la ciencia.	Herbolaria, plantas medicinales, conocimiento tradicional, medicamentos convencionales, medicamentos herbolarios, principios activos.
	3.2 Implicaciones del descubrimiento del mundo microscópico en la salud y en el conocimiento de la célula. 3.2.1 Explica la importancia del desarrollo tecnológico del microscopio en el conocimiento de los microorganismos y de la célula como unidad de la vida.	Microscopio, microorganismos, célula, teoría celular.
	3.3 Análisis crítico de argumentos poco fundamentados en torno a las causas de enfermedades microbianas. 3.3.1 Identifica, a partir de argumentos fundamentados científicamente, creencias e ideas falsas acerca de algunas enfermedades causadas por microorganismos.	Enfermedades infecciosas, ideas falsas, microorganismos, virus, prevención, agentes infecciosos, diarrea, vacunas.
	4. Proyecto: Hacia la construcción de una ciudadanía responsable y Participativa.	
	¿Cuáles son las aportaciones al conocimiento y cuidado de la biodiversidad de las culturas indígenas con las que convivimos o de las que somos parte? ¿Qué cambios ha sufrido la biodiversidad del país en los últimos 50 años, y a qué lo podemos atribuir? Expresa curiosidad e interés al plantear situaciones problemáticas que favorecen la integración de los contenidos estudiados en el bloque. Analiza información obtenida de diversos medios y selecciona aquella relevante para dar respuesta a sus inquietudes. Organiza en tablas los datos derivados de los hallazgos en sus investigaciones. Describe los resultados de su proyecto utilizando diversos medios (textos, gráficos, modelos) para sustentar sus ideas y compartir sus conclusiones.	
Competencias que se favorecen:	Comprensión de fenómenos y procesos naturales desde la perspectiva científica. Toma de decisiones informadas para el cuidado del ambiente y la promoción de la salud orientadas a la cultura de la prevención. Comprensión de los alcances y limitaciones de la ciencia y del desarrollo tecnológico en diversos contextos	
II La nutrición como base para la salud y la vida.	1. Importancia de la nutrición para la salud.	
	1.1 Relación entre la nutrición y el funcionamiento integral del cuerpo humano. 1.1.1 Explica el proceso general de la transformación y aprovechamiento de los alimentos, en términos del funcionamiento integral del cuerpo humano.	El contenido de los alimentos Proceso de digestión y nutrición en el tracto digestivo

Bloque	Programa 2011	
	Contenidos Aprendizajes esperados	Conceptos. (Limón, Mejía, y Aguilera, 2012)
	<p>1.2 Valoración de los beneficios de contar con la diversidad de alimentos mexicanos de alto aporte nutrimental.</p> <p>1.2.1 Explica cómo beneficia a la salud incluir la gran diversidad de alimentos nacionales con alto valor nutrimental, en especial: pescados, mariscos, maíz, nopales y chile.</p>	<p>Alimentos tradicionales de México. Dieta correcta, plato del buen comer.</p>
	<p>1.3 Reconocimiento de la importancia de la dieta correcta y el consumo de agua simple potable para mantener la salud.</p> <p>1.3.1 Argumenta por qué mantener una dieta correcta y consumir agua simple potable favorecen la prevención de algunas enfermedades y trastornos, como la anemia, el sobrepeso, la obesidad, la diabetes, la anorexia y la bulimia.</p>	<p>Las calorías de los alimentos Importancia del agua simple en la dieta correcta Prevención de enfermedades Relacionadas con la nutrición sobrepeso y obesidad anemia, diabetes, anorexia nerviosa y bulimia</p>
	<p>1.4 Análisis crítico de la información para adelgazar que se presenta en los medios de comunicación.</p> <p>1.4.1 Cuestiona afirmaciones basadas en argumentos falsos o poco fundamentados científicamente, al identificar los riesgos a la salud por el uso de productos y métodos para adelgazar.</p>	<p>Análisis crítico de la información que se presenta en los medios de comunicación.</p>
	2. Biodiversidad como resultado de la evolución: Relación ambiente, cambio y adaptación	
	<p>2.1 Análisis comparativo de algunas adaptaciones relacionadas con la nutrición.</p> <p>2.1.1 Argumenta la importancia de las interacciones entre los seres vivos y su relación con el ambiente, en el desarrollo de la diversidad de adaptaciones asociadas con la nutrición.</p>	<p>Tipos de alimentación autótrofa heterótrofa. Parásitos y descomponedores Adaptaciones para obtener alimento Relación depredador-presa Modificaciones en la relación depredador-presa Fotosíntesis</p>
	<p>2.2.1 Valoración de la importancia de los organismos autótrofos y heterótrofos en los ecosistemas y de la fotosíntesis como base de las cadenas alimentarias.</p> <p>2.2.2 Explica la participación de los organismos autótrofos y los heterótrofos como parte de las cadenas alimentarias en la dinámica de los ecosistemas.</p>	<p>Autótrofos y heterótrofos en la dinámica de los ecosistemas</p>
	3. Interacciones entre la ciencia y la tecnología en la satisfacción de necesidades e intereses.	
	<p>3.1 Equidad en el aprovechamiento presente y futuro de los recursos alimentarios: hacia el desarrollo sustentable.</p> <p>3.1.1 Explica cómo el consumo sustentable, la ciencia y la tecnología pueden contribuir a la equidad en el aprovechamiento de</p>	<p>Inversión para México modelo de sustentabilidad Consumo consumismo y consumo sustentable Consumo sustentable y responsable</p>

Bloque	Programa 2011	
	Contenidos Aprendizajes esperados	Conceptos. (Limón, Mejía, y Aguilera, 2012)
	recursos alimentarios de las generaciones presentes y futuras.	
	3.2 Valoración de la importancia de las iniciativas en el marco del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente a favor del desarrollo sustentable. 3.2.1 Identifica la importancia de algunas iniciativas promotoras de la sustentabilidad, como la Carta de la Tierra y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.	Ciencia y tecnología a favor de la sustentabilidad Valoración de la importancia Iniciativas a favor del desarrollo sustentable Convención Marco de las naciones unidas La carta de la Tierra
	4. Proyecto: Hacia la construcción de una ciudadanía responsable y participativa.	
	¿Cómo puedo producir mis alimentos para lograr una dieta correcta aprovechando los recursos, conocimientos y costumbres del lugar donde vivo? ¿Cómo construir un huerto vertical? Plantea situaciones problemáticas relacionadas con la alimentación y la nutrición, y elige una para resolverla en el proyecto. Proyecta estrategias diferentes y elige la más conveniente de acuerdo con sus posibilidades para el desarrollo del proyecto. Organiza y analiza la información derivada de su proyecto utilizando dibujos, textos, tablas y gráficas. Comunica los resultados obtenidos en los proyectos por medios escritos, orales y gráficos.	
Competencias que se favorecen:	Comprensión de fenómenos y procesos naturales desde la perspectiva científica Toma de decisiones informadas para el cuidado del ambiente y la promoción de la salud orientadas a la cultura de la prevención Comprensión de los alcances y limitaciones de la ciencia y del desarrollo tecnológico en diversos contextos	
III. la respiración y su relación con el ambiente y la salud	1. Respiración y cuidado de la salud.	
	1.1 Relación entre la respiración y la nutrición en la obtención de la energía para el funcionamiento del cuerpo humano. 1.1.1 Reconoce la importancia de la respiración en la obtención de la energía necesaria para el funcionamiento integral del cuerpo humano.	Respiración Aparato respiratorio Respiración celular
	1.2 Análisis de algunas causas de las enfermedades respiratorias más comunes como influenza, resfriado y neumonía e identificación de sus medidas de prevención. 1.2.1 Identifica las principales causas de las enfermedades respiratorias más frecuentes y cómo prevenirlas.	Enfermedades respiratorias y sus causas Factores ambientales y enfermedades respiratorias Prevención de enfermedades respiratorias
	1.3 Análisis de los riesgos personales y sociales del tabaquismo. 1.3.1 Argumenta la importancia de evitar el tabaquismo a partir del análisis de sus implicaciones en la salud, en la economía y en la sociedad.	Tabaquismo y sus implicaciones Daños a la salud Daños a la salud en fumadores pasivos Problemas sociales y económicos asociados al tabaquismo Prevención
	2. Biodiversidad como resultado de la evolución: relación , cambio y adaptación	

Bloque	Programa 2011	
	Contenidos Aprendizajes esperados	Conceptos. (Limón, Mejía, y Aguilera, 2012)
	<p>2.1 Análisis comparativo de algunas adaptaciones en la respiración de los seres vivos.</p> <p>2.1.1 Identifica algunas adaptaciones de los seres vivos a partir del análisis comparativo de las estructuras asociadas con la respiración.</p>	<p>Estructuras respiratorias en los seres vivos</p> <p>Respiración aerobia y anaerobia</p> <p>Estructuras respiratorias en los seres vivos</p> <p>Respiración en invertebrados la respiración en vertebrados</p> <p>Respiración como producto de la evolución</p>
	<p>2.2 Análisis de las causas del cambio climático asociadas con las actividades humanas y sus consecuencias.</p> <p>2.2.1 Explica algunas causas del incremento del efecto invernadero, el calentamiento global y el cambio climático, y sus consecuencias en los ecosistemas, la biodiversidad y la calidad de vida.</p>	<p>Efecto invernadero y sus causas.</p> <p>Efecto invernadero en la Tierra.</p> <p>Gases de efecto invernadero.</p> <p>Contaminación y emisión de gases de efecto invernadero.</p> <p>Gases de efecto invernadero.</p> <p>Calentamiento global y sus consecuencias.</p>
	<p>2.3 Proyección de escenarios ambientales deseables</p> <p>2.3.1 Propone opciones para mitigar las causas del cambio climático que permitan proyectar escenarios ambientales deseables.</p>	<p>Protocolo de Kioto</p> <p>Incremento de la eficiencia energética</p> <p>Disminución del uso de combustibles fósiles</p> <p>Manejo adecuado de residuos sólidos,</p> <p>Uso eficiente del agua</p> <p>Cuidado de áreas verdes</p> <p>prohibición del uso de CFC</p>
	3. Interacciones entre la ciencia y la tecnología en la satisfacción de necesidades e intereses.	
	<p>3.1 Análisis de las implicaciones de los avances tecnológicos en el tratamiento de las enfermedades respiratorias</p> <p>3.1.1. Argumenta cómo los avances de la ciencia y la tecnología han permitido prevenir y mejorar la atención de enfermedades respiratorias y el aumento en la esperanza de vida.</p> <p>3.1.2 Reconoce que la investigación acerca de los tratamientos de algunas enfermedades respiratorias se actualiza de manera permanente.</p>	<p>Implicaciones de los avances científicos y tecnológicos en el tratamiento de enfermedades respiratorias</p> <p>Antibióticos antivirales y vacunas</p> <p>Nuevos tratamientos instrumentos y técnicas de diagnóstico (rayos x tomografía computarizada ventilador mecánico, espirómetro oxímetro de pulso</p> <p>Desarrollo de nuevos tratamientos para enfermedades respiratorias.</p>
	Proyecto: Hacia la construcción de una ciudadanía responsable y participativa	
	<p>¿Cuál es el principal problema asociado con la calidad del aire en mi casa, en la escuela y el lugar en donde vivo? ¿Cómo atenderlo?</p> <p>¿Cuál es la enfermedad respiratoria más frecuente en la escuela? ¿Cómo prevenirla?</p> <p>Muestra mayor autonomía al tomar decisiones respecto a la elección y desarrollo del proyecto. Proyecta estrategias diferentes y elige la más conveniente de acuerdo con las posibilidades de desarrollo del proyecto. Manifiesta creatividad e imaginación en la elaboración de modelos, conclusiones y reportes. Participa en la difusión de su trabajo al grupo o a la comunidad escolar utilizando diversos medios</p>	
Competencias que se	<p>Comprensión de fenómenos y procesos naturales desde la perspectiva científica</p> <p>Toma de decisiones informadas para el cuidado del ambiente y la promoción de la salud orientadas a la cultura de la prevención</p>	

Bloque	Programa 2011	
	Contenidos Aprendizajes esperados	Conceptos. (Limón, Mejía, y Aguilera, 2012)
favorecen:	Comprensión de los alcances y limitaciones de la ciencia y del desarrollo tecnológico en diversos contextos.	
IV. la reproducción y la continuidad de la vida	1. Hacia una sexualidad responsable, satisfactoria y segura, libre de miedos, culpas, falsas creencias, coerción, discriminación y violencia.	
	1.1 Valoración de la importancia de la sexualidad como construcción cultural y sus potencialidades en las distintas etapas del desarrollo humano. 1.1.1 Explica cómo la sexualidad es una construcción cultural y se expresa a lo largo de toda la vida, en términos de vínculos afectivos, género, erotismo y reproductividad.	Sexualidad humana Sexo y sexualidad Características sexuales primarias y secundarias La sexualidad humana como una construcción cultural Género, roles de género y equidad de género Vínculos afectivos familia, amistad, enamoramiento deseo sexual Erotismo.
	1.2 Reconocimiento de mitos comunes asociados con la sexualidad. 1.2.1 Discrimina, con base en argumentos fundamentados científicamente, creencias e ideas falsas asociadas con la sexualidad.	Contacto sexual o relación sexual. Reproducción. Reconocimiento de mitos asociados con la sexualidad.
	1.3 Análisis de las implicaciones personales y sociales de las infecciones de transmisión sexual causadas por el VPH y el VIH, y la importancia de su prevención como parte de la salud sexual. 1.3.1 Explica la importancia de tomar decisiones responsables e informadas para prevenir las infecciones de transmisión sexual más comunes; en particular, el virus del papiloma humano (VPH) y el virus de inmunodeficiencia humana (VIH), considerando sus agentes causales y principales síntomas.	Salud sexual. Infecciones de transmisión sexual sífilis, chancros, gonorrea, enfermedad inflamatoria pélvica, linfogranuloma venéreo, herpes genital, virus del papiloma humano (VPH), virus de inmunodeficiencia humana. Implicaciones del embarazo precoz. Decidir de manera responsable la cantidad de hijos.
	1.4 Comparación de los métodos anticonceptivos y su importancia para decidir cuándo y cuántos hijos tener de manera saludable y sin riesgos: salud reproductiva 1.4.1 Argumenta los beneficios y riesgos del uso de anticonceptivos químicos, mecánicos y naturales, y la importancia de decidir de manera libre y responsable el número de hijos y de evitar el embarazo adolescente como parte de la salud reproductiva.	Métodos anticonceptivos. Temporales y permanentes, métodos químicos, mecánicos, de barrera, métodos naturales, temperatura basal Método de Billings, coito interrumpido, vasectomía y salpingoclasia
	2. Biodiversidad como resultado de la evolución: relación ambiente, cambio y adaptación.	
	2.1 Análisis comparativo de algunas adaptaciones en la reproducción de los seres vivos. 2.1.1 Argumenta la importancia de las interacciones entre los seres vivos y su	Adaptaciones en la reproducción de las plantas Adaptaciones en la reproducción animal Dimorfismo sexual, cortejo, migración

Bloque	Programa 2011	
	Contenidos Aprendizajes esperados	Conceptos. (Limón, Mejía, y Aguilera, 2012)
	relación con el ambiente en el desarrollo de diversas adaptaciones acerca de la reproducción.	
	2.2 Comparación entre reproducción sexual y reproducción asexual. 2.2.1 Explica semejanzas y diferencias básicas entre la reproducción asexual y sexual.	Adaptaciones reproductivas relacionadas con la fecundación Fecundación interna y externa Reproducción en anfibios, peces y mamíferos (monotremas marsupiales y placentarios) Reproducción sexual y asexual Reproducción sexual en plantas Reproducción en animales Reproducción asexual (gemación, fragmentación y partenogénesis) Reproducción sexual en animales Reproducción en organismos unicelulares
	2.3 Relación de cromosomas, genes y ADN con la herencia biológica. 2.3.1 Identifica la participación de los cromosomas en la transmisión de las características biológicas.	Relación de cromosomas, genes y ADN con la herencia biológica Cromosomas genes y ADN relación entre fenotipo, genotipo, cromosomas y genes genes dominantes y recesivos determinación del sexo cromosomas y cariotipo La reproducción sexual como fuente de variabilidad.
	3. Interacciones entre la ciencia y la tecnología en la satisfacción de necesidades e intereses	
	3.1 Reconocimiento del carácter inacabado de los conocimientos científicos y tecnológicos en torno a la manipulación genética. 3.1.1 Reconoce que los conocimientos científico y tecnológico asociados con la manipulación genética se actualizan de manera permanente y dependen de la sociedad en que se desarrollan.	La manipulación genética y la biotecnología e ingeniería genética Genoma humano Terapia génica Tratamiento génico para diabetes y cáncer Organismos transgénicos
	Proyecto: hacia la construcción de una ciudadanía responsable y participativa.	
	¿Cuáles podrían ser las principales implicaciones de un embarazo o de la infección por VIH y otras infecciones de transmisión sexual (ITS) en la vida de un adolescente? ¿De qué manera se puede promover en la comunidad la prevención del VIH? ¿Cuáles son los beneficios y riesgos del cultivo de alimentos transgénicos?	
Compe- tencias que se favore- cen:	Comprensión de fenómenos y procesos naturales desde la perspectiva científica Toma de decisiones informadas para el cuidado del ambiente y la promoción de la salud orientadas a la cultura de la prevención Comprensión de los alcances y limitaciones de la ciencia y del desarrollo tecnológico en diversos contextos	

Bloque	Programa 2011	
	Contenidos Aprendizajes esperados	Conceptos. (Limón, Mejía, y Aguilera, 2012)
	Proyecto: hacia la construcción de una ciudadanía responsable y participativa.	
V. Salud, ambiente y calidad de vida	<p><i>Promoción de la salud y cultura de la prevención.</i> ¿Cuál es la enfermedad, accidente o adicción más frecuente en el lugar donde vivo?  ¿Qué podemos hacer para reducir su incidencia?  Plantea preguntas pertinentes que favorecen la integración de los contenidos estudiados durante el curso.  Plantea estrategias diferentes y elige la más conveniente de acuerdo con sus posibilidades para atender la resolución de situaciones problemáticas. Genera productos, soluciones y técnicas con imaginación y creatividad. Participa en la organización de foros para difundir resultados del proyecto.  ¿Cómo promover la participación de la comunidad escolar para reducir la generación de residuos sólidos domésticos o escolares? ¿Cuál es el impacto de la mercadotecnia y la publicidad en los hábitos de consumo de alimentos, bebidas o cigarros, entre otros, en el lugar donde vivo?  Biología, tecnología y sociedad.  ¿Qué tipo de organismos habitan en el cuerpo humano y cómo influyen en las funciones vitales y en la salud?  ¿Qué causa la descomposición de los alimentos?</p>	