

**DIFICULTADES DE APRENDIZAJE DEL CONCEPTO DE DISOLUCIÓN: UN
ANÁLISIS CRÍTICO DE SU ENSEÑANZA Y UNA PROPUESTA DE MEJORA**

XIMENA UMBARILA CASTIBLANCO

Doctor

LUIS ENRIQUE SALCEDO TORRES Ph.D.

Director

**UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL
DOCTORADO INTERINSTITUCIONAL EN EDUCACIÓN
DOCTORADO EN EDUCACION
GRUPO CIENCIAS ACCIONES Y CREENCIAS
BOGOTA D.C.
2014.**

**DIFICULTADES DE APRENDIZAJE DEL CONCEPTO DE DISOLUCIÓN: UN
ANÁLISIS CRÍTICO DE SU ENSEÑANZA Y UNA PROPUESTA DE MEJORA**

XIMENA UMBARILA CASTIBLANCO

Trabajo de tesis presentado para optar al título de doctora en Educación

Doctor

LUIS ENRIQUE SALCEDO TORRES Ph.D.

Director

**UNIVERSIDAD PEDAGOGICA NACIONAL
DOCTORADO INTERINSTITUCIONAL EN EDUCACIÓN
DOCTORADO EN EDUCACION
GRUPO CIENCIAS ACCIONES Y CREENCIAS
BOGOTA D.C.
2014.**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente del jurado

Firma Jurado

Firma Jurado

Firma Jurado

Bogotá D.C. Diciembre 17 de 2014.

DEDICATORIA

A Dios porque siempre guía y orienta mis
pasos por la vida.

A mi esposo y a mi hija quienes son mi
fuente de motivación, amor y felicidad

AGRADECIMIENTOS

La autora expresa sus agradecimientos

A la Universidad Pedagógica Nacional por permitirme acceder a los espacios académicos y formarme profesionalmente desde el pregrado hasta el doctorado, espero algún día poder retribuírselo.

Al Dr. Luis Enrique Salcedo Torres, por su acertada dirección y orientación durante el desarrollo de la investigación, porque aprendí no solamente a ser una buena investigadora sino también a ser una mejor persona.

A los Jurados, Dr. José Joaquín García, Dr. Ignacio Abdon Montenegro y Dr. Alfonso Claret Zambrano; quienes aportaron significativamente en el desarrollo de la investigación y me permitieron mejorar el rigor investigativo.

Al Dr. Nicolás Marín M., quien me acompañó durante la pasantía y me ayudo a construir las bases de la tesis en la Universidad de Almería.

A mi familia, por el tiempo que no compartimos y porque me acompañaron pacientemente, a ellos tomo mi amor y respeto.

A los Liceos del Ejército por permitirme una vez más hacer investigación en el aula de clase y a todas las personas que permitieron el desarrollo de esta investigación.

RESUMEN ANALÍTICO EN EDUCACIÓN - RAE

1. Información General	
Tipo de documento	Tesis de Doctorado
Acceso al documento	Universidad Pedagógica Nacional. Biblioteca Central
Título del documento	Dificultades de aprendizaje del concepto de disolución: un análisis crítico de su enseñanza y una propuesta de mejora.
Autor(es)	Ximena Umbarila Castiblanco
Director	Luis Enrique Salcedo Torres
Publicación	Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional. 2014.
Unidad Patrocinante	Universidad Pedagógica Nacional
Palabras Claves	Dificultades de aprendizaje, capacidad mental, demanda de la tarea, programa guía de actividades.

2. Descripción
<p>En la presente investigación se realizó una aplicación de la teoría del procesamiento de información para la búsqueda de explicaciones a las dificultades de aprendizaje asociadas a las disoluciones en un grupo de estudiantes de grado undécimo. Es una tesis que toma elementos de la psicología cognitiva para elaborar las explicaciones a las dificultades de aprendizaje, se fundamenta en la teoría del procesamiento de información y se diseñan e implementan tres programas guía de actividades en el contexto del concepto de disolución.</p>

3. Fuentes
<ol style="list-style-type: none"> 1. Brunner, J. S., Goodnow, J. J. y Austin, G. A. (1956). <i>A study of Thinking</i>. John Wiley and Sons. New York. 2. Carboni-Román, D. Del Río Grande, A. Capilla, F. Maestú, T. Ortiz. (2006). Bases neurobiológicas de las dificultades de aprendizaje. <i>Rev Neurol.</i> 42 (Supl 2): S171-S175. 3. Cárdenas S. F. A. (2006) Dificultades de Aprendizaje en Química: Caracterización y búsqueda de alternativas para superarlas. <i>Revista Ciencia & Educação.</i> 12.(3), 333-346. 4. Ebenezer J. y Gaalen E. (1996). Chemistry Students Conceptions of Solubility: A Phenomenography. <i>Science Education</i>, 80 (2),181 – 201. 5. Escoriza N. J. (1998). <i>Conocimiento Psicológico y conceptualización de las Dificultades de aprendizaje</i>. Barcelona, España: Ediciones Universitat. 6. Goswami, U. (2008). <i>Foresight Mental Capital and Wellbeing Project. Learning difficulties: Future Challenges</i>. London: The Government Office for Science. 7. Hernández S., Fernández C. y Baptista L. (2010). <i>Metodología de la Investigación</i>. Quinta edición. Perú: Editorial Mc Graw Hill. 8. Jansoon, N., Coll, R. K. and Somsook, E.(2009). Understanding mental models of difution in

- thai students. *International Journal of Environmental and Science Education*, 4(2), 147-168.
9. Johnstone A. (2006). Chemical education research in Glasgow in perspective. *Chemistry education research and practice*, 7(2), 49-63.
 10. Mosterin, J. (1978). La estructura de los conceptos científicos. *Investigación y Ciencia*, 16, 80-93.
 11. Pascual-Leone J.A. (1970). Mathematical Model for the Transition Rule in Piaget's Developmental Stages. *Acta Psychologica*, 63, 301-345.
 12. Pekdag, B. 2010. Alternative Methods in Learning Chemistry: Learning with animation, simulation and Multimedia. *Journal of Turkish Science Education*, 7(2), 111-118.
 13. Peña, O. (2003). Un estudio de las dificultades de aprendizaje en Química: la capacidad mental de los estudiantes y su relación con las preguntas de diferente demanda. Tesis de Maestría no publicada. Bogotá: Universidad de La Salle.
 14. Plantin Ch (2014). Lengua, argumentación y aprendizajes escolares. Conferencia inaugural. VI Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias. Bogotá.
 15. Pozo J.I. (2003). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Octava edición, Madrid: Editorial Morata.
 16. Raviolo, A. Siracusa, P. Gennari F y Corso H. (2004). Utilización de los modelos analógicos para facilitar la comprensión del proceso de preparación de disoluciones. Primeros resultados. *Enseñanza de las ciencias*, 22(3), 379-388.
 17. Sirham, G. 2007. Learning Difficulties in chemistry: An Overview. *Journal of Turkish Science Education*. 4 (2), 2-20.
 18. Solbes, J. (2009). Dificultades de Aprendizaje y Cambio Conceptual, Procedimental y Axiológico (I): Resumen del camino Avanzado. *Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cien.* 6(1), 2-20.
 19. Talanker, V. (2011). Macro, submicro and symbolic: The many Faces of the chemistry "triplet". *International Journal of Science Education*, 33(2), 179-195.

4. Contenidos

Desde el punto de vista teórico la investigación se fundamenta en los principios centrales de dicha teoría en relación con la capacidad mental de los estudiantes y la demanda de una tarea como fundamento para el aprendizaje de los conceptos científicos. Por lo anterior, son conceptos fundamentales de la tesis el de capacidad mental y demanda de una tarea, así como también el concepto de memoria de trabajo, estrategias de procesamiento de información y programas guía de actividades.

La investigación tuvo como preguntas centrales la búsqueda de posibles explicaciones para las dificultades de aprendizaje de los conceptos relacionados con las disoluciones a partir de las relaciones capacidad mental-demanda de la tarea, la asignación de significados a la terminología científica y la disminución de la demanda de las preguntas problema a partir de tres programas guía de actividades como estrategia didáctica para superar dichas dificultades. En coherencia con lo anterior, se plantearon como objetivos la propuesta de explicaciones para las dificultades de aprendizaje y de los programas guía de actividades como estrategia didáctica bajo la hipótesis de que los PGA permiten la disminución de la demanda de la tarea y por tanto facilitan el aprendizaje de los conceptos. Fueron criterios para el diseño y la elaboración de los PGA la secuencia de elaboración de los conceptos científicos planteada por Rodríguez (1991) y Mosterin (1978).

5. Metodología

Siguiendo los protocolos propios de este tipo de investigaciones mediante la aplicación del test de las figuras de intersección y el test de los dígitos invertidos se estableció la capacidad mental de cada uno de los estudiantes del grado undécimo y con el apoyo de expertos en química se determinó la demanda de cada una de las preguntas problemas y las respectivas subpreguntas que conformaron cada uno de los Programa Guía de Actividades (PGA). Otros instrumentos de recolección de datos para la investigación fueron, una entrevista filmada y los escritos de los estudiantes en cada uno de los PGA.

El análisis de los resultados llevado a cabo mediante la agrupación de los estudiantes por su capacidad mental, el valor de facilidad y la interpretación de los mismos acompañada de textos ilustrativos, tablas y gráficos condujo a la construcción de las explicaciones a las dificultades de aprendizaje y a las conclusiones que se presentan a continuación.

6. Conclusiones

Los resultados analizados son coherentes con las predicciones teóricas de las relaciones capacidad mental-demanda de la tarea como explicación parcial de las dificultades de aprendizaje. Se evidenció también un bajo nivel de significación conceptual asignado por los estudiantes a la terminología científica de las disoluciones con lo cual las explicaciones anteriores se complementan con las del lenguaje.

Los PGA contribuyen a disminuir la demanda de las preguntas a través del desarrollo paulatino de preguntas de menor demanda, con lo cual se amplía el estudio de las dificultades de aprendizaje más allá de la descripción de las fuentes de dificultades aportadas por la literatura previa.

Todos los grupos progresaron en su camino hacia el desarrollo correcto de la situación problema del tercer PGA, sin que todos lo hayan logrado. Este progreso puede ser atribuido por lo menos en parte al apoyo brindado por el trabajo con los PGA y por lo tanto argumenta en favor de la hipótesis planteada para esta investigación.

Algunas de las dificultades de aprendizaje evidenciadas en este estudio están relacionadas con el proceso de significación conceptual que realizan los estudiantes de manera individual y progresiva.

Elaborado por:	Ximena Umbarila Castiblanco
Revisado por:	Luis Enrique Salcedo Torres

Fecha de elaboración del Resumen:	17	12	2014
------------------------------------------	----	----	------

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.	20
2. JUSTIFICACION	22
3. ANTECEDENTES...	26
3.1. DIFICULTADES EN LA COMPRESION DE LAS DISOLUCIONES COMO SISTEMA MATERIAL	27
3.2. DIFICULTADES EN LA COMPRESIÓN DEL PROCESO DE DISOLUCIÓN	33
3.3. DIFICULTADES DERIVADAS DE LA RELACION ENTRE LA CAPACIDAD MENTAL Y LA DEMANDA DE LA TAREA	41
3.4. DIFICULTADES DERIVADAS DEL USO DEL LENGUAJE	46
3.5. DIFICULTADES DE APRENDIZAJE DERIVADAS DE LOS CONOCIMIENTOS PREVIOS	57
3.6. DIFICULTADES DE APRENDIZAJE DERIVADAS DE LA INCOHERENCIA ENTRE LOS ESTILOS DE ENSEÑANZA DE LOS DOCENTES Y LOS ESTILOS DE APRENDIZAJE DE LOS ESTUDIANTES.	68
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	75
5. PLANTEAMIENTOS TEÓRICOS	80
5.1. LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE POR INVESTIGACIÓN	80
5.2. LOS PGA Y EL APRENDIZAJE POR INVESTIGACION	92
5.3. TEORIAS COGNITIVAS SOBRE EL APRENDIZAJE	95
5.3.1. Aprendizaje de Conceptos en el contexto de la psicología cognitiva.	97
5.3.2. Teoría de la equilibración de Piaget	98
5.3.3. El significado de los conceptos.	99
5.3.4. El significado lingüístico de los conceptos.	101
5.3.5. Desarrollos posteriores a la teoría de Piaget.	103
5.3.6. Teoría del Procesamiento de información	104
5.4. ELEMENTOS CONCEPTUALES DE LA TEORÍA DE PASCUAL LEONE.	107
5.5. EL PENSAMIENTO NEOPIAGETIANO Y LA EDUCACIÓN EN QUÍMICA	113
5.6. CAPACIDAD MENTAL Y DEMANDA DE LA TAREA.	116
5.7. DIFICULTADES DE APRENDIZAJE.	123
5.7.1. El significado de la expresión dificultades de aprendizaje.	127
5.7.2. Las dificultades de aprendizaje en las ciencias naturales.	129
6. OBJETIVOS	134
7. HIPOTESIS	134
8. METODOLOGÍA	135
8.1. INSTRUMENTOS	135
8.1.1. Para la determinación de la capacidad mental.	135
8.1.2. Para el desempeño de los estudiantes.	140
8.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	147
8.3. ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS	148
9. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS	149
9.1. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DEL PRIMER PGA EN LOS DIFERENTES GRUPOS.	149
9.2. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DEL SEGUNDO PGA EN LOS	180

DIFERENTES GRUPOS	
9.3. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DEL TERCER PGA EN LOS DIFERENTES GRUPOS.	200
9.4. LA EVOLUCIÓN DE LOS GRUPOS DE CAPACIDAD MENTAL A LO LARGO DE LOS TRES PGA.	225
9.5. ALCANCES Y LIMITACIONES.	238
9.6. LAS DIFICULTADES DE APRENDIZAJE EXPRESADAS POR LOS ESTUDIANTES DURANTE EL DESARROLLO DE LOS PGA.	242
9.6.1. Dificultades Conceptuales.	243
9.6.2. Dificultades de Comprensión.	246
9.7. RESULTADOS DE LAS ENTREVISTAS EN CADA UNO DE LOS PGA.	248
9.7.1. Análisis de las entrevistas para la situación problema del primer PGA.	250
9.7.2. Análisis de las entrevistas para la situación problema del segundo PGA.	274
9.7.3. Análisis de las entrevistas para la situación problema del tercer PGA.	289
9.7.4. Análisis complementario de los resultados provenientes de la aplicación de los PGA y de la entrevista dirigida	306
10. CONCLUSIONES	311
11. SUGERENCIAS PARA NUEVAS INVESTIGACIONES	317
REFERENCIAS	

LISTA DE FIGURAS

Figura No. 1: Modelo Representativo de la interdependencia de los tres niveles propuestos para los conceptos científicos. Tomado de: Treagust, D. F., Chittleborough, G. and Mamiala, T.L. 2003.	29
Figura No. 2: Una explicación de un fenómeno microscópico con ideas del mundo macroscópico	30
Figura No. 3: Representación de una disolución en términos de un soluto continuo en ausencia de una representación del solvente	31
Figura No. 4: Representación, elaborada por un estudiante, del proceso de disolución como proceso químico	36
Figura No. 5: Representación elaborada por un estudiante del proceso de disolución como un fenómeno químico	37
Figura No. 6: (a) Texto elaborado por un estudiante para denominar el ácido sulfúrico y sulfuroso respectivamente (b) Texto elaborado por un estudiante para denominar el fenol	50
Figura No. 7: (a) Imagen de los apuntes de un estudiante en clase, acerca de los conceptos de sustancias elementales, compuestas y mezclas; (b) Imagen de la tarea desarrollada por el mismo estudiante tratando de ejemplificar los apuntes del cuaderno	61
Figura No. 8: Diagrama de algunos conceptos clasificatorios asociados a las disoluciones.	92
Figura No. 9: Diagrama de algunos conceptos comparativos asociados a las disoluciones.	93
Figura No. 10: Diagrama de algunos conceptos métricos asociados a las disoluciones	94
Figura No.11: Representación de los atributos del concepto solución.	98
Figura No 12: Representación del significado de un concepto.	101
Figura No. 13: Representación del funcionamiento de la mente según Atkinson y Shiffrin (1971),	104
Figura No. 14: Modelo propuesto para el espacio M, Johnstone y El-Banna 1986.	118
Figura No. 15: Reproducción de la gráfica de disolución del sulfato de cobre en función de la temperatura elaborada por un estudiante de grado Octavo	121
Figura No. 16: Representación de la correlación entre el valor de facilidad y la demanda de la pregunta. Tomado de: Johnstone, A. H. Capacities, demands and processes- a predictive model for science education. Education in chemistry. May 1986	124
Figura No. 17: Estructura general del PGA	148
Figura No. 18: Respuesta del estudiante 11 a la pregunta 1.3 del primer PGA	158
Figura No. 19: Respuesta del estudiante 27 a la pregunta 1.3 del primer PGA Diferenciación entre cambio químico y cambio físico.	159
Figura No. 20: Respuesta del estudiante 17 a la pregunta 1.1 del primer PGA	162
Figura No.21: ilustración de la respuesta del estudiante 11 a la pregunta 1.3 del primer PGA	163
Figura 22: Respuesta del estudiante 21 a la pregunta 1.3 del primer PGA	167
Figura No. 23: Respuesta del estudiante 3 a la pregunta 1.1 del primer PGA	170
Figura No. 24: Respuesta del estudiante 32 a la pregunta 1.3 del primer PGA	171
Figura No. 25: Hoja de trabajo para consignar el desarrollo de la situación de alta	173

demanda en el primer PGA.

Figura No. 26: Respuesta de los estudiantes del grupo de capacidad mental 3 a la situación problema del primer PGA	176
Figura No. 27: Conclusión de los estudiantes del grupo de capacidad mental 3 en la situación problema del primer PGA	176
Figura No. 28: Respuesta de los estudiantes del grupo de capacidad mental 4 A en la situación problema del primer PGA	177
Figura No. 29: Conclusión de los estudiantes del grupo de capacidad mental 4A en la situación problema del primer PGA	178
Figura No. 30: Respuesta de los estudiantes del grupo de capacidad mental 4 B en la situación problema del primer PGA	179
Figura No. 31: Conclusión de los estudiantes del grupo de capacidad mental 4 B en la situación problema del primer PGA	179
Figura No.32: Respuesta de los estudiantes del grupo de capacidad mental 5 en la situación problema del primer PGA	181
Figura No.33: Conclusión de los estudiantes del grupo de capacidad mental 5 en la situación problema del primer PGA	182
Figura No. 34: Respuesta de los estudiantes del grupo de capacidad mental 6 en la situación problema del primer PGA	183
Figura No. 35: Conclusiones de los estudiantes del grupo de capacidad mental 6 en la situación problema del primer PGA	183
Figura No. 36: Respuestas del estudiante 27 del grupo de capacidad mental 3 a la pregunta 2.5 del segundo PGA	186
Figura No. 37: Respuesta de un estudiante del grupo de capacidad mental 3 a la pregunta 2.2 del segundo PGA	187
Figura No.38: Respuesta dada por un estudiante del grupo de capacidad mental 4 a la pregunta 2.4 del PGA 2.	189
Figura No. 39: ilustración de la respuesta dada por un estudiante del grupo de capacidad mental 5 la pregunta 2.4 del segundo PGA	190
Figura No.40: ilustración de la respuesta dada por un estudiante del grupo de capacidad mental 6 la pregunta 2.2 del segundo PGA	191
Figura No.41: Respuestas dadas por los estudiantes del grupo de capacidad mental 3 en la situación problema del segundo PGA	195
Figura No.42: Respuestas dadas por los estudiantes del grupo de capacidad mental 4 A en la situación problema del segundo PGA	196
Figura No 43: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 4B a la situación problema del segundo PGA	197
Figura No. 44: Respuesta dada por los estudiantes del grupo de capacidad mental 5 a la situación problema de del segundo PGA	198
Figura No. 45: Respuesta dada por los estudiantes del grupo de capacidad mental 6 a la situación problema del segundo PGA	199
Figura No 46: Respuesta de los estudiantes de capacidad mental 6 para la situación problema del tercer PGA al comienzo del mismo	204
Figura No 47: Respuesta del estudiante 31 a la pregunta 3.3 del tercer PGA	207
Figura No 48: Respuesta de un estudiante a la pregunta 3.6 del tercer PGA.	208
Figura No.49: Respuesta de un estudiante a la pregunta 3.2 del tercer PGA.	209
Figura No. 50: Respuesta de los estudiantes del grupo de capacidad mental 3 a la	220

situación problema del tercer PGA	
Figura No.51: respuesta de los estudiantes del grupo de capacidad mental 4A para la situación problema del tercer PGA	221
Figura No. 52: respuesta de los estudiantes del grupo de capacidad mental 4 B a la situación problema del tercer PGA	222
Figura No.53: Respuesta de los estudiantes del grupo de capacidad mental 5 a la situación problema del tercer PGA	223
Figura No. 54: Respuesta de los estudiantes del grupo de capacidad mental 6 a la situación problema del tercer PGA	224
Figura No.55: Respuesta de un estudiante a la pregunta 1.2. del primer PGA	241
Figura No. 56: hoja de trabajo del estudiante 27 en la resolución de la situación problema en el tercer PGA.	244
Figura No. 56: hoja de trabajo del estudiante 27 en la resolución de la situación problema en el tercer PGA	291

LISTA DE GRAFICAS

Grafica No.1: Variación de la solubilidad del sulfato de cobre en función de la temperatura.	117
Gráfica No.2: Resultados comparativos de los desempeños de los estudiantes de diferente capacidad mental frente a las predicciones teóricas del procesamiento de información	151
Gráfica No.3: Resultados promedio de Fv en función de la demanda de las preguntas para el grupo de capacidad mental 4 A	156
Gráfica No.4: Resultados promedio de Fv en función de la demanda de las preguntas para el grupo de capacidad mental 4 B	160
Gráfica No.5: Resultados promedio de Fv en función de la demanda de las preguntas para el grupo de capacidad mental 5	164
Gráfica No.6: Resultados promedio de Fv en función de la demanda de las preguntas para el grupo de capacidad mental 6	165
Grafica No.7: Resultados comparativos de los desempeños de los estudiantes de diferente capacidad mental frente a las predicciones teóricas del procesamiento de información	183
Grafica No.8: Resultados comparativos de los desempeños de los estudiantes de diferente capacidad mental frente a las predicciones teóricas del procesamiento de información en el tercer PGA	206
Grafica No.9 Resultados correspondientes al desempeño de los estudiantes del grupo de capacidad mental 3 en las preguntas de diferente demanda para el tercer PGA	210
Grafica No.10 Resultados correspondientes al desempeño de los estudiantes del grupo de capacidad mental 4A en las preguntas de diferente demanda para el tercer PGA	211
Grafica No.11 Resultados correspondientes al desempeño de los estudiantes del grupo de capacidad mental 4B en las preguntas de diferente demanda para el tercer PGA	211
Grafica No.12 Resultados correspondientes al desempeño de los estudiantes del grupo de capacidad mental 5 en las preguntas de diferente demanda para el tercer PGA	212
Grafica No.13 Resultados correspondientes al desempeño de los estudiantes del grupo de capacidad mental 6 en las preguntas de diferente demanda para el tercer PGA	213
Gráfica No. 14: Ilustración de la evolución del desempeño de los estudiantes del grupo de capacidad mental 3 en los tres programas guía de actividades	226
Gráfica No. 15: Ilustración de la evolución del desempeño de los estudiantes del grupo de capacidad mental 3 en los tres programas guía de actividades a partir del promedio de los valores de facilidad para las distintas preguntas de diferente demanda	227
Gráfica No. 16: Ilustración de la evolución del desempeño de los estudiantes del grupo 4A en los tres programas guía de actividades	227
Gráfica No. 17: Ilustración de la evolución del desempeño de los estudiantes del grupo 4A en los tres programas guía de actividades a partir del promedio de los valores de facilidad para las distintas preguntas de diferente demanda	228

Gráfica No. 18: Ilustración de la evolución del desempeño de los estudiantes del grupo 4B en los tres programas guía de actividades	229
Gráfica No. 19: Ilustración de la evolución del desempeño de los estudiantes del grupo 4B en los tres programas guía de actividades a partir del promedio de los valores de facilidad para las distintas preguntas de diferente demanda	230
Gráfica No. 20: Ilustración de la evolución del desempeño de los estudiantes del grupo de capacidad mental 5 en los tres programas guía de actividades	230
Gráfica No. 21: Ilustración de la evolución del desempeño de los estudiantes del grupo de capacidad mental 5 en los tres programas guía de actividades a partir del promedio de los valores de facilidad para las distintas preguntas de diferente demanda	231
Gráfica No. 22: Ilustración de la evolución del desempeño de los estudiantes del grupo de capacidad mental 6 en los tres programas guía de actividades	232
Gráfica No. 23: Ilustración de la evolución del desempeño de los estudiantes del grupo de capacidad mental 6 en los tres programas guía de actividades a partir del promedio de los valores de facilidad para las distintas preguntas de diferente demanda	233
Gráfica No. 24: Ilustración de las frecuencias de mención en las diferentes categorías para las dificultades de aprendizaje citadas por los estudiantes	243
Gráfica No. 25: Ilustración del número de dificultades dconcentuales mencionadas por los estudiantes en el desarrollo de los tres PGA	244
Gráfica No. 26: Ilustración del número de dificultades de comprensión mencionadas por los estudiantes en el desarrollo de los tres PGA	246

LISTA DE TABLAS

Tabla No. 1: Relación entre los estadios de desarrollo de Piaget y la evolución de la capacidad mental de los seres humanos	109
Tabla No. 2: Características del Test de las Figuras de Intersección, FIT, en cuanto a sus clases grupos de formas geométricas y número de figuras irrelevantes.	136
Tabla No 3: Estructura del primer PGA en términos de la situación de alta demanda y las subpreguntas para disminuirla	140
Tabla No. 4: Estructura del segundo PGA en términos de la situación de alta demanda y las subpreguntas para disminuirla	141
Tabla No. 5: Síntesis de las subpreguntas postuladas para disminuir la demanda de la situación inicial con su respectiva demanda.	142
Tabla No.6: conformación de los grupos de trabajo a partir de los valores de capacidad mental obtenidos en la resolución de los test.	148
Tabla No. 7: Datos correspondientes al desempeño de los estudiantes en la pregunta de alta demanda en el primer PGA antes de la subdivisión de las preguntas.	150
Tabla No.8: Grupos según su capacidad mental y valores de facilidad para las preguntas correspondientes al primer PGA	150
Tabla No 9: Estudiantes de capacidad mental 3 que contestaron correctamente las preguntas de demanda 5 y 7 en el primer programa guía de actividades.	153
Tabla No. 10: transcripción de la respuesta dada por el estudiante 11 a la pregunta 1.3 del PGA	154
Tabla No. 11: Datos correspondientes a los estudiantes que contestaron correctamente las preguntas de demanda 5 y 6 en el primer programa guía de actividades	158
Tabla No. 12: Trascrición de la clasificación hecha por el estudiante 17 para la pregunta 1.3. del primer PGA	159
Tabla No. 13: trascrición de la respuesta del estudiante 21 a la pregunta 1.3 del primer PGA	162
Tabla No. 14: trascrición de la respuesta del estudiante 3 a la pregunta 1.4 del primer PGA.	166
Tabla No15: Resultados correspondientes a los grupos de capacidad mental en la situación problema de alta demanda correspondientes al primer PGA	170
Tabla No. 16. Datos comparativos del desempeño de los estudiantes en la pregunta de alta demanda en el primer PGA antes y después de avanzar en el desarrollo de las subpreguntas.	170
Tabla No. 17: Datos correspondientes al desempeño de los estudiantes en la pregunta de alta demanda en el segundo PGA antes de la subdivisión de las preguntas.	182
Tabla No. 18: Grupos de capacidad mental y valores de facilidad para las preguntas correspondientes al segundo programa guía de actividades.	182
Tabla No.19. Resultados correspondientes a los grupos de capacidad mental en la pregunta de alta demanda correspondientes al segundo PGA. Donde “X” significa que desarrolló acertadamente la actividad propuesta.	193

Tabla No. 20: Datos correspondientes al desempeño de los estudiantes en la situación problema en el segundo programa guía después de avanzar en el desarrollo de las subpreguntas	194
Tabla No. 21: Resultados correspondientes al desempeño de los estudiantes en situación problema en el tercer PGA, en términos de los valores de facilidad antes de la subdivisión de las preguntas.	203
Tabla No. 22: Resultados correspondientes al desempeño de los estudiantes en la pregunta de alta demanda en el tercer PGA antes de la subdivisión de las preguntas en términos de la preparación de algunas de las soluciones requeridas en el proceso de solución de la situación global	203
Tabla No 23: Grupos de capacidad mental y valores de facilidad para las preguntas correspondientes al tercer PGA.	205
Tabla No. 24 Datos correspondientes al desempeño de los estudiantes en la situación problema de alta demanda en el tercer PGA después de la subdivisión de las preguntas, en términos del valore de facilidad.	216
Tabla No. 25: Datos correspondientes al desempeño de los estudiantes en la pregunta de alta demanda en términos de los alcances de los distintos grupos camino a su resolución global para el Tercer PGA luego de la subdivisión de las preguntas	216
Tabla No 26: Síntesis de los valores de facilidad para cada una de las situaciones problemas de cada PGA en los diferentes grupos de capacidad mental.	237
Tabla No.27: descripción de la pregunta de alta demanda para el primer PGA..	250
Tabla No.28: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 3 a la primera pregunta relacionada con la situación problema.	251
Tabla No 29: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 3 a la segunda pregunta relacionada con la situación problema.	252
Tabla No 30: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 3 a la última pregunta relacionada con la situación problema.	253
Tabla No 31: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 4A en la primera pregunta relacionada con la situación problema.	255
Tabla No 32: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 4 A en la segunda pregunta relacionada con la situación problema.	256
Tabla No. 33: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 4A en la tercera pregunta relacionada con la situación problema	258
Tabla No. 34: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 4 B a la primera pregunta relacionada con la situación problema	259
Tabla No.35: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 4B en la segunda pregunta relacionada con la situación problema.	260
Tabla No.36: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 4B en la tercera pregunta relacionada con la situación problema.	261
Tabla No.37: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 4B en la quinta pregunta relacionada con la situación problema.	262
Tabla No.38: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 5 a la primera pregunta relacionada con la situación problema.	263
Tabla No.39 Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 5 en la segunda pregunta relacionada con la situación problema.	264
Tabla No.40 Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 6 en la	266

primera pregunta relacionada con la situación problema.	
Tabla No.41: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 6 en la segunda pregunta relacionada con la situación problema	268
Tabla No.42 Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 6 en la tercera pregunta relacionada con la situación problema	269
Tabla No. 43: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 6 en la cuarta pregunta relacionada con la situación problema	270
Tabla No.44: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 6 en la quinta pregunta relacionada con la situación problema	271
Tabla No.45: Descripción de la pregunta de alta demanda para el segundo PGA	274
Tabla No.46: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 3 a la primera pregunta relacionada con la situación problema.	275
Tabla No.47: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 3 a la segunda pregunta relacionada con la situación problema.	276
Tabla No.48: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 3 a la tercera pregunta relacionada con la situación problema.	276
Tabla No.49: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 4A en la primera pregunta relacionada con la situación problema.	277
Tabla No.50: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 4A en la segunda pregunta relacionada con la situación problema.	278
Tabla No.51: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 4A en la quinta pregunta relacionada con la situación problema.	279
Tabla No.52 Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 4B en la primera pregunta relacionada con la situación problema.	280
Tabla No.53: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 4B en la segunda pregunta relacionada con la situación problema.	281
Tabla No.54: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 4B en la tercera pregunta relacionada con la situación problema.	282
Tabla No.55: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 5 a la primera pregunta relacionada con la situación problema.	283
Tabla No.56: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 5 en la segunda pregunta relacionada con la situación problema.	284
Tabla No.57: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 5 en la quinta pregunta relacionada con la situación problema.	284
Tabla No.58: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 6 a la primera pregunta relacionada con la situación problema.	285
Tabla No.59: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 6 en la segunda pregunta relacionada con la situación problema.	286
Tabla No.60: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 6 en la tercera pregunta relacionada con la situación problema.	287
Tabla No. 61: descripción de la situación problema en el tercer PGA y las preguntas prediseñadas para la entrevista durante su desarrollo.	290
Tabla No.62: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 3 a la primera pregunta relacionada con la situación problema.	290
Tabla No.63: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 3 a la segunda pregunta relacionada con la situación problema.	291

Tabla No.64: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 3 a la tercera pregunta relacionada con la situación problema	292
Tabla No. 65: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 4A a la primera pregunta relacionada con la situación problema	293
Tabla No.66: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 4A a la segunda pregunta relacionada con la situación problema	293
Tabla No.67: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 4A a la tercera pregunta relacionada con la situación problema	294
Tabla No.68: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 4B a la primera pregunta relacionada con la situación problema.	295
Tabla No.69: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 4B a la segunda pregunta relacionada con la situación problema	297
Tabla No.70: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 4B a la tercera pregunta relacionada con la situación problema	297
Tabla No.71: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 5 a la primera pregunta relacionada con la situación problema	299
Tabla No.72: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 5 a la segunda pregunta relacionada con la situación problema	300
Tabla No.73: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 5 a la tercera pregunta relacionada con la situación problema	300
Tabla No.74: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 6 a la primera pregunta relacionada con la situación problema	302
Tabla No.75: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 6 a la segunda pregunta relacionada con la situación problema	303
Tabla No.76: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 6 a la tercera pregunta relacionada con la situación problema	303

INTRODUCCIÓN

El presente informe de investigación está organizado en los siguientes capítulos: Una introducción, un capítulo sobre marco teórico seguido por otro sobre los antecedentes, en el siguiente se encuentran los objetivos y la metodología y, finalmente, el capítulo sobre resultados y análisis de resultados para cerrar con las conclusiones, la bibliografía y algunos anexos.

Desde el punto de vista metodológico este es un trabajo de investigación en didáctica aplicada, en el sentido de que partiendo de la teoría del procesamiento de información aplicada a la educación en ciencias de conformidad con los aportes de Jhonstone desde inicios de los 70 y los planteamientos de las implicaciones del lenguaje para el establecimiento de significados en el campo de las ciencias por parte de los estudiantes; se lleva a cabo el desarrollo de los tres Programas Guía de Actividades, PGA, escritos por la autora para la investigación; es de anotar que los PGA cumplen en esta investigación dos propósitos, primero son los escenarios dentro de los cuales se plantean las tareas de diferente demanda para los estudiantes y además se convierten en un instrumento de recolección de datos. Esta recolección de datos se complementa con una entrevista a los estudiantes durante el desarrollo de la situación problema de alta demanda en cada uno de los PGA. Otros dos instrumentos que se emplearon para la recolección de información son el test de las figuras de intersección y el test de los dígitos invertidos con los cuales se establecieron los datos correspondientes a la capacidad mental de los estudiantes.

De conformidad con los instrumentos anteriores, para el análisis de los resultados se emplearon técnicas de estadística descriptiva, en particular para analizar los resultados

correspondientes a la capacidad mental de los estudiantes y para el análisis comparativo de respuestas a fin de ver el progreso de los participantes durante el desarrollo de los PGA.

2. JUSTIFICACIÓN

Creswell, (2002), considera que toda investigación educativa, y el presente estudio se ubica en este contexto, reviste importancia desde los siguientes puntos de vista: adiciona conocimiento en relación con los eventos y acontecimientos educativos de importancia actual, contribuye al mejoramiento de la competencia investigativa de quien la realiza, es una fuente de mejoramiento de la práctica educativa y aporta información importante para la toma de decisiones en materia de política educativa; en este sentido la investigación educativa debería ser una fuente de información sistemática para que mancomunadamente la comunidad política y la académica formulen los planteamientos generales que han de orientar la educación en un momento dado, de esta manera se propendería porque la formulación de políticas en materia de educación fuera más de naturaleza científica que meramente política.(Kababe, 2014).

En relación con el primer punto, esta investigación aporta conocimiento acerca del “quehacer” docente en el aula, produciendo y recopilando datos e información válida y pertinente, que apoya los debates que actualmente se adelantan en relación con el mejoramiento de la calidad de la educación en el país, en particular en lo relacionado con el aprendizaje de los conceptos científicos, en el campo de las disoluciones en este caso. En este mismo sentido y dado que las disoluciones representan un tema de difícil aprendizaje para los estudiantes, lo cual es reconocido no solamente desde la experiencia personal de la autora sino también desde otras investigaciones (Jansoon N. Et al., 2009). Es importante adelantar esta investigación porque contribuye al mejoramiento del aprendizaje de estos conceptos y además se experimenta una alternativa metodológica, basada en el aprendizaje

por investigación expresado a través de PGA, que bien podrían ser de utilidad para el tratamiento de otros temas de química.

Este trabajo se justifica además por su impacto en el perfeccionamiento de la competencia investigativa de quien lo realiza y en sus aplicaciones prácticas a las transformaciones de la enseñanza de la química en el Liceo Colombia y por extensión a la transformación de la didáctica en las instituciones de educación secundaria, en lo que puede representar un camino de inserción de la investigación didáctica en el aula.

En relación con la producción del conocimiento que se deriva de esta investigación, vale la pena destacar que los trabajos desarrollados en torno a las dificultades de aprendizaje del concepto de disolución y sus relacionados, han mostrado prioritariamente que las razones por las cuales se presentan estas dificultades pueden ser de dos tipos; por una parte las asociadas con las prácticas pedagógicas de los maestros, es decir a la forma como los profesores desarrollan sus clases, a la enseñanza; y la otra, por los conceptos en sí mismos, es decir su naturaleza abstracta como tal. Al considerar el estudio de otros factores como posibles causantes de dificultades de aprendizaje esta investigación por una parte abre otras perspectivas de trabajo para los investigadores en didáctica y por otra aporta en alguna medida nuevas explicaciones para tales dificultades y deja a disposición de los docentes de química una estructura didáctica para la enseñanza de los conceptos químicos a partir del aprendizaje activo como sustrato para la elaboración de programas guía de Actividades.

De esta manera, en esta investigación se amplían las explicaciones para las dificultades de aprendizaje para incluir aquellas relacionadas con la manera como un estudiante procesa

información a partir de la relación entre su capacidad mental y la demanda de las tareas, es decir, la capacidad que el ser humano tiene para retener, almacenar y operar o hacer uso de la información que le provee el medio en el momento de dar respuesta a una pregunta determinada y las derivadas del lenguaje asociado con los conceptos científicos.

En relación con la institución donde se propuso realizar esta investigación, cabe mencionar como argumentos de justificación los siguientes: en primer lugar, allí la autora del proyecto contó con autonomía y apoyo institucional para su ejecución. En segundo lugar, en dicha institución se tenía la certeza de contar con la asignación de un curso de grado undécimo para llevar a cabo la investigación. Por otra parte, ya existía una tradición investigativa por parte de la autora en los liceos del ejército lo cual generaba confianza en las directivas para el apoyo al presente proyecto. En este último contexto es pertinente mencionar el desarrollo del proyecto “Una propuesta metodológica basada en programas guía de actividades para la enseñanza y el aprendizaje de las propiedades de la materia”, del cual se publicó un artículo en la revista Enseñanza de las ciencias (Umbarila, 2005).

Desde el punto de vista del estudio de las dificultades de aprendizaje en general el presente trabajo reviste pertinencia en la medida que aporta conocimiento y nuevos datos a un campo de la educación que cada vez cobra más importancia no solamente en el contexto de la educación química sino también en el ámbito de las relaciones entre la capacidad mental y el aprendizaje de los seres humanos a lo largo de la vida, la salud mental, el bienestar y el trabajo, y sus respectivas implicaciones para el desarrollo de una sociedad (Goswami, 2008).

Vale la pena aclarar que es generalmente aceptado que el aprendizaje de conceptos científicos es un acto de naturaleza mental y en este sentido, la teoría del procesamiento de información y los aportes de los estudios del lenguaje, por parte de autores como Plantin(2014) que han estudiado su relación con el aprendizaje de las ciencias, como Wellington (2001), Lemke 1998 y Johnstone 1985, han mostrado que son caminos adecuados para la búsqueda de explicaciones para las dificultades de aprendizaje de conceptos científicos y que estas dificultades pueden analizarse en los resultados que muestran los estudiantes en sus evaluaciones

3. ANTECEDENTES

La química ha llegado a ser una ciencia de un alto nivel de abstracción y por ende el proceso de enseñanza y de aprendizaje reviste cierto grado de complejidad, tanto para el que la enseña como para el que la aprende (Gabel D. 1999; Tacettin P. y Nurtac C. 2003). Son numerosos y variados los estudios y las investigaciones realizadas en torno a las dificultades de aprendizaje de algunos conceptos específicos de la química, en particular del concepto de disolución y que han aportado metodologías y estrategias que se pueden desarrollar en el aula para que este proceso de aprendizaje no sea tan complejo para los alumnos (Llorens J., 1988; Jansoon N. y otros 2009; Sirhan G., 2007; Campanario, J. y Otero, J. 2000). Si bien, los autores anteriores ven las dificultades de aprendizaje en la perspectiva de un proceso complejo para aprender, otros autores ven las dificultades como oportunidades de crecimiento personal, en este caso hacia el aprendizaje y como responsabilidad propia del individuo para construirle el significado a las experiencias educativas en la mira de alcanzar un empoderamiento personal.(Novak 1984 y Zuleta E. 1994).

Sánchez y otros (1997), establecen que teniendo en cuenta las ideas de los alumnos en torno al concepto de disolución, se pueden categorizar las dificultades de aprendizaje de este concepto de acuerdo a los siguientes criterios:

1. Los estudiantes consideran que las soluciones se encuentran siempre líquidas y no reconocen que estas pueden encontrarse en otro estado de agregación.

2. Los estudiantes consideran que en el proceso de disolución se produce un cambio químico y no un cambio físico.

El aporte de esta investigación es importante porque aborda dos fuentes de dificultad de aprendizaje, pero no hace una discriminación precisa de la dificultad para diferenciar un cambio físico de uno químico, no se analiza la comprensión del concepto de reversibilidad por parte de los estudiantes y no se busca una explicación a la poca comprensión del concepto de disolución y por ende solo son identificadas en estado líquido.

A continuación se presentan algunos aspectos en los cuales han profundizado varios autores y que proporcionan información muy valiosa en la didáctica de la química.

3.1. DIFICULTADES EN LA COMPRESION DE LAS DISOLUCIONES COMO SISTEMA MATERIAL.

En la mayoría de los casos cuando un alumno empieza el estudio de las disoluciones se considera obvio que ya maneje la teoría corpuscular de la materia y sus implicaciones, pero en la realidad esto no ocurre. Para Llorens (1998), la dificultad en el aprendizaje del concepto de disolución se fundamenta en la no comprensión por parte de los estudiantes de la naturaleza corpuscular de la materia, tema que de por sí presenta un alto grado de dificultad para su comprensión (Furió C., Azcona R. y Guisasola J.,2006) pues aunque ellos logran definir una mezcla como una distribución aleatoria de diferentes entidades discretas, no utilizan de manera adecuada el modelo corpuscular para explicar fenómenos como la miscibilidad de los líquidos; el autor mencionado muestra como los estudiantes le atribuyen

propiedades macroscópicas a las partículas, cuando explican la miscibilidad de los líquidos argumentando que unas moléculas absorben a las otras, que unas moléculas empujan a otras o sencillamente que unas se transforman en otras. De tal manera que, para el estudio de las disoluciones, los alumnos tienen dificultad para comprender e interpretar el proceso que ocurre a nivel corpuscular cuando se produce una disolución.

Obsérvese que en este caso, los antecedentes mencionados en el párrafo anterior, permiten establecer que las dificultades de aprendizaje emergen de la naturaleza propia de la disciplina, sin embargo, de manera complementaria, la teoría del procesamiento de información y los estudios derivados del lenguaje no solamente amplían las fuentes de origen de estas dificultades, por lo menos para el aprendizaje de los conceptos científicos a los ámbitos psicológicos y de relaciones entre las características propias del sujeto y las del lenguaje. En relación con el lenguaje, bien vale la pena mencionar que si bien el lenguaje natural de una cultura es la madre de los lenguajes elaborados, en este caso el de la química, por su propia naturaleza dinámica la química a través del tiempo ha venido generando su propia terminología y su propio lenguaje.(Plantin Ch.2014).

Desde el punto de vista de las representaciones mentales, Devetak y otros (2007) muestra como los estudiantes presentan diferentes concepciones alternativas cuando interpretan el proceso de disolución lo hacen en términos de la distribución de las partículas de soluto únicamente, el proceso de disolución se asocia a la fusión del soluto y por tanto desaparece mientras se disuelve (Devetak I., Vogrine J. y Glazar A., 2007). En concordancia con lo anterior, autores como Johnstone, Treagust y Talanker entre otros (Johnstone A. y Wham B.,1982;Treagust D.,Chittleborough G. y Mamiala T.,2003 y

Talanker V.,2011), sostienen que el aprendizaje de la química y por tanto el de las soluciones debe fundamentarse en un claro e interrelacionado entendimiento de los conceptos en términos de tres niveles, el primero de naturaleza macroscópica, el segundo de naturaleza submicroscópica y el tercero de naturaleza simbólica. En este contexto, el nivel macroscópico corresponde al de la percepción sensorial de los conceptos químicos y por lo general está asociado a la actividad experimental; estas observaciones deben explicarse desde el nivel submicroscópico, esto es desde la abstracción correspondiente a los átomos y las moléculas; a su vez, estas explicaciones son comunicadas por la comunidad científica mediante el tercer nivel de representación que corresponde a los símbolos, fórmulas, ecuaciones químicas y matemáticas, apoyados muchas veces en gráficas, diagramas y textos escritos. De esta manera los estudiantes alcanzan un “razonable nivel de entendimiento de los fenómenos químicos cuando estos tres niveles de conceptos se complementan y se apoyan con elementos visuales de una manera específica en su memoria de trabajo.

Tales niveles de interdependencia se representan en la figura No. 1.

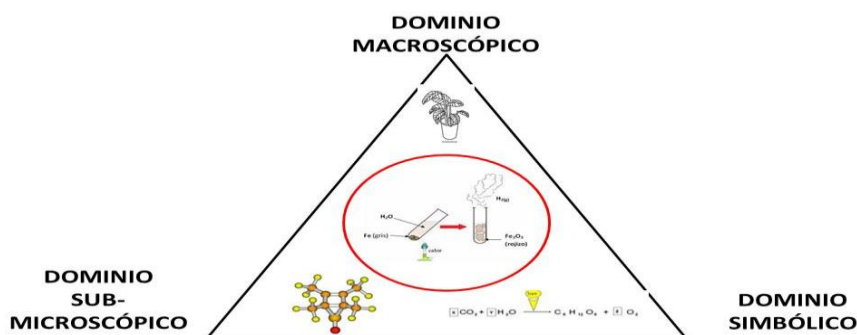


Figura No. 1: Modelo Representativo de la interdependencia de los tres niveles propuestos para los conceptos científicos. Tomado y adaptado de: Treagust, D. F y otros 2003.

En concordancia con el modelo anterior las dificultades de aprendizaje pueden

explicarse también considerando que un estudiante puede presentar deficiencias en el entendimiento de un concepto a nivel macroscópico, microscópico, simbólico o en sus interrelaciones derivadas justamente de la carencia de representaciones mentales adecuadas.

“Cuando a los alumnos se les presenta el modelo atómico-molecular, sus conceptos y representaciones sufren un proceso de acomodación a las estructuras conceptuales preexistentes, basadas en la observación del mundo macroscópico y centrado en los aspectos fácilmente perceptibles” (Ebenezer J. y Erickson G. 1996.p. 196). Esto explica por qué los estudiantes le atribuyen propiedades macroscópicas a las partículas, pues cuando deben dar explicaciones de un fenómeno determinado tienen que recurrir a comportamientos y propiedades del mundo macroscópico como se muestra en el siguiente ejemplo tomado de Ebenezer y Erickson 1996.

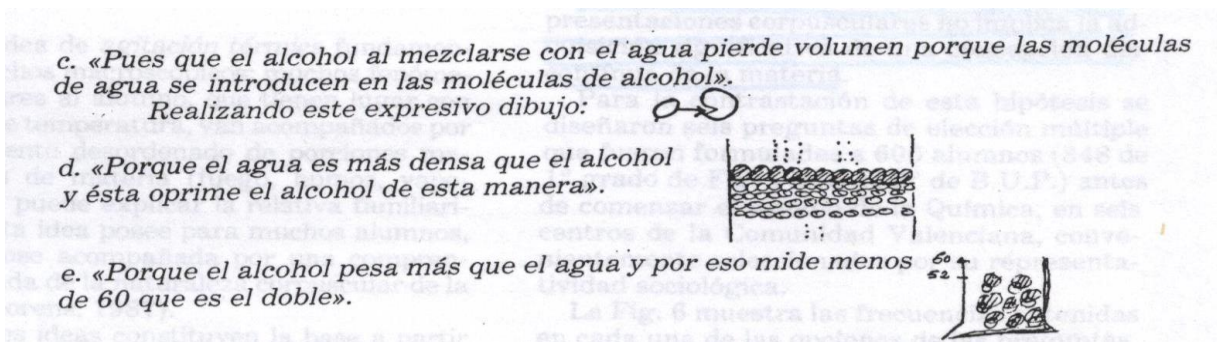


Figura No. 2: una explicación de un fenómeno microscópico con ideas del mundo macroscópico

Por otra parte, para muchos estudiantes el proceso de disolución está asociado directamente con una transformación química del soluto; adicionalmente creen que hay una pérdida de masa del soluto cuando éste se disuelve en el solvente y por las dos razones anteriores es imposible separar los componentes de esta disolución, (Sánchez y otros 1997 y Gabel, 1999)

Son varios los trabajos de investigación que se han realizado con el fin de superar esta dificultad, Raviolo y otros (2004) plantean como alternativa a la dificultad mencionada anteriormente, la presentación del proceso de disolución y los tipos de disoluciones a partir de un modelo analógico de cuadros y puntos, ya que constituye una forma de comunicar conceptos nuevos y abstractos a partir de un instrumento conocido para transponerlo a uno desconocido. El uso del modelo de cuadros y puntos si bien pudo aportar a una mejor comprensión de algunos conceptos asociados con las disoluciones, tiene una limitante grande en cuanto a la representación bidimensional de los sistemas materiales. En el estudio particular de las disoluciones se representa únicamente el soluto generando así otra dificultad para el estudiante, ‘imaginar la existencia de un solvente’. No obstante, los modelos interpretativos para explicar el proceso de disolución se están quedando cortos, pues los diagramas muestran las disoluciones con un soluto como partícula y un solvente continuo, véase Figura No. 3, tomada y digitada de Tacettin y Nurtac (2003); además, suelen mostrar la disolución como una distribución ordenada de partículas similar a un cristal o representan las disoluciones como un sistema con varias fases en especial cuando se trata de disoluciones líquidas.

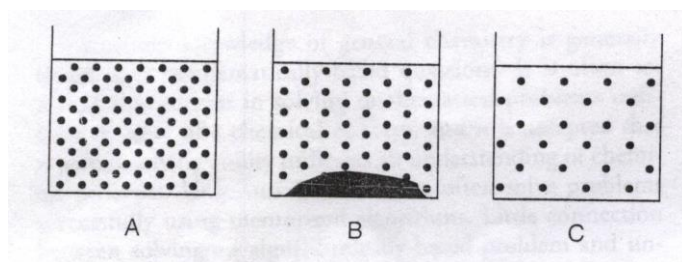


Figura No. 3: Representación de una disolución en términos de un soluto continuo, en ausencia de una representación del solvente.

En las figuras A y C se ilustran dos disoluciones, donde hay una distribución homogénea de soluto, representado con los puntos negros el cual se distribuye en un disolvente continuo; además entre una y otra existe una marcada diferencia de cantidad de

soluto, lo que se traduce en una expresión de solución saturada e insaturada respectivamente. Por su parte, la figura B muestra de forma equívoca, una disolución sobresaturada al considerarla como aquella en la cual no es posible disolver más soluto y por tanto precipita; dejando de lado los factores que permiten obtener una solución con estas características y manteniendo el concepto de homogeneidad que caracteriza una disolución.

Por otra parte, investigaciones realizadas en Turquía con estudiantes de segundo semestre de universidad, han mostrado que otra gran dificultad que tienen en el estudio de las disoluciones es la clasificación de éstas en términos de diluidas, saturadas y sobresaturadas. Tacettin y Nurtac (2003), en una evaluación de las ideas previas de los estudiantes acerca de los tipos de disoluciones encontraron que, hay una evidente confusión en la caracterización de la disolución sobresaturada, ya que los estudiantes tienden a asociar este tipo de disoluciones con la presencia de soluto sin disolver, cuando en realidad puede ocurrir que una solución diluida o saturada tenga soluto sin disolver por falta de agitación, de tal manera que la presencia de soluto sin disolver no es el criterio para clasificar una solución. De la misma manera, cuando se les pregunta a los estudiantes ¿Qué ocurre cuando se retira el soluto sin disolver en una disolución?, los estudiantes responden que la disolución es sobresaturada por tener soluto sin disolver, pero cuando se le quita este precipitado, automáticamente pasa a ser una disolución saturada, esto evidencia que los estudiantes consideran que el soluto sin disolver forma parte de la disolución. En el contexto de la química, el soluto sin disolver como su nombre lo indica es una parte de la sustancia que no pertenece a la disolución pues en una disolución deben existir por lo menos dos sustancias mezcladas homogéneamente para conformar este sistema.

Nótese que en realidad en estos casos lo que falta en el estudiante es la asignación clara de un significado específico al concepto de disolución; el estudiante no ha alcanzado el nivel de discriminación ni de asignación de significado que requiere la distinción entre una mezcla homogénea, que es la solución y una mezcla heterogénea que forma la presencia de exceso de soluto en el fondo del recipiente con el solvente o con la solución en el caso de que se haya alcanzado un nivel de saturación.

3.2. DIFICULTADES EN LA COMPRESIÓN DEL PROCESO DE DISOLUCIÓN.

En el estudio de las disoluciones es fundamental comprender el proceso que ocurre al interior del solvente cuando un soluto se disuelve, pues para lograr esta comprensión se requiere de mucha claridad en otros conceptos, por ejemplo: el principio de conservación de la masa y la diferenciación entre un cambio físico y un cambio químico. Raviolo y otros (2004), destaca como aspectos centrales en las dificultades de aprendizaje del concepto de disolución: la poca comprensión del principio de conservación de la masa y la interpretación de lo que es una disolución.

En la comprensión de las disoluciones, el principio de conservación es fundamental porque tiene dos explicaciones claras, por una parte la conservación de la masa de soluto cuando éste se disuelve en el solvente, y por otra la conservación de la masa de soluto en múltiples procesos de dilución, en la preparación de una solución a partir de otra de concentración conocida. Una de las dificultades observadas en alumnos universitarios ante la preparación de una solución diluida a partir de una más concentrada, es que no saben por

dónde empezar a plantear su resolución y en la mayoría de los casos se observó una relación matemática inadecuada. Para preparar 500 ml de una solución X al 10% m/v a partir de una solución de X al 25%, lo que plantearon fue una regla de tres donde relacionaban directamente 25 g de soluto en 100 ml y en 500 ml calculaban 125 g, con lo cual no lograban desarrollar la tarea (Raviolo y otros, 2004).

En relación con lo anterior, Sánchez y otros (1997), plantea que:

- “Es preciso demostrar experimentalmente el principio de conservación de la masa y que no es extensible al volumen.
- Es conveniente introducir el concepto de concentración partiendo de la proporcionalidad de los componentes,
- Abordar técnicas de separación evidenciará el carácter reversible del proceso de disolución
- Se debe mostrar la necesidad de interpretar un proceso de disolución mediante un modelo particular de la materia” (p.43).

Por su parte, Fernández y otros (1988), en sus investigaciones va un paso más adelante, en cuanto a la comprensión de las disoluciones, pues aunque considera que el principio de conservación es importante para la comprensión misma del fenómeno de la disolución, es más importante la interpretación que hacen los estudiantes cuando el soluto desaparece; es decir cuando se disuelve, pues en la mayoría de los casos, los estudiantes asocian el proceso de disolución con un cambio químico y no como un proceso físico.

Otras de las dificultades que se presentan en el estudio de las disoluciones hacen relación a la percepción física del proceso; las disoluciones como un proceso físico no es entendido por los estudiantes, pues ellos tienden a relacionar las disoluciones con una reacción química, por el hecho de dejar de ver el soluto cuando se pone en contacto con el solvente, para muchos de ellos, significa que el soluto sufrió una transformación química. Jaminka y otros (2005), plantean que los estudiantes establecen una diferenciación clara entre los cambios físicos y químicos en la medida en que éstos sean cotidianos para ellos; situación que no siempre se cumple para el caso de las disoluciones y sus conceptos asociados; pese a que se trata de situaciones muy reales, difícilmente las relacionan con un proceso físico ya que el parámetro que ellos tienen en los primeros cursos de química para definir un cambio físico, es que se trata de un proceso reversible. De tal manera que, en esta comprensión que tienen los estudiantes de un cambio físico, que por su puesto es muy poco diferenciado para la comprensión real de un proceso físico a nivel corpuscular y de las propiedades de las sustancias, no existe una razón, en las teorías que tiene el estudiante, para pensar que el proceso de disolución sea un proceso físico. Al agregar un soluto sólido altamente soluble en un solvente, como el agua, esa sustancia sólida deja de existir ante los ojos del estudiante y la única explicación que tiene, para argumentar esta desaparición del soluto, es que sufrió una transformación química y por consiguiente se trata de un proceso que no es reversible, como se plantea el autor antes mencionado.

Las explicaciones que los estudiantes dan del concepto de cambio químico, que la mayoría de ellos asocia este tipo de cambio con fenómenos generales como: combustión, corrosión y putrefacción los cuales reúnen dos características que definen un cambio químico, por una parte la transformación de las sustancias y por otra que son irreversibles.

Esto último, aunque no es válido, ya que existen reacciones que son reversibles, es un criterio muy arraigado en los estudiantes para definir un cambio químico. Con todo esto, para ellos es muy fácil encontrar que una disolución es un proceso químico, teniendo en cuenta los criterios que mantienen para diferenciar estos dos tipos de cambio.

El proceso de disolución es interpretado por los alumnos como un fenómeno químico, ya que según ellos, se forma una nueva sustancia; en la siguiente representación del proceso de disolución de azúcar en agua y la asociación que un estudiante hace directamente con un evento de su cotidianidad. Ebenezer y Gaalen (1996).

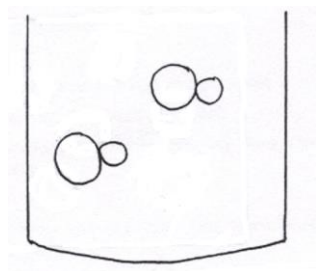


Figura No. 4: Representación, elaborada por un estudiante, del proceso de disolución como proceso químico.

La explicación que hace el estudiante a su representación (Figura No. 4) es que: *“el calor funde el azúcar y ésta se combina con el agua, llegando a ser una sola”*. Para este estudiante, se forma una nueva sustancia en el proceso de disolución con lo cual deja ver muy claramente la confusión que existe entre las ideas de cambio físico y cambio químico. nótese que en este caso la dificultad es susceptible de explicar desde la naturaleza propia de la disciplina, es decir, que aunque en el contexto químico la respuesta no es correcta, el estudiante usa para su construcción la terminología propia de la química.

En esta misma investigación se presenta otra interpretación del proceso de disolución elaborada por otro estudiante la cual se presenta en la figura No. 5.

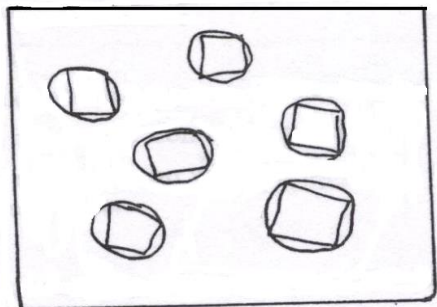


Figura No. 5: Representación elaborada por un estudiante del proceso de disolución como un fenómeno químico.

El proceso de disolución del azúcar en el agua, se explica así: *“en el agua existen unos pequeños paquetes de aire, que durante el proceso de disolución del azúcar ésta ocupa estos paquetes dentro del agua”*. Adicionalmente, este mismo estudiante concluye que el agua, también es una disolución, porque se encuentra el oxígeno disuelto en el hidrógeno y forman así el agua. De conformidad con esta explicación, el agua sería el resultado de una mezcla de los dos gases y no el producto de su reacción química.

Estos dos ejemplos mostrados por Ebenezer y Gaalen, argumentan en favor de la dificultad de los estudiantes para diferenciar y comprender los procesos asociados con las disoluciones y sus confusiones con los cambios físicos y químicos.

Por su parte y para apoyar a los estudiantes en su proceso de aprendizaje, Sánchez y otros (1997) propone que durante la enseñanza del concepto de disolución deben *“abordarse técnicas de separación que evidencien el carácter reversible del proceso de disolución y también que la reversibilidad es una consecuencia de que permanece la naturaleza de los componentes”* (p.43). Según este autor, estas formas de proceder en el

aula favorecerían el aprendizaje de estos conceptos pero en su investigación no presenta evidencias de que esto en realidad suceda así, además emplea equívocamente el concepto de reversibilidad ajustándolo a un proceso físico en los métodos de separación de mezclas; desconociendo que la reversibilidad está asociada a procesos químicos incompletos, es decir, que cuando los reactivos se mezclan en cantidades estequiométricas y no se transforman totalmente en productos, la reacción puede ocurrir en ambos sentidos.

Hasta ahora se observa que en diferentes investigaciones realizadas es un hecho que el concepto de disolución realmente presenta dificultades de aprendizaje para los estudiantes de secundaria y los primeros cursos de química en la universidad.

Por otra parte, Raviolo y otros (2004) establece que Raviolo y otros (2004) cuando se hace necesario establecer medidas de concentración en las disoluciones, los alumnos se enfrentan a una nueva dificultad: los cálculos de la concentración de las disoluciones. Es evidente que los cálculos matemáticos implican una comprensión previa del concepto de proporcionalidad, ya que la concentración de una disolución es una relación de proporcionalidad entre el soluto y el solvente. Además, plantean que la dificultad de aprendizaje de estos cálculos radica en que la concentración de una disolución es directamente proporcional a la cantidad de soluto e inversamente proporcional al volumen de la disolución y esta doble dependencia es la responsable de esta dificultad.

En otro trabajo Raviolo (2001) con estudiantes de secundaria, investigó el aprendizaje de algunos conceptos relacionados con los equilibrios de solubilidad y las dificultades de aprendizaje derivadas de conceptos previos; mostró un sistema en equilibrio entre el AgCl

y sus iones rodeados de moléculas de agua, a partir de esta información debían hacer: (1) una descripción macroscópica usando términos como solubilidad, solución saturada, compuesto iónico, solvente, soluto, sal, equilibrio, disolución y precipitación. (2) Construir la ecuación química y (3) una representación microscópica donde explique mediante un dibujo la situación antes de alcanzar el equilibrio, pero después de adicionar el cristal de sal al agua. Los resultados, permitieron al autor concluir que existe en los estudiantes la dificultad para identificar las especies que intervienen en la representación de las partículas mostrada, no relacionan el micromundo con el nivel simbólico y no incorporan el modelo corpuscular a los diferentes estados de agregación. Lo más importante de este trabajo con relación a la búsqueda de explicaciones para las dificultades de aprendizaje es la comprobación una vez más de que el solo aprendizaje memorístico de conceptos y expresiones o la resolución mecánica de problemas de lápiz y papel no necesariamente conlleva un entendimiento conceptual de los fenómenos (Raviolo, 2001; Tacetín y Nurtac 2003; Nakhleh, 1992).

Con la revisión de los estudios realizada anteriormente se evidencia que, los modelos y/o teorías que se empleen para la enseñanza de los conceptos asociados con las disoluciones y su comprensión por parte de los estudiantes, deben ir más allá del conocimiento de aspectos perceptibles del fenómeno y explicaciones elaboradas desde el macromundo; para llegar a comprensiones microscópicas más elaboradas y establecer relaciones tanto simbólicas como macroscópicas.

De particular importancia en relación con la búsqueda de explicaciones para las dificultades de aprendizaje es la visión sostenida por varios autores acerca de la necesidad

de enfatizar en los procesos de enseñanza, los tres niveles de representación que han de acompañar el entendimiento con significado de los fenómenos químicos a través de sus conceptos: el nivel macro, el nivel micro y el nivel simbólico. Además, se destaca la recomendación de que los procesos de enseñanza de estos conceptos estén acompañados de guías concretas y/o actividades diseñadas para enfatizar en el principio de conservación, cambios físicos y químicos, clasificación de las soluciones y el concepto de proporcionalidad entre otros. Esta última recomendación se incorpora a la presente investigación mediante la elaboración de los programas guía de actividades fundamentados además en los principios del aprendizaje activo.

3.3. DIFICULTADES DERIVADAS DE LA RELACION ENTRE LA CAPACIDAD MENTAL Y LA DEMANDA DE LAS TAREAS.

Las investigaciones realizadas en torno a la capacidad mental y la demanda de las tareas han tenido sus desarrollos desde los trabajos de Herbert Simon (1973) y Miller (1956). El término memoria de trabajo es entendido como el espacio del cerebro donde se guarda información, se trabaja con ella y se organiza para ser almacenada en la memoria de largo plazo y después utilizarla (Johnstone 1984).

Para muchos estudiantes resulta difícil desarrollar algunas tareas, en cualquier campo del conocimiento, sin embargo, investigaciones como las de Johnstone y El-Banna, muestran que estas dificultades están asociadas con la relación entre la capacidad mental y la demanda de las tareas. La capacidad mental ha sido definida como un espacio limitado, donde se guarda información y se piensa con ésta. El procesamiento de esta información

está enmarcado dentro de un proceso de codificación, organización y conformación de un modelo representativo de “algo”, un concepto, un dato, un razonamiento...etc. Este proceso de organizar la información depende no solo de las capacidades que tenga cada individuo sino además de la demanda de la tarea que debe desarrollar, es decir, que frente a preguntas o situaciones de diferente grado de complejidad un individuo tendrá diferentes desempeños (Johnstone y El-Banna, 1986).

Construyendo a partir de las ideas planteadas por Jaminka(2005) y Johnstone y El-Banna, (1986), según las cuales en el primer caso las dificultades se originan en lo meramente perceptivo es decir, de los sentidos humanos, y en el segundo, provienen de la capacidad relativa del sujeto para retener y procesar información, es necesario aclarar que en el contexto de la búsqueda de explicaciones para las dificultades de aprendizaje no cabe predilección alguna, ni por el origen ni por las posibles explicaciones, dado que las dificultades son relativas al sujeto y por tanto las explicaciones están asociadas con este relativismo. Por otra parte, desde la literatura se observa que por lo menos Johnstone y sus colaboradores admiten, teórica y prácticamente otros factores que potencialmente podrían explicar las dificultades de aprendizaje entre ellos el lenguaje y/o los conocimientos previos, como lo describe la investigación de Dallos y Lopera indicada más adelante.

Un análisis del rendimiento académico y el comportamiento de los estudiantes de pregrado en el laboratorio de química, escenario donde confluyen comportamientos de los estudiantes tales como la realización de prácticas de laboratorio, la dedicación de los estudiantes a una parte del laboratorio dejando de lado el resto, la dispersión de los estudiantes simulando la realización de las actividades, desplazamientos de un lugar a otro,

asumir diferentes actitudes durante la práctica, realizar el experimento como tal, tomar notas dentro de la actividad y elaborar el informe son entre otros, los roles que asumen los estudiantes durante una práctica de laboratorio. Según estos autores muchos de estos comportamientos se relacionan con el exceso de información que usualmente tienen estas prácticas de laboratorio y la carencia de estructuras de procesamiento de información por parte de los estudiantes (Johnstone A. y Al-Shuaili A., 2001).

En un momento dado una práctica de laboratorio puede tener tanta información que sobrecarga la memoria de trabajo de los estudiantes de tal manera que ellos no la pueden procesar adecuadamente y por tanto su aprendizaje se ve afectado. Para el profesor que conoce y domina la guía de laboratorio, la información que posee es muy clara e incluso organizada; sin embargo, para el estudiante que no domina la materia la situación puede ser diferente, debido a que no posee estrategias apropiadas para procesar una gran cantidad de información, él no logra diferenciar entre lo que es importante y lo que no lo es; durante el proceso la memoria de trabajo del estudiante se “congestiona con información” y el resultado es un estado mental inestable que se reduce por dos vías: la del menor esfuerzo, que conlleva a realizar parte de la práctica, a copiar resultados o a asumir diferentes roles. La otra vía de disminución de este estado inestable la puede realizar el docente presentando una guía sencilla y bien organizada, estableciendo claramente los objetivos, no colocando información que no sea necesaria ni conveniente, en otros términos orientando a sus estudiantes para que aprendan a agrupar información y disminuyendo la demanda de la tarea (Johnstone y Wham B. 1982).

En otro trabajo Niaz y Lawson (Niaz, M y Lawson A., 1985) realizaron un estudio con 25 estudiantes de pregrado en un curso de ciencias; para cada uno de los estudiantes determinaron: el nivel de desarrollo intelectual, la capacidad mental y su habilidad para aislar información importante de un contexto poco relevante. La habilidad para aislar información importante de contextos no relevantes se correlaciono con el desarrollo intelectual, su capacidad mental y su habilidad para balancear ecuaciones químicas por ensayo y error. La capacidad mental de los estudiantes se determinó mediante el uso del test de razonamiento formal de Lawson, la capacidad mental mediante el test de las figuras de intersección y las matrices progresivas de Raven y la capacidad para aislar la información importante de contextos irrelevantes mediante el test de las figuras de Gottschaldt.

Entre las conclusiones de este estudio se destacan que la dependencia e independencia de campo juegan un papel poco significativo a la hora de balancear ecuaciones químicas por ensayo y error. Los autores terminan recomendando a los docentes de ciencias identificar en sus clases aquellos tópicos que requieren razonamiento formal para dedicarles un mayor tiempo y desarrollar estrategias que permitan el fomento de habilidades de razonamiento. Así mismo recomiendan a los docentes crear condiciones para la autorregulación siempre y cuando los estudiantes posean una capacidad mental adecuada.

Frente a las recomendaciones mencionadas en el párrafo anterior, es necesario tener en cuenta que no toda la enseñanza de las ciencias, de la química en este caso, en una cultura determinada pretende formar ciudadanos doctos o instruidos científicamente, pues existe para la didáctica el desafío también de formar ciudadanos alfabetizados científicamente o utilizando la terminología del MEN, familiarizados con unos estándares mínimos en

ciencias. Es claro que las investigaciones mencionadas sobre las dificultades de aprendizaje hacen relación a la formación específica de las ciencias trascendiendo los límites de los estándares mínimos, que de ninguna manera se pueden desconocer.

Por otra parte, investigaciones realizadas en esta misma línea han mostrado una correlación entre el aprendizaje significativo de los estudiantes y su capacidad mental; dado que se pudo establecer que quienes tienen una capacidad mental alta demuestran mejores desempeños en el aprendizaje del concepto de reacción química (Dallos, F. 2000, Lopera A., 1999). Una vez más se puede apreciar en las investigaciones de estos autores que no contemplan entre las explicaciones para las dificultades de aprendizaje de las soluciones, la relación capacidad mental y la demanda de la tarea.

Teniendo en cuenta el modelo predictivo descrito por Johnstone (Johnstone y El-Banna, 1986) el cual se describe en la sección 5.4. es válido suponer que: las tareas de diferente demanda solamente son susceptibles de ser desarrolladas con éxito por quienes tengan una capacidad mental mayor o igual al valor de la demanda de dicha tarea y que si bien es cierto que la capacidad mental de un sujeto no se puede modificar, si es posible mejorar su desempeño en preguntas de diferente demanda mediante el incremento y perfeccionamiento de estrategias y formas de procesar y organizar la información. De tal manera que, cuando una persona se enfrenta a una tarea cuya demanda es superior a la capacidad mental es posible que la realice, si utiliza las estrategias suficientemente adecuadas para organizar la información y disminuir la demanda de la tarea.

En síntesis, las dificultades de aprendizaje han sido explicadas desde los procesos de enseñanza, los procesos de aprendizaje y desde la naturaleza propia de la química; en esta tesis la búsqueda de explicaciones para las dificultades de aprendizaje de los conceptos asociados con las disoluciones se extiende a: las relaciones entre la capacidad mental y la demanda de la tarea, el manejo e interpretación del lenguaje científico como base para obtener un alto nivel de discriminación y significación de los conceptos y finalmente la inclusión de los contextos no solamente como ilustraciones sino como puntos de partida de las actividades que se desarrollan en el aula para lograr el aprendizaje de los conceptos asociados con las disoluciones. Esta última aproximación coincide con una de las recomendaciones más recientes para la enseñanza de la química, los contextos como punto de partida y no solamente como punto de llegada o ejemplos para la enseñanza de esta ciencia (Jones 2000).

Finalmente, se precisa que esta tesis se considera una ampliación del estudio de las dificultades de aprendizaje de los conceptos relacionados con las disoluciones no solamente desde el punto de vista de su origen sino desde el punto de las explicaciones para las mismas. En efecto, en ninguna de las investigaciones comentadas en los antecedentes se hace mención al origen de las dificultades de aprendizaje de estos conceptos ni se han incluido como posibles explicaciones las relaciones entre la capacidad mental y la demanda de la tarea o los aspectos relacionados con el lenguaje. Así, con estudios como los adelantados en esta tesis se podría estar en el camino a lograr una aproximación global de todos los factores que confluyen en el origen de las dificultades de aprendizaje para los conceptos asociados a las disoluciones. A lo cual seguramente contribuirán futuras investigaciones.

3.4. DIFICULTADES DE APRENDIZAJE DERIVADAS DEL USO DEL LENGUAJE.

En el proceso de definición y establecimiento de una forma particular y propia, para describir y explicar los fenómenos naturales, a lo largo del tiempo, las diferentes comunidades científicas, han incorporado vocablos que pertenecen al lenguaje cotidiano, han tomado vocablos de otras lenguas y han creado otros.

Seguramente, en los primeros estados de desarrollo de la ciencia, la química en este caso, la mayoría de los vocablos empleados en este contexto no era muy distinto del usado en la vida cotidiana; sin embargo en la medida que la ciencia se desarrolló y progresó esta diferencia se fue acentuando hasta el punto de que en la actualidad dos químicos, por ejemplo, hablando de los temas propios de esta ciencia, sólo se entienden entre sí, difícilmente un tercero que no tenga el dominio de la terminología especializada de la química lograría sostener una conversación con sentido o entrar en la conversación con ellos. Lo anterior quiere decir que la dinámica propia y el avance de la ciencia han conducido a la propuesta y acuerdo de un vocabulario especializado y particular mediante el cual los científicos en general dan cuenta, como diría Schlesinger, del mundo y su devenir (Schlesinger 1994).

A manera de ilustración de lo anterior, a continuación se presentan algunos ejemplos de vocablos que pertenecen a la cotidianidad y a la ciencia, otros que tienen su origen en una lengua diferente, por ejemplo el latín o el griego y otros que han sido creados en los propios

contextos científicos. En el campo de la biología, son vocablos que pertenecen al primer grupo entre muchos otros: perro, pez, conejo, animal y árbol; en el campo de la química, materia, gas, agua, sal y jabón. Son ejemplos de vocablos provenientes de otras lenguas, electrón, átomo y spin. Finalmente se pueden citar como ejemplos de vocablos y expresiones creados en el contexto de la ciencia, rayos X, protón, neutrón, rayos alfa, radioactividad, sonar y radar entre muchos otros. Un análisis de frecuencia de los vocablos incorporados de la cotidianidad, provenientes de otras lenguas y de los creados en los contextos científicos mostraría que la frecuencia, aumenta desde los pertenecientes al primer grupo hasta los del tercero pasando por los del segundo. Así, se podría afirmar con poca duda que la mayoría de los vocablos y expresiones empleadas en el contexto científico han sido creados o acuñados en el mismo contexto de la ciencia ante la carencia de un vocablo o expresión adecuado en el vocabulario cotidiano. Se requiere destacar sin embargo, que los vocablos y expresiones anteriores cuando entran al contexto de las ciencias, en cualquiera de sus campos particulares, adquieren un significado que trasciende lo cotidiano, adquieren un significado muy específico que solamente tiene ese sentido y utilidad al interior de la ciencia o de dicho campo particular.

Por otro lado y también como parte de la construcción de los llamados códigos específicos de la ciencia, se han introducido paulatinamente una serie de símbolos convencionales cuyo significado es necesario tener en cuenta en el momento de comunicarse en un ámbito determinado de la ciencia.

La introducción de símbolos y convenciones es una necesidad de todas las ramas científicas, sin embargo, por la especificidad del tema objeto de este escrito, a continuación

se presentan algunos ejemplos solamente del campo de la química. Quizá los más conocidos son los símbolos de los elementos y con ellos su organización en la tabla periódica. Es bien conocida, por lo menos en los medios escolares, la necesidad de saber la forma cómo están ubicados los elementos en la tabla periódica a fin de comprender y describir la variación de propiedades periódicas tales como electronegatividad, la afinidad electrónica, el carácter metálico o el potencial de ionización entre otras.

Además de los símbolos de los elementos, ya en campos particulares de esta ciencia, se necesita conocer y asignar significados específicos a ciertos signos que se han incorporado con fines particulares, es el caso de la dirección y la longitud de una flecha en la descripción de un equilibrio químico mediante una ecuación o los signos positivo (+) o negativo (-) que anteceden a un valor de la energía libre para una reacción para señalar que se trata de un proceso espontáneo o no espontáneo y para la identificación de los polos de una batería.

En síntesis, los diferentes campos de las ciencias naturales a lo largo del tiempo, en su proceso de construcción y consolidación, han logrado acordar una serie de códigos y convenciones con los cuales construyen sus discursos para describir sus distintos objetos de estudio (Mosterín 1978).

Con el advenimiento de los computadores y su inserción en el campo de las ciencias, la consolidación y la complejidad de los códigos de comunicación y del lenguaje, para hablar con especificidad en los distintos campos del saber está alcanzando cada vez más niveles de sofisticación tales que sólo son asequibles a un número muy reducido de científicos

alrededor del mundo; esto es particularmente cierto en el campo de las ciencias del ambiente en donde por su propia naturaleza, para explicar por ejemplo la constitución interna de la tierra o la dinámica de las aguas subterráneas, se requiere apelar a modelos de simulación computacional. En el terreno de la simulación de procesos por computador, muchas veces tanto el estudiante como el docente necesitan acudir no solamente al conocimiento y a la interpretación de los códigos propios de las ciencias sino además al conocimiento de los códigos y convenciones propias de los lenguajes de computadores, ver a manera de ilustración (Helgeson H., Johnson W. y Oelkers E.1992).

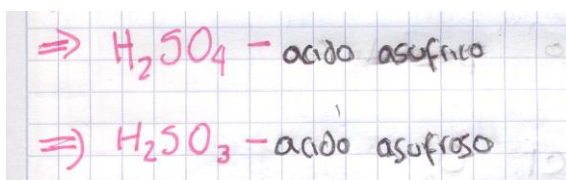
El lenguaje, como una de las potencialidades humanas, comienza su evolución en las edades más tempranas del desarrollo del niño, a partir de su interacción primero con el medio más cercano y luego, con ambientes más amplios y distantes de sus ambientes originales, entre ellos el contexto educativo. Cabe recordar en este momento que ya Vygotsky en los años sesenta había destacado el hecho de que el uso de las palabras por parte de los niños les ayuda a desarrollar los conceptos (Vygotsky, 1962). Cuando el niño o el adolescente entra en contacto con las ciencias, en el medio escolar, se ve abocado a aprender una nueva “forma de hablar” a utilizar esos nuevos códigos y convenciones para expresarse de manera oral y escrita con ellos, a aprender nuevas palabras; guardando las proporciones, se encuentra en una situación semejante al aprendizaje de una segunda lengua.

En este proceso de adquisición y de uso de nuevos símbolos y convenciones, presumiblemente, el joven pasa por situaciones semejantes a las que se presentan durante la adquisición de una segunda lengua; estas etapas, a través de sus indicadores, tanto para el

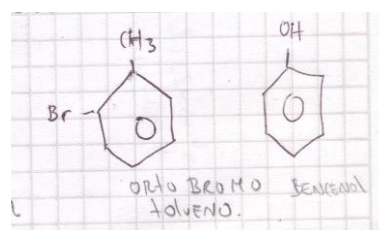
caso de la ciencia como para la segunda lengua se pueden ver reflejadas en los resultados de las evaluaciones. Una de estas situaciones, en el contexto de una segunda lengua, es la llamada “interlingua” durante esta etapa el aprendiz crea sus propias expresiones utilizando parte de la lengua materna y parte de la nueva lengua. Es común en estudiantes de inglés, por ejemplo, encontrar palabras o expresiones como: *actually*, que se homologa y se utiliza equívocamente en traducciones o expresiones del español como actualmente.

De manera similar, en el proceso de aprendizaje de la química, o de una ciencia en general, se puede observar cómo en las evaluaciones, el estudiante trata de demostrar que sabe un concepto o un principio, haciendo uso de palabras de la lengua materna para significar conceptos o para describir contextos de la ciencia, es el caso por ejemplo de palabras como ácido *azúfrico* para nombrar el ácido sulfúrico o *bencenol*, para mencionar el fenol.

Figura No. 6:



(a) Texto elaborado por un estudiante para denominar el ácido sulfúrico y sulfuroso respectivamente.



(b) Texto elaborado por un estudiante para denominar el fenol.

En el primer caso, en el aprendizaje de una segunda lengua, tiene que pasar un tiempo cuya duración es relativa para cada individuo, durante el cual debido al uso continuo de una palabra o de una expresión, o por un proceso de autorreflexión, el aprendiz logra asignar a dicha palabra o expresión el significado correcto que tiene en la nueva lengua y lo incorpora a su forma de expresarse de manera espontánea. Una situación semejante sucede

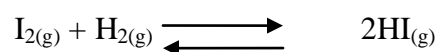
en el aprendizaje de las ciencias, desde el momento en que el estudiante se pone en contacto con la terminología científica hasta el momento en el cual logra incorporarla a su forma de expresarse transcurre un tiempo que es también relativo para cada persona. Este es un aspecto muy importante en el aprendizaje de las ciencias dado el alto volumen de información científica que se exige para los estudiantes de ciencias con una intensidad horaria baja y una alta exigencia en los niveles de aprendizaje, el tiempo asignado no necesariamente es el suficiente para que los alumnos se familiaricen y sobre todo para que de manera reflexiva y consciente asignen a los distintos términos, expresiones y símbolos, el significado correcto en el contexto de una ciencia.

Se debe tener en cuenta, que en el caso del aprendizaje de una segunda lengua, usualmente éste proceso se lleva a cabo de manera intensiva y a partir de cursos continuos, además que la incorporación y dominio del lenguaje se ve favorecido por la inserción posterior del sujeto en la vida cotidiana de una cultura donde la lengua que se aprende se usa y se practica. En relación con las ciencias naturales este no es el caso, el proceso es menos intensivo y continuo con lo cual el olvido entra a formar parte importante del desempeño de los estudiantes, en relación con este aspecto vale la pena recordar además que en el caso Colombiano la intensidad horaria en la educación básica para la enseñanza de las ciencias es muy baja. Entonces si el contacto con la terminología científica es poco y además requiere un gran esfuerzo para su aprendizaje, en muchas situaciones, el tiempo requerido para su asimilación con significado puede disminuir el progreso de algunos estudiantes.

Sin embargo, en los dos casos, tanto en el contexto del aprendizaje de una segunda lengua como en el caso del aprendizaje de una ciencia, es posible “acelerar esos procesos de asignación de significados” con el apoyo de un docente y muy seguramente con la vivencia y el ejercicio de la cotidianidad.

Lo descrito anteriormente adquiere un mayor sentido con el análisis de un ejemplo de aprendizaje de uno de los temas de la química extraído de la literatura; las dificultades que presentan los estudiantes para entender el equilibrio químico y que están relacionadas con la adquisición y asignación de significados a ciertos símbolos y convenciones empleados para describir y dar explicaciones de este tema. (Gómez Crespo y Díaz Martín 1995, Quílez-Pardo, J. E Sanjosé-López, V, 1995).

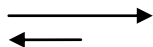
De manera específica, como ilustración se muestra lo que sucede con un sistema en equilibrio como el que se representa por la siguiente ecuación:



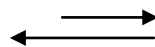
Para escribir una ecuación química es común emplear una flecha con dirección hacia los productos, \longrightarrow indicando que la reacción procede de izquierda a derecha, desde los reactivos hacia los productos, y cuando se trata de describir una reacción reversible emplear una doble flecha con direcciones opuestas así: \rightleftharpoons

Las flechas en sentido contrario indican que la reacción procede en ambas direcciones y que se establece un equilibrio dinámico entre los reactivos y los productos de la reacción.

Así mismo, para indicar que un equilibrio está desplazado hacia los reactivos o hacia los productos se usan flechas con diferentes sentidos y longitudes, por ejemplo dos flechas como las que se ilustran enseguida, significan que el sistema está desplazado hacia los productos:



Por el contrario, si las dos flechas tienen la orientación y longitud que se ilustran a continuación significa que se está describiendo un equilibrio desplazado a la izquierda, es que el equilibrio se desplaza hacia los reactivos.

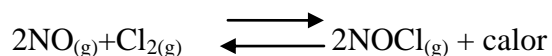


En este sentido, ya desde los años setenta, investigaciones adelantadas por Johnstone habían demostrado que estudiantes de edades comprendidas entre los 17 y 18 años encontraban dificultad para comprender que el sistema representado se encontraba en equilibrio, es decir, que en esta situación las velocidades de reacción fueran iguales en ambos sentidos; según este investigador, en muchos casos los jóvenes en su lugar asociaban esta notación con la intensidad de la velocidad de la reacción; para muchos de ellos esta notación significaba que la velocidad de la reacción hacia la izquierda era mayor que la velocidad hacia la derecha o viceversa (Johnstone, y otros 1977). Obsérvese que en este caso la dificultad se origina en el hecho de que “se olvida” que esencialmente un equilibrio químico es un estado dinámico de un sistema, una reacción química, en donde la velocidad de reacción hacia los productos es igual a la velocidad de reacción hacia los reactivos independientemente de que haya más o menos cantidad de productos o más o menos cantidad de reactivos.

En otras investigaciones realizadas por Camacho y Good (Camacho y Good 1989; Hackling y Garnet, 1985 y Rocha A., García E. y Domínguez J., 2000) se encontró que muchos estudiantes asociaban directamente la notación de la doble flecha con diferentes longitudes a la extensión de la reacción y la variación de la velocidad, esto es, con la aceleración o desaceleración del proceso; en efecto, se presentaba cierta tendencia a pensar que la velocidad de la reacción hacia la derecha aumentaba con el tiempo con lo cual la cantidad de productos que se producía era también mayor.

Otra dificultad de aprendizaje muy común que se presenta en el estudio del equilibrio químico y que ha sido estudiada por Hacklin y Garnet al investigar el equilibrio que se establece entre el Cloro y el Monóxido de nitrógeno, es la asociación equívoca que se hace de igualdad de masas entre reactivos y productos (Hacklin y Garnet, 1985).

Para el caso del equilibrio mencionado, que se establece cuando el monóxido de nitrógeno reacciona con el cloro para producir cloruro de nitrosilo, cuyo proceso se representa mediante la ecuación,



Estos autores encontraron que un alto porcentaje de estudiantes interpretaba, a partir de la estequiometría de la reacción, que cuando se alcanzaba el estado de equilibrio la concentración de Monóxido de Nitrógeno, NO, era igual a la concentración de Cloruro de Nitrosilo, NOCl_(g).

En términos de los autores antes mencionados éstas y otras dificultades que presentan los estudiantes para el aprendizaje del equilibrio químico tienen su origen y su explicación en el docente y su forma de enseñar; alternativamente o de manera complementaria, estas dificultades de aprendizaje pueden tener su origen y quizá su explicación en la carencia de construcción de un significado apropiado, que los estudiantes deben hacer, para cada uno de los símbolos y convenciones empleados en el tratamiento de este tema o en el olvido transitorio de ese significado en el momento de explicarlo.

De otra manera, el estudiante e incluso el docente, deben recordar que tanto la flecha como su longitud y/o su combinación, larga y corta, en una dirección o en las dos direcciones, corresponden a convenciones y símbolos que son externos al sujeto y que el significado que se le atribuya a una o a otra situación, no solamente son internos y propios de cada uno, sino que está mediado por la voluntad de asignarle el significado correcto en un contexto determinado; en este caso en el contexto del equilibrio químico, sin esa voluntad de hacerlo los significantes a lo sumo pueden quedar memorizados pero mecánicamente y sin ningún significado.

Por otra parte y tomando como base las ideas de Wellington (2001), Lemke (1998) y De Jong O. y Taber K. (2008) aprender ciencias es más que aprender palabras, tiene implicaciones que van más allá del lenguaje verbal, esto es más allá de la palabra escrita u oral; las ciencias se fundamentan además en diagramas, tablas, imágenes, figuras, cuadros, ecuaciones, fórmulas, dibujos y sus combinaciones con sus propias ventajas y limitaciones de expresión. Son estas ventajas y limitaciones las que determinan en un momento dado cuando una tabla es más importante por ejemplo que un dibujo, o una ecuación es más

apropiada que un párrafo o viceversa. El aprendizaje de las ciencias por lo tanto, implica aprender no solamente a elaborar estas formas de comunicación sino también a leerlas e interpretarlas de manera correcta, con los significados que les son propios en cada contexto.

Estos dos contextos del dominio conceptual de las ciencias, la elaboración adecuada de formas propias de expresión de significados o de comunicación y la interpretación correcta de los mismos, son escenarios donde se manifiestan y se gestan algunas dificultades de aprendizaje. Se gestan en la medida en que de conformidad con los estilos propios de aprendizaje y otras características individuales de los aprendices en sus procesos cognitivos no se dan los mecanismos requeridos para establecer con claridad el significado conceptual propio de los diferentes códigos de comunicación o sus relaciones entre ellos y se manifiestan en la medida en que a través de los productos que presentan los estudiantes en el aula un observador cuidadoso puede detectarlos y analizarlos.

Es pertinente destacar el hecho de que en relación con el tema del equilibrio químico otros investigadores han destacado como fuentes de dificultades de aprendizaje además de las ya descritas entre otras las siguientes: la concentración de la atención de los estudiantes solamente en los aspectos externos observables, la dificultad de algunos estudiantes para considerar un sistema en equilibrio representada por una ecuación química como una sola entidad, algunos de ellos tienden a considerar y a tratar el lado de los reactivos y de los productos como dos entidades separadas (Nakhleh,1992).

3.5. DIFICULTADES DE APRENDIZAJE DERIVADAS DE LOS CONOCIMIENTOS PREVIOS.

La investigación acerca de los conocimientos previos de los estudiantes y sus relaciones con el aprendizaje de las ciencias ha estado presente en el campo de la educación en ciencias ya desde los años 70 y 80; fue durante este período cuando este modelo alcanzó su mayor difusión (Driver y Easley 1978. Viennot 1979. Driver, R. Guesne. E. y Tiberghien, A. 1989); a partir de él se gestó una de las líneas de investigación en educación en ciencias más potente y sus contribuciones a la enseñanza de las ciencias puede considerarse de gran importancia (Duit, 2004).

Ha sido tal la importancia del estudio de las ideas previas y su impacto en la investigación en educación en ciencias, que autores como Driver y sus colaboradores en el centro de investigación sobre el aprendizaje de las ciencias en La Universidad de Leeds, en el Reino Unido, no dudaron en denominarlo el movimiento de concepciones alternativas. (Driver, 1988 y Driver y Oldham, 1986). De manera muy general, el movimiento de concepciones alternativas, sostiene que si se establece la información que un estudiante tiene acerca de los contenidos que debe aprender y posteriormente, en concordancia con esto, se diseñan, por parte del docente, estrategias de enseñanza entonces el aprendiz mejora sus niveles de aprendizaje. (Marín, Solano y Jiménez Gómez, 2001).

Los resultados de las investigaciones adelantadas en el contexto de este modelo han llevado, entre otras a las siguientes conclusiones: los estudiantes construyen estos conocimientos previos a partir de su continua interacción con el ambiente; no se trata de

conocimientos desarticulados sino que por el contrario presentan cierta organización y coherencia para ellos, esto es así hasta el punto de que algunos autores les han dado la connotación de pre-teorías; como tales. Estos conocimientos previos se encuentran fuertemente arraigados en la mente de los estudiantes y por tanto no son fáciles de erradicar. Esta dificultad explica, porque muchas veces el docente hace grandes esfuerzos para que sus estudiantes se alejen de esas ideas previas y en su lugar incorporen a su mente los conocimientos propios de las ciencias y los resultados que encuentra no siempre son positivos; muy pronto los estudiantes vuelven a hacer uso de sus esquemas conceptuales existentes en su mente con anterioridad a los conocimientos científicos que les ha enseñado el maestro (Duit, R. 2004).

Tomando como punto de partida los resultados a los cuales se ha llegado desde las investigaciones en el campo de las concepciones alternativas, por lo menos desde el punto de vista teórico, es posible postular que para muchos casos, los conocimientos previos de los estudiantes se constituyen en verdaderas barreras conceptuales que dificultan el aprendizaje de conceptos científicos. Desde el punto de vista anterior y asumiendo que el estudiante tiene interés y voluntad para aprender los conceptos y demás contenidos de las ciencias que se les enseña, se podrían presentar por lo menos las siguientes tres situaciones: los conocimientos previos que establece el docente en sus estudiantes no tienen ninguna relación con los contenidos que les quiere o les debe enseñar, no existe en la mente del estudiante ningún conocimiento al respecto de lo que va a aprender, para el estudiante la dificultad emerge entonces en la necesidad que se le crea de generar en su interior las estrategias apropiadas para incorporar a sus estructuras conceptuales los contenidos objeto de aprendizaje. Los conocimientos establecidos no son apropiados para relacionar con ellos

los contenidos que se les va a enseñar, en este caso, la dificultad podría emerger de la necesidad que aparece ahora para que el estudiante logre, con la ayuda del docente, hacer las modificaciones que requieran esos conocimientos previos para hacerlos adecuados y apropiados para la relación con los contenidos a aprender. Una tercera situación aparece cuando los conocimientos establecidos previos existentes en los estudiantes son incompletos o parciales, en este caso la dificultad emerge para el estudiante que de completar esos conocimientos, para luego relacionar con ellos lo que debe aprender.

De esta manera, para el docente se le presenta no solamente la tarea de determinar lo que el estudiante tiene en su mente alrededor del tema objeto de aprendizaje, sino también la de establecer en cuál de las tres situaciones mencionadas se encuentra lo que el estudiante tiene, dado que en cada caso la dinámica a seguir desde el punto de vista pedagógico es diferente.

A partir del estudio de las concepciones alternativas en ciencias ha sido posible producir algunas respuestas a la pregunta ¿por qué si el docente enseña los estudiantes no aprenden?

De conformidad con los hallazgos de la investigación en este campo, por lo menos en parte, la confusión y las concepciones alternativas que se forman los estudiantes cuando se enfrentan al estudio de los conceptos científicos pueden originarse en aspectos como los que se presentan en seguida y que han sido extraídos de la respectiva literatura, en particular de algunos textos producidos por el Missouri department of elementary and secondary education en el año 2005.

No siempre la velocidad con la cual evolucionan las ideas de los estudiantes en su mente es tan rápida como la velocidad con la cual se le presentan muchos conceptos y contenidos científicos en el aula, en los textos o en otras formas de enseñanza. En este sentido es pertinente tener en cuenta que en la actualidad en la comunidad científica existe preocupación por este aspecto; como se puede apreciar en la siguiente expresión proveniente del debate sobre la aplicación de los ambientes virtuales en educación; algunos pensadores “han expresado preocupación por que los ambientes virtuales de aprendizaje – y otros recursos electrónicos- permiten el acceso demasiado rápido a la información, con lo cual se puede desestimular la reflexión, la consideración de las ideas y los procesos de síntesis” (Martin, P.W, 2009, p. 312).

El lenguaje utilizado por los textos o los docentes en sus formas de enseñanza no siempre es el más claro y preciso; como se ha mencionado en la sección anterior algunas de las dificultades de aprendizaje se derivan del uso del lenguaje, este tópico ya había sido postulado por Alex Johnstone y sus colaboradores desde la década de los 80 (Cassels, J.R.T y Johnstone, A.H. 1984; Johnstone, A.H. 1997) y más recientemente retomado por Wellington y Lemke entre otros (Wellington 2001, Lemke 1998).

Los conflictos que se pueden presentar entre la experiencia cotidiana de los estudiantes los materiales de aprendizaje presentados por los textos y/o los docentes no han sido suficientemente explorados y entendidos. Si se tiene en cuenta que la educación en general y la educación en ciencias en particular tiene lugar en contextos sociales específicos, para un estudiante no siempre le es fácil hacer la transición del medio escolar al medio cotidiano cuando se trata de hacer transferencia de los contenidos supuestamente aprendidos sobre los

materiales, la materia y sus interacciones. El siguiente caso tomado de los resultados de esta investigación muestra como en los escritos realizados por un estudiante, que debía realizar una tarea extraclase ubicando ejemplos de sustancias puras elementales, compuestas y mezclas en un escenario como la cocina no logra hacerlo. Es de aclarar, que previamente se habían socializado y recordado estos conceptos en el aula de clase y como evidencia se presentan en la figura No. 10, en la parte (a) los apuntes tomados en el cuaderno por parte del estudiante y en la (b) el desarrollo de la tarea ya mencionada.

Figura No. 7: (a) Imagen de los apuntes de un estudiante en clase, acerca de los conceptos de sustancias elementales, compuestas y mezclas.

Las mezclas homogéneas son las que se muestran uniformes ante el ojo humano Ej: Agua, vino
 Las mezclas heterogéneas se observan los componentes de esto Ej: Pizco, ropero
 Mezclas son la unión de 2 o más sustancias en la que cada una conserva su propia identidad química y sus propiedades
 Las sustancias puras son aquellas que son uniformes que no se separa sus componentes por métodos físicos, es decir un material que tiene una composición con las propiedades definidas Ej: Agua, sal
 Sustancias elementales son las sustancias que no pueden descomponerse en sustancias más simples, esto formado por mismo átomo
 Sustancias (elemento) compuestas constituido por dos o más elementos tiene diferentes átomos

(b) Imagen de la tarea desarrollada por el mismo estudiante tratando de ejemplificar los apuntes del cuaderno.

Sustancia Elemental	Sustancia Compuesta	Mezcla
sal	pató	tinto
azúcar	pan	carne asada
café	ropo de arroz	café con leche
huevo	aceite	chocolate
Frijoles	arroz	Huevo frito

Como se observa en los apuntes del cuaderno existe una buena aproximación a diferenciar una sustancia pura de una mezcla y una sustancia elemental de una compuesta; sin embargo el estudiante no ha logrado llegar a un nivel de significación conceptual que le

permita usar estos conceptos en un contexto cotidiano y poder hacer esta diferenciación, pues en los ejemplos que presenta ninguno corresponde a la categoría seleccionada casos como estos son fuente de ideas alternativas.

La introducción de muchas definiciones, fórmulas o algoritmos científicos que son de naturaleza abstracta no son los suficientemente significativos o convincentes para los estudiantes dado que no se han familiarizado antes con las ideas y conceptos a los cuales se refieren. Esto es particularmente cierto si se tiene en cuenta que usualmente los estudiantes se enfrentan de manera inmediata a una serie de actividades relacionadas con los conceptos enseñados o discutidos en clase, esta aproximación conduce a procesos de verificación antes que a situaciones de cuestionamiento y resolución de problemas donde los alumnos puedan construir un entendimiento propio de lo que hacen con base en sus observaciones y el análisis de evidencias recogidas por ellos mismos. En relación con esta punto vale la pena recordar que en muchos casos prima la necesidad de “cumplir con un programa” o una determinada cantidad de contenidos sobre el aprendizaje de los mismos o el desarrollo de ciertas formas de pensar de los estudiantes. En realidad, una de las críticas que con frecuencia se hace a las aproximaciones a la enseñanza por investigación y al aprendizaje basado en problemas es justamente esta, son procesos que requieren de mucho tiempo y no se alcanzan a terminar los programas; los jóvenes no alcanzan la claridad necesaria y se forman su propias interpretaciones al respecto. (Escalante P. 2012 [en línea]).

Muchas veces se espera que el entendimiento y el aprendizaje de conceptos, se produzca en los estudiantes como resultado simplemente de la enseñanza o de la lectura de un texto de forma inmediata, sin permitirles que ellos exploren y se convenzan a sí mismos de

aquello que se busca que aprendan. Lo anterior, es contrario a la idea bien conocida hoy de que se necesitan procesos de auto-reflexión y autorregulación como fundamento del aprendizaje. (Pinzón, J.A 2012.) La enseñanza de conceptos de manera “impositiva” no permite que los estudiantes tengan un espacio de tiempo para construirles su propio sentido a partir de la exploración y la reflexión personal sobre las ideas o los modelos que deben aprender y el resultado es una idea alternativa o incompleta de lo que se debe aprender.

Las creencias y auto-explicaciones de ciertos fenómenos de la naturaleza que se han formado por intuición y experiencia personal vivida mucho antes del ingreso formal a la escuela, hacen que lo nuevo que se les enseña a los estudiantes o que ellos leen en los textos les parezca contradictorio y poco real o útil. Como se recordará, una de las características de las concepciones alternativas es su tenacidad; una vez formadas en la mente de un sujeto son difíciles de erradicar; es por esto que en la mayoría de los casos la acción escolar se muestra poco eficiente para erradicarlas; por esta razón, muchas concepciones se mantienen en la mente de los alumnos incluso luego de grandes esfuerzos y acciones de los docentes para modificarlas (Driver, R 1986; Peterson y Treagust 1989) y desencadenan la formación de otras.

Con relación al significado de la expresión, concepciones alternativas se precisa que para todos los efectos, su significado trasciende el de conocimientos previos, se trata de formas de ver el mundo relacionadas con un tema o un concepto científico no necesariamente asociadas a los prerrequisitos necesarios como conocimientos previos para su aprendizaje, estas concepciones en un estudiante bien podrían estar alejadas del lenguaje

propio de la química. Lo anterior, sin entrar a la compleja discusión propia del movimiento de concepciones alternativas que no es objeto de esta tesis.

Cuando las ideas o creencias previas de los estudiantes no se conocen de antemano, por parte de los docentes o ellos no les asignan la importancia que tienen en relación con el aprendizaje en los contextos escolares no se crean las condiciones requeridas para que el estudiante, por sí mismo, se dé cuenta de la existencia y el valor que tienen otras visiones explicativas de los mismos fenómenos y por tanto mantienen las propias explicaciones inmodificables. En estos casos por lo general los estudiantes hacen el esfuerzo de aprender las nuevas teorías y/o conceptos de manera transitoria, mientras adquieren la nota de aprobación del curso (Cárdenas 2010).

Con frecuencia se asume que un estudiante ha alcanzado un alto nivel de aprendizaje solamente porque evoca o utiliza bien una determinada terminología científica sin buscar otras evidencias como indicadores de que en realidad ha entendido su significado; también es común aceptar, por parte de algunos docentes sobre todo con miras a la evaluación, el hecho de que sus estudiantes sean capaces de resolver ejercicios de lápiz y papel que conducen a una respuesta correcta, mediante la aplicación mecánica de una fórmula o de un algoritmo matemático. La mera aplicación de manera correcta de un algoritmo matemático no necesariamente implica entendimiento conceptual significativo de los conceptos (Tacettin y Nurtac 2003; Raviolo, A. 2001; Mitchell y Nakhleh 1993) es más, las investigaciones de estos dos autores los han llevado a sugerir dos clases de estudiantes en el contexto del aprendizaje de las ciencias; aprendices conceptuales y aprendices algorítmicos; según ellos la diferencia fundamental entre estas dos clases es que los primeros son más

avanzados en su formación teórica y menos preocupados por la dualidad concepto y algoritmo, que los segundos, tienden a pensar de manera más integrada y muestran una orientación más situacional y puntual en su forma de enfrentar la resolución de un problema (Nakhleh,1992). De esta forma, el uso de la terminología científica per se no conlleva de manera automática un entendimiento y comprensión de los respectivos significados asociados a ella y por tanto pueden ser causa de formación de ideas alternativas.

Por otra parte, en desarrollo de las ideas relacionadas con el ineficiente proceso de aprendizaje de las ciencias, no es sorprendente encontrar situaciones en la cuales, en las clases prácticas la experiencia o mejor el experimento, se lleva a cabo por el docente; en esta práctica el estudiante participa como observador y no tiene la oportunidad de manipular los materiales y explorar las situaciones de manera individual o en pequeños grupos. De esta manera, la ventaja que podría sacar un estudiante de una práctica de laboratorio fundamentada en el trabajo personal apoyado en procesos de cuestionamiento y búsqueda de respuestas a preguntas planteadas de manera sistemática, quizá contrastando las ideas previas con las evidencias de la misma, se desvanece y se reduce algunas veces a una expresión de sorpresa y de maravilla; en ningún momento este tipo de enseñanza considera importante en su proceso la mentalidad inquisitiva y cuestionadora de los estudiantes como principio para el desarrollo de una aproximación científica (Anderson, 2002).

Muchos de los fenómenos estudiados por la ciencia que son de naturaleza dinámica, cambiante e incluso tridimensional, se presentan en los textos o en las explicaciones de los docentes de manera bidimensional o estática (Brandley y Brand 1985) y cuando se usan

modelos para representarlos, en una intención del docente por ser didáctico, el estudiante puede quedarse con el modelo y no con la representación propiamente dicha del objeto representado. Es muy común en el campo de la química orgánica, por ejemplo, estudiantes que luego de haber tenido la oportunidad de explicar el modelo tetraédrico para la molécula de metano, proveniente de una hibridación $4sp^3$ de orbitales s y p , pensar que si los científicos lograran construir un microscopio con un poder de resolución tal que logre aislar moléculas del gas, seguramente ante ellos aparecería la figura del tetraedro y sus ángulos de $109^\circ, 28'$.

El uso cotidiano de ciertos términos y expresiones o incluso su forma de presentación, que también se emplean en contextos científicos con frecuencia hacen que el estudiante se confunda en su uso y por tanto su desempeño se vea seriamente afectado (Cassels y Johnstone 1984); no siempre el estudiante logra desprenderse de este significado cuando lo debe usar en las ciencias. Esta situación junto con el uso de analogías y metáforas que se emplean como estrategias didácticas pueden conducir a la generación de dificultades de aprendizaje bien sea porque las analogías no son completas o no se alcanzan los niveles de diferenciación requeridos entre tales analogías o comparaciones y los objetos o fenómenos a lo cual hacen referencia dichas analogías.

Algunas ideas simplemente presentan un nivel tan alto de abstracción que no pueden ser percibidas con significado por los estudiantes que apenas se encuentran en niveles de pensamiento concreto; el caso de los espacios vacíos entre los átomos o las moléculas o sus respectivos orbitales y en el campo de las ciencias ambientales, o la existencia de un vacío

en el espacio interestelar; como lo muestra el siguiente diálogo con un niño de aproximadamente 12 años luego de ver una película en televisión:

El niño: ¿Entonces entre una estrella y otra en el cielo hay vacío?

Docente: Sí

El niño: y ¿qué es el vacío?

Docente: el vacío es la ausencia de todo, allí no hay nada.

El niño: ¿pero la ausencia de todo está entre las estrellas?

Docente: guarda silencio.

El niño: “entonces yo puedo ir en una nave espacial y por la ventana saco un tarro y lo lleno de vacío y lo traigo”

Ejemplo tomado de un diálogo en clase entre la autora y un estudiante de quinto grado.

Las dos últimas afirmaciones del niño parecen mostrar claramente que en su mente no se ha producido la asignación de un significado apropiado al término vacío dado que en los dos casos lo asocia a algo y quizá ese algo es material, tangible al punto de que se puede incluso recoger en un recipiente y traerlo, el estudiante se queda con la idea de que el vacío es algo de naturaleza material.

Finalmente algunos de los mejores estudiantes “académicamente” memorizan muchos de los conceptos y principios con lo cual tienen éxito en el ambiente escolar pero que más tarde cuando los necesitan aplicar o transferir esta misma memorización es causa de confusión o de dificultad para su entendimiento. Esta situación es particularmente

importante y se aprecia con frecuencia cuando un estudiante memoriza una fórmula y luego trata de hacer uso de ella aplicándola a la solución de un problema que se ubica en dicho contexto. La situación típica se presenta con la ecuación combinada de los gases en la cual no basta con memorizar la expresión $V_0 T_1 P_0 = V_1 T_0 P_1$ para aproximarse con éxito a la solución de un problema relacionado con el cálculo del volumen de un gas cuyas condiciones cambian de un estado inicial a otro final; es preciso tener en cuenta los efectos que causa sobre el volumen el aumento o la disminución de la presión o de la temperatura para no asignar al azar sus valores cada una de las letras que las representan en la fórmula; sin esa claridad conceptual, que se alcanza mediante un proceso continuo y paulatino que lleva de la memorización al establecimiento de significados (Ausubel, Novak y Hanesian 1983, Novak y Gowin 1984 y Ebenezer, 1992; Novak, 1998) muy seguramente se asignan valores en contra de las leyes que gobiernan el comportamiento de la materia en estado gaseoso.

3.6. DIFICULTADES DE APRENDIZAJE DERIVADAS DE LA INCOHERENCIA ENTRE LOS ESTILOS DE ENSEÑANZA DE LOS DOCENTES Y LOS ESTILOS DE APRENDIZAJE DE LOS ESTUDIANTES.

El tema de los estilos de enseñanza y de los estilos de aprendizaje ha sido objeto de continuas investigaciones dentro de un gran campo de investigación en educación conocido como estilística educativa. El fundamento básico de la investigación estriba en el hecho de que tanto los docentes como los estudiantes, en razón de su condición humana son únicos e irrepetibles, cada uno tiene sus propios rasgos y sus propias características que los hacen muy particulares.

No obstante, en el caso de los docentes, en la medida que ejercen su función y, producto en alguna medida, de sus características propias y quizá, en mayor grado producto de su interacción con el medio, desarrollan ciertas formas particulares de pensar y de actuar en el aula que los hacen identificables y diferentes unos de otros; este conjunto de formas de pensar y de actuar de los docentes que se encuentran presentes en el ámbito escolar, se conoce como estilo de enseñanza. Quizá el autor que más dedicó tiempo a investigar y a caracterizar los estilos de enseñanza de los docentes fue Grasha (Grasha, A. 1996). Este investigador logró establecer cinco estilos de enseñanza: experto, autoridad formal, modelo personal, facilitador y delegador. Para él, los docentes poseen los estilos de enseñanza mencionados en distintos grados y los emplean según las circunstancias, esto es, según los estilos de aprendizaje de los estudiantes, la materia a enseñar, la propia personalidad y el número de estudiantes en un determinado curso, entre otras circunstancias. Desde este punto de vista los estilos de los docentes pueden, dentro de ciertas limitaciones, organizarse en varios grupos a partir de los llamados estilos primarios. Dos de estas combinaciones son experto-autoridad formal y delegador-facilitador-experto. Para una mayor profundización en los estudios investigativos acerca de los estilos de enseñanza y sus formas de investigarlos véase las investigaciones de Grasha y Oviedo, Zapata y Cárdenas (Grasha, A. F. y Riechmann, S. W. 1974. Grasha, A. 1996 y, Oviedo P, Zapata P. Cárdenas F. 2010).

De la misma manera que con los docentes, en el caso de los estudiantes, en la medida en que avanza su desarrollo tanto, desde el punto de vista psicológico como cronológico, se van poniendo de manifiesto ciertas potencialidades que les son características y que en su conjunto se manifiestan como un perfil o estilo de aprendizaje. De conformidad con las

investigaciones de Grasha y sus colaboradores, se han identificado los seis estilos de aprendizaje que se mencionan enseguida; tales estudios se han realizado a partir de las actitudes de los alumnos hacia el aprendizaje, sus expectativas acerca de los compañeros y de los maestros, así como también de sus reacciones ante los procedimientos didácticos dentro del salón de clases: participativos, competitivos, dependientes, elusivos, colaborativos e independientes (Grasha, A. 1996).

Tanto en el primer caso, con los estilos de enseñanza, como en el segundo caso, con los estilos de aprendizaje, la importancia de su investigación radica en que cuanto más se conozca de ellos mayor es la posibilidad de mejorar el proceso de enseñanza y de aprendizaje. De hecho, se sabe que cuando un docente conoce bien su estilo de enseñanza y los resultados que obtiene con él, su perfeccionamiento de manera consiente le ayuda a obtener cada vez mejores resultados. De igual manera, cuando a un estudiante desde temprana edad se le ayuda a identificar su estilo de aprendizaje, el conocimiento y con ello el aprovechamiento de ciertas potencialidades que le son propias le ayudan a ser un aprendiz cada vez más eficiente. En general, no parece haber duda de que cuanto más un ser humano conozca sus fortalezas y sus debilidades, más fácilmente puede obtener progresos haciendo uso de las primeras, tratando al máximo de evitar las segundas o haciendo esfuerzos para mejorarlas.

Ya en el terreno del aula de clase las dificultades de aprendizaje pueden, en un momento dado, emerger cuando el estilo particular de enseñanza de un docente “choca” contra el estilo o los estilos de aprendizaje de sus alumnos.

Las siguientes situaciones basadas en los estilos de enseñanza y de aprendizaje propuestos por Grasha (Grasha, A. 1996) ilustran los planteamientos anteriores: cuando un estilo de enseñanza es altamente delegador, es decir el docente da libertad al alumno para que sea lo más autónomo posible, lo motiva para que trabaje en proyectos de forma independiente o en pequeños grupos y él funge solamente como consultor del proyecto; si se encuentra con un estudiante cuyo estilo de aprendizaje es altamente dependiente, es decir, que manifiesta muy poca curiosidad intelectual y aprende sólo aquello que tiene que aprender, se limita a lo visto en el aula de clase, y concibe al docente e incluso a sus compañeros como figuras de guía y/o autoridad para realizar sus actividades, se presenta muy poca afinidad entre el estilo de enseñanza y el estilo de aprendizaje. Esta carencia de acople entre los dos estilos es una fuente de dificultades de aprendizaje.

Una situación semejante se presenta en el caso de un docente cuyo estilo de enseñanza se caracterice por la autoridad formal; es decir, mantiene su status entre los estudiantes por su conocimiento y por su posición dentro de la escuela, ofrece retroalimentación efectiva a sus alumnos con base en los objetivos del curso, sus expectativas y los reglamentos institucionales, se preocupa por aplicación de la normatividad correcta y aceptable dentro de la institución y ofrece conocimiento estructurado a sus estudiantes y, al frente existe un estudiante que se caracteriza por ser elusivo, es decir, manifiesta poco interés por la clase, se mantiene aislado de todos, es apático y en general, se manifiesta desinteresado por las actividades escolares y no le gusta estar mucho tiempo en el aula. Como en el caso anterior, no es muy difícil establecer que entre un docente de las características descritas y un estudiante así tipificado se puedan presentar incompatibilidades que fácilmente conlleven a dificultades de aprendizaje.

En síntesis, como fuente de dificultades de aprendizaje, la incoherencia entre los estilos de enseñanza y de aprendizaje, está directamente ligada a la condición humana de los docentes y de los estudiantes; ambos por pertenecer al género humano, como individuos, tienen sus propias características y peculiaridades que los hace únicos y, por lo menos en parte, estas peculiaridades se hacen presentes en la forma de enseñar, estilos de enseñanza y en la forma de aprender, estilos de aprendizaje.

Muchas de las dificultades, no solamente de aprendizaje como tales, sino también de relaciones humanas entre docentes y estudiantes, que se observan con frecuencia en los contextos educativos actuales quizá tengan su origen o por lo menos explicaciones parciales en la convergencia en el aula de clase de docentes y estudiantes con estilos de enseñanza y de aprendizaje que son incompatibles.

Por otra parte, ya desde comienzo de los años 90 se conoce el hecho de que los alumnos prefieren que sus docentes utilicen estrategias didácticas que sean más acordes con sus características motivacionales (Martín Díaz M.J y Kempa. R. F.1991). De hecho partiendo de las categorías motivacionales planteadas por Adar, (Adar, L. 1969) las investigaciones han permitido establecer que un docente en el aula de clase puede encontrarse con estudiantes curiosos, sociables, autónomos y consientes.

De conformidad con las categorías motivacionales mencionadas y aceptando que las inconsistencias entre los estilos de enseñanza y los estilos de aprendizaje, que son de naturaleza puramente cognitiva, pueden ser causa de dificultades de aprendizaje, también

las diferencias entre los estilos de enseñanza y las categorías motivacionales lo pueden ser; en un aula de clase, lo que es aceptable para las dimensiones cognitivas del ser humano es igualmente aceptable para las variables afectivas y viceversa.

Así, con todas las limitaciones que puedan presentarse en esta aproximación, para realizar una docencia que promueva el apoyo a los estudiantes en la superación de sus dificultades de aprendizaje, el docente debe conocer a sus estudiantes no solamente en sus características cognitivas sino también en sus características afectivas para diseñar e implementar en el aula de clase estrategias didácticas variadas; de esta manera, su acción puede apoyar a los estudiantes o grupos de ellos que se ubican en las diferentes categorías motivacionales.

Es necesario tener en cuenta, sin embargo, que ciertas estrategias pueden ser de gran utilidad para unos alumnos pero no para otros. Por ejemplo, si de antemano en un curso el docente puede conocer la proporción de alumnos conscientes, curiosos, sociables y autónomos o buscadores del éxito, para lo cual son de utilidad los test establecidos para este propósito (Adar, L. 1969) esto le permite, desde el comienzo, programar aquellas actividades y estrategias que más favorezcan a cada grupo. Si en una circunstancia determinada priman los estudiantes independientes o buscadores del éxito, quizá la mejor alternativa didáctica sea aquella fundamentada en el trabajo independiente y dirigido, el trabajo extraclase; si por el contrario, la mayoría de los estudiantes están ubicados en la categoría de sociables, tal vez la mejor alternativa didáctica sea la del trabajo en grupo; nótese que para los dos casos anteriores la estrategia de la clase magistral posiblemente no sea la mejor.

Cabe resaltar ahora que tanto en el caso de las dificultades de aprendizaje fundamentadas en las diferencias entre los estilos de enseñanza y los estilos de aprendizaje, como en aquellas derivadas de la inconsistencia entre los estilos de enseñanza y las características motivacionales, la investigación del docente en el aula y su experticia son fundamentales para una enseñanza que propenda por la superación de las mismas.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La enseñanza de la Química en los niños y en los jóvenes tiene entre sus objetivos además de una rigurosa formación para la vida, el objetivo de lograr que los alumnos y las alumnas lleguen a comprender y a explicar algunos de los fenómenos naturales que ocurren en el mundo que les rodea a partir de los conceptos y principios construidos por esta ciencia y estudiados en la escuela. Vale la pena decir que, la enseñanza de la química si bien no puede olvidar una formación del pensamiento de los estudiantes y por tanto unas altas relaciones sistemáticas del sujeto con la química propiamente dicha, cumple una función de formación de una manera particular y personal de relacionarse un ciudadano con el contexto natural y artificial donde se encuentra, esto es, con el entorno físico y el entorno social donde desarrolla su vida. En términos de Biggs J. y Cárdenas, cumple una función para el conocimiento declarativo y también para el conocimiento funcional, entendiendo el primero como el conocimiento expuesto por el docente ante sus estudiantes en el contexto de la química que conduce a la formación de estudiantes que se expresen de forma adecuada y rigurosa en química, y el segundo como aquel conocimiento que trascendiendo al anterior apoya a quien lo posee para establecer control sobre si mismo y sobre el ambiente que le rodea.

Sin embargo, durante su proceso de aprendizaje ellos se encuentran frente a algunas situaciones que lo hacen “difícil” pues como lo plantea Pozo (1998), para comprender y analizar las propiedades y transformaciones de la materia se deben dominar algunos conocimientos previos; los estudiantes de secundaria para alcanzar las metas de aprendizaje en química, deben interpretar leyes y conceptos altamente abstractos, deben aprender un

lenguaje muy simbólico y formalizado junto a modelos analógicos de representación que ayudan a la visualización de aquello que no es observable o, en términos de Pekdag (2010), se enfrentan a un proceso de entendimiento que se fundamenta en la asignación de significados a lo invisible e intangible; es decir, que estudiar química en el bachillerato representa una abstracción sobre lo abstracto. Para el caso particular del aprendizaje de las disoluciones y sus conceptos asociados se evidencian estos planteamientos, dado que los estudiantes deben tener claridad en el significado de conceptos como cambio físico y químico, soluto y solvente, sobre el proceso de disolución y utilizar adecuadamente el lenguaje con el cual la comunidad química opera con las unidades de concentración.

Sánchez y otros (1997), han estudiado las dificultades de aprendizaje del concepto de disolución en sí mismo y han identificado las siguientes:

1. Identificar una solución en estado sólido y gaseoso.
2. Entender las soluciones como un proceso físico.
3. Determinar la proporción en la que se encuentran los componentes de las disoluciones, el soluto y el solvente.
4. Aplicar el principio de conservación en los procesos de dilución.
5. Relacionar la concentración de una disolución con las propiedades de ésta.

Para lograr el aprendizaje de los conceptos asociados a las disoluciones usualmente se expone a los estudiantes a una metodología, que en términos de Porlán (1998), bien pudiera caracterizarse como tradicional. En esta metodología, el docente presenta sus conocimientos de manera oral, comúnmente apoyado en un texto; los estudiantes toman

notas, interrogan de vez en cuando al docente, realizan algunas tareas y estudian para los parciales y para los exámenes finales. Este procedimiento se acompaña, eventualmente, con algunas prácticas de laboratorio o con la realización de ejercicios de lápiz y papel como forma de comprobación o de ilustración de los contenidos enseñados en el aula.

Si bien es cierto, que en los últimos años la forma de enseñanza de las ciencias descrita anteriormente, ha venido cambiando, la metodología descrita en el párrafo anterior continúa siendo una práctica habitual en las instituciones educativas nacionales. Sin embargo, en el aprendizaje de los conceptos de la química (Sirhan 2007), es necesario buscar nuevas explicaciones a las dificultades de aprendizaje, pues las investigaciones que se han realizado plantean alternativas de solución básicamente, en el marco de las estrategias metodológicas desarrolladas en el aula por los maestros, atendiendo a que la dificultad radica en la “forma como” los maestros desarrollan sus clases o introducen los conceptos. Claramente estas aproximaciones de la investigación al tema, si bien han aportado al conocimiento del mismo, son limitadas y reducidas a dos de los factores que influyen en el proceso de aprendizaje: la naturaleza de los conceptos químicos y las formas de enseñanza.

Es pertinente por lo tanto tener en cuenta otros posibles factores que estando presentes en los contextos escolares, pueden actuar en un momento dado como causantes de dificultades de aprendizaje. Es el caso por ejemplo, de las relaciones entre la capacidad mental de los estudiantes y la demanda de las tareas, el grado de discriminación y significación conceptual asociado al dominio del lenguaje construido por los estudiantes o la inconsistencia entre los estilos de enseñanza y los estilos de aprendizaje. A lo anterior, se

adiciona el hecho que desde los antecedentes se deduce que en su mayoría la investigación de las dificultades de aprendizaje asociadas a los conceptos relativos a las soluciones se han centrado en la naturaleza de la química, la enseñanza, la evaluación y la percepción, dejando de lado otros aspectos particularmente los que se abordan en esta tesis.

En la presente investigación se pretende proponer otras explicaciones a estas dificultades de aprendizaje las cuales, trascendiendo la naturaleza de los conceptos químicos y las metodologías de enseñanza, permitan generar nuevo conocimiento acerca del tema y pueda ser utilizado por los maestros de química en el aula para mejorar su desempeño y el rendimiento académico de sus estudiantes.

Así, la presente tesis pretende de una parte construir y ampliar orígenes de las dificultades de aprendizaje y proponer otras explicaciones a estas dificultades las cuales, trascienden los tópicos mencionados en el párrafo anterior.

Con base en los planteamientos anteriores, se formularon como preguntas para esta investigación las siguientes:

¿Qué aportes y ampliaciones a las explicaciones de las dificultades de aprendizaje relacionadas con los conceptos asociados con las disoluciones, se pueden derivar de la relación entre la capacidad mental de los estudiantes, la demanda de las tareas y el uso que hacen del lenguaje?

¿Representan los programas guía de actividades una alternativa para disminuir la demanda de la tarea y por tanto una oportunidad para hacer de las dificultades de aprendizaje un medio de construcción de aprendizaje de los conceptos asociados con las disoluciones en estudiantes de grado undécimo?

5. PLANTEAMIENTOS TEÓRICOS.

La fundamentación teórica en esta investigación tiene tres componentes centrales; el primero referido al campo de la didáctica, el cual se aborda desde los planteamientos del aprendizaje por investigación; el segundo es el fundamento epistemológico donde se articulan la teoría de Piaget, la teoría del procesamiento de la información, los planteamientos de Pascual Leone y los estudios realizados en torno a la relación entre la capacidad mental y la demanda de la tarea. Finalmente, se discute el concepto de dificultad de aprendizaje desde sus orígenes hasta situarlo en el campo específico de las ciencias naturales.

5.1. LA ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE POR INVESTIGACIÓN

La investigación como forma de producir conocimiento ha existido desde que el hombre empieza a cuestionarse sobre los fenómenos que ocurren a su alrededor, está asociada a los procesos de indagación teniendo en cuenta tanto el razonamiento inductivo como el razonamiento deductivo para generar una respuesta a los interrogantes que él mismo se ha planteado a lo largo de la historia. Es claro sin embargo, que desde entonces hasta hoy esta actividad, la investigativa, no solamente se ha perfeccionado sino que también se ha diversificado y sofisticado desde el punto de vista teórico procedimental, pero ante todo tecnológico. (Hernández, y otros 2010, Flick, U.2007).

En el campo de la química la investigación surge como una forma de encontrar respuestas a preguntas que no han sido resueltas y por esto ameritan un proceso

investigativo. Los químicos puros hacen investigación en torno a las propiedades y transformaciones de las sustancias, síntesis de sustancias por optimización procesos, como es el caso del (-)-hennoxazole obtenido en la Universidad de Cambridge (Fernández y otros, 2012); procesos químicos en condiciones específicas que sean amigables con el ambiente y el desarrollo sostenible del planeta (Ekins y otros 2013). Actualmente, las investigaciones en química han traspasado las fronteras disciplinares de cada ciencia y se observan investigaciones en las que confluyen por ejemplo la biología y la química en la síntesis de proteínas anti-UV, por ejemplo, para construir un plásmido de levadura anti-UV y ser utilizado para la protección de células de la piel contra la radiación UV. Esta investigación demuestra la inducción y la construcción de genes anti-UV y la producción de sus correspondientes proteínas (Cuero y McKay, 2013). La química y la tecnología en la implementación de nanotubos de carbono en las construcciones, sus propiedades de tensión y menor densidad permiten mejorar la calidad del concreto; además buscan incorporar nano sensores que permitan monitorear el estado de conservación de los edificios, represas, puentes y carreteras, afectados normalmente por la contaminación, agentes bioquímicos y condiciones ambientales (Ariza y otros, 2013). Estas investigaciones muestran como el nuevo conocimiento en química permite solucionar problemas y aportar al crecimiento y la calidad de vida de la sociedad.

La investigación en didáctica de la química, por otra parte, se ha ocupado de problemas referentes a la enseñanza y el aprendizaje de esta ciencia. Las investigaciones realizadas en torno al pensamiento del profesor se ocupan de problemas como las concepciones de los maestros sobre la naturaleza de las ciencias, la enseñanza de las ciencias, el aprendizaje científico y las dimensiones del currículo de ciencias; el conocimiento profesional y

pedagógico de los maestros y los estilos de enseñanza entre otros. Los trabajos de Hewson y Hewson (Hewson ,1987, citados en Fernández, y otros 2002), por ejemplo, plantean que los profesores poseen preconcepciones acerca de la enseñanza que no concuerdan con lo que la investigación ha mostrado acerca de la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias.

Por otro lado, las investigaciones que se refieren específicamente a los estudiantes, se enmarcan dentro de los problemas de aprendizaje y las dificultades a las que se enfrentan los alumnos; estudiar química para los alumnos exige al menos tres niveles de comprensión, por una parte interpretar fenómenos en el macromundo mediante la observación directa y la relación con las leyes y teorías planteadas por las ciencias; por otra, elaborar abstracciones que le permitan comprender el micromundo a partir de los modelos científicos y finalmente lograr relacionar el mundo microscópico con la simbología propia de la química y elaborar explicaciones para el macromundo (Treagust y otros,2003).

Si bien la investigación en química como la investigación en didáctica de la química, resuelven problemas y generan un nuevo conocimiento en cada uno de los campos específicos a través de una investigación sistemática, empírica y auto-correctiva, es pertinente aclarar que por su propia naturaleza, aun cuando ambos se consideran tipos de investigación, es decir, presentan puntos de convergencia para su realización como el rigor metodológico y la producción de resultados que satisfagan una comunidad científica, Cohen, L y Manion, L (1989) no es lo mismo investigar en la química como disciplina que hacerlo en el campo de la enseñanza de esta ciencia. En el primer caso en general, se busca información válida y confiable tendiente a complementar las explicaciones del comportamiento de la materia en términos de los átomos y las moléculas, mientras que en

el segundo se busca proponer explicaciones para el aprendizaje y la forma de relacionarse el hombre con aquellos conocimientos mediante procesos pedagógicos y didácticos.

El modelo de enseñanza por investigación se fundamenta en hacer que el estudiante piense en términos de hipótesis, posteriormente las someta a verificación y contrastación rigurosa y poder generar un nuevo conocimiento para quien aprende o, en este caso para quien investiga. (Martínez, Torregrosa y otros, 1993, citados en Marin, 1997). Si bien, es pertinente aclarar que los anteriores autores han partido de la formulación de hipótesis para la enseñanza por investigación, dejando de lado la formulación del problema que justamente se constituye en la base para la formulación de hipótesis. En este contexto, la enseñanza por investigación implica la ubicación de los estudiantes en circunstancias semejantes a las que trabajan los científicos; bien sea empleando para tal efecto problemas o situaciones de la vida cotidiana o problemas y situaciones ya resueltas científicamente, pero que representan escenarios de innovación que requieren metodologías de trabajo nuevas para los estudiantes (Duschl y Gitomer, 1991; Gil, D.1993; Porlán, R. 1998).

Así, una enseñanza por investigación implica por parte del estudiante pensar, analizar y solucionar una pregunta o un problema, donde se deben tener en cuenta varios conceptos, leyes, teorías, principios y procesos de pensamiento en general para poder buscar una solución; en otras palabras, una pregunta de investigación es una pregunta que amerita un proceso investigativo en busca de su solución. Evidentemente, frente a lo planteado por los autores anteriores, en la actualidad asociado al llamado MEPI , Movimiento de Enseñanza por Investigación, se hace necesario precisar que si bien la investigación en química y en enseñanza, comparten el calificativo de investigación pretenden metas completamente

diferentes. La primera, busca generar conocimiento en relación con las explicaciones científicas propias de la disciplina química, mientras que la segunda no solamente procura explicaciones a los fenómenos referentes a la enseñanza de esos conceptos y la forma como el ser humano los aprende sino que se extiende a la búsqueda de alternativas para lograr su aprendizaje. Por las razones anteriores, en el caso de la investigación en educación en química se necesita dejar claro que bajo ningún motivo colocar al estudiante en condiciones de trabajar como lo hacen los científicos implica esperar resultados de naturaleza científica, pero si se puede esperar de esta alternativa introducir a los estudiantes en la rigurosidad del pensamiento científico y en la formación para la producción de nuevo conocimiento es decir para lograr en ellos, de conformidad con su desarrollo mental y cronológico por lo menos una introducción a la formación científica.

Tanto la investigación en química como la investigación en didáctica de la química, resuelven problemas y generan un nuevo conocimiento en cada uno de los campos específicos a través de una investigación sistemática, empírica y auto-correctiva.

El modelo de enseñanza por investigación se fundamenta en hacer que el estudiante piense en términos de hipótesis, posteriormente las someta a verificación y contrastación rigurosa y poder generar un nuevo conocimiento para quien aprende o, en este caso para quien investiga. (Martínez, Torregrosa y otros, 1993, citados en Marin, 1997). En este contexto, la enseñanza por investigación implica la ubicación de los estudiantes en circunstancias semejantes a las que trabajan los científicos; bien sea empleando para tal efecto problemas o situaciones de la vida cotidiana o problemas y situaciones ya resueltas científicamente, pero que representan escenarios de innovación que requieren metodologías

de trabajo nuevas para los estudiantes (Duschl y Gitomer, 1991; Gil, D.1993; Porlán, R. 1998). Así, una enseñanza por investigación implica por parte del estudiante pensar, analizar y solucionar una pregunta o un problema, donde se deben tener en cuenta varios conceptos, leyes, teorías, principios y procesos de pensamiento en general para poder buscar una solución; en otras palabras, una pregunta de investigación es una pregunta que amerita un proceso investigativo en busca de su solución.

Cada proceso investigativo requiere que el estudiante en su proceso de aprendizaje se familiarice con la selección y la delimitación de un problema que pretende solucionar, que se formule una o varias preguntas, que diseñe caminos para responder a esa (s) pregunta (s) y por tanto resolver el problema. Forma parte del proceso anterior, el ejercicio de formular nuevos problemas o nuevas preguntas que emergen de la realización de dicha investigación. En otros términos, se espera que los estudiantes aprendan mejor los conceptos de la ciencia siguiendo los caminos empleados por los científicos para hacerlo.

Por medio de un proceso investigativo es probable que se disminuya la demanda de una pregunta, dado que a través de ese proceso se pueden mejorar las estrategias existentes en un sujeto para procesar información y postular otras para mejorar este proceso y por lo tanto disminuir la demanda de las preguntas.

Es indudable que la implementación del modelo de enseñanza y aprendizaje por investigación en el aula de clase, exige un cambio de prioridades por parte del docente. Si las metodologías tradicionales de enseñanza se centraban casi totalmente en los contenidos conceptuales y con un especial énfasis en el conocimiento de hechos y datos, las propuestas

basadas en la investigación escolar ubican el énfasis tanto en el desarrollo de las capacidades generales de la persona, habilidades intelectuales, afectivas y motoras, autonomía, creatividad, cooperación, sentido crítico y objetividad entre otras, como también en el aprendizaje de los principales esquemas conceptuales, actitudinales y procedimentales, requeridos para la producción de conocimiento (Gagliardi,1986) . En consecuencia, en la aproximación a la enseñanza por investigación hay menos tiempo e incluso posibilidades para cubrir todos los contenidos fácticos y conceptuales que son habituales en el currículum tradicional de química y por tanto, se demanda la puesta en práctica de una reducción efectiva de los contenidos y/o de la búsqueda de alternativas para una enseñanza más eficiente de los mismos.

Así, la elaboración de actividades de investigación en el aula, implica una puesta en marcha de formas de trabajo que incluyen desarrollos más lentos de tareas más complejas, esto ha llevado a diseñar, experimentar y promover la adopción de nuevos esquemas organizadores del conocimiento escolar, por proyectos, por unidades didácticas globalizadoras, por conceptos o por principios estructurantes, por tópicos o por problemas de manera muy diferente a los currículos enciclopédicos tradicionales donde se permite poco la participación activa del estudiante.(Sánchez y otros, 1997; James H y Samuel N., 1981, Jaminka K. y otros, 2005; Gagliardi,1986; Harlen W., 1994).

Con estos planteamientos se hace un gran aporte desde los procedimientos y la lógica de las ciencias a la enseñanza de éstas con el diseño de los PGA, ya que permiten generar espacios de aprendizaje donde el estudiante hace una investigación, entendida esta cómo enfrentar a la solución de preguntas de alta demanda para la cuales existe una respuesta

pero no es evidente para el estudiante, en torno a los conceptos asociados con el estudio de las disoluciones; los PGA se constituyen en orientaciones metodológicas que permitan dar respuesta a la pregunta de alta demanda, lo cual lleva a los docentes a asumir un rol de orientador de este proceso y por tanto facilitar el aprendizaje de las ciencias, mediante la organización curricular de los contenidos, a diseñar actividades procedimentales que impliquen en el estudiante, observar, comparar, clasificar, medir, seriar, inferir y concluir; desarrollar habilidades cognitivas, procedimentales y actitudinales que el estudiante podrá usar en el campo de las ciencias y fuera de ella. De esta manera se estaría potencializando no solo el aprendizaje de las ciencias sino el desempeño del sujeto en otras dimensiones del conocimiento.

Sin embargo, en este modelo no se tienen en cuenta los mecanismos de asimilación que realiza el alumno en su aprendizaje; adolece de una explicación de cómo el estudiante logra superar la dificultad de la pregunta problema que se le plantea y que amerita un proceso investigativo; en otras palabras, este modelo establece una analogía entre los procesos de producción del conocimiento científico y los procesos de construcción del conocimiento por parte de los estudiantes, situación que para varios autores resulta ser simplista (Saltier y Viennot, 1985, citados en Marín 1997), pues desconoce los entramados conceptuales desarrollados a lo largo de la historia y que no se comparan con las manifestaciones de los estudiantes.

En esta investigación, se complementa el modelo de aprendizaje por investigación con la teoría del procesamiento de información, dado que al disminuir la demanda de una pregunta

de investigación, esto es, de alta demanda, se logra superar la dificultad de aprendizaje y se asegura el éxito en el desarrollo de la investigación.

5.2. LOS PGA Y EL APRENDIZAJE POR INVESTIGACION

Los PGA constituyen un conjunto de actividades organizadas en forma tal que generan en el aula un ambiente propicio para la construcción del conocimiento, para la resolución de preguntas y de problemas de manera coherente con el enfoque de aprendizaje por investigación. Si bien según Gil Pérez, (Gil, 1986), la elaboración de PGA debe girar en torno a una investigación aplicada y dirigida, en la cual el profesor tiene en cuenta los aportes y resultados de sus propias investigaciones y fundamentalmente los resultados producidos por los estudiantes a partir de diseños de solución a problemas que él mismo, el docente, ha planteado previamente, siguiendo los procedimientos propios de los científicos, en el contexto de esta investigación los PGA no están ceñidos estrictamente a este postulado, se asumen más como escenarios de presentación de actividades para ser realizadas por los estudiantes con miras al desarrollo de habilidades para el procesamiento de información, el desarrollo de actitudes positivas hacia las ciencias y ante todo, como forma de vincularlos de manera más estrecha y comprometida con sus procesos de construcción de conocimiento para que avancen más allá del aprendizaje memorístico de los conceptos asociados con las disoluciones. De esta manera, la dinámica en el aula, que genera un PGA, se centra en el análisis crítico de cada actividad desarrollada en busca de la solución al problema o a la pregunta de alta demanda conceptual, con lo cual se propone favorecer, en el estudiante el desarrollo de estrategias para procesar información y por tanto para disminuir la demanda de la tarea o de la pregunta.

Durante el desarrollo de un PGA, la continua interacción de los estudiantes entre sí y con el docente, propende por la búsqueda de explicaciones y por la construcción de respuestas a una pregunta, o por la solución a un problema planteado mediante la aplicación o el uso de conceptos lo cual exige del sujeto el aprendizaje de conceptos con significado y no solo memorizados. Es necesario que los aprendizajes que se den, tengan significado para cada uno de los estudiantes que participe en la construcción de una respuesta para determinada pregunta, ya que una explicación es ante todo un conjunto coherente de conceptos relacionados entre sí cuya elaboración implica en la mente de quien la propone la existencia de significados claros y precisos debidamente procesados y organizados; difícilmente se puede elaborar una explicación a partir meramente de conceptos memorizados. (Zayaz P. [en línea]).

El diseño y la elaboración de los PGA tendiente a disminuir la demanda conceptual en el aprendizaje de las disoluciones y en general en cualquier campo del saber, esta matizado entre otros factores por la naturaleza propia de quien aprende en términos de su capacidad para asignar significados y del grado de diferenciación de los conceptos a aprender y la naturaleza misma de dichos conceptos. Para el desarrollo temático de los conceptos asociados con las disoluciones se sigue el pensamiento del profesor Mosterín (Mosterín1978), acerca de la clasificación de los conceptos científicos los cuales pueden ordenarse en los siguientes grupos: clasificatorios, comparativos y métricos, dado que ya por tradición la clasificación anterior constituye fundamento para la investigación en educación en ciencias y su reflexión al respecto (Gallego R. 1986) y se considera apropiada para orientar la enseñanza de la química en los niveles de educación media donde se ubica

esta tesis. Los unos y los otros parecen tener características y funciones, muy particulares en los entramados científicos. Así por ejemplo, en el contexto de la Química conceptos tales como metal, no metal, ácido o base, mezcla o solución, son entidades representativas que la mente ha creado para clasificar sustancias; como tales, dichos conceptos no tienen ejemplos concretos, pero aquellas sustancias que cumplan con las propiedades definidas para ellos constituyen ejemplos específicos de dicha categoría, así, sustancias como Aluminio, Hierro o Calcio son metales; reuniones de sustancias como agua y aceite, agua, piedras y madera son mezclas; alcohol y agua o permanganato de potasio y agua son soluciones.

El diseño y la elaboración de los PGA tendiente a disminuir la demanda conceptual en el aprendizaje de las disoluciones y en general en cualquier campo del saber, está matizado entre otros factores por la naturaleza propia de quien aprende en términos de su capacidad para asignar significados y del grado de diferenciación de los conceptos a aprender y la naturaleza misma de dichos conceptos. Para el desarrollo temático de los conceptos asociados con las disoluciones se sigue el pensamiento del profesor Mosterín (Mosterín, 1978), acerca de la clasificación de los conceptos científicos los cuales pueden ordenarse en los siguientes grupos: clasificatorios, comparativos y métricos. Los unos y los otros parecen tener características y funciones, muy particulares en los entramados científicos. Así por ejemplo, en el contexto de la Química conceptos tales como metal, no metal, ácido o base, mezcla o solución, son entidades representativas que la mente ha creado para clasificar sustancias; estos conceptos clasificatorios, no tienen ejemplos concretos, pero aquellas sustancias que cumplan con las propiedades definidas para ellos constituyen ejemplos específicos de dicha categoría, así, sustancias como Aluminio, Hierro o Zinc son

metales, porque cada uno de ellos tiene brillo metálico, es maleable, conducen la corriente eléctrica y el calor, por esto pertenecen al concepto clasificatorio de “metal”; reuniones de sustancias como agua y aceite, agua, piedras y madera son mezclas heterogéneas porque se pueden identificar claramente sus componentes; alcohol y agua o permanganato de potasio y agua son soluciones porque son mezclas homogéneas en las cuales no se identifican a simple vista sus componentes.

Los conceptos y las teorías sobre las disoluciones como campo particular de la química que son, permiten observar la presencia de los tres tipos de conceptos anteriores. En realidad la clasificación anterior, sin que implique un proceso lineal se constituye en el fundamento para la organización de los conceptos asociados con las disoluciones para el propósito de esta investigación y por tanto para la elaboración de los programas guía de actividades, en otros términos, se constituyen en un modelo curricular para el estudio de las soluciones. (Jones 2000).

Como se puede observar en la figura No. 8, que representa la estructura conceptual básica para la elaboración del primer PGA involucra en su mayoría conceptos clasificatorios. En su calidad de clasificatorios conceptos como: mezcla, sustancia, sustancia elemental, sustancia compuesta, mezcla heterogénea y mezcla homogénea y otros no necesariamente presentes en el diagrama pero que forman parte de este PGA como: cambio físico y cambio químico, soluto y solvente entre otros, no son lo suficientemente específicos como para ubicar ejemplos particulares de ellos. Sin embargo, y con miras a que el estudiante vaya construyendo su dominio conceptual alrededor de las disoluciones y

sus conceptos asociados es necesario que asigne a cada uno de ellos el significado que tiene en el campo de la química.

Figura No. 8: Diagrama de algunos conceptos clasificatorios asociados a las disoluciones.



De manera similar a lo anterior, en la figura No. 9 se muestran los conceptos asociados con las disoluciones que forman la base para la elaboración del segundo PGA, correspondiente a los conceptos comparativos, es el caso de las soluciones concentradas y diluidas, soluciones saturadas, insaturadas y sobresaturadas. Obsérvese que en este caso, para afirmar que una solución es diluida o concentrada se requiere un punto de comparación, otra solución o patrón de comparación o una cantidad dada de soluto en una cantidad constante de solvente.

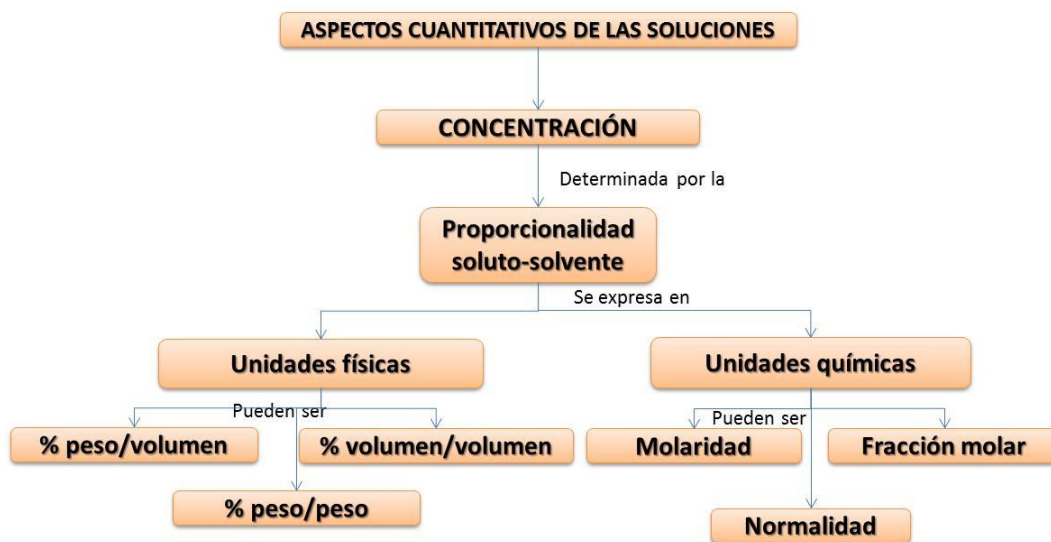
Figura No.9: Diagrama de algunos conceptos comparativos asociados a las disoluciones.



Desde el punto de vista del aprendizaje de los conceptos comparativos es preciso resaltar que se requiere por parte del alumno haber logrado asignar un significado particular y específico a términos como soluto, solvente, solución, concentración desde el punto de vista cualitativo, cambio físico y propiedades físicas, es decir a los conceptos asociados con las disoluciones y ubicados en la categoría de clasificatorios. Para llegar a este punto de diferenciación, en la mente del estudiante se ha debido producir un proceso de enriquecimiento de significado paulatino, ayudado por las estrategias didácticas incluidas para este propósito en los PGA. Nótese sin embargo que, este no es un proceso lineal y que en el segundo PGA existen también conceptos clasificatorios. Es el caso del soluto y del solvente por ejemplo.

En la figura No. 10, en el cual aparecen conceptos que pueden ubicarse en la tercera categoría propuesta por Mosterin, son conceptos métricos o conceptos cuantitativos que incluyen las formas como la comunidad química expresa cuanto más concentrada es una solución en comparación con otra y cuanto soluto hay en una determinada solución. En este PGA se incluye lo relacionado a las unidades físicas y químicas de concentración, la expresión de la concentración de las soluciones en términos de porcentajes o la proporción de la cantidad de soluto presente en determinada cantidad de solvente y su descripción en términos de Molaridad, Normalidad y Fracción Molar.

Figura No.10: Algunos conceptos métricos asociados con las soluciones.



A nivel de aprendizaje de los conceptos métricos, es claro que presuponen la asignación de significados claros y discriminados por parte de los estudiantes a los dos tipos de conceptos descritos con anterioridad, esto es, de los conceptos clasificatorios y de los conceptos comparativos asociados con las disoluciones.

En relación con la clasificación mostrada por el profesor Mosterin, se hace necesario aclarar que como toda taxonomía, los límites entre una categoría y otra no necesariamente son definidos y excluyentes ni tampoco sus respectivos indicadores, pues en la mayoría de los casos son formas didácticas de orientar la enseñanza. Esta es la aproximación dada a la clasificación propuesta por Mosterin en esta tesis, que para todos los efectos su naturaleza es pedagógica y didáctica. Desde este punto de vista esta es una limitación propia de esta investigación.

En términos generales es lógico pensar que para el caso de las soluciones y muy seguramente para el caso de otros temas semejantes a este y pertenecientes al campo de la química, su aprendizaje implica por parte del estudiante un proceso de enriquecimiento y de diferenciación conceptual mediante el cual ellos se apropian significativamente, es decir, paulatinamente van asignando de manera individual y consiente los significados propios de estos conceptos, hasta llegar a ser capaces de operar con ellos, o lo que es lo mismo cuando un estudiante ha dado significado a un concepto es capaz de hacer transferencias, aplicaciones y uso de los mismos para resolver diferentes tareas bien sea en el campo de la química o fuera de ella (Marín 1997).

5.3. TEORIAS COGNITIVAS SOBRE EL APRENDIZAJE

Los estudios psicológicos en torno a las explicaciones acerca del aprendizaje han sufrido varios cambios evolutivos a lo largo de la historia. Los teóricos conductistas consideran al sujeto que aprende como una tabula rasa, que incorpora las ideas y la información a través

de los sentidos y se estructura la conducta por dos procedimientos experimentales, el condicionamiento clásico que establece una relación E-R, mientras que el condicionamiento operante implica una asociación R-E; de tal manera que el aprendizaje es definido como un cambio de conducta y la única ruta para lograrlo es por asociación, Pozo (2003).

Los neoconductistas se han dedicado al estudio del condicionamiento clásico y operante, el aprendizaje verbal y memorístico, el aprendizaje instrumental y el aprendizaje basado en la discriminación de conceptos (Pozo, 2003; Garrison M. y Loredó, O. 2002). La principal diferencia con el conductismo clásico es la importancia dada al entorno como factor influyente en la conducta del sujeto y los psicólogos neoconductistas dedicaron sus esfuerzos a la experimentación con animales, identificando la existencia de una selectividad en el aprendizaje asociativo. Esta selectividad derivó del experimento con ratas, en el que se presentaban estímulos condicionados compuestos por sabor, luz y sonido, seguido de un estímulo condicionado aversivo que era la intolerancia gástrica inducida, a lo cual la rata lo asoció únicamente al sabor; cuando el estímulo condicionado era la descarga eléctrica, la rata lo asociaba con la luz y el sonido (Pozo, 2003).

Por otra parte, se encuentran los teóricos de la psicología cognitiva, quienes se han interesado más por problemas relacionados con los procesos cognitivos, la formación de conceptos, la resolución de problemas, el aprendizaje de discurso conexo; para ellos lo más importante es la consideración de la mente como uno de los factores determinantes del proceso de aprendizaje; en concordancia con lo anterior, Anderson (1982, citado en Pozo, 2003) plantea que el aprendizaje se basa en tres estadios sucesivos, interpretación

declarativa, compilación y ajuste. *La interpretación* es el primer paso en el aprendizaje, es decir que la información que recibe el sistema es codificada en la memoria declarativa y en la medida que se utilice esta información en la memoria de trabajo, se puede crear una copia de esta información en la memoria declarativa a largo plazo. *La compilación* hace referencia a la transformación del conocimiento declarativo (saber qué) en procedimental (saber cómo), lo cual genera cambios cualitativos en el conocimiento, el sujeto ya no tiene que repasar el conocimiento declarativo sino que ya lo trae a la memoria de trabajo de forma automática. Finalmente esta la etapa de *ajuste* para las producciones en la cual se amplía el rango de aplicación y se hace una discriminación para restringir el ámbito de aplicación.

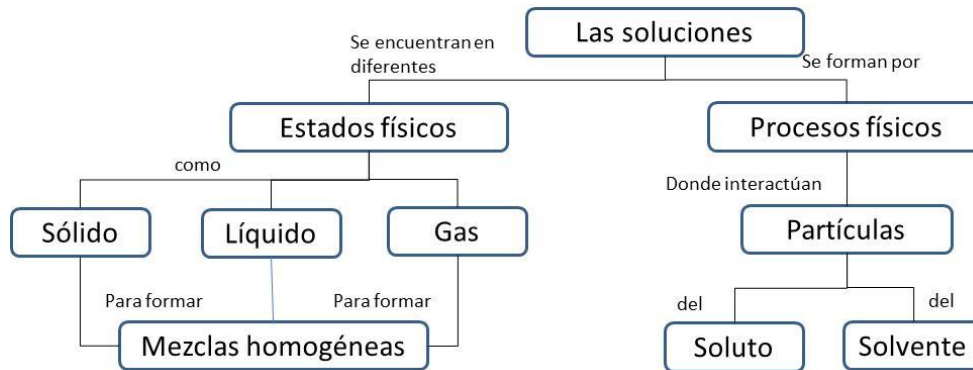
5.3.1. Aprendizaje de Conceptos en el contexto de la psicología cognitiva.

Los conceptos han sido definidos por Bruner (1956), en función de sus atributos, dependiendo de las posibles relaciones entre éstos se pueden tener diferentes tipos de conceptos. De acuerdo a estos planteamientos el concepto de disolución, por ejemplo, puede ser definido en función de sus atributos y de los valores que éstos puedan tener.

En la figura No. 11 se muestra cómo el concepto de disolución se construye en función de dos atributos: la disolución como un sistema material; es decir, la interpretación de las disoluciones en los diferentes estados físicos de la materia. Este primer atributo estaría en concordancia con el grupo de los aspectos difíciles de aprender por parte de los estudiantes según lo mencionado en los antecedentes, véase numeral 3.1. El segundo atributo hace referencia a los aspectos micromoleculares de las disoluciones y que se derivan del primer

atributo. Según los planteamientos de Bruner, si se tiene claridad en cada uno de los atributos y los valores de estos en torno a un concepto será mucho más fácil aprenderlo y eventualmente más fácil enseñarlo (Bruner 1956).

Figura No.11: Representación de los atributos del concepto solución.



5.3.2. Teoría de la equilibración de Piaget

La teoría de Piaget fundamentalmente explica la forma como progresan las estructuras cognitivas en el ser humano por procesos de equilibración, desde su nacimiento hasta la edad adulta. Si bien es cierto que en esta teoría no se habla estrictamente de procesos de aprendizaje, si se puede deducir un concepto de éste, se puede decir que el desarrollo cognitivo de un sujeto ocurre con la reorganización de sus estructuras cognitivas como consecuencia de procesos adaptativos al medio, a partir de la asimilación de experiencias y la acomodación de las mismas de acuerdo con la organización previa de sus estructuras cognitivas.

Fundamentalmente en esta teoría se destaca la influencia de la interacción del sujeto que aprende con el entorno, a tal punto que se pueden distinguir dos tipos de interacción: la interacción física y la interacción por significantes. La primera hace relación a las acciones físicas que tiene el sujeto con los objetos materiales y las personas que lo rodean, mientras la segunda hace referencia a la transmisión de significantes verbales, simbólicos y gráficos entre otros. Para el caso particular del estudio de las disoluciones, las interacciones físicas corresponden a las interacciones diarias que se tienen con las disoluciones en la vida diaria, tomar un café, un medicamento y estar sumergidos en la atmosfera; una interacción por significantes, ocurre cuando el estudiante debe leer con detenimiento la composición del medicamento e interpretar el porcentaje de concentración del principio activo, conocer los símbolos químicos y las fórmulas de los compuestos, entre otras; es así como las interacciones conducen al sujeto que aprende a la construcción de esquemas.

Los esquemas se construyen a partir de las interacciones del sujeto, pero se requiere que éste haga una abstracción de lo que es común, organice y esquematice esa información que ha llegado del entorno, de tal manera que cuando llega una nueva interacción se activan uno o varios esquemas y cuando se incorpora esta información al esquema más afín se produce *la asimilación*. No obstante, en este proceso se continúa la reestructuración de ese esquema por incorporación de un nuevo elemento lo cual se denomina *acomodación*.

5.3.3. El significado de los conceptos.

El significado de los conceptos ha sido entendido por los conductistas como la abstracción que debe hacer el sujeto a través de procedimientos inductivos de los

significados, que ya de por sí existen en la realidad; es decir que los significados se toman del exterior y se copian de acuerdo al principio de correspondencia. En la teoría Piagetiana, los significados se construyen a través de un proceso autónomo que realiza el sujeto a partir de las interacciones que tiene con el entorno, sin embargo, para Vygotsky, esta elaboración de significados va más allá de los planteamientos anteriores dado que para este autor el sujeto reconstruye los significados, dado que el vector de desarrollo y del aprendizaje iría del exterior al interior del sujeto, sería un proceso de internalización de las acciones externas en acciones internas. Para Vygotsky, la ley fundamental de adquisición de conocimiento comienza siendo objeto de intercambio social, interpersonal y posteriormente hacerse intrapersonal (Pozo, 2003).

Ahora bien, un concepto, en el campo de la lingüística inicia con la palabra que lo designa, es una imagen que representa un corto relato sobre éste (Vygotsky, 1995). La palabra “solución” puede ser leída de la misma manera por varias personas, pero puede tener significados diferentes para cada uno; para una persona puede significar la respuesta a un problema, para otra puede significar una solución salina (suero) y para un sujeto con formación en ciencias significar una mezcla homogénea.

A continuación se describe el proceso de formación de conceptos, el cual se da por etapas, a la luz de los planteamientos de Vygotsky, *la primera etapa es de agrupamientos*, que representan para el niño el significado que se atribuye a una palabra artificial y se manifiesta por la técnica del ensayo y error. La segunda etapa, se denomina *pensamiento en complejos*, ocurre cuando el niño tiene un pensamiento coherente y objetivo, en este momento el universo está agrupado en familias separadas pero mutuamente relacionadas;

es decir, que no existe un criterio clasificatorio. La tercera etapa denominada de *abstracciones*, ocurre en dos momentos importantes, la clasificación de objetos según el número de similitudes y el agrupamiento a partir de un solo atributo lo que genera los conceptos potenciales. En conclusión, las dos rutas mediante las cuales ocurre la formación de conceptos son los complejos y los conceptos potenciales, los primeros construidos a partir de la unión de diferentes objetos en una misma categoría que termina siendo difusa y probabilística y la segunda basada en la elección de algunos atributos comunes y lógicamente establecidos (Vygotsky, 1995).

5.3.4. El significado lingüístico de los conceptos.

El significado lingüístico de los conceptos consta de dos caras, el significante y el significado. El primero hace referencia a la imagen acústica o a la expresión del objeto y el segundo se relaciona con el concepto, esto es cuando ingresa a la estructura conceptual construida a lo largo de la vida. Los signos pueden ser para un sujeto arbitrarios o motivados dependiendo del referente que este tenga, como se observa en la figura No.12.

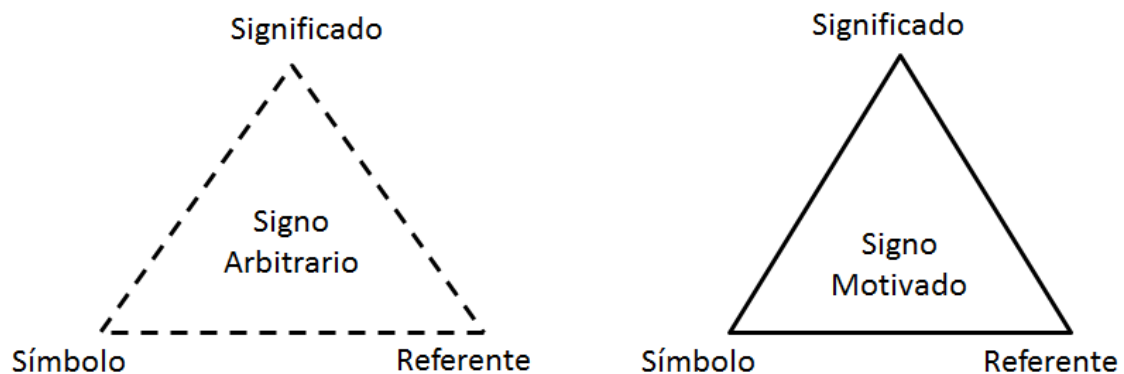


Figura No 12: Representación del significado de un concepto.

Cuando el símbolo no presenta ninguna similitud con el referente o no puede ser expresado con referencia a alguna propiedad, los signos son arbitrarios; por el contrario, un signo es motivado cuando la relación entre el símbolo y el referente es directa (Rodríguez, 1991). Para el caso del estudio de las disoluciones, se puede observar un signo arbitrario cuando al estudiante se le presenta la información de las unidades de concentración y en su estructura conceptual no tiene ningún referente para establecer alguna reacción o respuesta. Puede ser un signo motivado cuando se contextualiza una unidad de concentración en la composición química de un medicamento.

Es así como, la asignación de significado a los conceptos depende del referente que tenga el sujeto que aprende, ya que la palabra que designa un determinado concepto engloba en sí misma atributos definatorios y distintivos que permiten realizar clasificaciones, comparaciones y exclusiones. Para el estudio de las disoluciones la asignación de significado para el concepto de solución depende de los referentes que tenga el sujeto, como por ejemplo, la comprensión de las sustancias puras (sustancias elementales y sustancias compuestas) y las mezclas (homogéneas y heterogéneas), lo cual determina la posibilidad de ubicar las disoluciones en diferentes estados de agregación; es decir, poder ubicar soluciones en estado sólido y gaseoso; situación que algunas investigaciones han mostrado que son difíciles de aprender, como ya se mencionó en los antecedentes.

Finalmente, la asignación de significado es un proceso que ocurre paulatinamente, depende de factores externos e internos y condicionan el desempeño de los estudiantes en tareas de diferente demanda. Puede ocurrir que, aun cuando el estudiante tenga un conocimiento del concepto de disolución, éste no es lo suficientemente amplio para

considerar las disoluciones en estado líquido o gaseoso, es decir que está en proceso de asignación de significado lo que le permitirá ampliar la cobertura de este concepto.

5.3.5. Desarrollos posteriores a la teoría de Piaget.

La Teoría de Piaget es importante en el sentido de comprender la organización estructural de la mente y ha sido pilar para muchas investigaciones en didáctica; sin embargo, se han realizado críticas fundamentalmente en tres aspectos: la idea de estadio, sugiere un desarrollo en forma discreta y no continúa e influenciado por el entorno en el cual se desarrolla el niño; la muestra con la que trabajó Piaget no fue significativa y el desempeño de una persona puede estar determinado por la tarea que se le coloque como efectivamente más tarde lo planteó Pascual Leone, el rango de variación de los estadios de desarrollo es de +/- 2 años lo cual impide usarlos en una planeación curricular de características reales y finalmente, es posible que un niño pueda operar en un cierto nivel para un área conceptual o disciplinar y en otro para un área diferente, esto significa que el desempeño operativo del niño depende del área conceptual o disciplinar a la cual se haga referencia. (El-Banna,1987 y Alnaeme,1989).

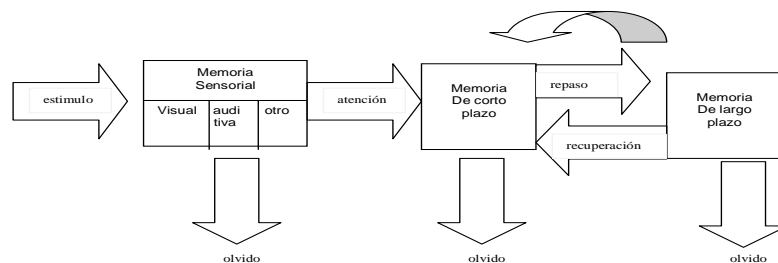
Para dar cuenta de las críticas anteriores o por lo menos de algunas de ellas, años más tarde y conservando el concepto de esquema que usara Piaget, Pascual Leone, en un intento por hacer más útil y funcional los planteamientos de Piaget, propuso su propia teoría; según esta teoría desde el nacimiento hasta la edad adulta, en los individuos se desarrolla y crece un parámetro M o capacidad mental, que es responsable en los seres humanos por la retención y procesamiento de información como forma de aprender y de dar cuenta del

mundo que los rodea, otros elementos de esta teoría se presentan en la sección 5.5. Es de anotar, que mientras la teoría de Piaget se considera una teoría estructuralista de la mente, la teoría de Pascual Leone se considera una teoría funcionalista (Pascual-Leone J. y June S., 1969).

5.3.6. Teoría del Procesamiento de información

El ser humano todo el tiempo está expuesto a una amplia gama de estímulos y de informaciones que deben ser seleccionadas y almacenadas en la mente para poder utilizarla cuando sea necesario. Richard Atkinson y Shiffrin, (1971, citados por Klein 1997) sugirieron un modelo que ilustra el almacenamiento de información por la memoria en tres etapas: el registro sensorial, la memoria de corto plazo y la memoria de largo plazo

Figura No. 13: Representación del funcionamiento de la mente según Atkinson y Shiffrin (1971),



En la etapa de almacenamiento sensorial, algunas veces llamada memoria sensorial, se guarda la información unos cuantos instantes, aproximadamente 1 o medio segundo y guarda copias exactas de los estímulos externos. La memoria de corto plazo guarda temporalmente experiencias en un lapso de 5 a 15 segundos. La memoria de largo plazo guarda la información indefinidamente. No obstante, para que la información sea almacenada en la memoria de largo plazo es necesario que se efectúe un repaso, lo que

Simon Herbert (1973) ha denominado proceso de fijación. En otros términos, la información antes de ser almacenada en la memoria de largo plazo requiere ser procesada.

Lo más importante en un proceso de almacenamiento de información es la posibilidad de recuperar un dato en un momento determinado y esto hace suponer que la memoria de largo plazo debe estar altamente organizada, para dar cuenta de la gran cantidad de información que ha almacenado a lo largo de la vida de un individuo y que debe ser recuperada en un momento determinado. En realidad, este proceso de organización se inicia en la memoria de corto plazo, una vez ingresa allí una información, ésta debe ser procesada, es decir, se debe agrupar, asociar o relacionar para formar una unidad de pensamiento; cada unidad de pensamiento ha sido denominada por Simon H como un “chunk” (Simon. H. 1973). Este chunk es una unidad que puede almacenar, como se mencionará en la sección 5.5 tanta información como el individuo quiera o tan poca como un solo dígito, esto depende de la capacidad de procesamiento de información que tenga una persona y de su habilidad para agruparla y hacer con ella bloques complejos llamados unidades. Así por ejemplo, cuando se tiene una serie de palabras inconexas lo que puede hacer el sujeto, que debe guardarlas, es organizarlas en grupos de palabras o construir frases para que no tenga que almacenarlas como palabras sueltas sino como uno o dos conjuntos de ellas o de frases.

Es de anotar que la habilidad para organizar y agrupar información es un proceso de naturaleza individual deben ser construidas por cada sujeto a partir del autoconocimiento de sus fortalezas y debilidades en los procesos de aprendizaje. Lo que puede hacer un docente para apoyar a sus estudiantes en los procesos de desarrollo y puesta en práctica de estas

habilidades o trucos para el procesamiento de la información es presentarles, los contenidos de tal manera que estimulen el desarrollo en ellos de dichas habilidades. Autores como White (1988), consideran que el ser humano agrupa sus formas de ver el mundo combinando las sensaciones que se obtienen del mismo en un reducido número de patrones, (White 1988) por lo tanto la capacidad de agrupar información depende del conocimiento que se tenga, del tamaño y la cantidad de grupos que se elaboren con ella sobre un evento o acontecimiento, es propia de cada persona y por esto es una de las diferencias que se encuentran entre un experto y un novato; vale decir es la principal diferencia que se encuentra entre un docente y sus estudiantes, lo que para un docente es una unidad de información con sentido para un estudiante es un conjunto de subunidades de información para las cuales no encuentra significado.

Es por lo anterior que la orientación y búsqueda continua de un aprendizaje significativo en sus estudiantes, por parte de un docente, puede ayudarlos a encontrar sus propios caminos para el desarrollo de habilidades de procesamiento que en el futuro puedan utilizar como estrategia para disminuir la sobre carga de información en sus memorias de trabajo. De esta manera una persona, con el esfuerzo y la dedicación suficiente puede alcanzar un alto nivel de compensación entre su limitada memoria de trabajo y el procesamiento de una alta cantidad de información a partir de su habilidad para organizarla y agruparla de manera significativa.

En síntesis la capacidad de agrupar información o “chunking” consiste en lograr la reducción de un alto número de unidades pequeñas de información en un grupo menor de ellas pero de mayor tamaño, en algunos casos bajo un nuevo nombre o sello, esta capacidad

de agrupación no solamente es una estrategia de aprendizaje sino también un indicador del grado de dominio que presenta un sujeto en relación con un tema determinado; cuanto más conocedor de un tema sea un estudiante mayor será su capacidad para exponerlo o para hacer agrupaciones con él.

Desde el punto de vista didáctico, es necesario tener en cuenta que cuanto menor sea la capacidad de agrupar con sentido la información de los contenidos enseñados, mayor es la posibilidad de que los estudiantes apelen al aprendizaje memorístico y repetitivo, como estrategia para disminuir la sobrecarga de información (Johnstone A. 1984; Johnstone A, 2000; Johnstone A., 1982). En este sentido es importante la implementación de los PGA, dado que han sido diseñados de tal manera que cada estudiante tendrá la opción de desarrollar preguntas de diferente demanda, que de una u otra manera le ayudaran a desarrollar estrategias para organizar y procesar la información y así poder enfrentar con éxito las preguntas de alta demanda.

5.4. ELEMENTOS CONCEPTUALES DE LA TEORÍA DE PASCUAL LEONE.

Pascual-Leone en 1969 formuló la teoría neo-Piagetiana, la cual ha sido modificada y ampliada desde aquel tiempo; en esencia se mantiene la noción de esquema utilizada por Piaget, en el sentido de unidades subjetivas de pensamiento, con las cuales un sujeto representa su experiencia y son responsables por la producción del comportamiento humano (Pascual-Leone, 1969).

Esta teoría postula que el mecanismo central de atención o memoria de trabajo (operador

M), en los seres humanos es responsable por la retención y el procesamiento de la información percibida por los sentidos. De acuerdo a los planteamientos de McLean y Graham la memoria de trabajo es un procesador central que interactuando con otros dos subsistemas propios es responsable por el procesamiento de la información en los seres humanos; de conformidad con estos mismos autores son subsistemas de la memoria de trabajo el fenomenológico y el visual-espacial, el primero es responsable por el almacenamiento y la repetición de información relacionada con el discurso oral y el segundo está especializado en la retención de material visual y espacial, (McLean y Graham 1999). La memoria de trabajo es un espacio limitado en el cual interactúan continuamente la información que una persona requiere sostener de manera consciente, en un momento dado y las operaciones que se requieren realizar con la misma para su procesamiento. Tales operaciones implican los procesos de manipulación para su transformación y aprestamiento con el fin de poder enviarla posteriormente para su almacenamiento en la memoria de largo plazo (Sirham, G. 2007)

Según Scardamalia (1977) y Case (1972) la capacidad de procesamiento de información, esfuerzo mental, potencia M, espacio M o memoria de trabajo, es el número máximo de ítems de información, bloques discretos o esquemas que un sujeto puede sostener en su mente en un momento dado mientras trabaja en una tarea. Por lo tanto, este espacio es responsable por el sostenimiento de ítems de información por un tiempo limitado y por llevar a cabo varias operaciones de procesamiento. La memoria de trabajo es altamente responsable del progreso del desarrollo del niño a través de los estadios Piagetianos. Al igual que cualquier teoría funcional ésta, la de Pascual Leone, describe mecanismos mediante los cuales se construye y se usa un conocimiento; intenta explicar el crecimiento

cognitivo del niño a partir de un parámetro o espacio de cómputo central llamado M.

En concordancia con esta teoría, el desempeño de un individuo en una tarea cognitiva dada, depende básicamente de tres aspectos: la estrategia mental con la cual el sujeto enfrenta a la tarea, la demanda que dicha tarea le exige a su capacidad mental y la capacidad mental propiamente dicha que el sujeto tiene disponible. Mediante el uso de los tres elementos anteriores es posible explicar las características cualitativas de los estadios Piagetianos en términos cuantitativos. Dentro del contexto anterior, es necesario diferenciar la memoria de trabajo de la memoria de corto plazo, esta última es el número máximo de ítems de información que un sujeto puede almacenar y recuperar sin ningún procesamiento adicional.

Se ha establecido que el tamaño de la potencia o factor M de un niño, aumenta linealmente con la edad como se muestra en la tabla No. 1.

Tabla No. 1: Relación entre los estadios de desarrollo de Piaget y la evolución de la capacidad mental de los seres humanos.

Edad (años)	Sub-estadio piagetiano	Número máximo de esquemas que pueden coordinarse simultáneamente
3 – 4	Pre-operacional temprano	e + 1
5 – 6	Pre-operacional tardío	e + 2
7 – 8	Operacional concreto temprano	e + 3
9 – 10	Operacional concreto tardío	e + 4
11 – 12	Operacional formal temprano	e + 5
13 – 14	Operacional formal medio	e + 6
15 – 16	Operacional formal tardío	e + 7

En la tabla No. 1, la letra “e” representa el espacio de procesamiento ocupado por el esquema ejecutivo y los números representan los esquemas figurativos u operativos que se

pueden coordinar bajo la dirección de un esquema ejecutivo.

El peso de procesamiento de información o demanda Z, se define desde el punto de vista del sujeto y está relacionado con el problema o tarea a resolver. La demanda Z de una tarea, se cuantifica como el número máximo de esquemas que el sujeto tiene que activar simultáneamente a lo largo de un proceso de atención en el curso de ejecución de una tarea.

Se ha discutido también la forma de determinar la demanda de una tarea, y puesto que ella depende de la estrategia mediante la cual una persona encuentra la solución a un problema, la misma tarea, por consiguiente puede tener diferentes demandas Z para diferentes estrategias empleadas por personas distintas.

Existe sin embargo un método general para determinar la demanda Z de una tarea y consiste en imaginar e hipotetizar, la estrategia más eficiente y más probable que pueda estar a disposición de los sujetos para encontrar su solución; luego avanzar paso a paso por esta estrategia, calculando en cada paso, el número de esquemas que tienen que ser activados y determinar finalmente el máximo número que constituye la demanda Z de la tarea. Autores como Case (1972), han resaltado el hecho de que las experiencias de aprendizaje supuestamente mejoran el desempeño de los sujetos, en la medida que les proporcionan una estrategia mental para bajar la demanda Z de la tarea.

Desde el punto de vista anterior, en concordancia con el pensamiento de Case, se espera que el trabajo de un grupo de estudiantes con los PGA, pueda conducir al desarrollo de mecanismos individuales que les permita operar sobre la demanda de la tarea y hacerla cada

vez menor, siguiendo los lineamientos del aprendizaje por investigación. Esto es, que a partir de un proceso sistemático en el cual se desarrollan sub preguntas de menor demanda el estudiante hace investigación, desarrolla estrategias de procesamiento de información y disminuye la demanda de la pregunta de alta demanda o situación problema.

Los planteamientos de Pascual-Leone, luego de su formulación han sido ampliados y modificados por él mismo y por sus colaboradores particularmente en el sentido de determinar cuantitativamente el parámetro M y establecer los factores que afectan el desempeño de los individuos en la resolución de una tarea. El grado de familiaridad de un sujeto con la tarea y variables individuales como el campo de percepción, dependencia o independencia de campo, por ejemplo son factores que influyen en su desempeño académico (Pascual-Leone 1969).

Utilizando los test de dígitos progresivos e inversos Case (Case, 1972) demostró que era posible validar algunos valores del parámetro M previamente formulados como hipótesis, sin embargo los resultados de los dígitos progresivos casi siempre son superiores en 2 unidades a los valores hipotéticos de M .

Del análisis de otros estudios realizados por Case, Globerson y Scardamalia acerca de la demanda de la tarea, se pueden extraer entre otras, las siguientes consideraciones (Case, 1972, Case y Globerson, 1974, Scardamalia, 1977).

Haciendo uso de los planteamientos de Pascual-Leone, es posible buscar explicaciones para las dificultades que presentan algunos escolares en la adquisición y dominio de nuevas

habilidades en términos de: la aplicación de una estrategia razonable pero muy simplificada, una sobre carga de instrucciones en la memoria de trabajo o una insuficiente familiarización con las operaciones básicas requeridas para resolver el problema. En el caso de estas tres fuentes de dificultades, los correctivos pedagógicos tendientes a eliminarlas serían: diagnosticar en el individuo o grupo de individuos la estrategia incorrecta, mostrarles porque es inadecuada y formular otra más eficiente; disminuir la carga de la memoria de trabajo minimizando la información y aumentar la práctica de las operaciones básicas.

Los procedimientos anteriores parecen aplicables a la resolución de cualquier tarea, independientemente de que ésta se refiera a desarrollo cognitivo, literatura o cualquier otro ítem de asignaturas convencionales. Este es el punto de partida que se ha tomado para transportar la teoría y hacerla aplicable al campo del aprendizaje de los conceptos químicos. La revisión anterior de la literatura alrededor de la teoría neo-Piagetiana permite extraer entre otros los siguientes puntos:

Cada persona posee una capacidad de memoria de trabajo limitada, que se expande con la edad, desde la niñez hasta la edad biológicamente adulta, en promedio con un incremento de una unidad cada dos años, desde los 3 hasta los 16 años.

Utilizando el parámetro, memoria de trabajo en forma cuantitativa es posible explicar características cualitativas de los estadios de desarrollo de la mente propuestos por Piaget.

Puesto que la demanda Z para una tarea dada depende de la estrategia usada por el

sujeto para resolverla, ésta es diferente para cada individuo y por lo mismo difícil de establecer.

El funcionamiento de la memoria de trabajo y por tanto el éxito o fracaso de un alumno en la resolución de una tarea dada, está influenciado por la experiencia previa en el área y el tipo de percepción de campo que posea el sujeto.

En este orden de ideas, una pregunta de alta demanda no se responde de forma inmediata porque exige del estudiante un esfuerzo mayor, lo que en el aprendizaje por investigación conduciría a un proceso investigativo donde el estudiante es el protagonista y el responsable de su proceso de aprendizaje, obviamente bajo la orientación del docente. En este caso particular los PGA plantean una pregunta de alta demanda, la cual conduce a un proceso sistemático en el que se plantean subpreguntas de menor demanda que le permitirán al estudiante, primero desarrollar estrategias de procesamiento de información, plantear estrategias para resolver una determinada tarea, disminuir la demanda de las preguntas y mejorar en su proceso de aprendizaje de los conceptos asociados con las disoluciones.

5.5. EL PENSAMIENTO NEOPIAGETIANO Y LA EDUCACIÓN EN QUÍMICA.

La aplicación de los planteamientos del pensamiento de Pascual-Leone al campo de la educación en química, comenzaron hacia 1986, en el centro de educación en ciencias de la Universidad de Glasgow (Johnstone, H. y El-Banna, H. 1986, Johnstone, 1997). En aquel año, Alex H. Johnstone, publicó el artículo *un modelo predictivo para la educación en*

ciencias, en donde presenta el modelo que se describe en la figura No. 14 y que, a su vez tuvo sus orígenes en otros trabajos de tipo descriptivo que el mismo autor, realizó conjuntamente con Kellet (Johnstone y Kellet, 1980) y Wham (Johnstone y Wham, 1982; Johnstone, 1984; Cassels y Johnstone, 1985, Johnstone, 2006).

Con este modelo se intenta explicar el éxito y/o el fracaso de los estudiantes en el proceso de aprendizaje de conceptos químicos, a partir de las relaciones existentes entre la capacidad mental de los estudiantes y la demanda de las tareas en química.

El modelo propuesto muestra el espacio M integrado por dos áreas X y Y; X ocupa el mayor espacio y Y el menor; según el modelo en X un sujeto mantiene y procesa el número máximo de ítems de información que puede retener cuando desarrolla una tarea y en Y el sujeto conserva y mantiene las estrategias, "trucos" y técnicas personales que utiliza para el procesamiento de la misma.

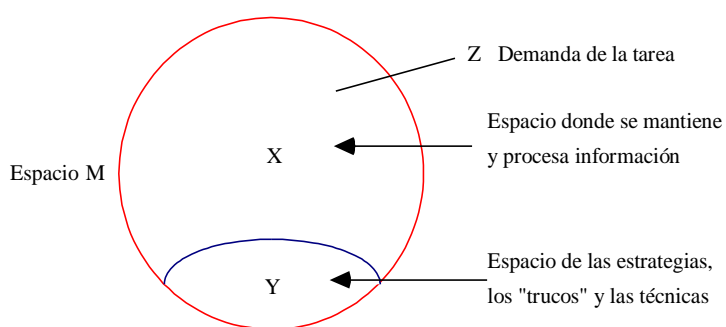


Figura No. 14: Modelo propuesto para el espacio M, Johnstone y El-Banna 1986.

Contrario a lo que puede creerse a simple vista, es pertinente aclarar que en realidad el espacio M no está compuesto por dos sistemas diferentes, dos regiones físicas en el

cerebro; el modelo en sí mismo significa que para un individuo, el espacio M, que además es constante a partir más o menos de los 16 años, véase tabla No. 1, es el espacio total de pensamiento y retención de información donde no solamente la almacena sino que también piensa sobre ella, es decir opera o procesa la información, conjuntamente con el espacio ocupado por un plano funcional donde están las estrategias mediante las cuales el sujeto puede coordinar los ítems de información. De esta manera el espacio M consta de la suma conceptual de los dos componentes X y Y.

Si un estudiante, por alguna razón tiene que sostener una gran cantidad de información, en un momento dado, es posible que ocupe todo su espacio M y le quede muy poco o ningún espacio para procesarla; es necesario además, como se deriva de los planteamientos teóricos, tener presente que fuera del conocimiento en sí mismo, existen por lo menos otros tres factores que ocurren simultáneamente en una situación interactiva donde se encuentre el sujeto: la demanda de la tarea, el espacio limitado de pensamiento y retención de información del alumno y la estrategia que él puede usar en un momento dado para procesarla.

El modelo descrito anteriormente ha sido empleado para interpretar el rendimiento académico en un alto número de estudiantes (Johnstone y El-Banna, 1986) reorganizar el trabajo práctico en el laboratorio (Johnstone y Wham, 1982), estudiar algunos factores psicológicos individuales tales como la percepción de campo y su influencia en el aprendizaje de la Química (Abbas AI-Naeme, 1989) y ha sido base del desarrollo de tesis de maestría y doctorado sobre el aprendizaje de diferentes temas de Física, Química, Biología e incluso Matemáticas, en el Centro de Educación en Ciencias de la Universidad

de Glasgow (Johnstone, 2006).

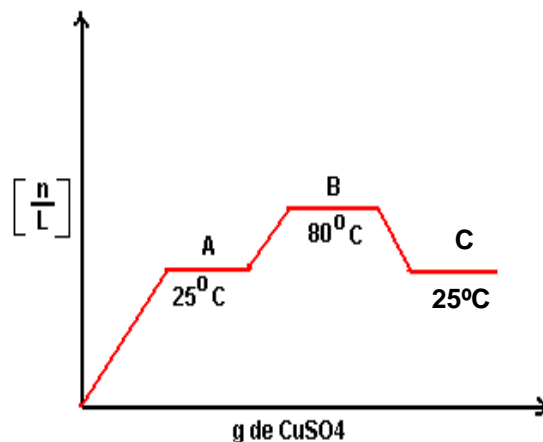
5.6. CAPACIDAD MENTAL Y DEMANDA DE LA TAREA.

Las investigaciones realizadas en torno a la capacidad mental y la demanda de las tareas han tenido sus desarrollos desde los trabajos de Simon y Chase y Miller (Miller, 1956; Simon y Chase 1973). Como ya se mencionó, en los antecedentes y en la sección 3.3. el término memoria de trabajo es entendido como la región del cerebro donde se guarda información, se trabaja con ella y se organiza para ser almacenada en la memoria de largo plazo; esta información así procesada y guardada puede ser utilizada posteriormente por el sujeto (Johnstone 1984). Sin embargo, existen otros trabajos realizados en torno a la forma como funciona la memoria de corto y largo plazo, Simon determinó la manera como la memoria de corto plazo organiza la información para ser guardada o sostenida temporalmente; para esto se valió del término “Chunk” o “bit” de información.

Un “Chunk” es un bloque de información independiente del material que constituye dicha información, por tanto puede ser una palabra, un conjunto de frases, un poema o simplemente un número. Este Chunk permite una aproximación a la determinación del tiempo de aprender basado en un dato experimental que define en 5 la cantidad de información que es capaz de sostener la mente humana en un momento dado; de tal manera que, el número de sílabas recordado por una persona estaría dado por, $S = 5s$ (Simon y Chase, 1973) donde S es el número de sílabas recordadas y s es la cantidad de sílabas por Chunk; por tanto un Chunk, se puede determinar así: $s = S/5$.

Para el caso de las disoluciones la aplicación de la ecuación anterior se puede ilustrar con la siguiente situación:

En un proceso experimental en el cual se disuelve sulfato de cobre en agua, agregando pequeñas cantidades de soluto al solvente y manteniendo el sistema en un proceso de calentamiento cuyos datos se ilustran en la gráfica No.1 *Explicar la razón por la cual la gráfica muestra segmentos constantes en los tramos A y B.*



Gráfica No.1: Variación de la solubilidad del sulfato de cobre en función de la temperatura.

Al observar la gráfica se puede notar que ésta contiene bastante información: los ejes, la concentración, información del soluto, temperatura, línea de tendencia de la solución, segmento A, segmento B y segmento C. Para una persona que no tenga claros los conceptos de la química a profundidad resulta una gráfica muy compleja. Cuando se le mostró esta gráfica durante 30 segundos a un estudiante de octavo grado, cuya edad era de 13 años y quien había estudiado los conceptos básicos de química y luego se le pidió que la dibujara inmediatamente después, el resultado se presenta a continuación en la figura No. 15.

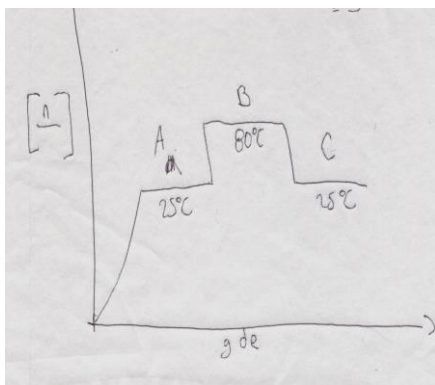


Figura No. 15: Reproducción de la gráfica de disolución del sulfato de cobre en función de la temperatura elaborada por un estudiante de grado Octavo.

Como se puede observar en la figura No. 15, el estudiante reprodujo los ejes, la temperatura y los segmentos A, B y C. Según lo planteado anteriormente, entonces un chunk estaría dado por: $s = S/5$; es decir que para este caso $s = 5/5$ $s = 1$; lo anterior significa que cada cosa que el estudiante recordó es un chunk. Probablemente para una persona que conoce más acerca de las disoluciones, la reproducción de la gráfica hubiese sido perfecta, los ejes, la concentración, la información del soluto, el trazo de la tendencia de la gráfica, los segmentos A, B y C y la temperatura; en cuyo caso un chunk estaría dado por: $s = 8/5$, $s = 1.6$ esto significa que el chunk para un experto es diferente del de un novato y el experto puede almacenar más información que el aprendiz.

Sin embargo, los aportes de Simon y Chase presentaban ambigüedades dado que no había claridad en la definición como tal del término Chunk, pero con ellos se abrió la posibilidad de analizar el funcionamiento de la mente humana como un sistema de unidades de información que podían ser almacenadas y procesadas. Miller, en 1956, determinó experimentalmente que el espacio de atención en la mente es de 7 ± 2 unidades de información, lo cual significa que el ser humano puede retener máximo hasta nueve unidades de información en un momento dado y como mínimo 5 unidades. Estos resultados se obtuvieron de experimentos realizados desde diferentes escenarios donde se tenía en cuenta la memoria icónica y la auditiva, como formas de captar información (Miller 1956).

A partir de la literatura revisada hasta ahora se puede afirmar que para muchos estudiantes resulta difícil desarrollar algunas tareas de aprendizaje en cualquier campo del conocimiento y en particular en el tema de las disoluciones (Raviolo, y otros 2004; Sánchez

y otros, 1997; Gabel, 1999 Raviolo, 2001). Investigaciones como las de Johnstone y El-Banna, (1986); Johnstone, (1984); Johnstone y Kellet, (1980); Johnstone y Wham, (1982); Sirhan, (2007); Johnstone, A.H. (2006) muestran que estas dificultades están asociadas con la relación entre la capacidad mental y la demanda de las tareas. La capacidad mental de un individuo ha sido definida como un espacio limitado de la mente humana, donde se guardan las ideas y se piensa con ellas. El procesamiento de estas ideas puede estar enmarcado dentro de un proceso de codificación, organización y conformación de un modelo representativo de “algo”, un concepto, una información, un razonamiento...etc. Esta organización de la información depende no solo de las capacidades que tenga cada individuo sino además de la demanda de la tarea que él debe desarrollar, es decir, que frente a preguntas o situaciones de diferente grado de complejidad un individuo tendrá diferentes desempeños.

Según los autores mencionados en el párrafo anterior, cuando se grafica el desempeño de un estudiante frente a preguntas de diferente demanda se encuentra la relación que se presenta en la figura No. 16. A la vez según ellos, la demanda de una tarea está determinada por el número de pasos o procedimientos que debe desarrollar una persona para dar respuesta en forma acertada a una pregunta planteada. Johnstone y El-Banna, en una de sus investigaciones plantearon preguntas de química de diferente grado de complejidad, o sea de diferente demanda e hicieron un seguimiento de los desempeños de los participantes frente a ellas. En el procesamiento de los datos encontrados, determinaron el cociente entre el total de respuestas correctas y el número total de respuestas que debían obtenerse. A este cociente lo llamaron valor de facilidad, Fv.(Johnstone y El-Banna,1986)

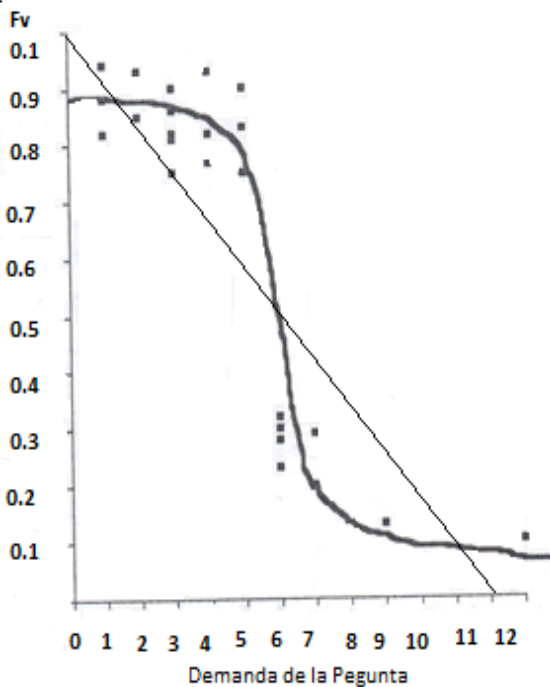


Figura No. 16: Representación de la correlación entre el valor de facilidad y la demanda de la pregunta. Tomado de: Johnstone, A. H. Capacities, demands and processes- a predictive model for science education. Education in chemistry. May 1986.

Cuando representaron gráficamente los datos obtenidos, con el valor de facilidad en función de la demanda de la tarea, la curva que encontraron es muy similar a la gráfica del pH en la curva de titulación: ácido fuerte-base débil; de allí pudieron concluir que existe una clara relación entre el valor de facilidad y la demanda de las preguntas; cuanto menor es la demanda de las preguntas mayor es el valor de facilidad, Fv; cuando se incrementa Z, la demanda de la tarea, se presenta un brusco descenso de la curva. Esto indica que Fv cae en línea casi vertical con relación al valor que corresponde a Z entre los valores de la escala 6 a 9. El intervalo dentro del cual se observa la caída en la curva coincide con el valor establecido en el número mágico de Miller para la capacidad de procesamiento de información por la memoria de trabajo. (Miller, 1956; Johnstone y El-Banna, 1986). Fue a partir de estos resultados que estos autores propusieron el modelo descrito en la sección 5.6.

Con base en el modelo mencionado acerca del funcionamiento de la mente humana, el autor mencionado y sus colaboradores han concluido que una de las causas por las cuales

los estudiantes fracasan en el desarrollo de una tarea de aprendizaje es porque la demanda supera su capacidad mental. Los mismos autores han diseñado una metodología para determinar la demanda de una tarea, como se ilustra en el siguiente ejemplo: (Jhonstone A.H. 1985).

Cuál es el volumen de HCl 1.0 M requerido para que reaccione exactamente con 10 g de tiza.

Según los autores mencionados la solución de este problema para un estudiante implica los siguientes 10 pasos:

1. Recordar que la tiza es carbonato de calcio
2. Que la fórmula del carbonato de calcio es CaCO_3
3. Que el peso molecular del carbonato de calcio es 100 g/mol
4. Que 10 g de Carbonato de calcio son iguales a 0.1 moles
5. Escribir la respectiva ecuación para la reacción
6. Balancear la ecuación
7. Reconocer la relación molar en la ecuación balanceada
8. Determinar que 0.1 moles de carbonato de calcio reaccionan con 0.2 moles de HCl
9. Recordar que la concentración 0.1 M significa que hay un mol de HCl en un litro de solución.
10. Determinar que 0.2 moles de HCl requieren 200 ml de HCl 1.0 M. (P.848).

En relación con el procedimiento anterior empleado para el cálculo de la demanda de una tarea es pertinente aclarar lo siguiente; como se puede observar en el enunciado del

problema se trata de una situación que involucra conceptos métricos para los cuales es adecuado el procedimiento sugerido. Puesto que la presente investigación además de los conceptos métricos involucra conceptos clasificatorios y comparativos, los cuales no implican directamente operaciones matemáticas, para el cálculo de la demanda de las tareas el procedimiento anterior se ha extendido para incluir la cantidad de conceptos requeridos para la solución de una tarea o pregunta relacionada con este tipo de conceptos.

Relacionando los planteamientos de Johnstone, con el ejemplo empleado anteriormente para determinar el tamaño de un chunk, la determinación de la demanda de la misma situación se puede establecer de la siguiente manera; por facilidad de interpretación se enuncia nuevamente la situación:

“En un proceso experimental en el cual se disuelve sulfato de cobre en agua, agregando pequeñas cantidades de soluto al solvente y manteniendo el sistema en un proceso de calentamiento cuyos datos se ilustran en la gráfica No.1. Explicar la razón por la cual la gráfica muestra segmentos constantes en los tramos A y B”

1. comprensión del concepto de disolución.
2. significado de la molaridad como unidad de concentración
3. efecto de la temperatura
4. solución diluida
5. solución saturada
6. solución sobresaturada

Por lo anterior se puede concluir que esta pregunta es de demanda conceptual 6, lo cual significa en términos de Johnstone que sólo los estudiantes con valores de capacidad mental 6 o más tendrían éxito al intentar resolverla.

5.7. DIFICULTADES DE APRENDIZAJE.

La expresión “dificultades de aprendizaje” se puede concebir en dos grandes contextos uno amplio y otro restringido (Suárez, A. 1995). Así, en el ámbito legal de la educación en el Reino Unido, en cuyo contexto se ubica el sentido amplio de la expresión, es sinónimo de “necesidades educativas especiales”, como lo muestra el siguiente texto citado por Suárez .A. (1995):

...”un niño tiene una necesidad educativa especial si tiene una dificultad de aprendizaje que reclama que se haga para él una provisión educativa especial” y continúa en otro apartado del texto “...un niño tiene una dificultad de aprendizaje si tiene una dificultad para aprender significativamente mayor que los niños de su edad”. (p.18).

De conformidad con este significado de la expresión, en el ambiente escolar bien puede decirse que en relación con las dificultades de aprendizaje existe un alto número de estudiantes todos con pocas necesidades educativas especiales y un pequeño grupo de ellos que tienen mucha necesidad de ayudas educativas especiales o lo que sería equivalente a decir que son niños con severas dificultades para aprender.

En el sentido restringido, la expresión dificultades de aprendizaje, procede básicamente del contexto Americano “*learning disabilities*” que ha sido traducido como “dificultades de aprendizaje escolar”. A pesar de que esta es una expresión bastante polémica y como tal está continuamente sometida a escrutinio y a la resignificación por parte de quienes son especialistas en el campo, existe un elemento en el cual hay un acuerdo generalizado y es la asociación del significado de la expresión “*learning disabilities*” con el bajo rendimiento escolar; básicamente por esta razón se homologa con dificultades de aprendizaje, en este sentido restringido.

Por otra parte, también existe bastante acuerdo en excluir de esta categoría a todos aquellos estudiantes que presentan bajo rendimiento escolar debido fundamentalmente a trastornos sensoriales, mentales, emocionales graves, aculturalidad o carencia de oportunidades para adelantar estudios (Kempa, R. F. 1991).

Es de anotar que desde el punto de vista académico e investigativo, la especialización en el estudio de las dificultades de aprendizaje aún en el sentido restringido conduce a tales niveles de profundidad para su estudio, que ha dado origen a distintas especializaciones e incluso para su tratamiento clínico. Este es el caso de la formación de profesores para educación especial o de niños con discapacidades cuyos tratamientos están fuera del alcance de la acción de los docentes y por tanto de esta investigación.

El lector interesado en extender el estudio de las dificultades de aprendizaje más allá de los ámbitos escolares y específicamente en lo tocante a su evolución conceptual desde lo puramente médico, neurológico más exactamente, hasta las explicaciones de naturaleza

psicopedagógica, pasando por las explicaciones psicológicas e incluso políticas y de perspectiva del bienestar humano, puede acudir a trabajos realizados en el campo de la neuropsiquiatría (Strauss y Lehtinen 1947) y de la Psicología (Werner 1948); en el contexto mencionado estos dos autores se consideran los pioneros en proceso de transición de las explicaciones médicas a las explicaciones psicopedagógicas (Escoriza, N.J. 1998, Santieuste, V. y Beltran,A.1998.)

De particular importancia en la perspectiva de entender las dificultades de aprendizaje y sus relaciones con la salud biológica y la neurología, el capital mental y el bienestar humano es el proyecto: “Foresight Mental capital and Wellbeing Project” que se adelanta actualmente con el auspicio del gobierno Británico. De conformidad con los hallazgos de este proyecto, los avances recientes en genética y neurociencia han traído nuevas miradas científicas para muchas de las dificultades de aprendizaje de naturaleza hereditaria. Si bien tales dificultades son de origen biológico, la interacción de dichos genes con el ambiente determinan el impacto, que sobre la persona portadora de ellos tiene en la trayectoria que a lo largo de la vida sigue en su proceso de aprendizaje (Goswami, U. 2008).

Es pertinente además, para el contexto de esta investigación, acotar todavía el campo al cual se hace referencia con la expresión dificultades de aprendizaje y ubicarla de esta manera, únicamente en las dificultades que presentan los estudiantes para el aprendizaje de los conceptos de la química, en ambientes escolares (Kempa, R. F 1991 y Solbes, J. 2009).

En el contexto de la enseñanza de los distintos campos del saber y más concretamente en el de las ciencias naturales, con mucha frecuencia se hace uso de la expresión “dificultad o

dificultades de aprendizaje”; sin embargo, cuando esto sucede por lo general con esta denotación se hace referencia al poco aprendizaje, o incluso a su carencia que muestran los estudiantes tanto de conceptos o principios sencillos de la ciencia como de aquellos entramados conceptuales más complejos; es decir, la expresión dificultad o dificultades de aprendizaje se usa de una manera muy general, a tal punto que desde esta generalidad no es posible una aproximación sistemática a la identificación y caracterización de las mismas y mucho menos un acercamiento a la búsqueda de sus orígenes y de posibles explicaciones para las mismas.

Para la presente investigación se tiene en cuenta en primer lugar, una aproximación conceptual más específica de la expresión dificultades de aprendizaje en el contexto de la adquisición de los conceptos de las ciencias naturales y en segundo lugar, se hace una descripción general de los cuatro tipos de dificultades caracterizados por Kempa, uno de los investigadores que ha dedicado parte de su vida al estudio de estos temas en relación con la educación en ciencias (Kempa, F.1991).

Por otra parte, también se hace alguna mención de otras dificultades de aprendizaje, que sin estar consideradas dentro de las cuatro categorías establecidas por el autor antes mencionado, afectan el rendimiento académico de los estudiantes (Vosniadou, 1994. Solbes 1999. Furió y Wilches, 1997).

5.7.1. El significado de la expresión dificultades de aprendizaje.

Con el fin de delimitar lo que se entiende por “Dificultades de Aprendizaje” en esta investigación es necesario primero demarcar el contexto dentro del cual se utiliza la expresión. Se sabe por ejemplo, que las dificultades de aprendizaje pueden aproximarse para su estudio desde el campo de la biología humana y específicamente desde la neurobiología, como ya se mencionó. En este campo las dificultades de aprendizaje están asociadas con las limitaciones que se presentan en el ser humano para realizar algunos aprendizajes bien sea de naturaleza motora o bien sea de naturaleza intelectual o académica debido a ciertos factores genéticos o adquiridos, que se presentan en su sistema nervioso (Carboni-Román, A. 2006, Goswami, U. 2008).

El anterior es el caso por ejemplo, de los diferentes tipos de lesiones y sus intensidades que se presentan en las distintas regiones del cerebro de un ser humano y que afectan el aprendizaje motor o el aprendizaje verbal de los sujetos. También es el caso de ciertos trastornos neurológicos de origen genético que limitan a los sujetos de manera total o parcial en sus procesos de aprendizaje como: discalculia, impedimentos específicos del lenguaje, autismo, sordera, el desorden deficiencia de atención e hiperactividad o ciertos desórdenes de comportamiento (Goswami, U. 2008).

El significado de la expresión “Dificultades de Aprendizaje”, en el contexto de esta investigación se limita a los ambientes del aula escolar y de manera específica a aquellas situaciones sobre las cuales, de manera directa o indirecta, el docente tiene algunas

posibilidades de brindar apoyo a sus estudiantes para superarlas. Por lo tanto, como R. Kempa (1991) afirma:

existe una dificultad de aprendizaje en cualquier situación donde el estudiante no tiene éxito en la comprensión significativa de un concepto o de una idea como resultado de uno o más de los siguientes factores: La naturaleza de las ideas o del sistema de conocimientos que el estudiante posee o su poca adecuación en relación con los conceptos o conocimientos que se quieren o se necesitan adquirir; la demanda y complejidad de una tarea de aprendizaje, en términos del procesamiento de información, comparada con la capacidad del estudiante para operar sobre dicha información; problemas de comunicación derivados del uso de lenguaje o, inconsistencia entre las aproximaciones de enseñanza que tiene el docente y los estilos de aprendizaje particulares de cada estudiante. (p.120).

Con todo lo incluyente que parece ser la conceptualización anterior en el contexto escolar, abarca muchos de los factores que generan dificultades de aprendizaje. Existen otras dificultades que no necesariamente pueden ser entendidas a partir de las consideraciones hechas por Kempa, en efecto, gran parte del aprendizaje que deberían llevar a cabo muchos estudiantes puede estar asociado con otros factores como: la carencia de interés, los estudiantes no se sienten interesados por comprometerse con tal o cual tema; el poco esfuerzo hecho por ellos para estudiarlo; la carencia de atención o en términos generales una actitud poco favorable hacia el aprendizaje.

5.7.2. Las dificultades de aprendizaje en las ciencias naturales.

Una revisión de la literatura acerca del estudio de las dificultades de aprendizaje en el campo de la educación en ciencias, permite ver que existen dificultades de origen externo e interno al sujeto y también de naturaleza mixta. Partiendo de los trabajos de Kempa, se consideran de naturaleza externa al sujeto aquellas dificultades derivadas del estilo de enseñanza de los docentes y la naturaleza propia de las disciplinas; de origen interno las que provienen de los conocimientos previos del sujeto o de su estilo de aprendizaje y de origen mixto, la incoherencia entre el estilo de enseñanza del maestro y el estilo de aprendizaje de cada estudiante o también las derivadas de la complejidad y la demanda de las tareas de aprendizaje frente a la capacidad de procesamiento de información que tenga cada estudiante (Kempa, R. F.1991; Cárdenas, S.F.A 2006; Peña, O. 2003; Cárdenas, S.F.A. 2002). A continuación se enumeran las principales fuentes de dificultades de aprendizaje mencionadas en los antecedentes:

- Dificultades de aprendizaje derivadas del uso del lenguaje.
- Dificultades de aprendizaje derivadas de los conocimientos previos.
- Dificultades de aprendizaje derivadas de la incoherencia entre los estilos de enseñanza de los docentes y los estilos de aprendizaje de los estudiantes.
- Dificultades derivadas de la relación entre la capacidad mental y la demanda de la tarea.

En síntesis, la teoría de Piaget plantea cómo se estructura a nivel cognitivo la mente del ser humano a lo largo de su crecimiento, dejando entrever además, una explicación

para el aprendizaje como un proceso de asimilación y acomodación de las nuevas ideas a la estructura cognitiva; sin embargo, desde esta teoría no es posible elaborar una explicación detallada para las dificultades de aprendizaje de conceptos científicos específicos como el caso de las soluciones; ya que con la noción de estadio se asume que un individuo a determinada edad esta en capacidad de realizar determinadas tareas acordes con su desarrollo mental y cronológico; así por ejemplo, para el aprendizaje del concepto de disolución y teniendo en cuenta la edad de los estudiantes durante la cual se enfrentan a su aprendizaje, el estadio de desarrollo sería el de las operaciones formales. Este estadio se caracteriza porque el sujeto es capaz de elaborar conclusiones sin tener en cuenta la observación directa, sino que utiliza un razonamiento de tipo deductivo, el estudiante puede hacer un razonamiento abstracto, podría analizar fenómenos complejos en términos de causa-efecto y valorar la veracidad de proposiciones abstractas, entre otras características de esta etapa de desarrollo. Es decir que, para el aprendizaje del concepto de disolución se tendría la edad y el desarrollo cognitivo adecuado por parte de los estudiantes y abordar con propiedad una a una las actividades planteadas en los PGA; sin embargo, y como se mostrará en los resultados obtenidos se evidencia una clara dificultad de aprendizaje en los estudiantes frente al concepto de disolución y que a la luz de esta teoría no hay un argumento apropiado para esta.

Por otra parte, Bruner plantea la forma como se elaboran los conceptos y como se caracterizan desde los atributos y los posibles valores que pueden adquirir, es así como el concepto de disolución puede construirse a partir de los atributos y sus respectivos valores que se plantean en el siguiente cuadro:

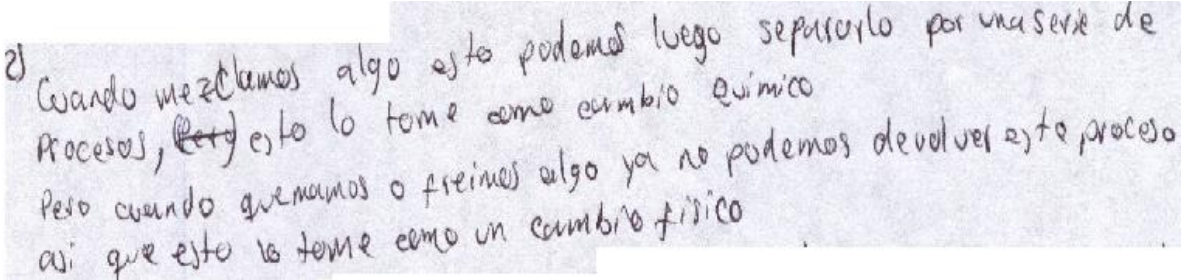
Concepto	Atributos	Valores del atributo
Disolución	Estado Físico	Sólido, líquido y Gas
	Proceso Físico	Soluto, Solvente, Mezcla homogénea
	Tipos	Insaturada, Saturada y Sobresaturada

Haciendo esta comprensión del concepto de disolución y presentarlo a los estudiantes a través de diferentes escenarios es posible contribuir a la disminución de las dificultades de aprendizaje, los atributos entonces son los elementos principales en la construcción del concepto y cuanto mayor comprensión tengan los valores de estos atributos mayor será el nivel de significación de este concepto para el estudiante. Es así como, la teoría de Bruner juega un papel fundamental en el estudio de las dificultades de aprendizaje, porque aborda el problema de la construcción de los conceptos en función de los atributos del objeto y la posterior adquisición de los valores de estos atributos por parte del sujeto, lo cual aportará a un mejor aprendizaje de los conceptos científicos vistos a través de los procesos de significación y diferenciación conceptual.

La teoría de Pascual Leone toma la noción de esquema planteada por Piaget y explica la forma como funciona la mente en el momento de desarrollar una tarea, definiendo el éxito de los estudiantes en función de su capacidad mental y la demanda de la tarea. El concepto de demanda planteado en esta teoría solo está enfocada en los conceptos métricos, es decir, para los conceptos que implican una cuantificación y que son medibles, para el caso de las disoluciones corresponde a un concepto métrico la determinación de la concentración. Sin embargo, en el estudio de los conceptos científicos se deben abordar a la vez conceptos clasificatorios y comparativos que al igual que los métricos también revisten nivel de dificultad para los estudiantes. Un aporte de esta investigación es la aproximación a determinar la demanda de una pregunta

asociada con conceptos clasificatorios y comparativos, que permita ampliar ese nivel de relación planteado por Pascual Leone a otro tipo de conceptos (los clasificatorios y los comparativos); de esta forma no solo se estaría ampliando el concepto de demanda sino que además se estaría ampliando el campo de investigación para las dificultades de aprendizaje.

El siguiente ejemplo tomado de los escritos de los estudiantes en esta investigación permite ilustrar más claramente estos planteamientos:



2) Cuando mezclamos algo esto podemos luego separarlo por una serie de procesos, ~~pero~~ esto lo tome como cambio químico pero cuando quemamos o freímos algo ya no podemos devolver este proceso así que esto lo tome como un cambio físico

Este escrito fue elaborado por un estudiante de 16 años, frente a una de las preguntas de los PGA donde se pedía al estudiante establecer la diferencia entre cambio físico y cambio químico, posterior a la discusión de este aspecto en la clase. Según la teoría de Piaget estaría ubicado en el estadio de las operaciones formales, etapa en la cual estaría mentalmente capacitado para hacer abstracciones, resolver problemas con múltiples variables, tendría reversibilidad de pensamiento y podría acceder a un razonamiento hipotético deductivo. Sin embargo, como se evidencia en el escrito, el estudiante no ha logrado construir una diferenciación entre el concepto de cambio físico y cambio químico, se evidencia claramente que ha tenido alguna dificultad para hacer dicha diferenciación. Desde la teoría de Bruner, se podría plantear que este estudiante no le ha dado los valores adecuados y suficientes a cada uno de los atributos que le permitan

diferenciar entre un cambio físico y uno químico, al parecer el atributo definitorio que tiene equívocamente, este estudiante para el cambio químico es la reversibilidad.

Por otra parte, desde la teoría de Pascual Leone, se podría afirmar que seguramente hay una diferencia alta entre la capacidad mental del estudiante y la demanda de la tarea. Lo cual ocasionó la dificultad para responder con éxito la pregunta planteada.

Estos argumentos planteados aisladamente no explican en realidad, cual es la dificultad que tiene un estudiante cuando debe dar cuenta de algunos conceptos particulares de la química, máxime cuando otras investigaciones han mostrado que son difíciles de aprender. La propuesta de esta investigación es elaborar nuevas explicaciones tendientes a tener en cuenta los planteamientos de las teorías mencionadas anteriormente y que aportan sustancialmente a la búsqueda de las explicaciones a las dificultades de aprendizaje. Por una parte el aporte de Piaget a la caracterización de los estudiantes a nivel cognitivo según la edad cronológica, los aportes de Bruner para analizar la construcción y elaboración de los conceptos y finalmente los planteamientos de Pascual Leone frente al desempeño de los estudiantes en tareas de diferente demanda según su capacidad mental. Cada una de estas teorías hace aportes importantes pero que de forma aislada no logran desarrollar una adecuada explicación a las dificultades de aprendizaje.

6. OBJETIVOS.

General:

Contribuir a la búsqueda de explicaciones para las dificultades de aprendizaje de conceptos químicos a partir del estudio de las relaciones entre la capacidad mental de los estudiantes, la demanda de las tareas y el aprendizaje por investigación entendido como una forma de aprendizaje activo.

Específicos.

Proponer explicaciones para las dificultades de aprendizaje de los conceptos asociados con las disoluciones a partir de la capacidad mental de un grupo de estudiantes de grado undécimo y su desempeño académico en preguntas de diferente demanda.

Proponer y evaluar los programas guía de actividades como una posible alternativa para disminuir la demanda de la tarea y contribuir así a transformar las dificultades de aprendizaje en una oportunidad para el aprendizaje de los conceptos asociados con las disoluciones en un grupo de estudiantes de grado undécimo.

7. HIPÓTESIS

Los PGA permiten disminuir la demanda de las tareas y por tanto facilitan la superación de las dificultades de aprendizaje relacionadas con los conceptos asociados a las disoluciones en un grupo de estudiantes de grado undécimo.

8. METODOLOGÍA.

La investigación se ubica en un paradigma mixto de investigación ya que conjuga, por una parte, elementos del paradigma cualitativo referidos a la comprensión de las dificultades de aprendizaje en procura de explicaciones interpretativas. En este paradigma, el rol del investigador se traduce en anotar, oír, observar, buscar significados e interpretar; y por otra parte los elementos del paradigma cuantitativo, usa un diseño cuasi experimental al aplicar los PGA a un grupo de estudiantes, los resultados se presentan y procesas mediante el uso de tablas, gráficos y coeficientes, entre otros. (Moreira, 2002).

8.1. INSTRUMENTOS

8.1.1. Para la determinación de la capacidad mental.

Para este propósito se emplean dos instrumentos estandarizados y ya de uso tradicional en el campo de la educación en ciencias: El test de las figuras de intersección y el test de los dígitos invertidos que se describen a continuación (Wais Wechsler, 1988, citado por Harris P. en línea).

El Test de las Figuras de Intersección.

La versión que se utilizará en este trabajo consta de 36 ítems y tres ejemplos de introducción. Cada ítem consta de dos grupos de figuras geométricas simples ubicados uno

en la parte izquierda y el otro en la parte derecha de la hoja, como se observa en el anexo No.1 El grupo de la izquierda contiene las mismas formas geométricas de la derecha pero organizadas de tal manera que se traslapen en su configuración y presenten un área común de intersección. Esta área común de intersección a su vez se encuentra dentro de la superposición de todas las formas.

Como se muestra en la tabla No. 2, a lo largo del test, existen ítems a los cuales en la parte izquierda se ha adicionado una figura irrelevante, es decir que no está entre las que aparecen a la derecha ni forma parte de las que intervienen en el área de intersección, exige del alumno un poco más de concentración en la realización de la tarea, hace las veces de un distractor en la prueba.

La tarea consiste en identificar y marcar claramente el área común de intersección. La dificultad de un ítem depende del número de formas presentes en el grupo de la izquierda, este número a su vez determina la clase del ítem (Pascual-Leone, J.1967). Es de anotar que, la versión del test de las figuras de intersección utilizada en esta investigación corresponde a la validada por Caicedo (Guzmán y Caicedo, 1994; Maldonado. 1995).

Tabla No. 2: Características del Test de las Figuras de Intersección, FIT, en cuanto a sus clases grupos de formas geométricas y número de figuras irrelevantes.

CLASES	GRUPOS DE FIGURAS	NÚMERO DE FIGURAS IRRELEVANTE.
2	5	0
3	5	1
4	6	2
5	5	1
6	5	2
7	5	1
8	5	0

La aplicación del Test.

En la aplicación se hizo énfasis en la ubicación y marca de la sección de intersección; estas instrucciones fueron necesarias dado que en el momento de calificar el test se descartaron todos aquellos casos en los cuales la marca no se encontraba en la intersección, estuviera sobre la línea, fueran tan grandes que alcanzaran a salir del área, existieran varias marcas o se evidenciaran señales de haber marcado y borrado; dado que todas o una de estas situaciones indican indecisión por parte del sujeto que presenta la prueba.

Así mismo, se explicó que todas las figuras debían ser de la misma forma aun cuando estuvieran en diferente posición u orientación, que la intersección no necesariamente se encontraba en el centro de las figuras y que podían existir figuras irrelevantes a manera de distractores.

La marcación del punto de intersección, siguiendo la recomendación de los autores del test se hizo con lápiz rojo para detectar la posible tendencia que se tiene a borrar. Durante la realización de la prueba la investigadora circuló en el grupo pero sin dar más instrucciones que las ya mencionadas. Antes de recoger la prueba se invitó a los estudiantes a revisar sus textos y asegurarse de que no dejaron ítems sin responder.

El test que usualmente requiere entre cuarenta y cinco minutos y una hora para su respuesta total en este caso, muchos estudiantes lo terminan en treinta minutos o menos; el máximo tiempo empleado por un estudiante para responder al test fue de 50 minutos.

La calificación del test.

Para establecer el desempeño de un estudiante en el test, se determina número de grupos de figuras, cuya intersección se haya identificado con éxito en cada clase y luego, se establece la clase para la cual el alumno haya tenido el mayor éxito; de esta manera, el desempeño de un alumno está dado por la clase más alta en la cual haya tenido éxito en la identificación de la intersección de todos menos uno de los grupos de figuras (Pascual-Leone, J, 1967). Este fue el procedimiento acogido para este trabajo.

Alternativamente, y para versiones del test diferentes a la empleada en esta investigación, el desempeño se puede establecer contando el número de grupos de figuras de intersección correctamente resuelto con un valor igual al de su clase; recuérdese que la clase está dada por el número de figuras en el grupo. Así, el resultado final se expresa como la suma total de los grupos aprobados.

El Test de los Dígitos Espaciados.

Consiste en un ejercicio de dos partes, en la primera se opera con dígitos hacia delante y en la segunda con los dígitos invertidos como se describe a continuación. En ambos casos el test se administra desde una grabadora para evitar interferencias derivadas de la entonación de quien lo administra. El enunciado de los dígitos debe hacerse con una velocidad de un dígito por segundo, sin agrupar los números, dejando caer el tono de la voz al pronunciar el último dígito de cada serie. El número de la serie indica el número de dígitos de un ítem.

La calificación del test.

Para establecer el desempeño de los alumnos en el test se procede de la siguiente manera: se revisa cada una de las hojas de respuesta estableciendo las series en las cuales el alumno tuvo éxito en ambos casos, el resultado corresponde al número de la serie inmediatamente anterior a aquella en la cual el sujeto cometió dos errores. Para efectos de establecer la capacidad mental, solamente se tienen en cuenta los desempeños en los dígitos invertidos, ya que en él el estudiante debe recordar y procesar la información antes de escribir su respuesta.

Es pertinente destacar el hecho de que tanto en el test de las figuras de intersección como en el de los dígitos invertidos, el sujeto debe retener información en su memoria de trabajo y operar sobre ella, es decir hacer alguna operación con dicha información para producir una respuesta. En el caso de las figuras de intersección consiste en marcar el punto donde todas las figuras se intersectan y en el de los dígitos invertidos la respuesta implica realizar, de manera correcta, la inversión de la serie de números. Estas características son un requerimiento de la teoría para los instrumentos mediante los cuales se procure la determinación de la capacidad mental de un sujeto en este sentido se puede afirmar que los instrumentos son apropiados para establecer el parámetro M de los estudiantes con quienes se adelantó la investigación.

8.1.2. Para el desempeño de los estudiantes.

Los PGA se diseñaron teniendo en cuenta: la agrupación de los conceptos en clasificatorios (PGA1), comparativos (PGA2) y métricos (PGA3); cada uno tiene una conceptualización, una pregunta de alta demanda o situación problema y subpreguntas de menor demanda como estrategia para disminuir la demanda de las preguntas presentadas en la situación problema. Las siguientes tablas ilustran el contenido de preguntas y subpreguntas en cada uno de los tres PGA, indicando la demanda de cada una de las preguntas.

Tabla No 3: Estructura del primer PGA en términos de la situación de alta demanda y las subpreguntas para disminuirla.

No.	Categoría	Conceptos asociados en la pregunta	Contexto	Demanda Z
1 A	Pregunta de alta demanda o situación problema	Clasificación de sustancias y preparación de soluciones	Química	10
1.1	subpregunta	Clasificación de sustancias en elementales, compuestas y mezclas	Química	5
1.2	subpregunta	Clasificación de sustancias en elementales, compuestas y mezclas	Cotidiano	6
1.3	subpregunta	Cambios físicos y químicos	Química	7
1.4	subpregunta	Cambios físicos y químicos	Cotidiano	6
1.5	subpregunta	Clasificación de sustancias polares y no polares de acuerdo a la solubilidad en el agua	Química	6
1.6	subpregunta	Clasificación de sustancias polares y no polares de acuerdo a la solubilidad en el agua	Cotidiano	5
1 A	Pregunta de alta demanda o situación problema	Clasificación de sustancias y preparación de soluciones	Química	10

Tabla No. 4: Estructura del segundo PGA en términos de la situación de alta demanda y las subpreguntas para disminuirla.

No.	Categoría	Conceptos asociados en la pregunta	Contexto	Demanda Z
2	Pregunta principal	Dilución, principio de conservación y concentración.	Química	9
2.1	subpreguntas	Soluto, solvente, solución y masa.	Química	5
2.2	Subpreguntas	Soluto, solvente, solución, estado físicos y volumen	Cotidiano	7
2.3	Subpreguntas	Soluto, solvente, solución, dilución y principio de conservación.	Química	6
2.4	Subpreguntas	Solución, solvente, solución, dilución y principio de conservación.	Cotidiano	5
2.5	Subpreguntas	Solubilidad en función de la temperatura, graficas de curvas de solubilidad.	Química	5
2.6	Subpreguntas	Identificación de la temperatura como factor importante en la solubilidad de una sustancia.	Cotidiano	8
2	Pregunta principal	Dilución, principio de conservación y concentración.	Química	9

Tabla No. 5: Síntesis de las subpreguntas postuladas para disminuir la demanda de la situación inicial con su respectiva demanda en el tercer PGA.

No.	Categoría	Conceptos asociados en la pregunta	Contexto	Demanda Z
3	PREGUNTA	- soluto - solvente - solución - molaridad - principio de conservación - mezcla	Química	12
3.1	Subpregunta	- Solubilidad - temperatura como factor de solubilidad. - solución diluida - solución saturada	Química	8
3.2	Subpregunta	- Solubilidad - temperatura como factor de solubilidad. - solución diluida - solución saturada - solución sobresaturada	Química	9
3.3	Subpregunta	- Solute - Solvente -Solución	Química	3
3.4	Subpregunta	- Solute - Solvente - Solución - Evaporación - Qué se evapora - Concentración en términos de % por peso	Química	8
3.5	Subpregunta	- Solute - Solvente - Solución - Concentración en términos de % por peso	Química	6
3.6	Subpregunta	- Solución - Solute - Concentración Molar	Química	6
3.7	Subpregunta	- Solución - Solute - Concentración Molar - Solución - Solute - Concentración Molar - mol	Química	5
3.8	Subpregunta	- Solución - Solute - Concentración Molar - Solución	Química	

		- Solute - Concentración Molar - mol		7
3.9	Subpregunta	- soluto - solución - fracción molar - conversión de gramos a moles	Química	8
3	PREGUNTA	- soluto - solvente - solución - molaridad - principio de conservación - mezcla	Química	12

En la figura No. 17, se observa como los PGA constan en primer lugar de una fase de documentación en la cual los estudiantes tienen un primer acercamiento teórico a los principales aspectos de las soluciones referidos a los distintos conceptos involucrados en este; para este propósito cada uno de los PGA contenía un texto en donde se trataban los conceptos requeridos para la resolución práctica de la situación problema en el laboratorio; en cada caso este texto fue estudiado por los grupos y discutido en el aula de clase bajo la guía de la investigadora, esta actividad para cada uno de los PGA demoro 2 sesiones de clase. Terminada esta etapa los estudiantes fueron al laboratorio para un primer intento de resolución de la situación problema de alta demanda para lo cual contaban con una sesión de clase. Al término de esta etapa podía suceder una de las siguientes dos cosas: que los estudiantes tuvieran éxito y resolvieran la situación planteada o que no lo logaran. En el primer caso los estudiantes pasarían a desarrollar el segundo PGA el cual también inicia con la documentación del tema. Puesto que en ninguno de los tres PGA se dio el primer caso, ningún grupo tuvo éxito, para cada uno de ellos se procedió a trabajar en el aula de clase de manera teórica cada una de las subpreguntas de menor demanda preestablecidas para cada situación problema, es de anotar que paralelamente a este trabajo se asignó una actividad extraclase relacionada con los mismos temas pero ahora haciendo referencia a

contextos cotidianos; esta segunda etapa disponía de un tiempo de 4 sesiones de clase. Terminadas estas cuatro sesiones los grupos volvieron al laboratorio para abordar por segunda vez la resolución de la situación de alta demanda, para lo cual, esta vez los grupos disponían de otras dos sesiones de clase. De esta manera, el desarrollo de cada uno de los PGA tuvo una duración de nueve sesiones de clase.

Durante el proceso anterior, la investigadora estuvo atenta a recolectar todos los productos escritos de los estudiantes derivados de los avances logrados en cada una de las sesiones de clase bien sea de las subpreguntas desarrolladas en clase y de las actividades extraclase asignadas. Por otra parte, durante el trabajo en el laboratorio se llevó a cabo la filmación del trabajo realizado tomando como base algunas preguntas predeterminadas y otras que emergían del mismo diálogo con los estudiantes.

La dinámica descrita anteriormente, fue seguida en los tres PGA; así los PGA se constituyeron en un medio para asignar las situaciones de diferente demanda y un instrumento de recolección de datos para la investigación.



Figura No.17: Estructura general de los PGA.

Una vez han desarrollado por segunda vez la situación problema planteada en el aula se continua con la documentación del siguiente PGA y se repite nuevamente este procedimiento hasta completar el desarrollo de la situación problema del tercer PGA.

La entrevista

Con esta técnica se buscó más información, datos, opiniones e ideas acerca de la evolución de la aplicación de los PGA; así mismo se pretendía escudriñar un poco más acerca de las interpretaciones de los estudiantes referentes a los conceptos asociados con las disoluciones y que en ocasiones no son fáciles de plasmar en una hoja de papel. Para esto se emplearon las preguntas planteadas durante el desarrollo de la situación problema de alta demanda para cada uno de los tres PGA.

8.1.3. Para la determinación de la demanda de las preguntas

De manera particular, homologando el proceso seguido por Jhonstone y sus colaboradores para el establecimiento de la demanda de las preguntas, con la extensión mencionada, el proceso seguido para determinar las demandas de las tareas en esta investigación fue el siguiente:

1. La investigadora formuló las situaciones problema y las subpreguntas para cada uno de los PGA y estableció para cada una de ellas un valor de la demanda.
2. Cada una de las situaciones problema y las subpreguntas planteadas fueron sometidos al juicio del grupo de profesores de química del grado undécimo para que


dadas las instrucciones para tal efecto calcularan a su juicio el valor de la demanda para cada una de estas.

3. Con los valores de demanda asignadas por los profesores la investigadora se reunió con ellos para analizarlas y llegar a un consenso en el valor definitivo.
4. En aquellos casos en los que no hubo consenso se solicitó a un experto profesional de la química para que estimara dicho valor, el cual fue adoptado para las preguntas en discrepancia.

A continuación se ilustra una de las preguntas para los cuales se estimó la demanda siguiendo el procedimiento descrito.

Pregunta 1.1. del primer PGA:

Observe los siguientes materiales y clasifíquelos como sustancia elemental, sustancia compuesta o mezcla.

						
cinta de magnesio	Agua	Agua y azul de metileno	Carbón	Alcohol	Jabón Líquido	Hidróxido de Calcio - $\text{Ca}(\text{OH})_2$

Pasos que se establecieron como fundamento del valor de la demanda en términos de conocimiento:

1. sustancia elemental
2. sustancia compuesta
3. concepto de mezcla
4. propiedades de los líquidos: agua y Alcohol.

5. propiedades de los sólidos: magnesio, carbón y el hidróxido de calcio.

De conformidad con lo anterior, la demanda de esta pregunta se estableció en 5.

Las demás preguntas y su demanda acompañan la descripción y el análisis de los resultados para cada uno de los PGA, en la sección de análisis de los resultados.

8.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población está relacionada con todos los estudiantes que cursan grado undécimo en los liceos del Ejército en la ciudad de Bogotá y la muestra está conformada por 26 estudiantes que en el momento de la aplicación de los PGA cursaban el grado undécimo en el Liceo Colombia; sin embargo, para efectos del trabajo y la presentación de resultados se organizaron 5 grupos de trabajo según los valores de M, quienes desarrollaron uno a uno los PGA en el aula de clase.

La tabla 6 resume los resultados de los test y la conformación de los grupos de trabajo respectivamente, donde se observa que el mayor número de estudiantes se encuentra ubicado en el grupo de capacidad mental 4 seguido en orden decreciente de los que tienen capacidad mental 6 y de los que se ubican en los grupos de capacidad mental tres y cinco en donde se encuentra un número igual de estudiantes. Una comparación de los valores de capacidad mental para los alumnos de esta investigación, con otros grupos participantes en otras investigaciones similares (Peña, 2003) permite establecer que se trata de un curso en donde los valores de capacidad mental son relativamente bajos. En efecto no se encuentran

valores de capacidad mental siete u ocho que son comunes en grupos de estudiantes con características semejantes.

Tabla No.6: conformación de los grupos de trabajo a partir de los valores de capacidad mental obtenidos en la resolución de los test.

Capacidad mental	Número de Estudiantes	Grupo de trabajo
3	5	3
4	5	4 A
4	5	4B
5	5	5
6	6	6
Total	26	26

Dado que 10 estudiantes tienen capacidad mental cuatro, cerca del 40% del grupo, por razones de procedimiento, no existe un espacio físico en el laboratorio para el trabajo de un grupo tan grande, ni un grupo de tantos estudiantes es funcional, hubo necesidad de dividirlos en dos grupos 4 A y 4 B. Estos grupos fueron organizados al azar por la investigadora.

8.3. ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

El análisis y la interpretación de los resultados consta de dos partes, una primera relacionada con el desempeño de los estudiantes en cada uno de los PGA la cual se fundamenta en la capacidad mental de los estudiantes y los desempeños en cada uno de los PGA y una segunda donde se da cuenta del progreso de los grupos a partir de los resultados de la filmación de las sesiones de laboratorio. Para cada uno de los casos se muestran textos que ilustran los respectivos análisis.

9. RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS

9.1. Resultados de la aplicación del primer PGA en los diferentes grupos.

El tema central objeto de estudio en este PGA son los conceptos clasificatorios relativos a las disoluciones, durante su desarrollo los estudiantes se encontraron con una pregunta de alta demanda o situación problema la cual se ilustra a continuación:

Presentación:

Describa la forma como usted podría resolver la siguiente actividad. Elabore una lista de procedimientos.



Sustancias:

Agua, azufre, cloruro de potasio, aceite, etanol.

Materiales: *Agitador de Vidrio, espátula, pipeta, tubos de ensayo, gradilla y vasos de precipitado.*

Para la realización de esta actividad utilice la hoja de trabajo adjunta.

Preparar 2 mezclas homogéneas o soluciones empleando las sustancias y materiales dados, proceda mezclando por pares de sustancias, utilizando pequeñas cantidades.

La pregunta anterior plantea una situación compleja y de alta demanda en el contexto del trabajo práctico en el laboratorio. En efecto, el valor de la demanda establecido para esta pregunta es de 10. Como puede observarse en la tabla No. 7 en ninguno de los grupos aparecen estudiantes que hayan logrado responderla de forma correcta, parcial o totalmente.

Estos resultados, muestran claramente que la demanda de la tarea es superior a los valores de la capacidad mental de los cinco grupos de estudiantes.

Tabla No. 7: Datos correspondientes al desempeño de los estudiantes en la pregunta de alta demanda en el primer PGA antes de la subdivisión de las preguntas.

Grupos de Capacidad Mental	Valor de Facilidad
3	0.0
4A	0.0
4B	0.0
5	0.0
6	0.0

A continuación se muestran y analizan los resultados del desempeño de los estudiantes en cada una de las subpreguntas de diferente demanda incluidas en el primer PGA.

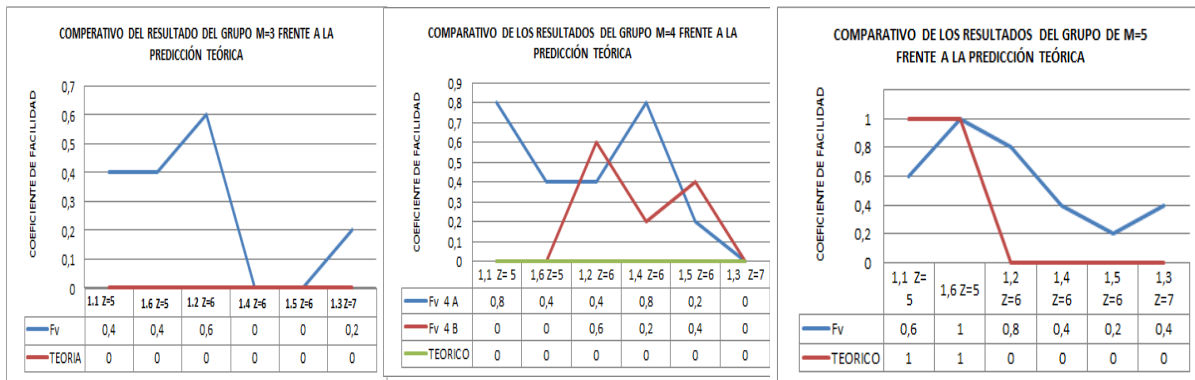
Tabla No.8: Grupos según su capacidad mental y valores de facilidad para las preguntas correspondientes al primer PGA

Grupos según su capacidad mental	Valores de facilidad para cada una de las preguntas					
	Pregunta 1.1	Pregunta 1.2	Pregunta 1.3	Pregunta 1.4	Pregunta 1.5	Pregunta 1.6
	Z=5	Z=6	Z=7	Z=6	Z=6	Z=5
3	0.40	0.60	0.20	0.00	0.00	0.40
4A	0.80	0.40	0.00	0.80	0.20	0.40
4B	0.00	0.60	0.00	0.20	0.40	0.00
5	0.60	0.80	0.40	0.40	0.20	1.00
6	0.30	0.50	0.16	0.50	0.16	0.16

En relación con los valores de facilidad obtenidos para este grupo de preguntas se puede observar que en general, sin presentar un patrón uniforme se advierte una ligera tendencia a disminuir en la mayoría de los grupos desde las preguntas de menor demanda hacia las de mayor demanda.

Comparando estos resultados con las predicciones teóricas en relación al éxito de los estudiantes en la resolución de preguntas de diferentes demanda en función de la capacidad mental (Johnstone A. y El-banna H. 1986), se puede afirmar que la aplicación del primer PGA demuestra tendencias positivas para los grupos de estudiantes de capacidad mental 3,4

y 5, como se puede observar en la siguiente serie de gráficas No.2, donde “t” representa los valores teóricos.



Gráfica No.2: Resultados comparativos de los desempeños de los estudiantes de diferente capacidad mental frente a las predicciones teóricas del procesamiento de información.

Estos resultados demuestran que la implementación del PGA potenció la capacidad de los estudiantes para procesar información, ya que lograron enfrentar con éxito preguntas que superaban su capacidad mental. Otros detalles en relación con el desempeño de los estudiantes en estas preguntas se presentan a continuación a partir de la relación demanda de las preguntas versus capacidad mental.

Las preguntas de demanda 5 y 7 vistas desde los estudiantes de capacidad mental 3.

Se ubican cinco estudiantes de capacidad mental 3, los resultados expresados en términos de los valores de facilidad para las seis preguntas formuladas también son bajos, solamente uno de ellos supera el valor medio de la escala de valor de facilidad (Fv).

El texto correspondiente a la pregunta 1.1 y la pregunta 1.6 de demanda 5 y la pregunta 1.3 de demanda 7 se presentan a continuación:

Pregunta 1.1, Z= 5

Observe los siguientes materiales y coloque los números de estos según se correspondan con los conceptos clasificatorios de la tabla, que se encuentran en la parte inferior.

1 	2 	3 	4 	5 	6 
Cinta magnesio	Agua	Agua y azul de metileno	Carbón 7  Ca(OH) ₂	C ₂ H ₅ OH Alcohol	Jabón líquido
Sustancia Elemental	Sustancia Compuesta		Mezcla		

Pregunta 1.6, Z=5

Las sustancias que se manipulan a diario en el hogar o en el colegio pueden ser clasificadas como polares o no polares, dependiendo de si se disuelven o no en agua. A continuación usted debe diseñar un procedimiento que le permita determinar si las siguientes sustancias son polares o no:

- crema dental
- crema de manos
- Gel para el cabello
- perfume
- leche
- Mayonesa

Pregunta 1.3, Z=7

A partir de la situaciones ilustradas con las imágenes, indique en cuáles de ellas se representa un cambio físico y en cuáles se trata de un cambio químico. (justificar la respuesta)

 1	 2	 3	 4	 5
------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------

<i>Los carros usan como combustible la gasolina y el ACPM principalmente; como resultado del funcionamiento del motor se genera una reacción de combustión produciendo la emisión de algunos gases, los cuales han sido objeto de control de las autoridades ambientales.</i>	<i>El vapor de agua generado en la evaporación del agua en la superficie terrestre, asciende en la atmósfera incrementando la humedad del air; al unirse con los gases producidos en la combustión del motor del carro, entre otros, producen ácidos que al mezclarse con el agua lluvia, forma la lluvia ácida.</i>	<i>Cuando las nubes están lo suficientemente cargadas de vapor de agua se generan las precipitaciones por un proceso de condensación ocasionando fuertes lluvias.</i>	<i>Debido a las lluvias muchos cultivos han sido destruidos no solo por la furia de las aguas sino por la calidad del agua lluvia, pues el agua que cae en las precipitaciones no es agua pura sino lluvia ácida.</i>	<i>Consecuencia también de la lluvia ácida esta la corrosión generada en los monumentos y piezas metálicas que están expuestas a la lluvia.</i>
<u>Cambio:</u>	<u>Cambio:</u>	<u>Cambio:</u>	<u>Cambio:</u>	<u>Cambio:</u>

En la tabla No. 9 se presentan los aciertos de estudiantes que contestaron las preguntas anteriores. Para la elaboración de la tabla se han conservado los números que identificaban a cada uno de los estudiantes en la lista oficial del curso y los de las preguntas en el PGA.

Tabla No 9: Estudiantes de capacidad mental 3 que contestaron correctamente las preguntas de demanda 5 y 7 en el primer programa guía de actividades.

Número del estudiante	Pregunta 1.1 Z= 5	Pregunta 1.6 Z= 5	Pregunta 1.3 Z=7
11	OK	OK	
6	OK	OK	
27		OK	OK
31			OK
15			

Las preguntas anteriores tienen en común clasificar sustancias y materiales de conformidad con un criterio dado. Como puede verse en la tabla No. 9 ninguno de los cinco estudiantes tuvo éxito en responder las tres preguntas. La pregunta en la cual tuvieron más éxito fue la 1.6 que es una de las preguntas de demanda cinco. Por tratarse de preguntas donde la demanda supera la capacidad mental del grupo de estudiantes, los resultados son positivos en tanto que lograron desarrollar correctamente algunas de estas; muy

seguramente estos estudiantes han empezado a desarrollar estrategias de procesamiento de información que les permite disminuir la demanda de la pregunta, mejorar los niveles de comprensión y significación conceptual dentro de los conceptos clasificatorios. En la figura No. 18 se muestra la respuesta dada por el estudiante número 11 a la pregunta 1.3. de demanda 7.

Figura No. 18: Respuesta del estudiante 11 a la pregunta 1.3 del primer PGA

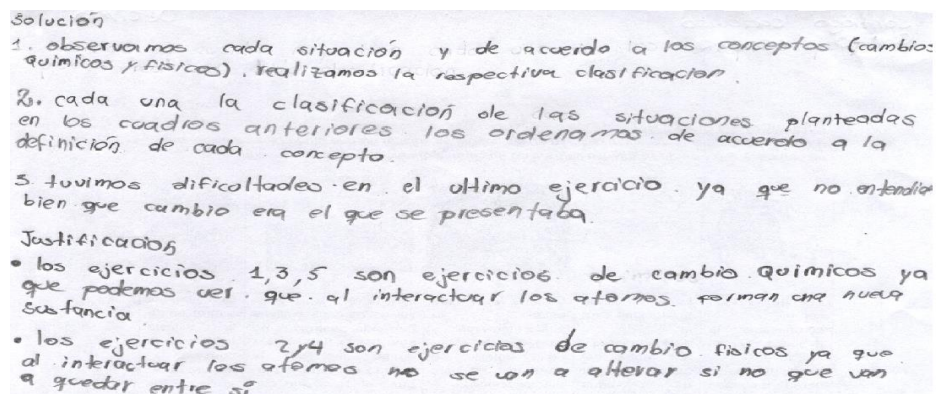


Tabla No. 10: transcripción de la respuesta dada por el estudiante 11 a la pregunta 1.3 del PGA.

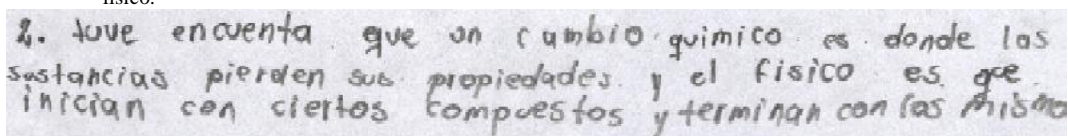
SITUACIÓN 1	SITUACIÓN 2	SITUACIÓN 3	SITUACIÓN 4	SITUACIÓN 5
Cambio Químico	Cambio Físico	Cambio Químico.	Cambio Físico	Cambio Químico.

Estos resultados muestran que el estudiante no parece haber alcanzado el nivel de significación y discriminación requerido para distinguir un cambio químico y un cambio físico, en el escrito se evidencia un nivel nocional de estos conceptos que están en curso de adquirir significación para poder diferenciar y clasificar situaciones específicas en cambios

físicos o químicos; para este estudiante el proceso de condensación es un cambio químico, aunque enuncia correctamente que en un cambio químico se genera una nueva sustancia. Se observa además, que no logra plantear un criterio para definir un cambio físico, ya que utiliza la expresión: “*los átomos no se alteran*” probablemente para indicar que no existe una formación de enlaces entre estos y selecciona equívocamente como un cambio físico la formación de la lluvia ácida.

En la figura No. 19 se observa cómo, en un intento por explicar un cambio químico y físico otro estudiante de este mismo grupo de capacidad mental se remite a las propiedades de las sustancias para explicar el primero y a la conservación de las sustancias para explicar el segundo.

Figura No. 19: Respuesta del estudiante 27 a la pregunta 1.3 del primer PGA Diferenciación entre cambio químico y cambio físico.



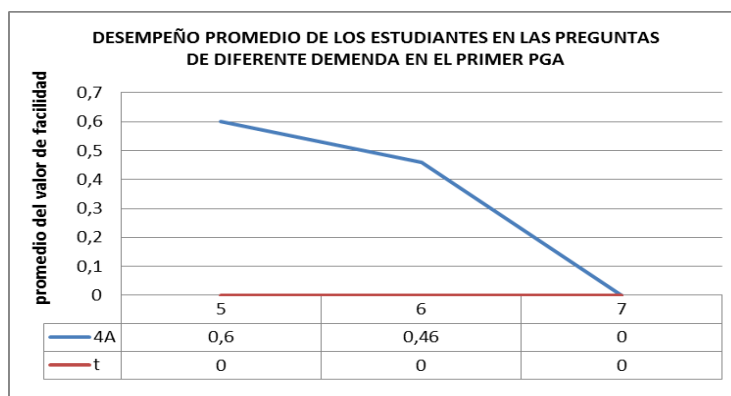
2. tuve en cuenta que un cambio químico es donde las sustancias pierden sus propiedades y el físico es que inician con ciertos compuestos y terminan con los mismos

Un análisis semejante hecho para los demás estudiantes de este grupo de capacidad mental permite concluir, parcialmente, que la capacidad mental influye directamente en sus desempeños porque aunque en el PGA se presentaron subpreguntas de menor demanda, los estudiantes se encuentran en proceso de construcción de significado a los conceptos de cambio físico y químico y por tanto los conceptos, hasta ahora construidos, se encuentran en un nivel nocional.

Pregunta demanda 5 Y 6 en estudiantes de capacidad mental 4 A.

El desempeño de este grupo de estudiantes en las seis subpreguntas incluidas en el primer PGA se presentaron en la tabla No. 8 y cuyos resultados promedios de valor de facilidad frente a las preguntas de diferente demanda se representan en la gráfica No. 3 . A continuación se retoman algunos aspectos puntuales en las respuestas dadas por los estudiantes en algunas preguntas planteadas.

Gráfica No.3: Resultados promedio de Fv en función de la demanda de las preguntas para el grupo de capacidad mental 4 A.



Como se observa en la gráfica, los resultados de este grupo de estudiantes es positivo dado que al enfrentarse a subpreguntas que tienen una demanda superior a su capacidad mental, logran desarrollar estrategias de procesamiento de información de tal manera que alcanzan resultados favorables en las de demanda 5 y 6.

La pregunta 1.1. Z=5

Como se puede observar en el análisis hecho para el grupo de capacidad mental 3, el tema de esta pregunta corresponde a la clasificación de sustancias en un contexto químico,

esta pregunta exige al estudiante un nivel conceptual que supere lo nocional y le permita diferenciar las sustancias presentadas.

La pregunta 1.4. Z= 6

Lea con atención la receta para preparar un postre de leche y determine cuál de las transformaciones citadas en este proceso se puede clasificar como un cambio físico o químico, justificando esta clasificación.

Ingredientes:

- 400 gramos de azúcar
- 190 gramos de maizena
- 18 yemas de huevo
- 3 litros de leche
- 200 gramos de mantequilla
- 1 cucharada de vainilla en polvo.
- Aceite para freír.
- Harina de trigo



Preparación:

1. Mezclar muy bien la maizena, el azúcar, las yemas y la mantequilla
2. A parte mezclar la leche con la vainilla y poner a hervir.
3. Cuando hierva la leche se mezcla con la primera mezcla y se continúa la cocción por 20 minutos revolviendo constantemente.
4. Extender esta preparación en una bandeja hasta que este fría y finalmente se corta en cuadros.
5. Cada una de las porciones de la anterior masa se pasa por harina de trigo y huevo, y después se ponen a freír en el aceite caliente.

<i>Cambios Físicos</i>	<i>Cambios Químicos</i>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Describa el procedimiento que llevó a cabo en el desarrollo de esta actividad. 2. Escriba los criterios que tuvo en cuenta para hacer la clasificación. 3. Enumere las dificultades encontradas en el desarrollo del trabajo 	

En la tabla No. 11 se muestra el número de los estudiantes que contestaron bien las preguntas anteriores. Una vez más para la elaboración de esta tabla se han conservado los números que identificaban a cada uno de los estudiantes en la lista del curso y los de las preguntas en el programa guía.

Tabla No. 11: Datos correspondientes a los estudiantes que contestaron correctamente las preguntas de demanda 5 y 6 en el primer PGA.

Número del estudiante	Pregunta 1.1 Z= 5	Pregunta 1.4 Z= 6
1	OK	OK
13	OK	OK
12	OK	OK
17		
30	OK	OK

El estudiante 17 fue el único que no logro desarrollar las preguntas, algún nivel de explicación puede realizarse a partir de las respuestas dadas a las dos preguntas como se ilustra en seguida.

Figura No. 20: Respuesta del estudiante 17 a la pregunta 1.1 del primer PGA

Desarrollo:

① De acuerdo con nuestros apuntes, pudimos resolver y concluir que es: sustancia elemental, sustancia compuesta y mezcla, para así, poder clasificar de manera correcta estas sustancias expuestas.

② Los criterios que tuvimos para poderlas resolver, fueron los conceptos de:

sustancia elemental: es aquella que no se puede descomponer, y está formada por una sola clase de átomos.

sustancia compuesta: está formada por dos o más elementos, y tiene dos o más clases de átomos.

mezcla: está formada por dos o más clases de átomos; sustancias

③

① Cinta de magnesio: tenemos la duda de si era compuesta y elemental, porque magnesio, no dejara de ser magnesio, así sea cinta.

② Carbón: tenemos la duda de si el carbón era compuesto, o elemental; Pero deducimos que es ~~elemental~~ compuesto que es derivado del carbono, que si sería elemental; Pero el carbón contiene más elementos para ser carbón.

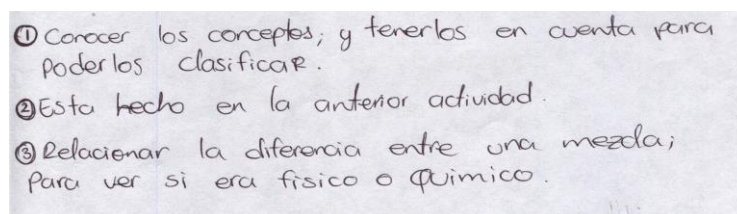
Como se puede observar en la figura No.20, el estudiante está construyendo ese primer nivel nocional en los conceptos de sustancia elemental, sustancia compuesta y mezcla; como se observa en sus apuntes en dos oportunidades tacha el criterio definitorio. Por otra parte, la explicación dada para la clasificación del magnesio como sustancia elemental está directamente relacionada con el macromundo, el estudiante no ha llegado a establecer una

asociación de las propiedades físicas de una sustancia con la estructura interna de la misma y es en este sentido que se puede afirmar que está en proceso de significación y discriminación conceptual. Esta misma situación se evidencia en la clasificación que hace del carbón mineral, donde claramente existe una confusión entre sustancia elemental y sustancia compuesta, ya que al observar una sustancia homogénea de inmediato establece la asociación con una sustancia pura, desconociendo que se trata de una mezcla de minerales.

La respuesta a la pregunta 1.3 por el estudiante 17 se muestra en la tabla No. 12 y la figura No.21:

Tabla No. 12: Transcripción de la clasificación hecha por el estudiante 17 para la pregunta 1.3. del primer PGA

Cambios Físicos	Cambios Químicos
1,4,5	1,2,3,



① Conocer los conceptos, y tenerlos en cuenta para poderlos clasificar.
 ② Esto hecho en la anterior actividad.
 ③ Relacionar la diferencia entre una mezcla; para ver si era físico o químico.

Figura No.21: ilustración de la respuesta del estudiante 11 a la pregunta 1.3 del primer PGA

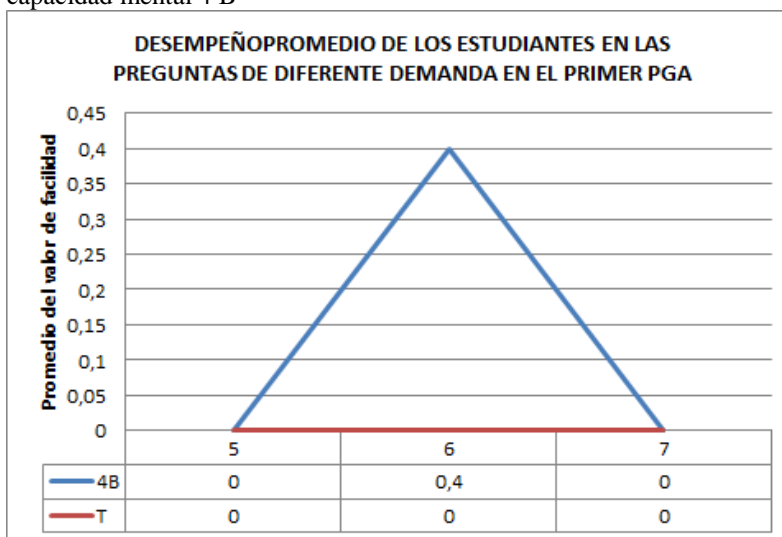
En los textos ilustrados, producto de la respuesta de este estudiante a las pregunta se puede observar como una misma situación la clasifica como cambio físico y químico a la vez. En este caso sin embargo, la carencia de significado y discriminación conceptual se observa en el numeral 3 de la respuesta, pues a partir de éste es posible pensar que para el estudiante la existencia de un cambio físico o químico presupone la realización de una mezcla. Acerca de las relaciones entre mezclas y cambios químicos se hará mención específica en el análisis de los resultados correspondientes a la entrevista.

En conclusión para este grupo de estudiantes, el primer PGA fue muy favorable dado que les permitió desarrollar con éxito preguntas que superaban su capacidad mental y mejorar en la comprensión y significación de algunos conceptos clasificatorios presentados en este PGA.

El grupo de capacidad mental 4B.

Los resultados de los estudiantes se encuentran en la tabla No. 8 y a continuación se ilustran los resultados promedio de Fv en función de la demanda de la pregunta en la gráfica No. 4.

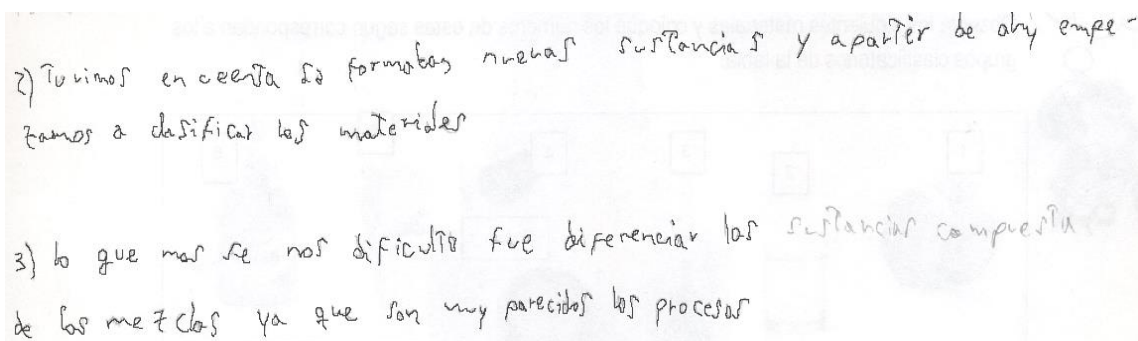
Gráfica No.4: Resultados promedio de Fv en función de la demanda de las preguntas para el grupo de capacidad mental 4 B



Los estudiantes del grupo 4B, obtienen resultados diferentes al grupo 4 A que tiene características similares según M. En este grupo no fue posible resolver con éxito las preguntas de demanda 5 y 7, por una parte porque la demanda supera su capacidad mental y seguramente porque el PGA no les permitió desarrollar las suficientes estrategias de procesamiento de información y porque el proceso de construcción de significado a los conceptos requiere de más trabajo y tiempo para llegar al nivel exigido por estas preguntas.

Las siguientes respuestas a algunas de las preguntas de diferente demanda dadas por los estudiantes muestran algunos indicios de evidencias de la afirmación anterior.

Las preguntas de demanda 5 y 7 en el grupo 4 B



2) Tuvinos en cuenta las formulas nuevas sustancias y apartir de ahy empezamos a clasificar los materiales

3) lo que mas se nos dificulta fue diferenciar las sustancias compuestas de los mezclas ya que son muy parecidos los procesos

Puesto que el texto correspondiente a estas preguntas, la 1.1 y la 1.3, se transcribió en el análisis del grupo 3 a continuación solamente se procede a comentar los resultados e ilustrar algunas otras respuestas dadas por los estudiantes.

De conformidad con los valores de facilidad representados en la tabla No.8 y representados en la gráfica No. 3, ninguno de los estudiantes de este grupo de capacidad mental tuvo éxito en estas preguntas, este grupo no ha logrado los niveles de discriminación y de significación requeridos para abordar estas preguntas. Por otra parte, el PGA contribuyó a mejorar los resultados en las preguntas de demanda 6, lograron desarrollar estrategias de procesamiento de información que los llevo a realizar exitosamente estas preguntas y demostrar al menos parcialmente cierto dominio conceptual en relación a estos conceptos clasificatorios. Algunas de las respuestas dadas por los estudiantes a las preguntas 1.1. y 1.3 se presenta a continuación.

Figura No. 20: Respuesta del estudiante 21 a la pregunta 1.1 del primer PGA

La respuesta ilustrada en el texto anterior, muestra que el estudiante presenta un nivel

Sustancia Elemental	Sustancia Compuesta	Mezcla
1 4	2 7	3 5 6
1. Describa el procedimiento que llevó a cabo en el desarrollo de esta actividad. 2. Escriba los criterios que tuvo en cuenta para hacer la clasificación. 3. Enumere las dificultades encontradas en el desarrollo del trabajo		

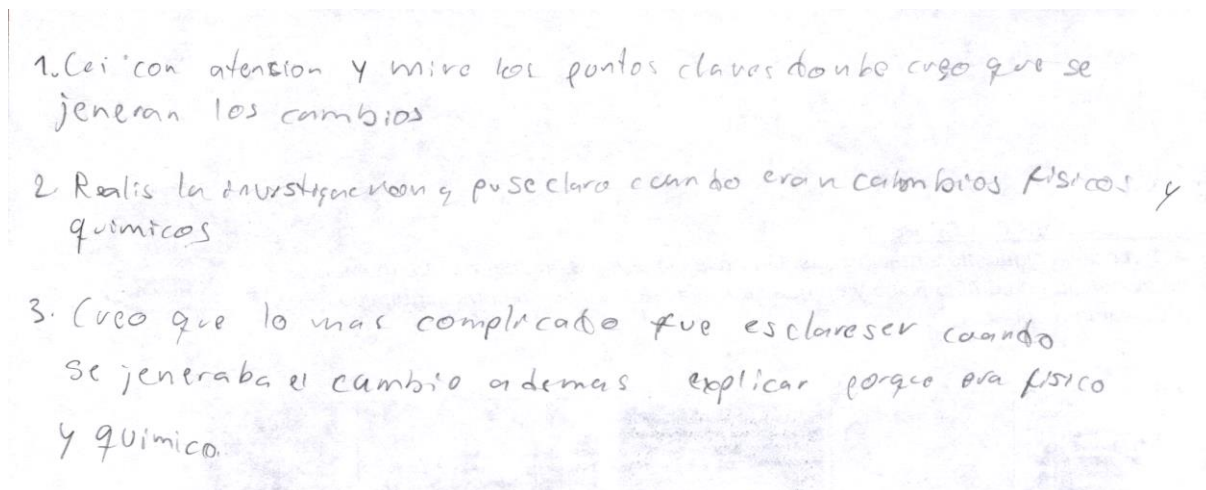
muy bajo de discriminación y construcción de significado a este grupo de conceptos clasificatorios, los argumentos planteados se encuentran pre-nocionales, aún no ha logrado identificar el o los criterios para definir y diferenciar cada uno de los tipos de sustancia presentados y por el contrario manifiesta confusión con el tipo de sustancia y los procesos que se pueden realizar con estas. Cuando escribe, que se le dificulta diferenciar entre un compuesto y una mezcla “*ya que son muy parecidos los procesos*”, es una evidencia de la desconexión que existe entre el mundo macroscópico y el microscópico en la interpretación y significación de los conceptos clasificatorios objeto de este PGA.

Para la pregunta 1.3 de demanda 7, cuyo texto ya se ilustró en el análisis del grupo de capacidad mental 3, a continuación se muestra la respuesta dada por el mismo estudiante que se mencionó en la pregunta 1.1 de este mismo apartado.

Tabla No. 13: transcripción de la respuesta del estudiante 21 a la pregunta 1.3 del primer PGA

Situación 1	Situación 2	Situación 3	Situación 4	Situación 5
Cambio Químico	Cambio Físico	Cambio Físico	Cambio Químico	Cambio Físico

Figura No. 22: Respuesta del estudiante 21 a la pregunta 1.3 del primer PGA

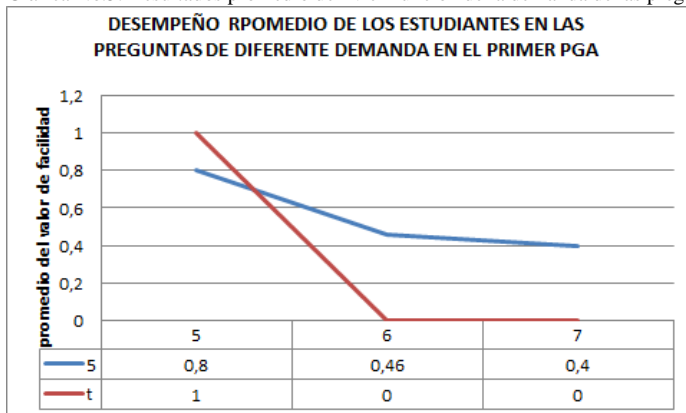


De conformidad con la respuesta de este estudiante, dos de las situaciones ilustradas fueron clasificadas correctamente como cambios químicos y dos equívocamente como físicos; sin embargo, el estudiante realizó correctamente la clasificación de la situación tres como cambio físico. Esta respuesta y otras dadas por los estudiantes de este grupo de capacidad mental muestran que no han alcanzado los niveles de significación y discriminación requerido para distinguir un cambio químico y un cambio físico y que la carencia de altos niveles de significado y de diferenciación conceptual está presente en ellos, como una posible fuente de dificultad de aprendizaje que pudo haber influido en sus resultados.

El grupo de capacidad mental 5.

Los resultados correspondientes al desempeño de este grupo de estudiantes en términos de los valores de facilidad obtenidos para las seis preguntas de diferente demanda ilustrados en la tabla No.8. y cuyos valores promedio de Fv en función de la demanda de las subpreguntas se ilustran en la gráfica No. 5.

Gráfica No.5: Resultados promedio de Fv en función de la demanda de las preguntas para el grupo de capacidad mental 5

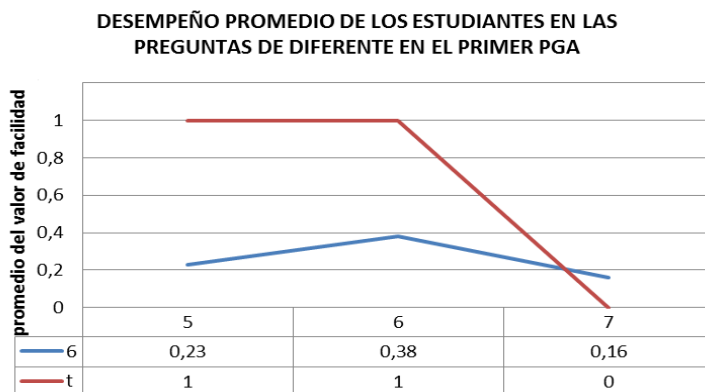


En este grupo se destaca el hecho de que a diferencia de los dos grupos de capacidad mental ya analizados, de conformidad con los planteamientos de la teoría del procesamiento de información, este grupo de estudiantes debería tener éxito en la resolución de las preguntas de demanda igual al valor de su capacidad mental. Los resultados, en general, muestran esta tendencia, en efecto para las dos preguntas de demanda cinco los valores de facilidad aparecen por encima del punto medio, para las tres preguntas de demanda seis por debajo y de alguna manera alejado de la teoría el valor de facilidad para la pregunta de demanda 7 alcanza el punto más alto de los valores de facilidad obtenidos por este grupo. En este grupo de capacidad mental se encuentran los valores de facilidad más altos para las preguntas de este primer PGA, lo cual argumenta en favor de la implementación del PGA, pues los estudiantes han logrado desarrollar estrategias de procesamiento de información que les permite no solo superar la dificultad derivada de la demanda de la pregunta sino que además, les permitió demostrar cierta comprensión conceptual de los conceptos clasificatorios presentados.

El grupo de capacidad mental 6.

Este grupo lo integran seis estudiantes, el resultado del desempeño en términos de los valores de facilidad se encuentran en la tabla No. 8 y los valores promedio de Fv en función de la demanda de las subpreguntas se ilustra en la gráfica No.6.

Gráfica No.6: Resultados promedio de Fv en función de la demanda de las preguntas para el grupo de capacidad mental 6.



Desde el punto de vista teórico este grupo de estudiantes debería presentar altos valores de facilidad para las seis preguntas dado que su demanda es menor o igual que su capacidad mental; y aunque no se sigue la trayectoria de los planteamientos teóricos si vale la pena aclarar que el desempeño de los estudiantes guarda cierta uniformidad independiente de la demanda de la pregunta, lo cual se explica desde las estrategias de procesamiento de información que están empleando y la interpretación que hacen a cada una de las preguntas planteadas; pues evidentemente se observa una mayor elaboración argumental.

Para este caso las preguntas cuyos valores de facilidad son los más altos corresponden a la 1.6 y 1.4 respectivamente, de demanda 5 y 6 respectivamente. Un análisis de los temas y contextos dentro de los cuales se presentan estas preguntas permite establecer que se trata

de la clasificación de materiales o sustancias en contextos no escolares. Como se puede ver en el texto de la pregunta 1.6 analizada en el grupo de capacidad mental 3 se trata de la clasificación de materiales polares y no polares teniendo en cuenta su posibilidad de disolución o no en el agua. Así mismo, la pregunta 1.4 trata de la identificación de cambios químicos y físicos en el contexto de una receta de cocina.

A continuación se ilustra el argumento de un estudiante presentado en la resolución de la subpregunta 1.4

Cambio Físico	Cambio Químico
2,3,5	1 Y 4

Tabla No. 14: transcripción de la respuesta del estudiante 3 a la pregunta 1.4 del primer PGA.

Figura No.23: respuesta del estudiante 3 a la pregunta 1.4 del primer PGA

1) lo primero que tuve en cuenta fue que el cambio físico es algo que ya no se puede revertir e como cuando mordemos un pan así rejugitamos el pan no vuelve a ser lo mismo. Esta fue mi idea más la lógica que use. Y el cambio químico es algo que podemos devolver a lo anterior

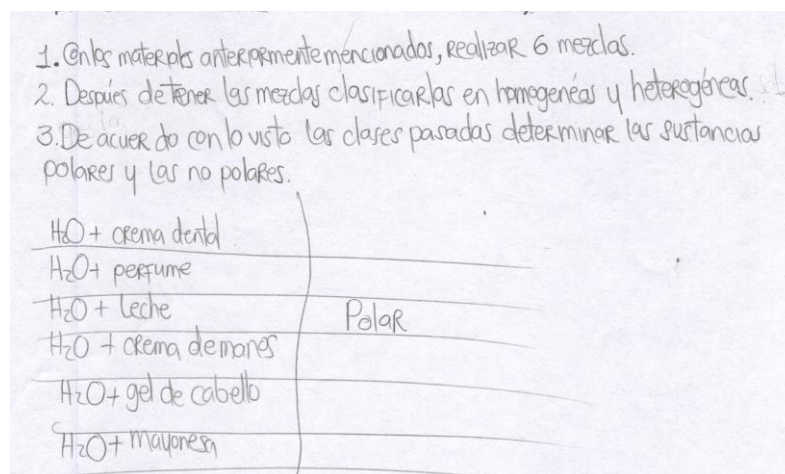
2) Cuando mezclamos algo esto podemos luego separarlo por un serie de procesos, ~~pero~~ esto lo tome como cambio químico pero cuando quemamos o freímos algo ya no podemos devolver este proceso así que esto lo tome como un cambio físico

3) la dificultad que tuve fue en el 4to procedimiento ya que no sabía en cual de los 2 cambios ponerlo pero al que se la conclusión de que era químico ya que si tal vez agregamos algo de otra misma mezcla lo las antes donde fue cortada podríamos unirlos y así volver al paso anterior

La respuesta dada por el estudiante 3, a la pregunta 1.4, como se indica en la figura No. 23, muestra una inversión completa de lo que es un cambio físico y un cambio químico, este alumno confunde el significado de los dos conceptos, ubica equívocamente como criterio definitorio entre un cambio físico y uno químico la reversibilidad y por tanto no logra hacer en forma adecuada la clasificación.

De manera similar, la respuesta dada por el estudiante 32, a la pregunta 1.6 como se muestra en la figura No. 24 se evidencia que, a pesar de que trata de establecer la diferencia entre materiales y sustancias, muestra una organización y entendimiento de la forma como desarrollará la tarea, pero en el momento de hacer la clasificación no lo logra. Evidentemente la dificultad de este estudiante se centra en que no ha logrado establecer una relación entre lo que significa a nivel microscópico la polaridad para hacer una comprensión macroscópica de ésta en la resolución de la tarea, en otras palabras puede entenderse como carencia de significación y discriminación para los conceptos de polaridad y no polaridad.

Figura No.24: respuesta del estudiante 32 a la pregunta 1.6 del primer PGA



Los resultados anteriores permiten afirmar en primer lugar, que los desempeños de los estudiantes frente a preguntas que superan su capacidad mental son susceptibles de mejorar, pues en todos los grupos se encontraron estudiantes que tuvieron éxito en el desarrollo de subpreguntas que superaron su capacidad mental. En segundo lugar, los valores de facilidad altos encontrados para las distintas preguntas pueden ser explicados desde las estrategias de procesamiento de información desarrolladas en forma adecuada y de los niveles de comprensión conceptual alcanzada por los estudiantes; y en tercer lugar, por lo

menos en parte el poco éxito alcanzado por los estudiantes en las preguntas incluidas en este PGA también puede encontrar algún grado de explicación en un bajo nivel de significación y diferenciación alcanzado por ellos, para los conceptos clasificatorios relacionados con las disoluciones.

Finalmente, es preciso destacar que la formulación de subpreguntas de demanda menor a partir de la situación problema de alta demanda, 10 en este caso, ha permitido que estudiantes de diferente capacidad mental, en diferentes proporciones alcancen valores de facilidad entre 0 y 0.5 aproximadamente. Esta última afirmación argumenta, por lo menos en parte, en favor de la teoría del procesamiento de información según la cual la subdivisión de una pregunta de alta demanda en subpreguntas de menor demanda facilita el desarrollo adecuado de las mismas y por tanto su aprendizaje.

Resultados correspondientes al desempeño de los estudiantes en la pregunta de alta demanda o situación problema al término del primer PGA.

Con posterioridad al desarrollo de las seis subpreguntas en las cuales se dividió la situación problema de alta demanda con la cual inició este PGA, los estudiantes la volvieron a resolver con el objetivo de establecer la diferencia, esto es, los posibles logros alcanzados derivados de su paso por el desarrollo de las subpreguntas de demanda menor. Los resultados de la realización de la pregunta de alta demanda debían ser consignados por los estudiantes, en una hoja de trabajo la cual se muestra en la figura No. 25.

Figura No. 25: Hoja de trabajo para consignar el desarrollo de la situación de alta demanda en el primer PGA.

HOJA DE TRABAJO No.1

CURSO: _____

FECHA: _____

ESTUDIANTE(S): _____

Sustancias Mezcladas	Observaciones	Tipo de Mezcla obtenido

CONCLUSIÓN:

DIBUJO.

Si el ojo humano tuviera la capacidad de ver los átomos y las moléculas de cada una de las sustancias empleadas en esta actividad, dibujar lo que ocurrió en los ensayos realizados.

De conformidad con esta estructura, se ha construido la tabla No. 15, en la cual se han sintetizado los aspectos más importantes de las respuestas de los estudiantes y las conclusiones esperadas para el desarrollo del trabajo.

Tabla No15: Resultados correspondientes a los grupos de capacidad mental en la situación problema de alta demanda correspondientes al primer PGA.

Grupo según su Capacidad mental	Procedimental		Conclusión			Dibujo		
	No. Mezclas homogéneas preparadas	Observación adecuada de las mezclas	Argumentan: interacción intermolecular	Argumentan: solubilidad como proceso físico	Otros elementos de las conclusiones	Diferenciación entre soluto y solvente	Interacciones intermoleculares	Proceso físico
3	2/6	Uniformidad	No	No	Distancias intermoleculares	No	No	----
4 A	2/5	Uniformidad	No	No	No diferenciación visual componentes	Si	Si	
4 B	2/5	Uniformidad	No	No	Nueva sustancia	Si	Si	
5	2/5	Uniformidad	No	No	Naturaleza sustancias	Si	Si	
6	3/5	Compatibilidad	No	No	No diferenciación visual componentes	Si	Si	

Los resultados de la tabla No. 15, muestran mejores desempeños de los estudiantes en comparación con los presentados en la tabla No. 7, pues logran preparar mezclas homogéneas a partir de un trabajo organizado e intencionado en cumplimiento del objetivo como se muestran los resultados de la tabla No. 16.

Tabla No. 16. Datos comparativos del desempeño de los estudiantes en la pregunta de alta demanda en el primer PGA antes y después de avanzar en el desarrollo de las subpreguntas.

Grupos según su Capacidad Mental	Valor de facilidad antes de las subpreguntas	Valor de Facilidad después de las subpreguntas
3	0.0	1.0
4A	0.0	1.0
4B	0.0	1.0
5	0.0	1.0
6	0.0	1.0

De conformidad con los datos presentes en la tabla No. 16 que corresponden a los valores de facilidad obtenidos para la resolución de la situación problema al comienzo y al final del

PGA, todos los grupos alcanzaron el mayor valor de la escala establecida para el valor de facilidad, lo cual muestra en términos generales un progreso en su desempeño que podría ser atribuido a la aplicación del PGA.

Sin embargo, persisten algunas dificultades sobre todo las referidas a las explicaciones a nivel microscópico del proceso de disolución, ya que ningún grupo presenta en sus conclusiones ni en los dibujos estos planteamientos y solo se remiten a la diferenciación visual, es decir una interpretación macroscópica del proceso de disolución. A continuación se presentan con más detalle las hojas de trabajo de cada uno de los grupos.

Una visión más detallada de las respuestas dadas por los estudiantes en las hojas de trabajo por grupo de capacidad mental, después de la realizar las subpreguntas de diferente demanda.

Respuestas del grupo de capacidad mental 3.

La respuesta indicada en la figura No. 26 correspondiente a este grupo de estudiantes muestra, en líneas generales, que para el caso de la preparación de mezclas alcanzaron un buen nivel de discriminación y diferenciación por lo menos en lo relacionado al nivel macroscópico, logran diferenciar claramente lo que es una mezcla homogénea y una heterogénea. Si bien los estudiantes tratan de dar una explicación del fenómeno lo hacen solamente a nivel macroscópico, pues se refieren a la ubicación de los componentes en la mezcla en términos de densidad, es decir solo se limitan a las observaciones concretas.

Figura No. 26: Respuesta de los estudiantes del grupo de capacidad mental 3 a la situación problema del primer PGA

Hasta los ojos. Sustancias Mezcladas	Observaciones	Tipo de Mezcla obtenido
N ₁ Agua + Cloruro de Potasio.	Es una mezcla homogénea, porque no se separaron sus componentes al ojo humano.	Mezcla Homogénea.
N ₂ Azufre + Aceite.	Se denota que el Azufre es mucho más denso que el Aceite que con el Etanol.	Mezcla Heterogénea.
N ₃ Etanol + Azufre.	Con las pruebas con el Azufre demostramos que el Azufre es mucho más denso que el Aceite.	Mezcla Heterogénea.
N ₄ Cloruro de Potasio y Etanol.	Se muestra una mezcla uniforme al ojo humano.	Mezcla Homogénea.
N ₅ Aceite y Etanol.	El aceite es mucho más denso que el Etanol, ya que se observa una burbuja al fondo.	Mezcla Heterogénea.
N ₆ Azufre + Agua.	Se denota la división de sus componentes.	Mezcla Heterogénea.

Para el caso de la mezcla de cloruro de potasio y agua como se observa en la figura No. 26 sus componentes son invisibles y así parece indicarlo el respectivo dibujo; en la representación hecha para el etanol y el cloruro de potasio la situación es ambigua pues los estudiantes dibujan en forma independiente el soluto y el solvente en clara contradicción de lo que afirma en la columna de observaciones del texto anterior.

Figura No. 27: Conclusión de los estudiantes del grupo de capacidad mental 3 en la situación problema del primer PGA

CONCLUSIÓN:

La solubilidad de las composiciones ~~de~~ depende de las distancias moleculares de cada componente.

DIBUJO.

Si el ojo humano tuviera la capacidad de ver los átomos y las moléculas de cada una de las sustancias empleadas en esta actividad, dibujar lo que ocurrió en los ensayos realizados.

Con lo anterior es claro, que aunque el grupo logra preparar y diferenciar una mezcla homogénea de una heterogénea, aún no hay una significación clara de estos conceptos.

Cuando expresan que tanto la mezcla de KCl y agua como la del KCl en etanol son homogéneas, es porque han observado una sola fase, no obstante al momento de dibujar la interpretación del fenómeno más allá de la percepción visual, es decir dibujar con los modelos mentales acerca de la teoría corpuscular de la materia y sus interacciones, los estudiantes simplemente hacen la trasposición de la visión macroscópica del fenómeno. Esto puede interpretarse como un bajo nivel de significación, pues se encuentran en la etapa de la interpretación macroscópica del fenómeno de la solubilidad y no han llegado a establecer esa conexión con el mundo microscópico que exige las ciencias naturales.

Respuestas del grupo de capacidad mental 4A.

Las respuestas dadas por este grupo de estudiantes presentan una confusión al momento de enunciar los componentes de la mezcla, pues se refieren a estas como elementos o compuestos en forma arbitraria, sin embargo, logran preparar y diferenciar las mezclas homogéneas de las heterogéneas.

Figura No. 28: Respuesta de los estudiantes del grupo de capacidad mental 4 A en la situación problema del primer PGA

Sustancias Mezcladas	Observaciones	Tipo de Mezcla obtenido
Cloruro de sodio - Agua	Se mezclan totalmente los compuestos y forman una sola solución	Homogenea
Azufre - alcohol	los compuestos no se mezclan el azufre queda totalmente en el fondo	Heterogeneas
Alcohol - cloruro de sodio	los elementos o compuestos se pueden diferenciar o divisar	Heterogenea
Acrite - Azufre	que los elementos no se pueden diferenciar uno del otro	Homogenea
Azufre - Agua	por que tienen diferentes densidades o por que uno es polar o no polar.	Heterogenea

Una vez más, a partir de las representaciones realizadas para los distintos tipos de mezclas, como se muestra en la Figura No. 29, se observa poca claridad en la comprensión del proceso de disolución, pues aunque a diferencia del grupo de M=3, en este grupo hay un esfuerzo por dibujar en función del modelo corpuscular de la materia, pero se evidencia la dificultad de diferenciar una mezcla homogénea con la formación de una nueva sustancia, dado que el dibujo para las mezcla de KCl y agua y la del azufre y aceite son dibujadas a manera de moléculas y no se evidencia una interacción entre las partículas de soluto y de solvente.

Figura No. 29: Conclusión de los estudiantes del grupo de capacidad mental 4A en la situación problema del primer PGA

CONCLUSIÓN:

Concluimos que una mezcla heterogénea es donde sus elementos NO se pueden mezclar y NO los podemos dividir, y las homogéneas son las que se mezclan y NO se pueden diferenciar un componente del otro.

DIBUJO.

Si el ojo humano tuviera la capacidad de ver los átomos y las moléculas de cada una de las sustancias empleadas en esta actividad, dibujar lo que ocurrió en los ensayos realizados.

1) Alcohol + Sapo + Agua

2) Alcohol + Aceite

3) Alcohol + Sapo

4) Aceite + Azufre

5) Azufre + H₂O

Respuestas del grupo de capacidad mental 4B.

Como en el caso del grupo anterior en las respuestas de estos estudiantes se observa, a nivel macroscópico, de preparación, observación y reconocimiento de soluciones un buen nivel de diferenciación para clasificar mezclas como homogéneas y heterogéneas.

Figura No. 30: Respuesta de los estudiantes del grupo de capacidad mental 4 B en la situación problema del primer PGA

Sustancias Mezcladas	Observaciones	Tipo de Mezcla obtenido
aceite y Azufre	Se observa el tubo de ensayo y se ve un líquido espeso.	Homogénea.
A y Cloruro de Sodio	Se observa en el tubo de ensayo que se disuelve fácilmente el cloruro en el H ₂ O.	Homogénea
Acete y Cloruro de Sodio	Se observa en el tubo de ensayo que no se disuelve el cloruro en el acete.	Heterogénea
Alcohol y Azufre	Se alcanza a observar que no se alcanza a disolver el azufre se encuentra compacto.	Heterogénea.
Alcohol y Acete	Se observa como el acete se muestra por medio de burbujas por encima de la sustancia no se disuelve en el Alcohol.	Heterogénea

En el nivel submicroscópico sin embargo, la situación no es tan clara como se esperaría.

Esto se puede apreciar en la siguiente respuesta.

Figura No. 31: Conclusión de los estudiantes del grupo de capacidad mental 4 B en la situación problema del primer PGA

CONCLUSIÓN:

El azufre se disuelve más fácilmente en el solvente a comparación del cloruro de Sodio. El acete es el solvente que menos se mezcla con los demás compuestos. El agua y el Alcohol son los que más permiten las mezclas de sus propiedades con otras sustancias.

DIBUJO.

Si el ojo humano tuviera la capacidad de ver los átomos y las moléculas de cada una de las sustancias empleadas en esta actividad, dibujar lo que ocurrió en los ensayos realizados.

mezclas
Homogéneas

Moléculas de soluto

Moléculas de Solvente

Mezclas
Heterogéneas.

Moléculas de Solvente

Moléculas de soluto.

En la representación que hace este grupo, una vez más hay un esfuerzo por explicar el proceso de disolución en términos del micromundo, a la izquierda la formación de una mezcla homogénea implica algún tipo de adhesión de las moléculas del soluto con las del solvente, lo cual podría interpretarse como una comprensión de las mezclas homogéneas

como una reacción química en la que se forma una nueva sustancia; mientras que en las heterogéneas las moléculas del solvente y del soluto permanecen separadas.

Nótese que según ellos, en el caso de las mezclas heterogéneas las moléculas de soluto se dispersan entre las del solvente mientras que en el caso de las homogéneas, las moléculas del soluto y del solvente se unen unas con otras. De conformidad con los resultados de otras investigaciones este tipo de dificultades de aprendizaje tienen su origen en el poco énfasis que muchos docentes hacen en relación con el estudio de los fenómenos químicos a nivel macroscópico y a nivel submicroscópico (Johnstone 1999).

Respuestas del grupo de capacidad mental 5.

En este grupo de capacidad mental, los estudiantes no parecen tener duda en el caso de la mezcla de agua y cloruro de sodio, se forma una mezcla homogénea, pero en el caso de la mezcla entre el aceite y el azufre se describe un proceso inestable según el cual inicialmente es una mezcla homogénea pero luego es una mezcla heterogénea. Finalmente el bajo nivel de significación se observa en la descripción que hacen de la mezcla alcohol y azufre que la ubican como homogénea.

Figura No.32: Respuesta de los estudiantes del grupo de capacidad mental 5 en la situación problema del primer PGA

Sustancias Mezcladas	Observaciones	Tipo de Mezcla obtenido
① AGUA + AZÚCAR. H ₂ O + S	los partículas de azúcar quedan disueltas en el agua, lo que significa que si se agita las partículas se disuelven en el agua pero no logran unirse.	MEZCLA HETEROGÉNEA.
② AGUA + CLORUO DE POTASIO. H ₂ O + KCl.	se realiza una mezcla homogénea perfecta ya que no se distinguen los 2 componentes (AGUA, CLORUO DE POTASIO).	MEZCLA HOMOGÉNEA.
③ ACEITE + CLORUO DE POTASIO KCl.	se obtiene una mezcla heterogénea, cabe destacar que al principio con nota ser una mezcla homogénea, luego sus componentes se separan.	MEZCLA HETEROGÉNEA.
④ ACEITE + AZÚCAR S.	al principio la mezcla parece homogénea, pero al cabo de un tiempo de 1min. la mezcla se vuelve heterogénea porque no se distinguen sus componentes.	MEZCLA HOMOGÉNEA (por 1 minuto aproximadamente) MEZCLA HETEROGÉNEA
⑤ ALCOHOL + AZÚCAR C ₂ H ₅ OH. S.	en su totalidad los componentes se mezclan y se obtiene una mezcla totalmente homogénea desde el primer momento.	MEZCLA HOMOGÉNEA.

En relación con las representaciones de este grupo de estudiantes para las mezclas homogéneas y heterogéneas, una vez más llama la atención la tendencia ya generalizada, en los grupos, de asociar la solubilidad con la unión de moléculas de soluto y de solvente, numerales dos y cuatro parte inferior del texto de la figura No. 33. Es tan acentuada esta tendencia que los estudiantes la manifiestan aún en las situaciones en las cuales no existe solubilidad y por tanto se forman mezclas heterogéneas, que equivocadamente se ubican como si fueran homogéneas, véase figura No. 33.

Figura No.33: Conclusión de los estudiantes del grupo de capacidad mental 5 en la situación problema del primer PGA

CONCLUSIÓN:

CON ESTE LABORATORIO PODERÍAS CONCLUIR QUE ES MÁS COMPLETO FORMAR UNA MEZCLA HOMOGÉNEA QUE UNA HETEROGÉNEA PUES A QUE SE MUESTRAN SIEMPRE CONDUCTIVIDAD SOBRE CADA UNA DE LAS SUSTANCIAS QUE HAY QUE MEZCLAR PARA DECIDIR ANTES DE SI ES HOMOGÉNEA O HETEROGÉNEA.

DIBUJO.

Si el ojo humano tuviera la capacidad de ver los átomos y las moléculas de cada una de las sustancias empleadas en esta actividad, dibujar lo que ocurrió en los ensayos realizados.

N1 = AGUA + AZUFRE.
 N2 = AGUA + ACEITE DE MOTOR.
 N3 = AGUA + ALCOHOL DE FORTINO.
 N4 = 1 ml de AGUA + AZUFRE.
 N5 = AGUA + AZUFRE.
 N6 = ALCOHOL + AGUA.

Respuestas del grupo de capacidad mental 6.

De conformidad con la respuesta de este grupo de estudiantes se prepararon y diferenciaron tres mezclas homogéneas y tres heterogéneas de forma adecuada, sin embargo los escritos realizados en la columna de observación no son correctos, ya que emplean el concepto de elemento para referirse a los componentes de la mezcla preparada con agua y azufre. En una aproximación por explicar que el aceite es insoluble en agua usan una expresión cotidiana del macromundo: “incompatibilidad de caracteres”, lo mismo para explicar la solubilidad con la expresión “compatibilidad de caracteres”.

Figura No. 34: Respuesta de los estudiantes del grupo de capacidad mental 6 en la situación problema del primer PGA

Sustancias Mezcladas	Observaciones	Tipo de Mezcla obtenido
Azufre - Agua	Se observa a simple vista cada componente de los elementos.	Heterogénea.
Agua - Aceite.	Por su incompatibilidad de caracteres; no se incorporan entre sí.	Heterogénea
Agua - Alcohol.	Compatibilidad de caracteres se ve a simple vista su homogeneidad.	homogénea.
Cloruro de potasio - Agua.	las partículas del cloruro de potasio se incorporan en el H_2O .	homogénea.
Alcohol - Cloruro de potasio	A simple vista se ve una mezcla homogénea.	homogénea.

Con todo lo anterior, en las representaciones de estos procesos a nivel submicroscópico como se puede observar en la figura No. 35 en el dibujo de la izquierda, para la representación de las mezclas heterogéneas se observa la dispersión de las moléculas de soluto entre las del solvente, pero en las homogéneas equivocadamente se ilustra una separación clara entre las moléculas del soluto y las del solvente. Adicionalmente, pero sin mucha claridad explícita, los estudiantes trataron de relacionar los procesos de solubilidad con la atracción intermolecular que se pueda dar entre soluto y solvente.

Figura No. 35: Conclusiones de los estudiantes del grupo de capacidad mental 6 en la situación problema del primer PGA

CONCLUSIÓN:

Tenemos en claro los conceptos de mezcla homogénea y heterogénea.
 homogénea: cuando no se ve a simple vista los componentes de cada sustancia.
 heterogénea: cuando si se ven los componentes de cada sustancia.

DIBUJO.

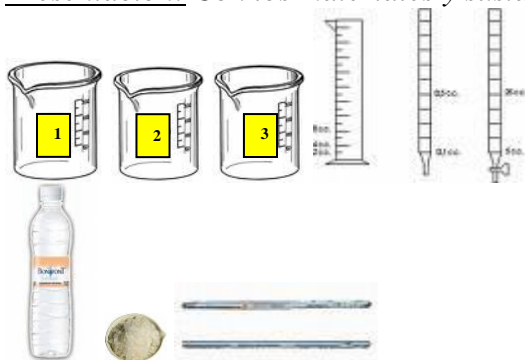
Si el ojo humano tuviera la capacidad de ver los átomos y las moléculas de cada una de las sustancias empleadas en esta actividad, dibujar lo que ocurrió en los ensayos realizados.

Tanto los datos correspondientes a los valores de facilidad para las subpreguntas de diferente demanda como el análisis de las respuestas dadas a las mismas cuyos textos se han ilustrado y de manera grupal a la situación problema inicial y final, en general muestran sin duda que ha habido un progreso en el desempeño de los estudiantes para dar solución a la situación problema de alta demanda planteada para el primer PGA, centrado en los conceptos clasificatorios asociados con las soluciones. Desde un desempeño muy bajo en la primera oportunidad que los estudiantes intentaron resolver la situación problema avanzaron hasta un nivel de desempeño en la segunda oportunidad que les permitió desarrollar la situación problema, pero también es claro que los estudiantes se encuentran en proceso de construcción de significados a los conceptos asociados con las disoluciones y que a medida que avanza el desarrollo de los PGA se pueden mejorar los desempeños y los niveles de comprensión de los mismos.

9.2. Resultados de la aplicación del segundo PGA en los diferentes grupos

Los principales aspectos del segundo PGA y las preguntas incluidas se refieren a los conceptos comparativos relacionados con las disoluciones. Como en el caso del primer PGA, los estudiantes se encontraron con una pregunta de alta demanda cuyo texto se presenta a continuación.

Presentación: Con los materiales y sustancias dadas prepare las siguientes soluciones:



En el vaso de precipitados No. 1 colocar 100 ml de agua y adicionar los 1 g de cloruro de sodio, agitar hasta que se disuelva totalmente.

Tomar de esta solución 20 ml y pasarlos al vaso de precipitados No.2, después completar con agua hasta un volumen de 100 ml.

Tomar 30 ml de la sln No.2 y pasarla al vaso de precipitados No. 3 y completar con agua hasta 100 ml.

Resultados finales:

Diseñar un procedimiento que permita aumentar la concentración de sal en determinado volumen de agua sin adicionar más sal.

HOJA DE TRABAJO DEL ESTUDIANTE

PROCEDIMIENTO PARA AUMENTAR LA CANTIDAD DE SAL EN DETERMINADO VOLUMEN DE AGUA, SIN ADICION DE SOLUTO

CONCLUSION _____

En la tabla No. 17 se presentan los desempeños de los estudiantes en esta tarea cuando la enfrentan inicialmente, en términos de los valores de facilidad y la demanda de la situación para los diferentes grupos de capacidad mental, ninguno de los grupos logro desarrollarla exitosamente lo cual evidencia que la demanda de la tarea es muy superior a la capacidad mental de todos los grupos y por tanto no logran resolverla.

Tabla No. 17: Datos correspondientes al desempeño de los estudiantes en la pregunta de alta demanda en el segundo PGA antes de la subdivisión de las preguntas.

Grupos según su Capacidad Mental	Valor de Facilidad
3	0.0
4A	0.0
4B	0.0
5	0.0
6	0.0

En la tabla No. 18 se sintetizan los grupos de capacidad mental y los valores de facilidad para cada una de las subpreguntas de diferente demanda incluidas en el segundo PGA.

Tabla No. 18: Grupos de capacidad mental y valores de facilidad para las preguntas correspondientes al segundo programa guía de actividades.

Valores de facilidad para cada una de las preguntas						
Grupo según su capacidad mental	Pregunta 2.1	Pregunta 2.4	Pregunta 2.5	Pregunta 2.3	Pregunta 2.2	Pregunta 2.6
	Z=5	Z=5	Z=5	Z=6	Z=7	Z=8
3	1.0	0.4	0.2	1.0	0.4	1.0
4A	1.0	0.6	0.6	1.0	0.8	1.0
4B	1.0	0.2	0.6	1.0	0.8	1.0
5	1.0	0.6	0.8	1.0	0.8	1.0
6	1.0	0.8	1.0	1.0	0.6	1.0

Los datos de la tabla No. 18 muestran como los valores de facilidad son relativamente altos para los diferentes grupos, lo cual argumenta en favor de la implementación de los PGA como estrategia para disminuir la demanda de una pregunta y que le permite a los estudiantes por una parte desarrollar estrategias para el procesamiento de información y por otra lograr mejores desempeños académicos en la significación de los conceptos comparativos.

Grafica No.7: Resultados comparativos de los desempeños de los estudiantes de diferente capacidad mental frente a las predicciones teóricas del procesamiento de información.



La implementación de los PGA permitió obtener resultados que superan las predicciones teóricas en cuanto al fracaso de los estudiantes cuando se enfrentan a tareas que superan su capacidad mental; ya que los resultados muestran valores de facilidad relativamente altos lo que supone se ha ganado tanto en estrategias de procesamiento de información como en construcción de significados a los conceptos comparativos.

En relación con el éxito de todos los grupos en la primera pregunta de demanda 5, podrían invocarse como explicación que se trata de una pregunta relacionada con conceptos comparativos, donde el estudiante debe diferenciar entre soluto y solvente a partir de ciertas cantidades dadas de cada uno de ellos. En este sentido bien puede pensarse que se trata de un alto grado de diferenciación y de construcción de significados adecuados para los dos

términos además de cumplirse la predicción teórica de que los estudiantes tuvieron éxito en ella debido a que su valor de facilidad es igual al de la capacidad mental para los últimos dos grupos de estudiantes. Con lo anterior, es pertinente tener en cuenta, la tendencia que se presenta en algunos grupos a considerar el solvente siempre en estado líquido y el soluto siempre en estado sólido.

En el caso de la pregunta de demanda 6, como puede observarse en la tabla No. 4 se trata de una situación de dilución; el hecho de que estos grupos de estudiantes hayan tenido éxito en sus respuesta argumenta en favor del PGA, puesto que en otras investigaciones se ha demostrado que una gran mayoría de ellos asume un aumento de soluto en la medida en que se aumenta la cantidad de solvente en un proceso de dilución (Raviolo 2004).

Para la pregunta de demanda 8, es pertinente tener en cuenta varios aspectos, en primer lugar es una pregunta de naturaleza procedimental en la cual los estudiantes operan a nivel del macromundo, es decir, que los fenómenos a los cuales se refiere suceden o se pueden percibir a simple vista, a partir de la observación directa, en segundo lugar se trata de una actividad para realizar en la casa lo cual abre la posibilidad de obtener apoyo de expertos o simplemente de una mayor consulta. De esta manera, el éxito en esta pregunta puede ser el resultado de uno de estos factores o de la combinación de ellos.

Por otra parte, en concordancia con los planteamientos teóricos, los valores de facilidad tienden a ser más altos en la medida que se pasa de los grupos de más baja capacidad mental a los grupos de mayor capacidad mental.

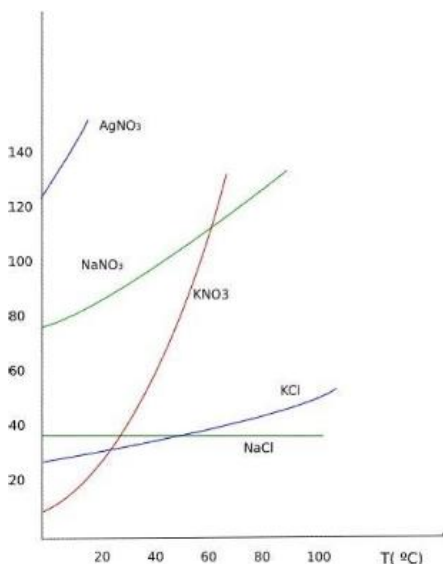
El grupo de capacidad mental 3.

Las preguntas de demanda 5 y 7

Estas preguntas corresponden a los numerales 2.5 y 2.2 respectivamente en el PGA 2, y sus textos se transcriben a continuación.

La pregunta 2.5 demanda 5

La siguiente gráfica muestra la solubilidad de diversos solutos en agua a diferentes temperaturas a una presión dada.



Con la información que se registra en la gráfica responda las siguientes preguntas.

1. La sustancia que más se disuelve a 0°C es: _____
2. la sustancia que menos se disuelve a 0°C es: _____
3. las sustancias que se disuelven en la misma proporción a 50°C son: _____
4. las sustancias que se disuelven en la misma proporción a 60°C son: _____
5. la sustancia cuya disolución no depende del aumento de temperatura es: _____
6. la sustancia que más se disuelve en agua por efecto de la variación de la temperatura es: _____
7. A 80°C la sustancia que más se disuelve en agua es: _____

Se puede postular como posibles dificultades de aprendizaje la relación demanda de la tarea y capacidad mental, evidentemente la demanda propuesta para esta pregunta es de 5 mientras que la capacidad mental del estudiante es de 3, y quizá un bajo nivel de construcción de significados y discriminación para los conceptos de solubilidad, la temperatura como factor importante en este proceso y dependencia e independencia de variables en una gráfica. En soporte de lo dicho anteriormente se presenta uno de los textos elaborados por uno de ellos.

Figura No. 36: Respuestas del estudiante 27 del grupo de capacidad mental 3 a la pregunta 2.5 del segundo PGA.

Con la información que se registra en la gráfica No. 1 responder a las siguientes preguntas.

1. La sustancia que más se disuelve a 0°C es: AgNO₃
2. la sustancia que menos se disuelve a 0°C es: KNO₃
3. las sustancias que se disuelven en la misma proporción a 50°C son: KNO₃ + NaNO₃
4. las sustancias que se disuelven en la misma proporción a 60°C son: NaNO₃
5. la sustancia cuya disolución no depende del aumento de temperatura es: NaCl
6. la sustancia que más se disuelve en agua por efecto de la variación de la temperatura es: KNO₃
7. A 80°C la sustancia que mas se disuelve en agua es: NaNO₃

En la figura No.36 se observa cómo el estudiante en sus respuestas, si bien acude a la gráfica no hace una lectura adecuada de los puntos a los cuales se refiere la pregunta, pues confunde los valores de la solubilidad para las sustancias a diferentes temperaturas, tampoco distingue la relación entre la solubilidad y la temperatura con lo cual no percibe que esta propiedad es independiente de la temperatura para una de las sustancias representadas en la gráfica. De las respuestas se puede suponer que este estudiante no logra organizar y procesar toda la información que le presenta la gráfica, pues en las respuestas erradas debía además de leer la información presentada, comparar con todos los datos de las sustancias para poder decidir y optar por la respuesta correcta; es decir, que la dificultad de este estudiante está en que no ha elaborado las estrategias adecuadas para procesar la información y evitar que la memoria de trabajo se sobrecargue en el momento de desarrollar la tarea (Ghassan S. 2002).

Pregunta 2.2 demanda 7.



La siguiente es la receta para preparar un coctel sin alcohol llamado "Brasil".

Los ingredientes son:

- El zumo de un Pomelo, (3 cucharadas).

- Jarabe de fresa (2 cucharadas)

- 25 ml de de gaseosa "Seven-Up"

Para preparar se licuan los anteriores ingredientes y se sirve con hielos.

En la anterior receta cual es el solvente? Explicar la respuesta _____

Escriba los criterios que tuvo en cuenta para identificar el solvente: _____

Enumere las dificultades encontradas en el desarrollo del trabajo: _____

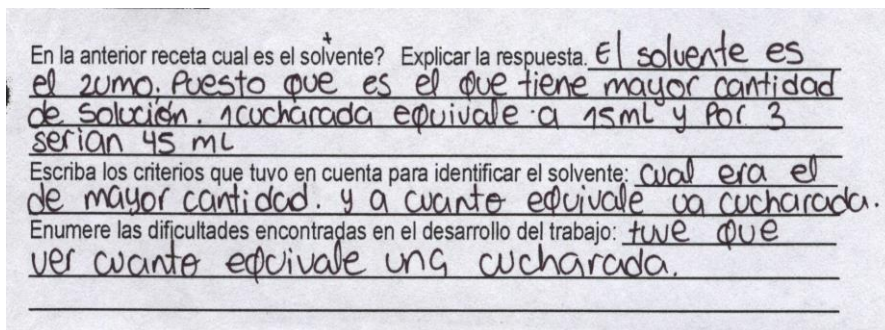


Figura No. 37: Respuesta de un estudiante del grupo de capacidad mental 3 a la pregunta 2.2 del segundo PGA.



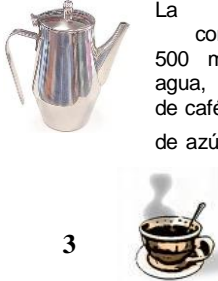

En la figura No.37, que presenta la respuesta de uno de los estudiantes a esta pregunta de demanda 7, se observa que si bien tiene una noción de soluto y solvente, no hace uso correcto de este significado para responderla. Por otra parte, llama la atención el hecho de que asocia el volumen de una cucharada con 15 ml y manifiesta como dificultad la conversión de cucharadas a ml. Con esto, queda claramente establecido que este estudiante se encuentra en proceso de construcción del significado al concepto de soluto y solvente, solo evoca una definición pero no usa los conceptos en una situación específica.

Los grupos de capacidad mental 4 A y 4 B.

La pregunta 2.4 demanda 5.







Suponga que ha preparado una jarra de café con 300 ml de agua, 15 g de café y 2 g de azúcar, con esta preparación sirvió la taza de café No. 1, al probarla notó que estaba muy “cargado”, por esto decidió colocar 100 ml más de agua a la jarra y servir la taza de café No. 2, al probarla noto que aún estaba “cargado”, por esto decidió colocar 100 ml más de agua a la jarra y servir la taza No. 3. Al probar esta última noto que estaba muy bien en café pero un poco amargo, por lo que decidió colocar 6 gramos más de azúcar a la jarra y servir la taza No. 4.

 <p>1</p> <p>La jarra contiene 300 ml de agua, 15 g de café y 2 g de azúcar.</p>	 <p>La jarra contiene 400 ml de agua, 15g de café y 2 g de azúcar.</p> <p>2</p>	 <p>La jarra contiene 500 ml de agua, 15g de café y 2g de azúcar.</p> <p>3</p>	 <p>La jarra de café contiene 500 ml de agua, 15g de café y 8 g de azúcar.</p> <p>4</p>
¿Cuál de las tazas de café tiene mayor contenido de azúcar?	¿Qué información le permite responder esta pregunta?		
¿Cuál de las jarras tiene mayor contenido de café?	¿Cómo obtuvo esta respuesta? ¿Encontró alguna dificultad para responder?		
¿Cuál es el solvente en cada una de las preparaciones?	¿Qué se requiere conocer para responder esta pregunta?		
¿Por qué se modifica el sabor del café cuando se adiciona agua a la preparación?	¿Qué aspecto de las soluciones le permite responder a esta pregunta?		

A partir de la información dada en la figura No.38 como respuesta a la pregunta 2.4, se puede deducir que el estudiante: en primer lugar presenta poca habilidad para operar con conceptos comparativos, así por ejemplo, al contestar la pregunta relacionada con la mayor cantidad de azúcar lo hace equívocamente para la información ilustrada en la casilla 1, desconociendo que en el último paso se adicionó agua y azúcar; en segundo lugar, al contestar la pregunta relacionada con la cantidad de café, también lo hace equívocamente para la misma información de la casilla 1, desconociendo que durante todo el proceso la cantidad de café permanece constante. Este estudiante parece haber olvidado que en los procesos de dilución la cantidad de soluto no se modifica, es decir, que permanece constante y solo varía la relación de soluto y solvente o sea, la concentración.

Figura No.38: Respuesta dada por un estudiante del grupo de capacidad mental 4 a la pregunta 2.4 del PGA 2.

<p>¿Cuál de las tazas de café tiene mayor contenido de azúcar?</p> <p>la numero 1.</p>	<p>¿Que información le permite responder esta pregunta?</p> <p>al agregarle mas edvente la solución cesa la cantidad de azúcar disminuye.</p> 
<p>¿Cuál de las jarras tiene mayor contenido de café?</p> <p>la numero 1.</p>	<p>¿Cómo obtuvo esta respuesta? ya que la jarra tiene mas contenido.</p> <p>¿Encontró alguna dificultad para responder? no hay dificultad</p> 
<p>¿Cuál es el solvente en cada una de las preparaciones?</p> <p>el agua.</p>	<p>¿Qué se requiere conocer para responder esta pregunta?</p> <p>al disolverse el soluto forme una mezcla homogénea.</p> 
<p>¿Por que se modifica el sabor del café cuando se adiciona agua a la preparación?</p> <p>diferencia del soluto o el solvente</p>	<p>¿Qué aspecto de las soluciones le permite responder a esta pregunta?</p> <p>es mayor.</p> 

Además, el autor de este texto no parece tener claro el concepto de concentración puesto que la variación del sabor del café en el contexto de la pregunta, es atribuida a la variación de uno u otro componente, pero no a la relación de proporcionalidad entre los dos.

El grupo de capacidad mental 5.

Los resultados para este grupo de capacidad mental son relativamente altos, desde el punto de vista de la relación entre la capacidad mental y la demanda de la tarea, para este grupo de estudiantes la demanda de tres de las preguntas es igual al valor de la capacidad mental. Los valores elevados para las preguntas de demanda superior a 5 podrían tener una explicación en términos de la discriminación y diferenciación conceptual y la influencia de los PGA como forma de disminuir la demanda de las preguntas.

A continuación se presentan y se comentan los textos extraídos de las respuestas dadas por algunos estudiantes a la pregunta cuyo valor de facilidad es el menor; esta pregunta corresponde a la identificada en el PGA con el número 2.4, cuyo texto se transcribió para el análisis de los grupos con capacidad mental 4.

La figura No.39, que se presenta a continuación presenta la respuesta de un estudiante con tendencia a asociar con la dilución una variación de la cantidad de masa del soluto descrita en el comentario correspondiente a la pregunta “¿Cuál de las tazas tiene mayor contenido de azúcar?”.

Figura No 39: Respuestas dadas por un estudiante del grupo de capacidad mental 5 a la pregunta 2.4 del segundo PGA

<p>¿Cuál de las tazas de café tiene mayor contenido de azúcar? La taza 1</p>	<p>¿Que información le permite responder esta pregunta? Tener en cuenta que cuando hay mas solvente el soluto disminuye.</p>
<p>¿Cuál de las jarras tiene mayor contenido de café? La taza 1</p>	<p>¿Cómo obtuvo esta respuesta? Se alteran las proporciones pero la que no es la respuesta. ¿Encontró alguna dificultad para responder? Presente algunas confusiones de solvente</p>
<p>¿Cuál es el solvente en cada una de las preparaciones? Todas las tazas manejan como solvente el agua.</p>	<p>¿Qué se requiere conocer para esta pregunta? Las informaciones dadas anteriormente de el termino de solubilidad</p>
<p>¿Por que se modifica el sabor del café cuando se adiciona agua a la preparación? Cuando le adicionamos el solvente cambiamos las proporciones de la solución es decir el café y azúcar.</p>	<p>¿Qué aspecto de las soluciones le permite responder a esta pregunta? Que el solvente es de mayor cantidad.</p>

Al comparar las respuestas ilustradas con el No. 38 y 39, se puede afirmar que en esta última el estudiante tiene mayor claridad acerca de que las características de una solución dependen de la relación entre sus componentes, esto es, entre el soluto y solvente. Con referencia a esta pregunta es pertinente tener en cuenta que se trata de una solución

multicomponente y que por tanto la complejidad conceptual es mayor que cuando se trabaja con soluciones binarias y también que el contexto dentro del cual se está trabajando con estos conceptos es el contexto extraescolar.

El grupo de capacidad mental 6.

Desde el punto de vista teórico los valores de facilidad, relativamente altos, obtenidos por este grupo de estudiantes están dentro de lo que podría esperarse para aquellos casos en los cuales la demanda de las tareas es igual o menor que la capacidad mental, pues en este caso, solo dos de las seis preguntas superan el valor de 6 que es el valor de la capacidad mental del grupo, para una de las cuales su valor de facilidad es bajo y para la otra es alto.

La figura No. 40 tomada de las respuestas dadas por un estudiante, se observa que la principal dificultad para responderla se centra en la conversión de unidades de volumen que hace el autor para pasar las cucharadas a mililitros; allí se puede observar el poco nivel de discriminación conceptual cuando directamente asume que 5 cm son equivalentes a 50 ml y también en el concepto de solvente que lo identifica por su tamaño “más grande”, y no por la cantidad.

En la anterior receta cual es el solvente? Explicar la respuesta. las 3 cucharadas del zumo de un limón debido a que las cucharadas normales tienen 5 cm Es decir 50 ml y como el zumo tiene 3 cucharadas es decir 15 cm En pocas palabras 150 ml

Escriba los criterios que tuvo en cuenta para identificar el solvente. Este es el que se encuentra en mayor cantidad y como el más grande es 150 este es

Enumere las dificultades encontradas en el desarrollo del trabajo. Tener en cuenta los conceptos de solvente y soluto además de consultar la capacidad que tienen las cucharadas comunes.

Figura No. 40: ilustración de la respuesta dada por un estudiante del grupo de capacidad mental 6 la pregunta 2.2 del segundo PGA.

Las respuestas dadas por los estudiantes a las preguntas permiten afirmar en primer lugar, que existe una relación entre la capacidad mental de los estudiantes y los valores de facilidad tal que, para cada una de las preguntas se obtiene valores de facilidad que superan las predicciones teóricas, esta relación se acentúa cuando se va del grupo de capacidad mental 3 al de capacidad mental 6; es decir que para todos los casos en los cuales la demanda de la tarea sea menor o igual a la capacidad mental, los valores de facilidad son altos y que en aquellos casos donde la demanda supera el valor de la capacidad mental tiende a ser bajos a menos que el sujeto cuente con algún mecanismo o estrategia para procesar la información y bajar la demanda de la tarea y en segundo lugar, que los valores de facilidad altos encontrados para las distintas preguntas pueden ser explicados, a partir de otros factores diferentes a la relación capacidad mental demanda de la tarea; como el alto nivel de significación y diferenciación alcanzado por los estudiantes, para los conceptos comparativos relacionados con las disoluciones.

En tercer lugar, es preciso destacar que la formulación de subpreguntas de demanda menor a partir de la pregunta principal de alta demanda, 9 en este caso, ha permitido que estudiantes de los diferentes grupos de capacidad mental, en diferentes proporciones alcancen mayores valores de facilidad comparados con los obtenidos para el primer PGA. Esta última apreciación argumenta, una vez más, en favor de la teoría del procesamiento de información según la cual la subdivisión de una pregunta de alta demanda en subpreguntas de menor demanda facilita el desarrollo adecuado de las mismas y por tanto propende por un mayor grado de aprendizaje.

Resultados correspondientes al desempeño de los estudiantes en la situación problema al término del segundo PGA.

Una vez terminado el desarrollo de las seis subpreguntas en las cuales se dividió la situación problema con la cual inició este segundo PGA, los estudiantes la volvieron a resolver, de tal manera que se puede establecer la diferencia entre las respuestas antes de desarrollar las subpreguntas de menor demanda y después de su desarrollo. En la tabla No. 19 se presentan los resultados correspondientes al desempeño de los grupos en esta situación una vez realizado el trabajo con las subpreguntas de menor demanda.

Tabla No.19. Resultados correspondientes a los grupos de capacidad mental en la pregunta de alta demanda correspondientes al segundo PGA. Donde "X" significa que desarrolló acertadamente la actividad propuesta.

Grupo de capacidad mental	PROCEDIMIENTO		DIBUJO		CONCLUSION		
	Preparar soluciones	No prepararon las Soluciones.	Describe el procedimiento	Aislado del trabajo	Relación entre T y concentración	Concentración proporcional soluto/solvente	Proporcionalidad entre concentración y evaporación
3	X		-----	-----		X	
4 A	X		-----	-----			X
4 B	X		X			X	
5	X		X		X		
6	X		X		X		

Los resultados del trabajo realizado en la situación de alta demanda debían ser consignados por los estudiantes en una hoja de trabajo, que también tenía tres partes como en el primero: una procedimental, un dibujo y una conclusión. De conformidad con la estructura anterior, se ha construido la tabla No. 20, en la cual se han sintetizado los aspectos más importantes de las respuestas de los estudiantes que se comentan e ilustran en seguida.

El desempeño de los estudiantes en la situación problema antes y después del desarrollo de las subpreguntas.

A partir de los datos consignados en las tablas No. 19 y 20 que corresponden a los valores de facilidad obtenidos para la resolución de la situación problema al comienzo y al final del PGA en cuestión, se puede afirmar que en el desempeño de todos los grupos hubo un aumento de los valores de facilidad, en efecto todos ellos alcanzaron el nivel más alto establecido para el valor de facilidad; estos datos muestran en términos generales un progreso en el desempeño de los estudiantes que en principio podría ser atribuido a la aplicación del PGA.

Tabla No. 20: Datos correspondientes al desempeño de los estudiantes en la situación problema en el segundo programa guía después de avanzar en el desarrollo de las subpreguntas

Grupos según su Capacidad Mental	Valor de Facilidad
3	1.0
4A	1.0
4B	1.0
5	1.0
6	1.0

Una visión más Detallada de las respuestas de los estudiantes en las hojas de trabajo por grupos de capacidad mental.

Respuesta del grupo de capacidad mental 3.

La respuesta presentada en la figura No.41 correspondiente al grupo de capacidad mental 3 muestra, en términos generales, que para el caso de la concentración de la solución sin adicionar más soluto los estudiantes alcanzaron un buen nivel de significación y comprensión del proceso, logran describir adecuadamente que la forma de aumentar la concentración de la solución sin adicionar soluto es mediante calentamiento. Puesto que los autores de esta respuesta no realizaron el correspondiente dibujo, como se puede ver en la tabla No. 19, no es posible dar más detalles al respecto; queda sin embargo la sensación,

por la forma como se inicia el escrito, que está latente en ellos la idea de que al evaporar la solución se aumenta la cantidad de soluto.

Figura No.41: Respuestas dadas por los estudiantes del grupo de capacidad mental 3 en la situación problema del segundo PGA.

HOJA DE TRABAJO DEL ESTUDIANTE	
<p>PROCEDIMIENTO PARA AUMENTAR LA CONCENTRACIÓN DE SAL EN DETERMINADO VOLUMEN DE AGUA, SIN ADICIÓN DE SOLUTO</p> <p>Si queremos aumentar el soluto de la solución número 3 se agregan el agua más sal todos contra la solución a evaporar ya que de este modo se evapora el agua y lo que hace disminuir el agua más no la sal por quitándole la solución por lo que quedaría más sal en la solución a comparación del agua</p>	
<p>CONCLUSION Si se puede aumentar la concentración de sal en la solución que tiene mucha más agua que sal, si buscamos disminuir la cantidad de agua de tal modo que quede más sal en la solución aumentada la concentración</p>	

Respuestas del grupo de capacidad mental 4A.

Como en el caso del grupo de capacidad mental 3, en la respuesta que se presenta en la figura No.42 se puede observar que los participantes en su conjunto alcanzaron un buen nivel de comprensión y significación para el proceso de concentración de una solución; con algunas limitaciones de redacción en el texto, se percibe una comprensión adecuada de este proceso, porque claramente muestran un manejo adecuado de la proporción soluto/solución en el momento de decidir calentar para disminuir la cantidad de solución y por tanto aumentara el cociente de la proporción.

La tercera expresión del escrito sin embargo, deja cierta sensación de que se asocia la naturaleza del soluto con un líquido, ya que mencionan que observaron el aumento del nivel

de sal en la solución. Como puede observarse en la tabla No. 19 los autores de este texto tampoco realizaron el dibujo por lo tanto no es posible decir algo más acerca de su desempeño.

Figura No.42: Respuestas dadas por los estudiantes del grupo de capacidad mental 4 A en la situación problema del segundo PGA.

HOJA DE TRABAJO DEL ESTUDIANTE	
<p>PROCEDIMIENTO PARA AUMENTAR LA CONCENTRACIÓN DE SAL EN DETERMINADO VOLUMEN DE AGUA, SIN ADICIÓN DE SOLUTO</p> <p>↳ necesario para que la tercera solución quede más salada tenmos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) poner a calentar la solución Nº 3 2) después de poner a calentar evaporar a que se evapore. 3) observar si la solución aumenta su nivel de sal, sin necesidad de agregar más. 	
<p>CONCLUSION que para aumentar el nivel de sal no es necesario agregar más sal sino evaporarla</p>	

Respuesta del grupo de capacidad mental 4B.

A diferencia de las respuestas dadas por los grupos anteriores, en este caso estos cinco estudiantes decidieron no escribir texto alguno para el procedimiento sino optaron por expresar sus ideas mediante dibujos, como se muestra en la figura No. 43.

Figura No 43: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 4B a la situación problema del segundo PGA.

HOJA DE TRABAJO DEL ESTUDIANTE

PROCEDIMIENTO PARA AUMENTAR LA CONCENTRACIÓN DE SAL EN DETERMINADO VOLUMEN DE AGUA, SIN ADICIÓN DE SOLUTO

Paso #1 Paso #2 Paso #3 Paso #4

Cabe aclarar que antes de iniciar el proceso se debe pesar el NaCl en la balanza.

1 gramo

CONCLUSION En el vaso de Precipitado #1 tenemos una cierta concentración de soluto (sal) y solvente (agua), al pasar el 20% de la solución al vaso #2 y agregar más agua, disminuye la concentración de soluto, y así mismo pasa con el vaso #3. Para poder aumentar la concentración de soluto sin agregar más de este, debemos llevar esta solución a combustión, y cuando llegue al punto de ebullición, se evapora una canti. de agua, disminuyendo la cantidad de esta, por lo tanto aumentamos la concentración de sal en la solución.

A partir la figura No.43 se puede interpretar que en los dos primeros pasos se prepara la solución mediante la mezcla del agua y el cloruro de sodio y durante el tercero se realiza el proceso de concentración mediante el calentamiento. A pesar de la claridad que este grupo de estudiantes muestra en la redacción para el texto escrito, emerge la idea de que para ellos solo existe evaporación de solvente cuando se alcanza el punto de ebullición de la mezcla, lo cual


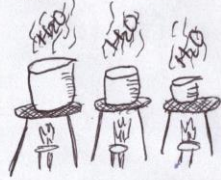
demuestra un bajo nivel de significación del concepto de evaporación y establece una asociación equivocada con el punto de ebullición; tampoco parece haber mucha diferenciación entre combustión y ebullición como se percibe en la expresión “debemos llevar esta solución a combustión”.

Respuesta del grupo de capacidad mental 5.

La figura No. 44 que presenta la respuesta dada por este grupo de capacidad mental a la situación problema, como en el caso de los grupos anteriores, en este caso también se observa un buen nivel de comprensión del proceso de preparación y concentración de una solución sin necesidad de adicionar más soluto. Queda aún sin poderse interpretar el significado que los autores quieren manifestar cuando en la serie de calentamientos dibujada disminuye el tamaño del recipiente. La mejor interpretación en el contexto de la respuesta sería que a medida que procede el calentamiento el volumen de la solución se hace menor y con ello se produce un aumento de su concentración.

Figura No. 44: Respuesta dada por los estudiantes del grupo de capacidad mental 5 a la situación problema del segundo PGA:

HOJA DE TRABAJO DEL ESTUDIANTE

PROCEDIMIENTO PARA AUMENTAR LA CONCENTRACIÓN DE SAL EN DETERMINADO VOLUMEN DE AGUA, SIN ADICIÓN DE SOLUTO	
<p>PROCEDIMIENTO 1</p> <ul style="list-style-type: none"> • En el vaso de precipitado N°1 colocar 50ml de agua y adicionar 1g de cloruro de sodio agitar hasta que se disuelva totalmente. • Tomar de esta solución 20ml y pasarlo al vaso de precipitados N°2 después completarlo con agua hasta un volumen 30ml • Tomar 30ml de la sol. N°2 y pasarla al vaso de precipitados N°3 y completarlo con agua hasta 50ml. 	<p>PROCEDIMIENTO 2</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realizar el mismo procedimiento anterior; sometiendo al fuego cada vaso de precipitados para así lograr que cada vaso obtenga una mayor concentración de sal.
	
<p>CONCLUSION Pensamos que al someter los vasos de precipitado al fuego se evapora cierta cantidad de agua y se logra obtener una mayor concentración de sal en cada vaso.</p>	

Respuesta del grupo de capacidad mental 6.

Los autores de la figura No.45 que se presenta en seguida muestran con bastante claridad en su respuesta un alto grado de comprensión y dominio del procedimiento para preparar y producir una solución más concentrada a partir de una de concentración inicial dada, sin adicionar más soluto, a partir de un proceso de calentamiento.

Figura No. 45: Respuesta dada por los estudiantes del grupo de capacidad mental 6 a la situación problema del segundo PGA.

PROCEDIMIENTO PARA AUMENTAR LA CONCENTRACIÓN DE SAL EN DETERMINADO VOLUMEN DE AGUA, SIN ADICIÓN DE SOLUTO

1. Agua H₂O 1 gr. Cloruro Sodio.

2. se agita Totalmente.

3. 20 ml de solución

4. 8 ml de Agua. 100 ml.

5. 30 ml de solución

6. 70 ml de Agua H₂O. Se hierve el H₂O para evaporar el solvente.

CONCLUSION La concentración de sal por ml de H₂O se aumenta cuando se disminuye la cantidad de H₂O sin afectar la cantidad de sal, el método más rápido es la evaporación de la solución.

° A medida de se aumenta el solvente, la concentración de soluto disminuye y viceversa.


Tanto los datos correspondientes a los valores de facilidad para las subpreguntas de diferente demanda como el análisis de las respuestas dadas de manera individual a las mismas y de manera grupal a la situación problema inicial y final, muestran sin duda que ha habido un progreso en el desempeño de los estudiantes para dar respuesta a esta situación problema de alta demanda planteada para el segundo PGA en términos de los conceptos comparativos asociados con las soluciones. Como en el caso del primer PGA, este avance, por lo menos en parte puede ser atribuido a la eficiencia del PGA para disminuir la demanda de la tarea y por




tanto apoyara a los estudiantes en sus procesos de aprendizaje de conceptos, en este caso de aquellos asociados a las disoluciones.

9.3. RESULTADOS DE LA APLICACIÓN DEL TERCER PGA EN LOS DIFERENTES GRUPOS.

Continuando con el análisis de los resultados y siguiendo los mismos procedimientos utilizados para los dos programas guía anteriores, a continuación se presentan los resultados correspondientes al tercero. El tema central objeto de estudio en este programa son los conceptos métricos relacionados con las soluciones. Como ha sido el caso del primero y el segundo PGA, durante el desarrollo de este tercero, los estudiantes se encontraron con una situación problema de alta demanda al comienzo y nueve subpreguntas de demanda menor postuladas, como estrategia para disminuir la demanda de la situación problema, cuya demanda ha sido estimada en 12; al término del trabajo con estas nueve subpreguntas, los estudiantes resolvieron nuevamente la misma situación problema de alta demanda planteada al comienzo del PGA.

El texto y la presentación la situación problema en el tercer PGA es el siguiente:

<i><u>Presentación:</u> Con los materiales y sustancias dadas preparar cada una de las disoluciones de NaOH en agua que se presentan a continuación y en seguida preparar y determinar la concentración de la solución problema.</i>	
	<i><u>La disolución No. 1</u> se prepara colocando 6 g de NaOH en 250 ml de solución.</i>

	<p><i>La disolución No. 2 se prepara colocando 3 g de NaOH en 200 ml de solución.</i></p>
	<p><i>La disolución No. 3 se prepara tomado la mitad de la solución No.1 y adicionando agua hasta un volumen de 200 ml.</i></p>
	<p><i>La disolución problema se prepara colocando en el vaso de precipitados 40 ml de la disolución No.1; 80 ml de la disolución No. 2 y 45 ml de la disolución No.3</i></p>

Resultados finales:

Preparar cada una de las disoluciones propuestas y obtener la disolución problema así como la determinación de la concentración de la misma.

Como se puede establecer de la lectura de la situación antes mencionada, como en el caso de los dos programas anteriores se trata de una situación de alta demanda, en realidad el valor estimado para ella es de 12. En coherencia con el tema de este programa, los conceptos métricos, los participantes deben preparar en el laboratorio varias soluciones de un hidróxido y calcular la concentración de una solución problema preparada a partir de una mezcla de determinados volúmenes de las soluciones anteriores. Este proceso por su propia naturaleza implica el planteamiento y la realización de cálculos matemáticos para establecer la concentración de la solución obtenida cuando se mezclan volúmenes determinados de las soluciones para las cuales se ha dado la cantidad de soluto y de solvente que se deben mezclar.

En la tabla No. 21 se presentan los desempeños de los estudiantes en esta situación problema cuando la enfrentan de manera global al comienzo del PGA, en términos de los valores de facilidad para los diferentes grupos de capacidad mental. Una mirada a los datos de esta tabla permite establecer que ninguno de los grupos tuvo éxito total en el desarrollo de la misma, es más los valores de facilidad obtenidos por el grupo de capacidad mental 3 y 4B son cero, los correspondientes a los grupos de capacidad mental 4 A, 5 y 6 son 0.2, 0.6 y 0.8 respectivamente. La obtención de estos valores de facilidad concuerdan con los logros expresados por escrito en las hojas de trabajo de los grupos de capacidad mental; a diferencia de las dos situaciones involucradas en los dos PGA ya analizados, la revisión de las respectivas hojas de trabajo muestra que varios grupos intentaron abordarla sin llegar a la solución total, los logros de estos grupos se sintetizan en la tabla No. 22. Los resultados anteriores evidencian de manera clara, en concordancia con la teoría, que si bien la demanda de la tarea es muy superior a la capacidad mental de todos los grupos luego del desarrollo de dos PGA relacionados con los conceptos clasificatorios y comparativos ya algunos estudiantes muestran indicios de estar desarrollando estrategias mentales para bajar la demanda y abordar su proceso de resolución en relación con los conceptos métricos. También puede aducirse aquí como explicación para los resultados obtenidos, la influencia de los dos programas guía anteriores y de este último como mecanismo adecuado para bajar la demanda de una tarea y por tanto apoyar a los estudiantes en la superación de sus dificultades de aprendizaje.

Tabla No. 21: Resultados correspondientes al desempeño de los estudiantes en situación problema en el tercer PGA, en términos de los valores de facilidad antes de la subdivisión de las preguntas.

Grupos de Capacidad Mental	Valor de Facilidad
3	0.0
4A	0.2
4B	0.0
5	0.6
6	0.8

Tabla No. 22: Resultados correspondientes al desempeño de los estudiantes en la pregunta de alta demanda en el tercer PGA antes de la subdivisión de las preguntas en términos de la preparación de algunas de las soluciones requeridas en el proceso de solución de la situación global.

GRUPO	Aspectos Procedimentales	Aspectos Cuantitativos. Determinación de la M de varias soluciones			
		Sln 1	Sln 2	Sln 3	Sln Problema
3	-----				
4 A	Comprensión y ejecución del procedimiento experimental				
4 B	-----				
5	Comprensión y ejecución del procedimiento experimental	OK	OK		
6	Comprensión y ejecución del procedimiento experimental	OK	OK	OK	

Cómo se puede observar en la tabla No. 22 dos de los grupos, el de capacidad mental 3, y 4 B no tuvieron éxito en la comprensión y ejecución del procedimiento experimental para preparar, las soluciones; se puede observar además como, de los tres grupos que tuvieron éxito en la comprensión y ejecución de procedimiento experimental, el grupo 4A, 5 y 6 los dos últimos alcanzaron con éxito el cálculo de la concentración de dos y tres de las soluciones requeridas pero ninguno logró calcular la concentración de la solución problema. A manera de ejemplo de lo expresado anteriormente a continuación se presenta en la figura No. 45 una de las respuestas dadas por el grupo de capacidad mental 6.

Figura No 46: Respuesta de los estudiantes de capacidad mental 6 para la situación problema del tercer PGA al comienzo del mismo.

HOJA DE TRABAJO DEL ESTUDIANTE

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE CADA UNA DE LAS DISOLUCIONES	
<p><u>Disolución No. 1</u></p> <p>6g 250ml = 0,25L</p> <p>NaOH = 38g 6/38 = 0,15 moles</p> $\frac{0,15}{0,25} = 0,6 \text{ molar}$	<p><u>Disolución No. 2</u></p> <p>3g 0,2L</p> <p>0,07 moles</p> $\frac{0,07}{0,2} = 0,35 \text{ molar}$
<p><u>Disolución No. 3</u></p> <p>3g + 0,2L</p> $\frac{0,07}{0,2} = 0,35 \text{ M}$	<p><u>Disolución Problema:</u></p>

Como se puede apreciar en la respuesta anterior, figura No. 45, los autores de este texto han logrado realizar los cálculos requeridos para establecer de manera correcta la concentración de las tres soluciones pero no lograron calcular la concentración de la solución problema.

A continuación se presentan y comentan los resultados del desempeño de los estudiantes por grupo de capacidad mental para cada una de las nueve subpreguntas postuladas para disminuir la demanda la situación problema correspondiente al tercer PGA, comenzando por el grupo de capacidad mental más baja. En la tabla No. 23 se sintetizan los grupos de capacidad mental, el número de estudiantes en cada uno de ellos y los valores de facilidad

para cada una de las preguntas de diferente demanda incluidas en el tercer programa guía de actividades.

Tabla No 23: Grupos de capacidad mental y valores de facilidad para las preguntas correspondientes al tercer PGA.

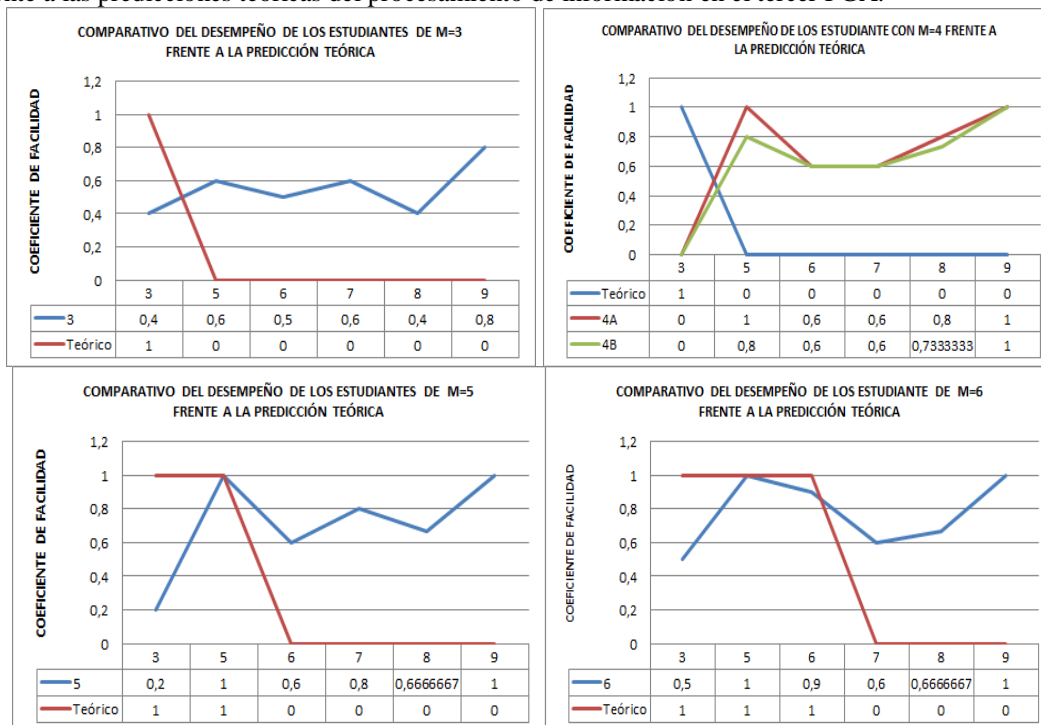
Valores de facilidad para cada una de las preguntas									
Grupo de capacidad mental	Z=3	Z= 5	Z=6	Z=6	Z=7	Z=8	Z=8	Z=8	Z=9
	pregunta 3.3	pregunta 3.7	pregunta 3.5	pregunta 3.6	pregunta 3.8	pregunta 3.1	pregunta 3.4	pregunta 3.9	pregunta 3.2
3	0,4	0,6	0,8	0,2	0,6	0,4	0,4	0,4	0,8
4 A	0,0	1,0	0,8	0,4	0,6	1,0	1,0	0,4	1,0
4 B	0,0	0,8	0,8	0,4	0,6	0,8	0,6	0,8	1,0
5	0,2	1,0	0,8	0,4	0,8	0,8	0,6	0,6	1,0
6	0,5	1,0	1,0	0,8	0,6	0,6	0,8	0,6	1,0

Los datos de la tabla No. 23 muestran como todos los grupos de capacidad mental tuvieron éxito a diferentes niveles en la resolución de las subpreguntas de diferente demanda asociadas a este PGA, excepción hecha para los dos grupos de capacidad mental 4 en la pregunta de menor demanda.

En general, en concordancia con los planteamientos teóricos, como se observa en la gráfica No. 8 los valores de facilidad tienden a ser más altos en la medida que se pasa de los grupos de más baja capacidad mental a los grupos de mayor capacidad mental, esta tendencia se puede observar de manera particular en los valores de facilidad para la pregunta de mayor demanda. Con la realización del tercer PGA los estudiantes parecen haber desarrollado algunas estrategias de procesamiento de información para bajar la demanda Z=9; sin embargo, es pertinente recordar una vez más que la relación demanda de la tarea y capacidad mental es una condición necesaria pero no suficiente para alcanzar el éxito en la resolución de una tarea de aprendizaje, ya que existen otros factores diferentes a

dicha relación que también contribuyen a determinar el éxito en el desempeño de los estudiantes.

Grafica No.8: Resultados comparativos de los desempeños de los estudiantes de diferente capacidad mental frente a las predicciones teóricas del procesamiento de información en el tercer PGA.



Puesto que, como se puede ver en la tabla No. 23 todos los grupos presentan bajos valores de facilidad para la pregunta de menor demanda, para una de las preguntas de demanda 6 y altos valores para la pregunta de mayor demanda, a continuación se transcriben sus textos y se comentan algunas de las respuestas de los estudiantes con el fin de procurar otras explicaciones más allá de la relación demanda de la tarea y capacidad mental.

Las preguntas de demanda 3, 6 y 9 y sus respuestas.

Estas preguntas corresponden a las identificadas con los números 3.3, 3.6 y 3.2 cuyos textos se transcriben a continuación.

La pregunta 3.3 de demanda 3. El texto de esta pregunta es:*Diferenciación de solvente y solución.*

Observar con atención la información que se encuentra en las especificaciones de cada una de las siguientes soluciones:

La solución (a) está formada por 200 ml de solvente y



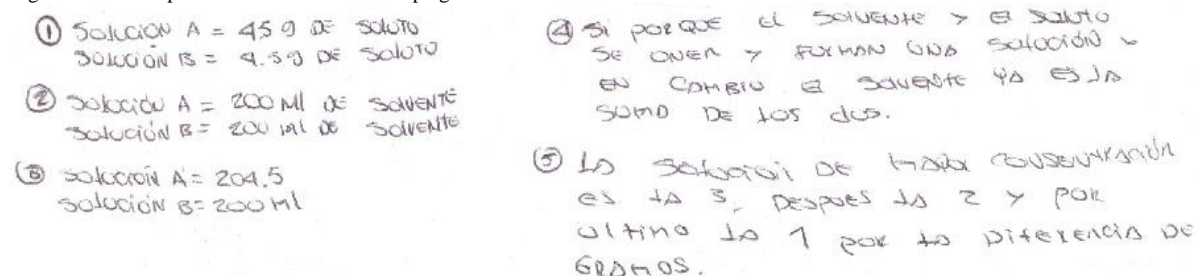
formada por 4.5 g de soluto.

La solución (b) está formada por 200 ml de solución y 4.5.g de soluto.

1. *Qué cantidad de soluto se encuentra en cada solución?*
2. *Qué cantidad de solvente se encuentra en cada solución?*
3. *Qué volumen de solución hay en cada solución?*
4. *Existe alguna diferencia entre 200 ml de solución y 200 ml de solvente.*

Como se puede percibir a partir de la lectura de la pregunta, para su respuesta se requiere tener un alto nivel de significado y discriminación de los conceptos de soluto, solvente y solución, lo cual no parece cumplirse en este grupo de estudiantes en razón de las respuestas dadas, una de las cuales se presenta a continuación con la figura No 46:

Figura No 47: Respuesta del estudiante 31 a la pregunta 3.3 del tercer PGA



Si bien el autor de esta respuesta diferencia claramente el concepto de soluto, no lo hace para los de solvente y solución dado que en ambos casos toma como volumen del solvente los 200 ml y para el volumen de solución lo asume correctamente en un caso como 200 ml y en el otro simplemente suma los gramos de soluto a los mililitros de solvente, situación que se corrobora con la explicación presentada en el numeral 4 de su escrito.

Es de anotar que de conformidad con los resultados de otras investigaciones (Sánchez, 1997) esta es una dificultad muy común, la mayoría de estudiantes confunde el volumen de

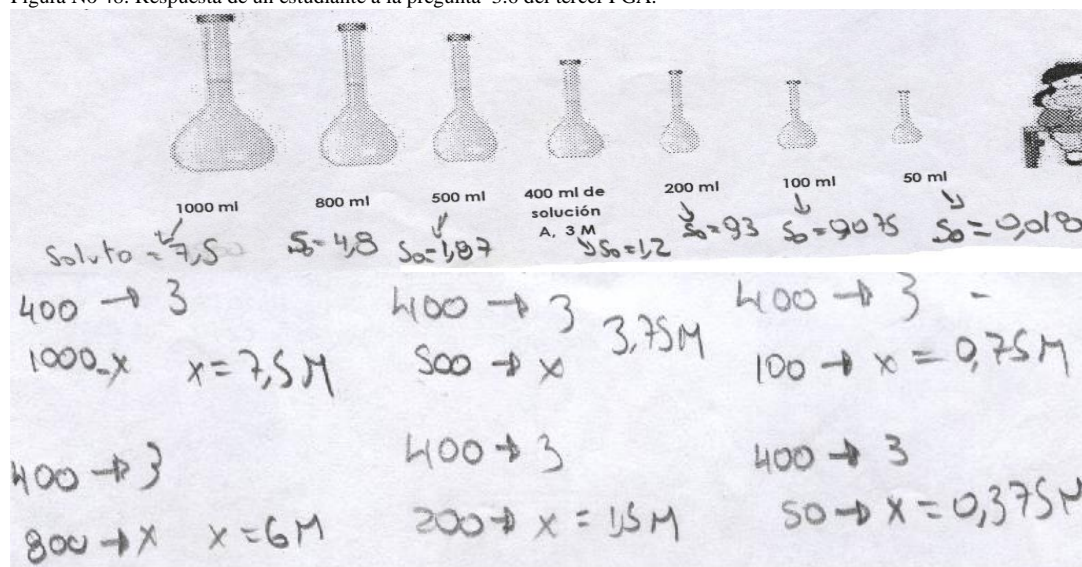
la solución con el volumen del solvente. Todo parece indicar entonces que este es el factor predominante para el bajo valor de facilidad obtenido para esta pregunta en todos los grupos.

La pregunta 3.6 de demanda 6. Textualmente la pregunta estaba enunciada así:
Suponga que tiene una solución A, cuya información aparece en la imagen. A partir de ésta determinar la cantidad de soluto que se encuentra presente en cada una de las muestras de la misma solución que se presentan en cada uno de los recipientes.



En esta pregunta, el estudiante debe determinar la cantidad de soluto, en moles, que se encuentra en volúmenes diferentes de una misma solución. Una de las respuestas dadas por los alumnos a la misma se presenta a continuación en la figura No.48

Figura No 48: Respuesta de un estudiante a la pregunta 3.6 del tercer PGA.



Se puede observar en la figura No.48 presentada, como su autor no tiene en cuenta para el desarrollo de la pregunta el concepto de concentración sino que aplica el concepto de

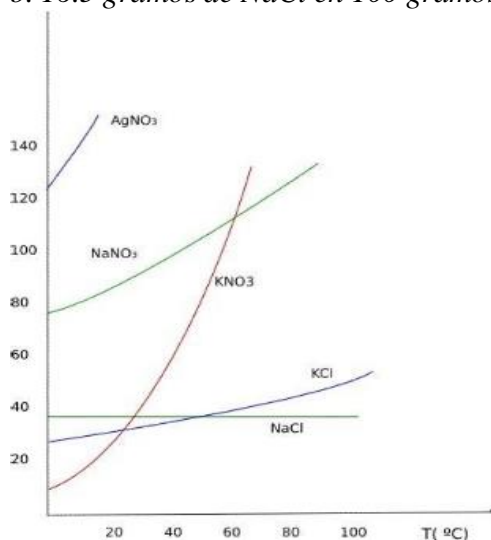
proporcionalidad, para él la cantidad de soluto presente en una solución es directamente proporcional a la cantidad de solución que se tenga, pierde el concepto de conservación de la masa del soluto en una solución.

La pregunta 3.2 de demanda 9. La transcripción textual de la pregunta es:

Suponga que se tienen dos soluciones a y b. A partir de la información de la gráfica, determinar si a las temperaturas dadas son insaturadas, saturadas o sobresaturadas.

a. Una solución a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ de 57 gramos de KCl en 100 gramos de agua.

b. 16.5 gramos de NaCl en 100 gramos de H_2O a 20°C .



Como ya se mencionó en todos los grupos el valor de facilidad para esta pregunta fue alto, es decir todos o la mayoría de los estudiantes la respondió de manera correcta, como lo muestra una de las respuestas dadas por uno de ellos y que se ilustra en la figura No. 48.

Figura No.49: Respuesta de un estudiante a la pregunta 3.2 del tercer PGA.

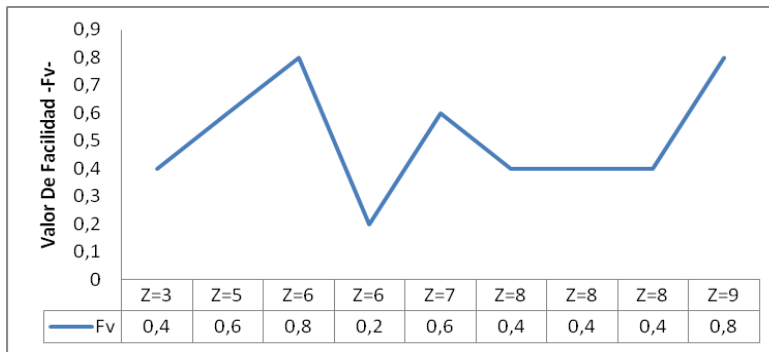
D Sobresaturada debido a que el contenido máximo del soluto es de 37.0 gr de KBr y debido a que sobrepasa este límite es sobresaturada
 D NO es sobresaturada es insaturada o diluida por que esta debajo del punto

Como se puede ver en el segundo PGA donde se incluyó la interpretación de gráficas como un proceso de comparación y en el análisis de sus resultados, este tema ya fue objeto de estudio no solo desde el punto de vista teórico sino también desde el punto de vista de la resolución de ejercicios al respecto. Por lo tanto, el éxito de todos los grupos puede

atribuirse a los conocimientos previos derivados del estudio a través del respectivo programa guía.

El grupo de capacidad mental 3.

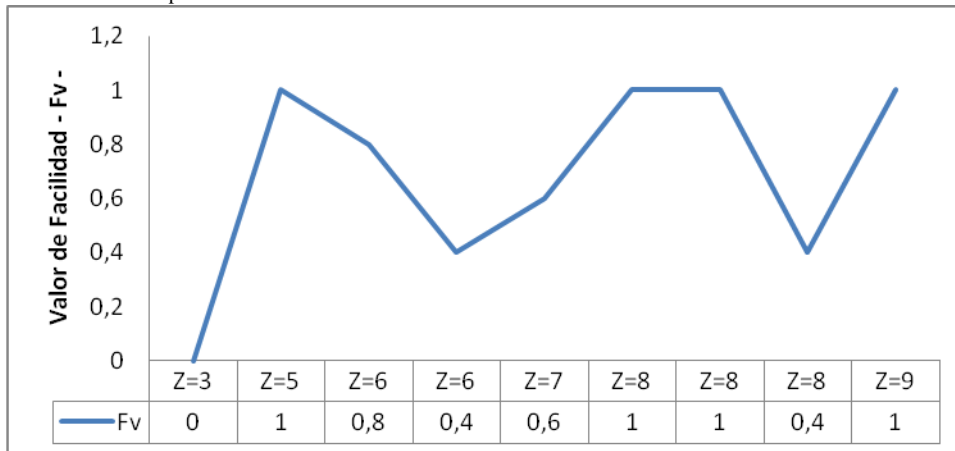
Gráfica No.9 Resultados correspondientes al desempeño de los estudiantes del grupo de capacidad mental 3 en las preguntas de diferente demanda para el tercer PGA.



Los valores de facilidad asociados a la gráfica No. 9, excepción hecha para una de las preguntas de demanda 6 y la de demanda 9 son relativamente bajos; desde el punto de vista teórico serían los de esperar para un grupo de estudiantes con capacidad mental menor que la demanda de la tarea, como puede observarse solamente una pregunta tiene un valor de demanda igual al valor de la capacidad mental del grupo, los demás valores de la demanda son mayores. Las variaciones de los valores de facilidad, que en alguna medida se alejan de las predicciones teóricas, pueden tener explicación en otros factores diferentes a la relación capacidad mental demanda de la tarea que también tienen influencia en el desempeño de los estudiantes, como se ha comentado anteriormente.

El grupo de capacidad mental 4A

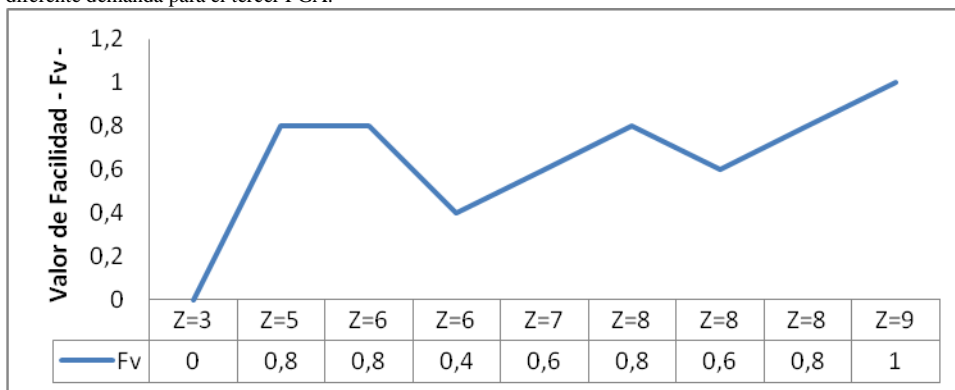
Grafica No.10 Resultados correspondientes al desempeño de los estudiantes del grupo de capacidad mental 4A en las preguntas de diferente demanda para el tercer PGA.



Una apreciación general de la gráfica No. 10 permite ver un ascenso paulatino en los valores de facilidad para este grupo de capacidad mental desde la pregunta de menor hasta la de mayor demanda.

El grupo de capacidad mental 4B

Grafica No.11 Resultados correspondientes al desempeño de los estudiantes del grupo de capacidad mental 4B en las preguntas de diferente demanda para el tercer PGA.

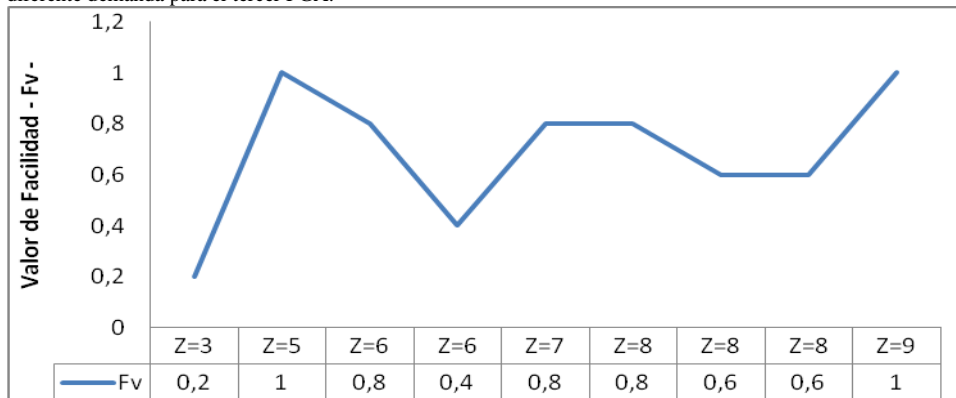


Como en el caso del grupo 4A, pero esta vez más de manera más acentuada, la gráfica No. 11 muestra, en general, una pendiente creciente para los valores de facilidad desde los correspondientes a los valores de demanda baja hasta los de mayor valor, seguramente en la

medida que los estudiantes han pasado por el desarrollo de los dos PGA anteriores han comenzado a mejorar sus habilidades de procesamiento de información y a construir conocimientos cada vez más sólidos a partir de los anteriores. Por lo demás, los valores de facilidad alcanzados por este grupo de estudiantes son altos.

El grupo de capacidad mental 5.

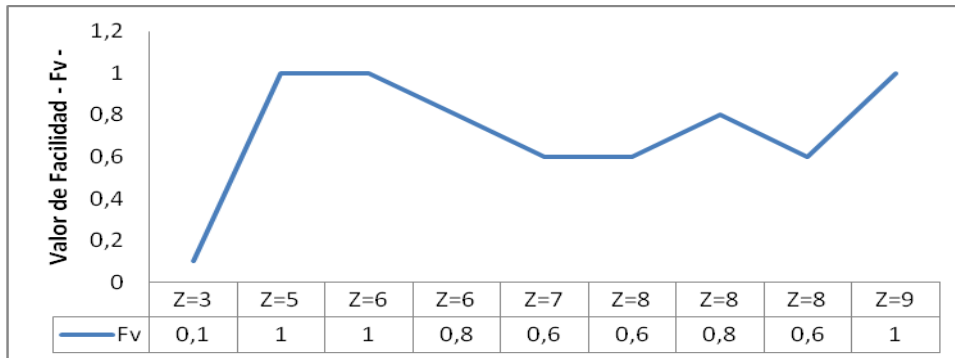
Grafica No.12 Resultados correspondientes al desempeño de los estudiantes del grupo de capacidad mental 5 en las preguntas de diferente demanda para el tercer PGA.



Como era de esperarse los resultados para este grupo de capacidad mental son relativamente altos, el valor de la capacidad mental es mayor o igual a la demanda de las tareas, para este caso una de las preguntas tiene demanda menor y otra igual al valor de la capacidad mental del grupo. Los valores elevados para las preguntas de demanda superior a 5 podrían tener una explicación en términos de discriminación y diferenciación conceptual producto del estudio y del progreso de los estudiantes en los PGA uno y dos. Como en el caso de los grupos de capacidad mental analizados anteriormente, la gráfica presenta una pendiente ascendente desde el valor de facilidad más bajo hasta el más alto.

El grupo de capacidad mental 6.

Grafica No.13 Resultados correspondientes al desempeño de los estudiantes del grupo de capacidad mental 6 en las preguntas de diferente demanda para el tercer PGA.



Desde el punto de vista teórico, los valores de facilidad obtenidos, realmente altos, por este grupo de estudiantes se encuentran dentro de los que podría esperarse para aquellos casos en los cuales la demanda de las tareas es igual o menor que la capacidad mental, esto es particularmente cierto para las primeras cuatro preguntas cuyas demandas oscilan entre 3 y 6, con la salvedad ya hecha para la pregunta de menor demanda. Una vez más, se puede destacar la pendiente creciente que presenta la gráfica en la medida que se avanza desde los valores de demanda más bajos hacia los más altos.

El análisis de los resultados anteriores en términos de la variación de los valores de facilidad para las nueve subpreguntas postuladas para bajar la demanda de la situación problema incluida en el tercer PGA para los seis grupos de capacidad mental, junto con los textos tomados de las respuestas dadas por los estudiantes a las preguntas, permiten hacer entre otras las siguientes consideraciones:

Existe una relación de dependencia creciente, a mayor capacidad mental mayores valores de facilidad, entre la capacidad mental de los estudiantes y los valores de facilidad

para cada una de las preguntas, esta relación se acentúa cuando se va del grupo de capacidad mental 3 al de capacidad mental 6, sin que esta relación coincida totalmente con la que se deriva de los planteamientos teóricos. De conformidad con la teoría el grupo de capacidad mental más alto debería alcanzar los mayores valores de facilidad en todas las preguntas cuya demanda sea menor o igual al de su capacidad mental, lo cual no se percibe totalmente en los datos presentados. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que los modelos son teóricos y se convierten en puntos de referencia a los cuales se tiende sin que se alcancen totalmente.

Los valores de facilidad altos encontrados para las distintas preguntas cuya demanda supera el valor de la capacidad mental de los grupos pueden ser explicados, por lo menos parcialmente, a partir de factores diferentes a la relación capacidad mental demanda de la tarea, como por ejemplo los conocimientos previos o el grado de significación y de discriminación conceptual alcanzado por los estudiantes para los conceptos métricos asociados a las disoluciones. Así mismo, los valores de facilidad bajos encontrados pueden tener, por lo menos en parte explicación en el bajo nivel de significación y discriminación alcanzado por los estudiantes. Los valores de facilidad altos se ven favorecidos por niveles más avanzados de significación y discriminación conceptual mientras que los valores bajos estarían asociados a escasos niveles de significación y discriminación conceptual.

Finalmente, es preciso destacar también que la formulación de subpreguntas de demanda menor a partir de la situación problema de alta demanda, 12 en este caso, ha permitido que estudiantes de los distintos grupos de capacidad mental, en diferentes proporciones logren mayores valores de facilidad comparados con los alcanzados para el

primer PGA. Esta última apreciación argumenta, una vez más, por lo menos parcialmente, en favor de la teoría del procesamiento de información según la cual la subdivisión de una pregunta de alta demanda en subpreguntas de menor demanda facilita el desarrollo adecuado de las mismas.

A partir del análisis de los resultados presentados para las preguntas de diferente demanda también es posible afirmar que, en la mayoría de los grupos de diferente capacidad mental, se alcanzaron valores de facilidad altos y que esta tendencia se acentúa para las preguntas de demanda 8 y 9.

Resultados correspondientes al desempeño de los estudiantes en la situación problema de alta demanda al término del tercer PGA.

Avanzando en el análisis de los resultados del tercer PGA y siguiendo el procedimiento empleado en los dos anteriores, a continuación se presentan los desempeños de los estudiantes, según grupo de capacidad mental, en la pregunta de demanda 12, la cual volvieron a desarrollar una vez terminaron de resolver las nueve subpreguntas en las cuales se subdividió el tercer PGA. Esta diferencia puede arrojar alguna luz acerca de los posibles progresos o efectos derivados del paso de los estudiantes por la resolución de las subpreguntas de demanda menor y por tanto, del impacto de los programas como estrategia para bajar la demanda de las preguntas y favorecer el desempeño de los alumnos en sus labores académicas.

En la tabla No. 24 se presentan los resultados correspondientes al desempeño de los grupos en esta pregunta una vez realizado el trabajo con las subpreguntas de menor demanda, en términos del valor de facilidad.

Tabla No. 24 Datos correspondientes al desempeño de los estudiantes en la situación problema de alta demanda en el tercer PGA después de la subdivisión de las preguntas, en términos del valor de facilidad.

Grupos de Capacidad Mental	Valor de Facilidad
3	0.6
4A	0.8
4B	0.6
5	1.0
6	1.0

De conformidad con los datos de la tabla No. 24 es posible afirmar que no todos los grupos alcanzaron a resolver totalmente la situación dado que el valor de facilidad no llega en todos los casos al valor máximo, sin embargo se reconoce que hubo un avance en todos ellos; los grupos de capacidad mayor 5 y 6, lograron avanzar hasta el máximo valor de facilidad 1.0. Esta afirmación adquiere mayor fundamento si se tiene en cuenta los datos sintetizados en la tabla No. 25. A partir del análisis de esta información se llega a la conclusión de que todos los grupos muestran un avance luego del trabajo con el PGA.

Tabla No. 25: Datos correspondientes al desempeño de los estudiantes en la pregunta de alta demanda en términos de los alcances de los distintos grupos camino a su resolución global para el Tercer PGA luego de la subdivisión de las preguntas

GRUPO	Aspectos Procedimentales	Aspectos Cuantitativos. Determinación de la M de varias soluciones			
		Sln 1	Sln 2	Sln 3	Sln Problema
3	Comprensión y ejecución del procedimiento experimental	OK	OK		
4 A	Comprensión y ejecución del procedimiento experimental	OK	OK	OK	
4 B	Comprensión y ejecución del procedimiento experimental	OK	OK		
5	Comprensión y ejecución del procedimiento experimental	OK	OK	OK	OK
6	Comprensión y ejecución del procedimiento experimental	OK	OK	OK	OK

El desempeño de los estudiantes en la situación problema antes y después de la subdivisión de las preguntas en el tercer PGA.

Una comparación de las tablas No. 22 y No. 25 donde se muestran los valores de facilidad para la pregunta de demanda 12, permite establecer que antes de la subdivisión de las preguntas, vale decir antes de la aplicación del tercer PGA ninguno de los grupos logró su resolución de manera completa, mientras que luego del desarrollo del programa guía dos de ellos lograron resolver correctamente toda la situación problema. Estos datos argumentan a favor de la eficiencia de los PGA como estrategia para disminuir la demanda de las tareas y por tanto propender por el mejoramiento del desempeño de los estudiantes en sus labores académicas.

Una aproximación más detallada de los logros de cada uno de los grupos, camino a la resolución total de la situación problema se puede obtener al comparar la información de las tablas 22 y 25 donde se sintetizan los avances de los grupos antes del desarrollo del PGA y luego de su realización.

El grupo de capacidad mental 3 antes del desarrollo del PGA no avanzó en la preparación de ninguna de las soluciones requeridas, no alcanzó siquiera a comprender la situación, mientras que después del desarrollo del programa avanzó en su comprensión y en la preparación de las dos primeras soluciones requeridas. Estos logros constituyen un avance hacia la resolución completa de la situación.

El grupo de capacidad mental 4A, que antes del PGA solo alcanzó a comprender la situación y el procedimiento a seguir, luego de su recorrido por el programa guía logró avanzar hasta la preparación de las tres soluciones requeridas pero no logró resolver la situación en la totalidad; como en el caso anterior estos logros muestran el avance de este grupo debido al trabajo con el programa guía.

La situación del grupo de capacidad mental 4B, que es semejante al de capacidad mental 3 en la medida que antes del programa guía no logró la comprensión de la situación y del procedimiento a seguir, luego de trabajar con el PGA además de lograr la comprensión de la situación y del procedimiento requerido, llegó hasta la preparación correcta de dos de las soluciones necesarias para resolver totalmente la situación, de esta manera, este grupo también logró algún avance hacia la resolución completa de la situación como producto del trabajo con el programa guía. Es de anotar que los grupos de capacidad mental 3 y 4B fueron los dos grupos que presentaron menos logros al final del programa, solamente alcanzaron la comprensión de la situación y la preparación correcta de dos de las soluciones.

En relación con los grupos de capacidad mental 5 y 6, que antes de abordar el PGA habían alcanzado la comprensión de la situación y del procedimiento a seguir para su resolución total junto con la preparación correcta de dos y tres de las soluciones solicitadas respectivamente, luego del trabajo con el programa guía lograron llevar a cabo correctamente la resolución total de la situación.

De conformidad con lo expuesto anteriormente, tanto los valores de facilidad iniciales como el análisis comparativo del camino recorrido por los grupos entre el momento inicial del trabajo con el PGA y el final del mismo, muestran que todos los grupos progresaron hacia la resolución total de la situación, si bien en diferentes niveles. Este avance, por lo menos en parte, se puede atribuir a la aplicación de los PGA como estrategia para disminuir la demanda de la situación problema. La carencia de éxito total podría tener explicación desde dos puntos de vista: en primer lugar es bien sabido que una estrategia de enseñanza no es igualmente eficiente para todos los estudiantes y en segundo lugar, como se ha venido sosteniendo durante el análisis de los resultados, existen otros factores que también determinan en un momento dado el desempeño de los estudiantes.

Algunas de las respuestas dadas por los grupos de diferente capacidad mental a la situación problema cuya demanda fue estimada como 12 y que argumentan a favor de las afirmaciones anteriores se ilustra y se comentan enseguida.

Una visión más detallada de las respuestas de los estudiantes en las hojas de trabajo por grupos de capacidad mental.

El progreso durante la resolución de la situación problema debía ser consignado, por los estudiantes, en una hoja de trabajo. Las respuestas que se transcriben y se comentan a continuación han sido tomadas de la mencionada hoja para cada uno de los grupos.

Respuesta del grupo de capacidad mental 3.

En la figura No. 50 se muestra la respuesta correspondiente a este grupo de cinco estudiantes. La lectura del texto permite establecer que sus autores avanzaron con éxito hasta la realización de los cálculos y la preparación de las dos primeras soluciones requeridas para alcanzar la resolución total de la situación problema; como se recordará esta situación consistía en calcular la concentración de una solución formada por la mezcla de volúmenes dados, tomados de cada una de las tres soluciones que debían preparar. Nótese que este grupo no logró preparar la tercera solución que implicaba un proceso de dilución.

Figura No. 50: Respuesta de los estudiantes del grupo de capacidad mental 3 a la situación problema del tercer PGA.

HOJA DE TRABAJO DEL ESTUDIANTE

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE CADA UNA DE LAS DISOLUCIONES	
<p><u>Disolución No. 1</u></p> <p>6gr de NaOH 250 ml de Soln.</p> <p>NaOH 22 16 1 39gr → 1mol 6gr → 0.15 0.25 l</p> $[m] = \frac{0.15}{0.25} = 0.6$	<p><u>Disolución No.2</u></p> <p>3gr de NaOH 200 ml de soln</p> <p>NaOH 22 16 1 39gr → mol 3gr → 0.07</p> $[m] = \frac{0.07}{0.2} = 0.35$
<p><u>Disolución No. 3</u></p> <p>3gr de NaOH 0.07 125 ml + 200ml = 325ml 0.32l</p> $[m] = \frac{0.07}{0.32} = 0.21m$	<p><u>Disolución Problema:</u></p> <p>40ml #1; 0.04l 0.25l → 0.6M 80ml #2 0.08l 0.04l → 0.096 45ml #3, 0.045 ② 0.2l → 0.35M 0.08l → 0.14 ③ 0.32l → 0.46M 0.045 → 0.06</p> $[m] = 0.29$

Respuestas del grupo de capacidad mental 4A.

Como en el caso del grupo de capacidad mental 3, en la respuesta que se muestra en la figura No.51 se puede observar que los participantes realizaron los cálculos necesarios y prepararon correctamente tres de las soluciones planteadas en el procedimiento; en este sentido lograron un mayor avance comparado con el grupo anterior.

Figura No.51: respuesta de los estudiantes del grupo de capacidad mental 4A para la situación problema del tercer PGA.

HOJA DE TRABAJO DEL ESTUDIANTE

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE CADA UNA DE LAS DISOLUCIONES	
<p><u>Disolución No. 1</u></p> $1 \text{ NaOH} \rightarrow 40 \text{ gram}$ $x \quad \quad \quad 6 \text{ gram}$ $\Rightarrow 0.15 \text{ moles}$ $\Rightarrow 250 \text{ ml} \Rightarrow 0.25 \text{ Lt}$ $\frac{0.15 \text{ moles}}{0.25 \text{ Lt}} \Rightarrow 0.6 \text{ M}$	<p><u>Disolución No.2</u></p> $1 \text{ NaOH} \rightarrow 40 \text{ gr}$ $x \rightarrow 3.$ 0.075 mol $200 \text{ ml} \rightarrow 0.20 \text{ L}$ $\frac{0.075 \text{ mol}}{0.20 \text{ L}} = 0.375 \text{ M}$
<p><u>Disolución No. 3</u></p> $\rightarrow 3 \text{ g}$ $\rightarrow 200 \text{ ml} \rightarrow 0.20 \text{ L}$ $\frac{0.075 \text{ mol}}{0.20 \text{ L}} = 0.375 \text{ M}$	<p><u>Disolución Problema:</u></p> 40 mL soln 1 $+ 80 \text{ mL soln 2}$ $+ 45 \text{ mL soln 3}$ $\boxed{165 \text{ mL}}$ $\textcircled{1} 0.6 \text{ M.}$ $\textcircled{2} 0.375 \text{ M}$ $\textcircled{3} 0.375 \text{ M}$ <hr/> 1.35 M

Respuesta del grupo de capacidad mental 4B.

A diferencia del grupo 4A este grupo de igual capacidad mental solo avanzó en los cálculos y procedimientos correctos para preparar las dos primeras soluciones; a semejanza del grupo de capacidad mental 3 no logró realizar los cálculos y llevar a cabo los procedimientos necesarios para el proceso de dilución requerido en esta parte del trabajo experimental. Una posible razón de lo anterior, es la carencia de discriminación conceptual para distinguir lo que es el solvente de lo que es la solución, pues adicionan 200 ml de solvente a la mitad de la solución, cuando el procedimiento planteaba completar la mitad de la solución hasta un volumen de 200 ml.

Figura No. 52: respuesta de los estudiantes del grupo de capacidad mental 4 B a la situación problema del tercer PGA.

HOJA DE TRABAJO DEL ESTUDIANTE	
PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE CADA UNA DE LAS DISOLUCIONES	
<p><u>Disolución No. 1</u></p> $\begin{array}{l} \text{NaOH} \rightarrow 40\text{g} \rightarrow 1\text{ mol} \\ 6\text{ g} \rightarrow X = 0,15 \\ \text{mol} \end{array}$ $[M] = \frac{0,15\text{ mol}}{0,250\text{ L}} = 0,6\text{ mol}$ <p>300 ml \rightarrow 0,3 L</p>	<p><u>Disolución No.2</u></p> $\begin{array}{l} 3\text{g} \rightarrow \text{NaOH} \\ 1\text{ mol} \rightarrow 40\text{g} \\ X \leftarrow 3\text{g} \\ X = 0,075\text{ moles} \end{array}$ $[M] = \frac{0,075\text{ mol}}{0,2\text{ L}}$ $[M] = 0,375\text{ molar}$
<p><u>Disolución No. 3</u></p> <p>3 g NaOH 325 ml solvente.</p> $\begin{array}{l} 40\text{g} \rightarrow 1\text{ mol} \\ 3\text{g} \rightarrow 0,075 \end{array}$ $[M] = \frac{0,075\text{ mol}}{0,325\text{ L}} = 0,230\text{ molar}$ <p>325 ml \rightarrow 0,325</p>	<p><u>Disolución Problema:</u></p> <p>No.1 0,25L \rightarrow 0,6 molar molar. 0,04L \leftarrow X X = 0,096.</p> <p>No.2. 0,2L \rightarrow 0,375 molar molar 0,08L \leftarrow X = 0,15</p> <p>No.3 0,325L \rightarrow 0,230 molar 0,045L \leftarrow X X = 0,0318</p> <p>0,096 + 0,15 + 0,0318 = 0,27 molar.</p>

Respuesta del grupo de capacidad mental 5.

La figura No.53 que se presenta a continuación corresponde a la respuesta dada por este grupo de capacidad mental a la situación problema. Obsérvese que en este caso tanto los cálculos como los procedimientos requeridos para la preparación de las cuatro soluciones y sus respectivas concentraciones se han llevado a cabo de manera correcta. Vale la pena destacar que los estudiantes de este grupo han alcanzado un alto nivel de comprensión, significación y discriminación conceptual para lograr estos resultados, sin ello la resolución de la situación no hubiera sido posible, como en los grupos de capacidad mental ya analizados.

Figura No.53: Respuesta de los estudiantes del grupo de capacidad mental 5 a la situación problema del tercer PGA.

HOJA DE TRABAJO DEL ESTUDIANTE

PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE CADA UNA DE LAS DISOLUCIONES

<p><u>Disolución No. 1</u></p> <p>Na → 22.9 O → 15.9 H → 1.00 ----- 39.8</p> <p>$M = \frac{0.15 \text{ mol}}{0.25 \text{ l}}$</p> <p>$M = 0.6 \text{ molar}$</p> <p>39.8g → 1mol 6g → x $x = \frac{6g \cdot 1 \text{ mol}}{39.8g}$</p> <p>x = 0.15 mol</p>	<p><u>Disolución No.2</u></p> <p>Na → 22.9 O → 15.9 H → 1.00 ----- 39.8</p> <p>$M = \frac{0.09 \text{ mol}}{0.2 \text{ l}}$</p> <p>$M = 0.35 \text{ molar}$</p> <p>39.8g → 1mol 3g → x $x = \frac{3g \cdot 1 \text{ mol}}{39.8g}$</p> <p>x = 0.09 mol</p>
<p><u>Disolución No. 3</u></p> <p>Solución N°1: 250ml = 125ml = 0.125</p> <p>39.8g → 1 mol 3g → x $x = \frac{3g \cdot 1 \text{ mol}}{39.8}$</p> <p>$\frac{0.07}{0.02} = 0.37 \text{ molar}$</p>	<p><u>Disolución Problema:</u></p> <p>Sln 1 40ml Sln 1 0.25 → 0.15ml 80ml Sln 2 0.040 → x 45ml Sln 3 x = $\frac{0.040 \times 0.15}{0.25}$</p> <p>x = 0.024 mol</p> <p>Sln 2 0.2 → 0.09 mol 0.080 → x x = 0.028</p> <p>Sln 3 0.2 → 0.075 0.045 → x x = 0.046</p> <p>Soluta Total: 0.068 mol Sln Total: 165ml → 0.165</p> <p>$[] = \frac{0.068}{0.165} = 0.41$</p>

Respuesta del grupo de capacidad mental 6.

Los autores de la figura No. 54 que se presenta en seguida muestran con bastante claridad también, en su respuesta, un alto grado de comprensión y dominio conceptual y procedimental para realizar los cálculos y llevar a cabo los procedimientos necesarios para preparar las cuatro soluciones, atendiendo a procesos de dilución y mezcla de las cantidades adecuadas para la preparación de la solución problema.

Figura No. 54: Respuesta de los estudiantes del grupo de capacidad mental 6 a la situación problema del tercer PGA.

HOJA DE TRABAJO DEL ESTUDIANTE	
PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LA CONCENTRACIÓN DE CADA UNA DE LAS DISOLUCIONES	
<p><u>Disolución No. 1</u></p> $\begin{array}{l} 39,9 \rightarrow 1 \text{ mol} \\ 63 \rightarrow X \\ X = 0,15 \text{ mls} \end{array}$ $[] \frac{0,15}{0,25} = \boxed{0,6 \text{ mls}}$	<p><u>Disolución No.2</u></p> $\begin{array}{l} 39,9 \rightarrow 1 \text{ mol} \\ 39 \rightarrow X \\ X = 0,07 \text{ mls} \end{array}$ $[] = \frac{0,07}{0,25} = \boxed{0,35 \text{ mls}}$
<p><u>Disolución No. 3</u></p> $\begin{array}{l} 39,9 \rightarrow 1 \text{ mol} \\ 0,125 \rightarrow X \\ X = 0,075 \end{array}$ $[] = \frac{0,075}{0,25} = \boxed{0,375 \text{ mls}}$	<p><u>Disolución Problema:</u></p> $\begin{array}{r} 40 \text{ ml sln 1} \\ 80 \text{ ml sln 2} \\ 45 \text{ ml sln 3} \\ \hline 80 \\ 40 \\ + 45 \\ \hline 165 \end{array}$ $[] \frac{165}{0,165} = 0,41 \text{ mls}$ $= \boxed{0,41 \text{ mls}} \quad 1 > \text{SP} > 2 \text{ y } 3$ <p style="text-align: center;">↑ DISOLUCION PROBLEMA.</p>

Tanto los datos correspondientes a los valores de facilidad para las subpreguntas de diferente demanda, como el análisis de las respuestas dadas de manera individual a las mismas y, de manera grupal a la situación problema inicial y final de demanda 12, muestran sin duda

que ha habido un progreso en el desempeño de los estudiantes para dar respuesta a la situación problema de alta demanda planteada para el tercer PGA en términos de los conceptos métricos. Es de anotar sin embargo, una vez más que el desempeño de los estudiantes en esta situación no fue la misma para todos los grupos, por las razones ya comentadas.

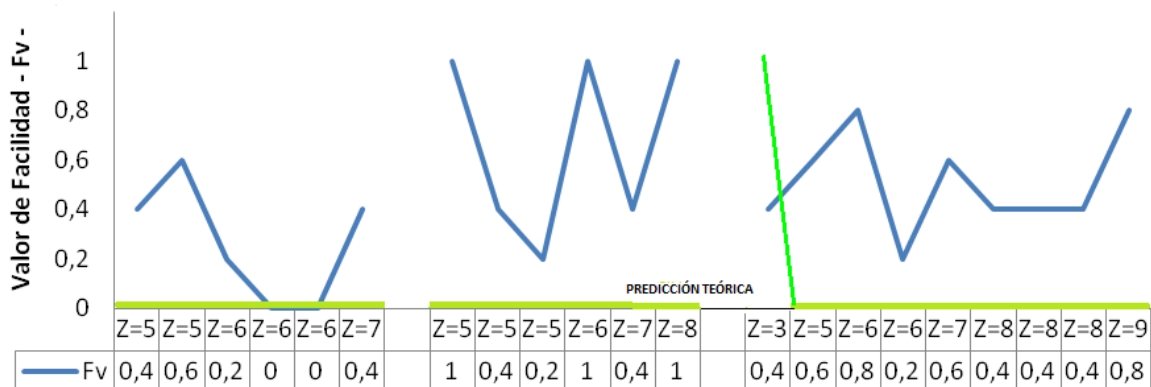
9.4. LA EVOLUCIÓN DE LOS GRUPOS DE CAPACIDAD MENTAL A LO LARGO DE LOS TRES PGA.

En este apartado se presenta una visión general de la evolución de los diferentes grupos de capacidad mental desde el primero hasta el tercero. Para este propósito se presentan los resultados de cada grupo de capacidad mental en un solo plano, primero tres gráficas de los valores de facilidad y demanda de la tarea en una sola hoja seguido de sus respectivos comentarios y luego una visión integrada de los respectivos promedios de los valores de facilidad seguido de sus correspondientes comentarios.

La evolución del grupo de capacidad mental 3.

En la siguiente gráfica la curva de la izquierda representa el desempeño del grupo en el primer PGA, la del centro el segundo y la de la derecha en el tercero, en los tres casos se resalta con verde la predicción teórica frente al desempeño de los estudiantes en cada uno de los PGA.

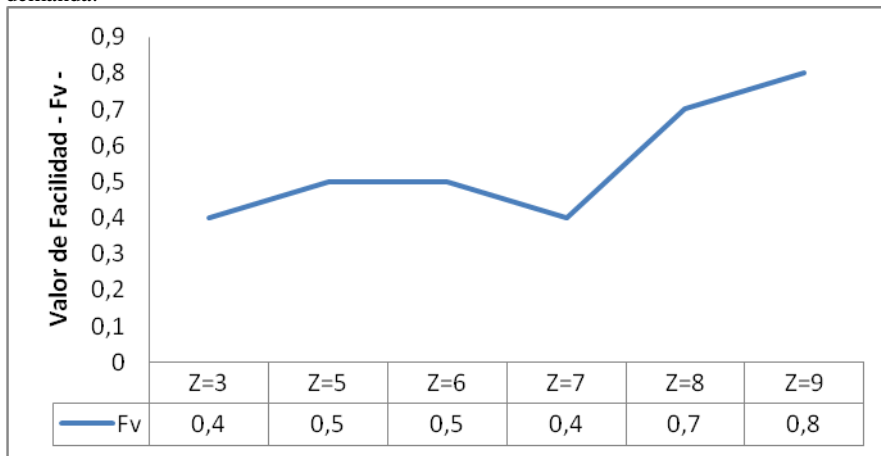
Gráfica No. 14: Ilustración de la evolución del desempeño de los estudiantes del grupo de capacidad mental 3 en los tres programas guía de actividades.



Una comparación de las tres curvas ilustradas en la gráfica No. 14 permite establecer para este grupo de capacidad mental que hubo un progreso paulatino desde los desempeños de los estudiantes en el primer PGA hasta el tercero; además se puede observar como el desempeño del grupo fue un poco mejor en el segundo que en los otros dos. Dentro de las limitaciones propias del estudio de las dificultades de aprendizaje, este progreso puede ser atribuido al uso de los PGA como estrategia para disminuir la demanda de las situaciones de aprendizaje planteadas en esta investigación para el estudio de las soluciones, sin desconocer posibles influencias de otros factores más allá de las relaciones capacidad mental y demanda de la tarea.

La tendencia anterior se puede observar de una manera más clara cuando se grafican, para los tres programas guía de actividades los promedios de los valores de facilidad obtenidos por los estudiantes para las preguntas de diferente demanda, como se muestra en la Gráfica No.15.

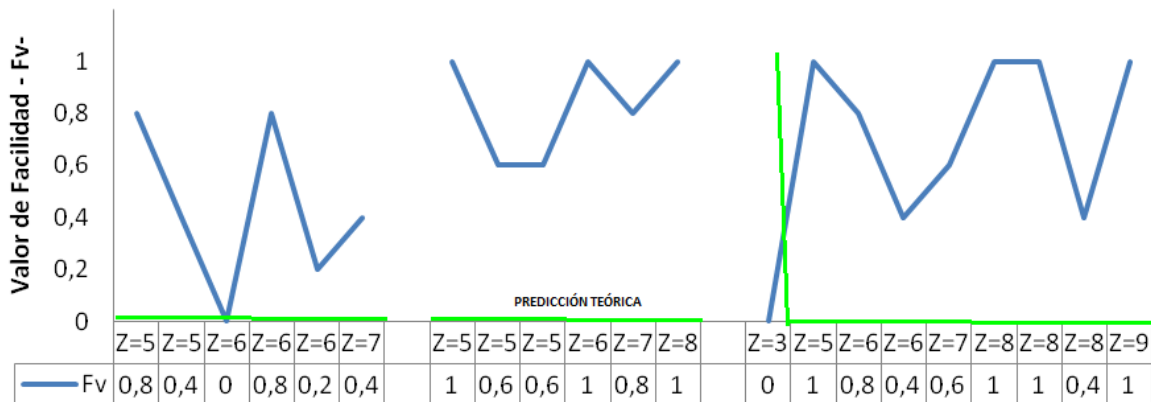
Gráfica No. 15: Ilustración de la evolución del desempeño de los estudiantes del grupo de capacidad mental 3 en los tres programas guía de actividades a partir del promedio de los valores de facilidad para las distintas preguntas de diferente demanda.



La evolución del grupo de capacidad mental 4A.

En la gráfica No.16 se presentan los desempeños de los estudiantes del grupo 4A en los tres PGA. Como en el caso del grupo anterior, se puede apreciar en ella un ascenso paulatino en el desempeño desde el primer programa guía hasta el tercero en términos generales. Así mismo se puede ver como este grupo de estudiantes se desempeñó mejor en el segundo PGA en comparación con los otros dos, como en el caso del grupo de capacidad mental 3.

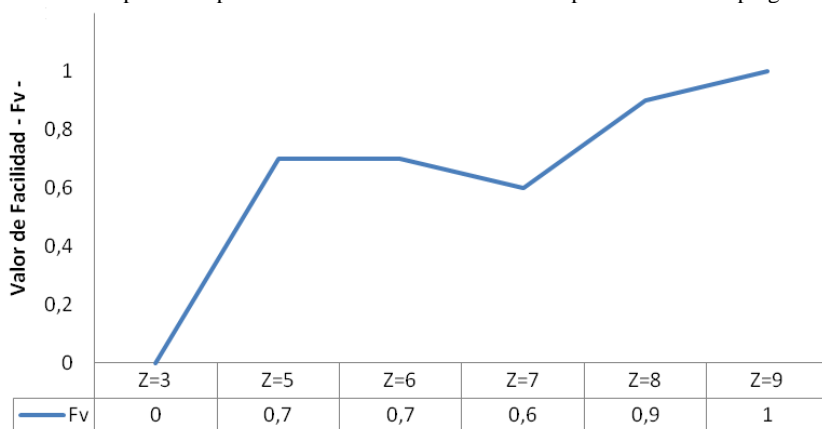
Gráfica No. 16: Ilustración de la evolución del desempeño de los estudiantes del grupo 4A en los tres programas guía de actividades.



En términos de los temas a los cuales hacen referencia cada uno de los programas bien puede afirmarse que este grupo de estudiantes tuvo un desempeño más alto en los conceptos comparativos asociados a las soluciones que en los clasificatorios y en los métricos.

De la misma forma que en el caso anterior esta tendencia se aprecia de manera más clara en la gráfica No. 17 construida a partir de los promedios de los valores de facilidad y la demanda de las tareas postuladas para disminuir la demanda de cada una de las situaciones problema presentadas a los estudiantes para el aprendizaje de los conceptos asociados a las disoluciones basados en los conceptos clasificatorios, comparativos y métricos.

Gráfica No. 17: Ilustración de la evolución del desempeño de los estudiantes del grupo 4A en los tres programas guía de actividades a partir del promedio de los valores de facilidad para las distintas preguntas de diferente demanda



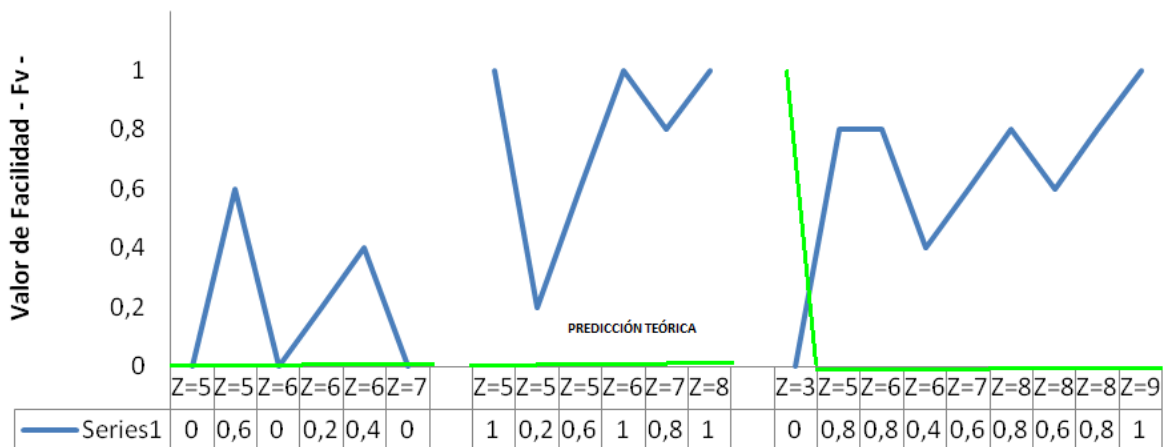
La evolución del grupo 4B.

El análisis de la evolución del desempeño de los estudiantes en los tres PGA continúa ahora con los resultados correspondientes al grupo 4B. Para lo anterior se presenta la gráfica No.

20 que muestra los desempeños del grupo en los tres programas guía; la curva de la izquierda corresponde al PGA 1, la segunda para el PGA2 y la tercera para PGA3.

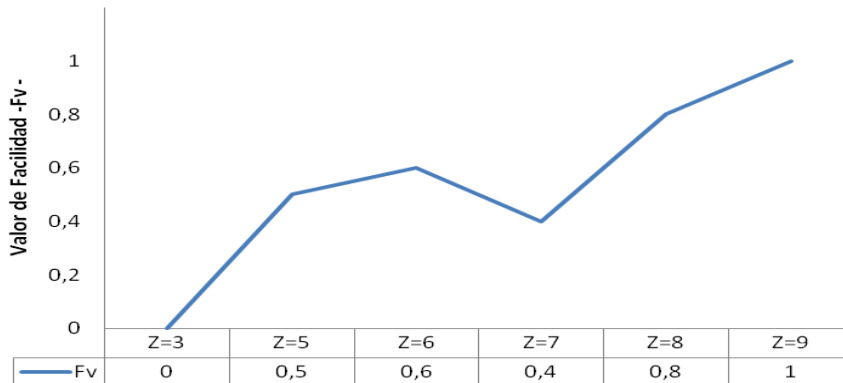
A semejanza de los resultados ya comentados para los dos grupos anteriores en esta gráfica también se puede observar un crecimiento paulatino en el desempeño de los estudiantes desde el primer programa guía hasta el tercero. Así mismo se puede ver que el mejor desempeño del grupo se presentó en el programa guía, cuyo tema era el de los conceptos comparativos. En este aspecto los resultados de este grupo de estudiantes son semejantes a los ya comentados. De conformidad con lo anterior puede afirmarse que este grupo de estudiantes alcanzó un mejor desempeño en los conceptos comparativos que en los conceptos clasificatorios y métricos relacionados con las soluciones. Como en los casos anteriores este crecimiento en los desempeños de los estudiantes puede ser atribuido, por lo menos en parte al efectos producidos por los PGA como estrategia para la disminución de la demanda de las situaciones problema planteadas.

Gráfica No. 18: Ilustración de la evolución del desempeño de los estudiantes del grupo 4B en los tres programas guía de actividades.



Siguiendo el procedimiento de presentación de los resultados empleado para los grupos de capacidad mental anteriores, la tendencia que presenta la gráfica No.18 ya descrita y comentada anteriormente, se puede ver de manera más clara en la gráfica No. 19.

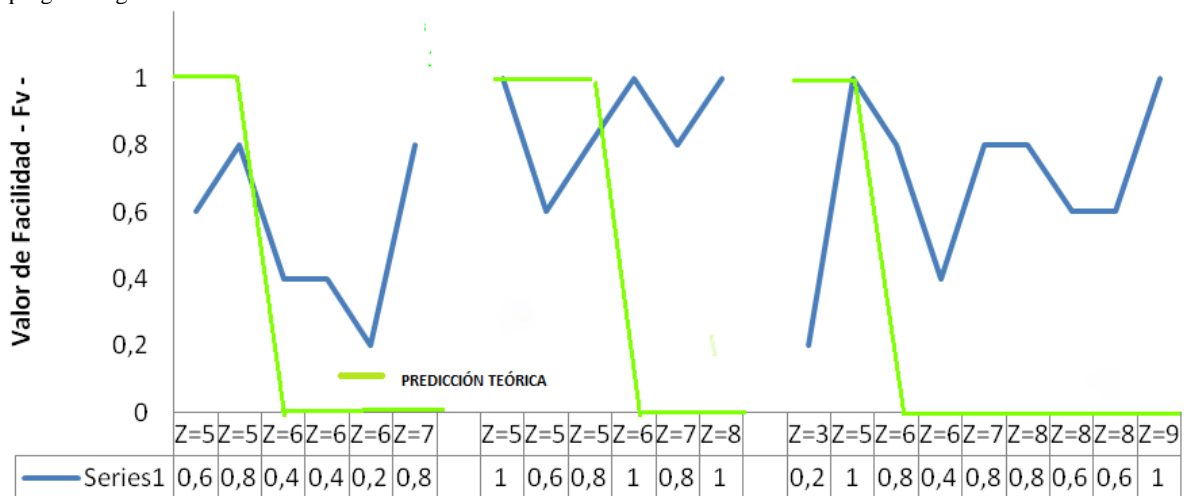
Gráfica No. 19: Ilustración de la evolución del desempeño de los estudiantes del grupo 4B en los tres programas guía de actividades a partir del promedio de los valores de facilidad para las distintas preguntas de diferente demanda.



La evolución del grupo de capacidad mental 5.

Los resultados que se presentan e ilustran en la gráfica No. 20 corresponden a los desempeños de este grupo de estudiantes. Como puede verse en ella, los desempeños de este grupo, de manera semejante al de los grupos ya comentados presenta una tendencia creciente desde el primer PGA hasta el tercero.

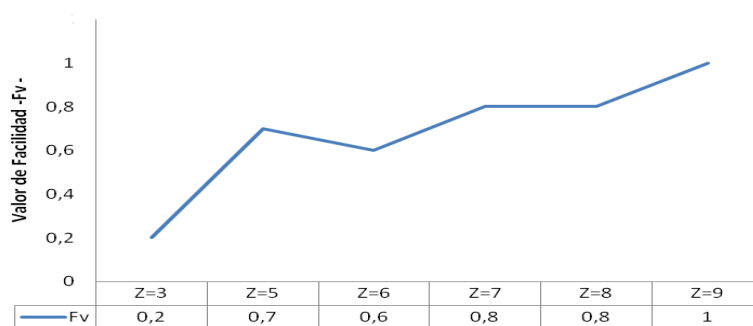
Gráfica No. 20: Ilustración de la evolución del desempeño de los estudiantes del grupo de capacidad mental 5 en los tres programas guía de actividades.



Una vez más se destaca el mejor desempeño de los estudiantes de este grupo en el segundo PGA. Puesto que el tema del primer PGA eran los conceptos clasificatorios, el del segundo los conceptos comparativos y el del tercero los conceptos métricos, una interpretación de la gráfica anterior permite afirmar que este grupo de estudiantes se desempeñó mejor en los conceptos comparativos que en los clasificatorios y métricos asociados a las disoluciones. Nótese además que, en este grupo de capacidad mental cuyo valor es de 5 los valores de facilidad para estas preguntas son más altos que en los casos anteriores, en coherencia con los planteamientos teóricos.

La tendencia creciente que se presenta en los desempeños de los estudiantes ilustrados en la gráfica No. 20 se pueden ver más claramente cuando se grafican los promedios de los valores de facilidad obtenidos por este grupo de estudiantes en las preguntas de diferente demanda presentadas para cada uno de los PGA. Esta relación se ilustra en la gráfica No. 21.

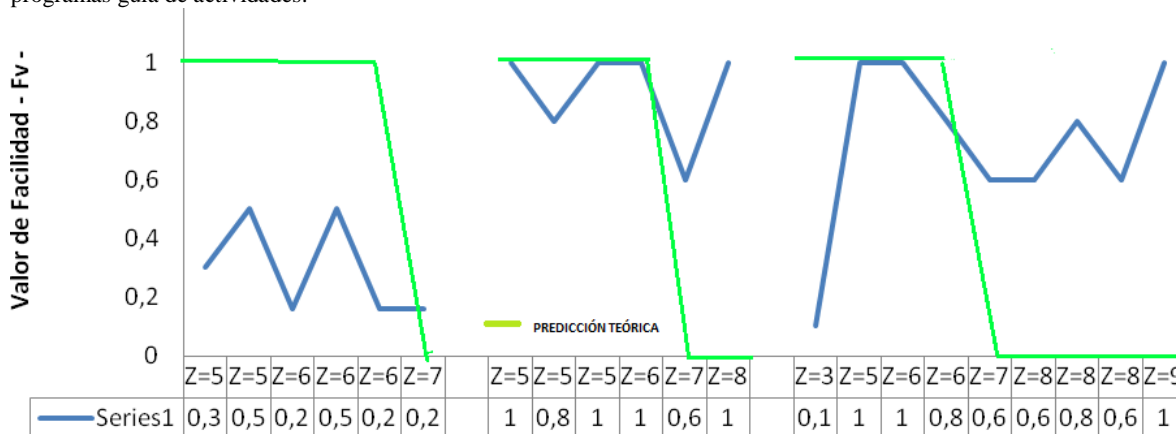
Gráfica No. 21: Ilustración de la evolución del desempeño de los estudiantes del grupo de capacidad mental 5 en los tres programas guía de actividades a partir del promedio de los valores de facilidad para las distintas preguntas de diferente demanda.



La evolución del grupo de capacidad mental 6.

Los resultados del desempeño de los estudiantes en los tres PGA para el grupo de capacidad mental más alto, se ilustran en la gráfica No. 22. Una mirada a esta gráfica permite establecer al igual que en todos los grupos anteriores, en términos generales, un ascenso paulatino en los valores de facilidad obtenidos para las preguntas de los diferentes PGA indicando con ello un creciente desempeño de los estudiantes.

Gráfica No. 22: Ilustración de la evolución del desempeño de los estudiantes del grupo de capacidad mental 6 en los tres programas guía de actividades.

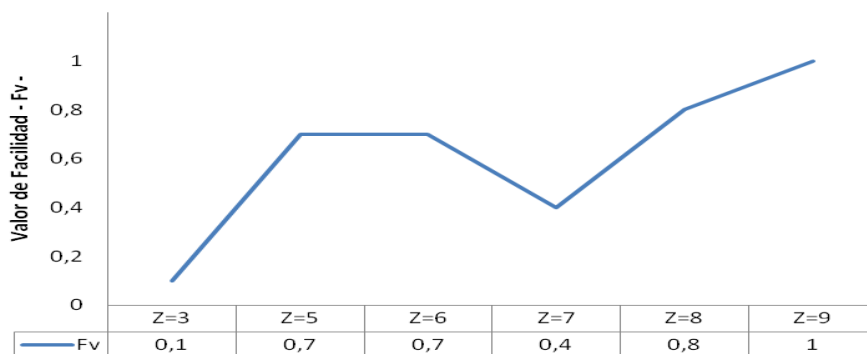


Es de anotar, que en comparación con los resultados comentados para los grupos anteriores, en este grupo, en coherencia con los planteamientos teóricos, se presentan los valores de facilidad más altos para las preguntas de diferente demanda excepción hecha para la pregunta de demanda 3 por las razones comentadas en el análisis de resultados del tercer PGA.

Con todo lo anterior, es posible resaltar una vez más, que en este grupo al igual que en los grupos anteriores el mejor desempeño se presentó en los conceptos comparativos. La tendencia creciente de mejor desempeño de los estudiantes desde el primer PGA hasta el

tercero ilustrada y comentada en la gráfica No. 22 se puede observar de manera más clara en la gráfica No. 23, construida como ya se mencionó para los grupos de capacidad mental ya analizados, a partir de los valores de facilidad promedio para las preguntas de diferente demanda incluidas en cada uno de los PGA como se ilustra a continuación.

Gráfica No. 23: Ilustración de la evolución del desempeño de los estudiantes del grupo de capacidad mental 6 en los tres programas guía de actividades a partir del promedio de los valores de facilidad para las distintas preguntas de diferente demanda



Los resultados obtenidos por los estudiantes y presentados anteriormente según grupos de capacidad mental de manera conjunta para los tres PGA así como también su síntesis expresada en las gráficas construidas a partir de los promedios de los valores de facilidad calculados para cada una de las preguntas de diferente demanda incluidas, de manera general confirman y sintetizan los resultados comentados para cada uno de los PGA de manera independiente y que se pueden condensar en los siguientes términos:

Existe una relación de dependencia entre la capacidad mental de los estudiantes y la demanda de las subpreguntas planteadas en cada una de las situaciones problema para el aprendizaje de los conceptos clasificatorios, comparativos y métricos asociados con las disoluciones, si bien dicha relación no concuerda totalmente con los resultados que predice la teoría del procesamiento de información. Sin embargo, y de conformidad con los mismos

planteamientos teóricos la dependencia del desempeño de los estudiantes en función de la relación capacidad mental – demanda de la tarea es apenas una condición necesaria pero no suficiente para el éxito en el desarrollo de una tarea ya que, existen otros factores que en un momento dado pueden determinar dicho desempeño; como se expresará durante el análisis de los resultados de la entrevista en la siguiente parte del trabajo.

De conformidad con los resultados discutidos anteriormente, entre los factores que pudieron haber ejercido una mayor influencia en el desempeño de los estudiantes en los conceptos asociados a las disoluciones se encuentran: los conocimientos previos, para los conceptos clasificatorios tratados en el primer PGA, la disminución de la demanda de la tarea presentada a lo largo del desarrollo de los tres PGA y los avances parciales logrados por los estudiantes en la medida que transitaron desde el estudio de los conceptos clasificatorios hasta los conceptos métricos pasado por los conceptos comparativos; el aumento progresivo en el nivel de significación y diferenciación de estos tres tipos de conceptos logrado, por lo menos de manera parcial, gracias al uso de los PGA como estrategia para disminuir la demanda de las situaciones problema planteadas. En este sentido, es bien posible afirmar que los PGA elaborados bajo la perspectiva del aprendizaje por investigación parecen prometedores para la enseñanza de los conceptos asociados con las disoluciones no solamente porque contribuyen a bajar la demanda de las tareas sino porque facilitan también el dominio con significado de los términos empleados en el tratamiento de los conceptos de solución y su contexto químico.

En términos de posibles explicaciones para las dificultades de aprendizaje asociadas con los conceptos clasificatorios, comparativos y métricos relacionados con las soluciones es

posible invocar en primer lugar la relación entre la capacidad mental de los estudiantes y la demanda de la situación problema; argumentan a favor de la afirmación anterior, en los tres casos los valores de facilidad obtenidos para cada una de ellas al inicio y al final en cada uno de los PGA.

Otras posibles explicaciones para las dificultades de aprendizaje de estos conceptos hacen relación a los bajos niveles de significación y de discriminación conceptual que presentaron los estudiantes durante el desarrollo de los PGA. Son argumentos que favorecen la afirmación anterior los textos de los estudiantes presentados y comentados durante el análisis de los resultados correspondientes a cada uno de los PGA, en particular los comentados para cada una de las subpreguntas de diferente demanda cuyos valores de facilidad fueron muy bajos en cada uno de los PGA. También pudieron estar presentes como factor de dificultad de aprendizaje, los conocimientos previos derivados del estudio de los conceptos clasificatorios en años escolares anteriores. Es de anotar sin embargo que, un mismo factor en un momento dado puede actuar como obstáculo o dificultad de aprendizaje pero en otro puede ser factor de refuerzo o favorecimiento para ese desempeño.

Finalmente, cabe resaltar que todos los grupos de capacidad mental alcanzaron su máximo nivel de desempeño en el segundo PGA, lo cual, en términos de la clasificación de los conceptos empleada para el desarrollo de esta investigación significa que los grupos se desempeñaron mejor en los conceptos comparativos que en los dos restantes para el caso del estudio de las soluciones; este resultado no debe ser sorprendente dado que en la vida cotidiana es mayor el uso de comparaciones que de clasificaciones y mediciones, desde este punto de vista es posible pensar que ya desde la cotidianidad el pensamiento de los

estudiantes está más familiarizado con las comparaciones que con las clasificaciones o las mediciones y que esta familiarización hace su aparición cuando en el contexto de las soluciones se les solicita hacer comparaciones entre mezclas de diferentes concentraciones.

La tendencia a un mejor desempeño en todos los grupos de capacidad mental en los conceptos comparativos podría explicarse desde la influencia que ejerce el lenguaje en términos de los niveles de discriminación y diferenciación conceptual requeridos para la terminología empleada científicamente en el tratamiento de las soluciones; es claro que la elaboración de clasificaciones para los tipos de mezclas, los tipos de sustancias, los componentes de una solución y en general de todos los concepto clasificatorios requiere de parte de los estudiantes la asignación clara y precisa de significados propios para dichos términos; una situación semejante a la descrita anteriormente se precisa para los conceptos métricos adicionando el hecho de que operar con ellos implica además la asignación por parte de quien lo hace de significados propios y característicos no solamente a la terminología asociada con las disoluciones sino también al lenguaje matemático necesario para llevar a cabo los cálculos que conducen al estableciendo de la concentración de las soluciones en distintas unidades. A diferencia de lo anterior, para operar con los conceptos comparativos el nivel de discriminación y diferenciación significativa en este caso se hace menor dado que los estudiantes están más familiarizados con los adverbios de comparación que se utilizan en el vocabulario de la cotidianidad, quizá por este hecho la interpretación que en general hacen los diferentes grupos de capacidad mental para esta clase de conceptos no solamente es superior al alcanzado para los otros dos tipos, sino que se quedan en la descripción que pueden hacer para los fenómenos de las soluciones que se perciben solamente a nivel sensorial, como se ha comentado en el análisis de los resultados.

Una visión general del desempeño de los estudiantes en la situación problema antes y después de los PGA.

En la tabla No 26, se resumen los valores de facilidad obtenidos por cada uno de los grupos de capacidad mental en los diferentes PGA, antes y después de su realización es decir antes y después de pasar por el desarrollo de las diferentes subpreguntas de diferente demanda planteadas para cada uno de los PGA.

Tabla No 26: Síntesis de los valores de facilidad para cada una de las situaciones problemas de cada PGA en los diferentes grupos de capacidad mental.

Grupos de Capacidad Mental	Frecuencia de estudiantes	PGA 1		PGA 2		PGA 3	
		Valor de Facilidad iniciales	Valor de Facilidad finales	Valor de Facilidad iniciales	Valor de Facilidad finales	Valor de Facilidad iniciales	Valor de Facilidad finales
3	5	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.6
4A	5	0.0	1.0	0.0	1.0	0.2	0.8
4B	5	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.6
5	5	0.0	1.0	0.0	1.0	0.6	1.0
6	6	0.0	1.0	0.0	1.0	0.8	1.0

Cuando se analiza el progreso de los estudiantes desde el primer PGA hasta el tercero, en términos de los valores de facilidad obtenidos en el primer intento de resolver la situación problema de alta demanda antes del desarrollo del respectivo PGA se observa que para los dos primeros PGA estos valores en todos los grupos de capacidad mental son cero, mientras que para el tercer PGA estos valores siguen siendo cero solamente para los grupos de capacidad mental 3 y 4 B; para los grupos 4A, 5 y 6 son 0.2, 0.6 y 0.8 respectivamente. El mismo análisis hecho para los diferentes grupos de capacidad mental en el segundo intento de resolver cada situación problema, esto es después de haber trabajado con los PGA a lo largo de sus subpreguntas, muestra que para todos los grupos en los dos primeros PGA alcanzan el valor de uno, es decir que logran solucionar totalmente la situación

problema; en el tercer PGA sin embargo, los valores son diferentes; para los grupos de capacidad mental 3 y 4 B el valor de facilidad es 0.6, para el grupo 4 A es 0.8 y para los grupos 5 y 6 es 1.0. En términos descriptivos esto significa que todos los grupos progresaron en su camino hacia el desarrollo correcto de la situación problema del tercer PGA, sin que todos lo hayan logrado. Este progreso puede ser atribuido por lo menos en parte al apoyo brindado por el trabajo con los PGA y argumenta en favor de la hipótesis de que los programas guía se presentan como una alternativa para disminuir la demanda de preguntas o situaciones de alta demanda y por tanto para favorecer el desempeño académico de los estudiantes.

9.5. ALCANCES Y LIMITACIONES.

Como quedó establecido desde el comienzo en la proyección de la investigación el ámbito de validez de los resultados encontrados hace referencia solo a este grupo de estudiantes y para los conceptos clasificatorios, comparativos y métricos asociados a las soluciones.

Por otra parte, también estos resultados están cercados por una serie de limitaciones entre las cuales vale la pena destacar las siguientes: la primera ya reconocida, por otros investigadores en el campo, hace relación a la incertidumbre que acompaña el establecimiento de la demanda de las situaciones; puesto que la demanda de la tarea hace relación al número de pasos requeridos para el desarrollo de la misma no siempre es fácil y preciso su establecimiento sobre todo para los conceptos clasificatorios y comparativos. Existe siempre un carácter relativo en el valor a pesar de los niveles de consenso con los

cuales se le suele establecer. Esta es una de las limitaciones con las cuales es preciso asumir y trabajar en este tipo de investigaciones pero que de una u otra forma está presente en todas las investigaciones en las cuales se trata de hacer cuantificaciones pues la incertidumbre es inherente a los procesos de cuantificación y medición.

Una segunda limitación está asociada a los instrumentos de recolección de datos, a pesar de su naturaleza abierta empleada para su diseño, queda a libertad de los participantes incluir en ellos toda o parte de la información solicitada, algunas veces porque en el momento de su diligenciamiento no se es consciente de suministrarla y otras veces porque quizá no se le considere interesante o importante; en este sentido queda la duda, el caso por ejemplo de las dificultades de aprendizaje escritas por los estudiantes si son realmente esas o si las han manifestado todas, a pesar de lo anterior esta limitación siempre está presente cuando se trata de obtener información de los seres humanos puesto que allí siempre media la voluntad y las limitaciones propias de la naturaleza humana.

Una tercera limitación hace relación con la necesidad de realizar la investigación en el contexto de la cotidianidad del aula de clase, no es posible aislar su desarrollo del ambiente en el cual proceden las actividades escolares. De una parte esta es una limitación en cuanto a que no se cuentan con todas las condiciones de tiempo y de espacio libres de las preocupaciones de la investigadora por cumplir con todo los temas del curso y por la realización de las evaluaciones necesarias para cumplir con las exigencias institucionales, pero desde otro punto de vista es también una ventaja para el proyecto dado que sus resultados emergen de las condiciones reales del aula y por tanto pueden en un momento

dado tener cierta garantía de que pueden ser aprovechados en el futuro como aproximación didáctica.

Una cuarta limitación se refiere al tipo de conocimiento con el cual se está tratando ya que es generalmente aceptado que uno es el conocimiento escolar y otro el conocimiento disciplinar propiamente dicho; se trata de la limitación derivada de lo que autores como Chevallard llama el saber sabio y el saber escolar, mediado por los procesos de transposición didáctica (Chevallard, 1991). Esto hace que en muchos casos en las situaciones dadas para el estudio y análisis de los temas ciertos conceptos no se traten con la rigurosidad propia con la que se haría en el campo de la ciencia como tal. Es el caso de la estricta diferencia existente entre las soluciones verdaderas y las mezclas coloidales por ejemplo, en este sentido es pertinente dejar claro que en el proyecto para todos los efectos se desarrolló dentro del ámbito de los conocimientos escolares. De igual manera es pertinente considerar que en la preparación de los PGA se incluyeron contextos escolares y extraescolares, es el caso por ejemplo de la clasificación de sustancias y materiales en el ámbito puramente químico y en el contexto cotidiano como el de una cocina. En este sentido es preciso anotar que en la mayoría de los casos los estudiantes tienen más éxito en situaciones escolares como se ilustra en el siguiente caso:

- 1) Quiero asimilar los elementos de una tabla periódica, pero como no podemos encontrar estos elementos en la cocina de nuestra casa, tome unos elementos que se usen en esta para hacer comida y trate luego de hacer compuestos y mezclas con estos.
- 2) Bueno como un elemento puede ser también cosas que no necesariamente se encuentran en la tabla periódica, como de esta forma en su mayoría o totalidad comida como lo fue el huevo, pan, etc. para de esta forma tratar de clasificarlos como elementos.
- 3) Una de estas dificultades fue la relación que tuve con los elementos como ya antes mencione no podía encontrar en mi cocina los elementos periódicos.
Tratar de usar los elementos escogidos para hacer mezclas o compuestos es un poco difícil.

Figura No.55: Respuesta de un estudiante a la pregunta 1.2. del primer PGA

En el contexto escolar el autor logra hacer la clasificación correcta de las sustancias elementales y compuestas, sin embargo, cuando se le solicita aplicar estos conceptos en contextos extraescolares usa el término elemento con el significado común, es decir como un utensilio o componente de algo, un objeto de la cocina; y los compuestos como aquellos conjuntos que se pueden armar con dichos elementos. Claramente en este caso, el autor no ha logrado establecer el nivel de significación y discriminación requerido para diferenciar el concepto de elemento en el contexto de la química y hacer uso de él con este significado en los contextos cotidianos. En el fondo esta situación abre las puertas para nuevas investigaciones tendientes a establecer por qué las dificultades de aprendizaje se acentúan cuando se precisa hacer uso de los conceptos científicos en contextos más allá de las ciencias.

Finalmente, es preciso reconocer la complejidad del estudio de las dificultades de aprendizaje y que por tanto no es posible esperar resultados tan contundentes como se

quisiera sobre todo cuando se trata de resultados obtenidos en un tema tan puntual como el de las soluciones, en un período de tiempo tan corto y con tan pocos estudiantes.

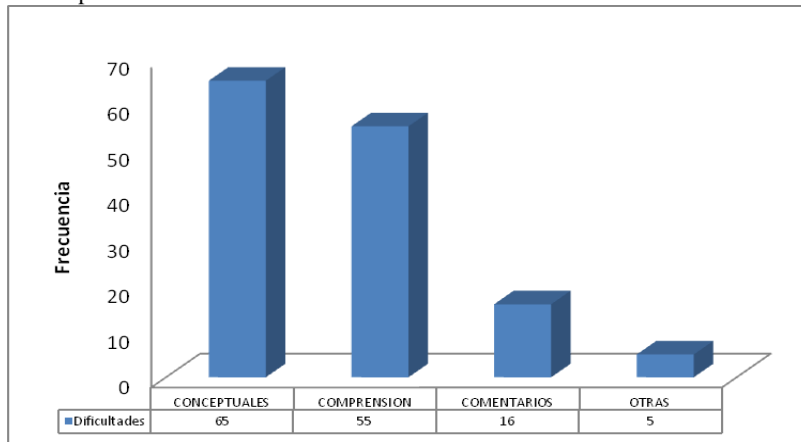
9.6. LAS DIFICULTADES DE APRENDIZAJE EXPRESADAS POR LOS ESTUDIANTES DURANTE EL DESARROLLO DE LOS PGA.

Puesto que, en la medida en que se desarrollaban los tres PGA, en particular en las hojas de trabajo diseñadas para recoger la información generada por los estudiantes para cada uno de ellos, se incluyó un espacio en el cual se les solicitaba enumerar las principales dificultades encontradas para la resolución de las diferentes subpreguntas y situaciones problema, en esta sección se presenta un análisis de tales dificultades. Para el propósito anterior se estableció el número de dificultades anotadas por los estudiantes para cada uno de los programas guía y luego se agruparon por categorías así: conceptuales, de comprensión, comentarios y otras.

En la categoría conceptuales se ubicaron todas aquellas dificultades anotadas por los estudiantes en la cuales hacen referencia a carencia de significados o poco poder de discriminación y caracterización de conceptos o procesos; en la categoría de comprensión se ubicaron las relacionadas con la interpretación que hacen los estudiantes acerca de las preguntas planteadas en particular las derivadas de la lectura de las mismas; en la categoría de comentarios se incluyeron otras anotaciones hechas por los estudiantes que no corresponden a dificultades de aprendizaje como tales y finalmente en la categoría de otras se ubicaron escritos de los estudiantes que por diferentes razones no podían ubicarse en las tres categorías anteriores.

En total los participantes anotaron 141 dificultades, las cuales al categorizarlas condujeron a la distribución que se ilustra en la gráfica No. 24

Grafica No. 24: Ilustración de las frecuencias de mención en las diferentes categorías para las dificultades de aprendizaje citadas por los estudiantes.

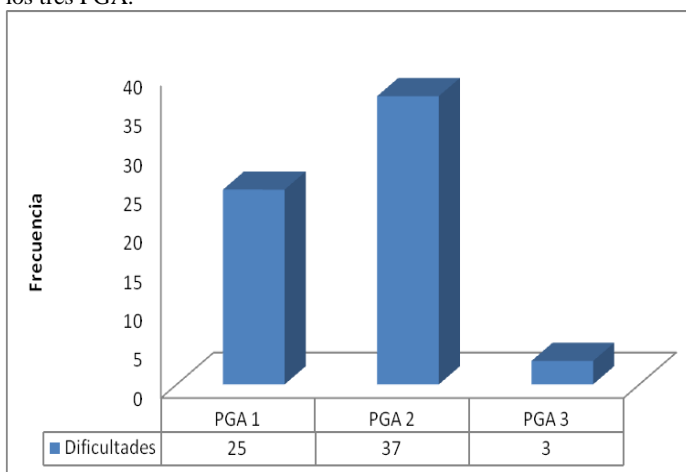


A partir de la gráfica No. 24 se puede observar que el mayor número de dificultades mencionadas por los estudiantes corresponden a la categoría conceptual seguido de la categoría de comprensión; el número de comentarios y otras anotaciones, esta frecuencia fue realmente baja. A continuación se describen y se comentan con más detalle las categorías anteriores en relación con cada uno de los PGA.

9.6.1. Dificultades Conceptuales.

Como puede observarse en la gráfica No. 25 el mayor número de dificultades de esta categoría mencionada por los estudiantes se presentó en el segundo PGA, esto es, en relación con los conceptos comparativos; en su orden decreciente le siguen las mencionadas para los conceptos clasificatorios y finalmente las de los conceptos métricos.

Grafica No. 25: Ilustración del número de dificultades conceptuales mencionadas por los estudiantes en el desarrollo de los tres PGA.



Este resultado es coherente con el hecho de que en la mayoría de los casos los diferentes grupos de capacidad mental describieron los fenómenos asociados con las disoluciones empleando vocabulario de la cotidianidad y descripciones a nivel sensorial, la dificultad consiste en pasar de estas descripciones sensoriales a las explicaciones de la dinámica de las soluciones en el nivel abstracto de los átomos y las moléculas, que exige un mayor esfuerzo para la asignación de significados precisos y concretos a la terminología empleada para tal efecto. Una explicación semejante puede aplicarse para las dificultades que expresan los estudiantes para los conceptos clasificatorios y métricos acentuado quizá en este último caso el requerimiento de significados precisos y propios para las expresiones matemáticas y su forma de operar con ellas en el cálculo de las concentraciones; la literatura especializada en el tratamiento de las dificultades de aprendizaje se refiere a este tipo de dificultades desde la relación entre las múltiples facetas que tiene la química para su enseñanza (Johnstoe 199 y el capítulo del Handbook)

Son ejemplos de esta categoría de dificultades los siguientes textos transcritos textualmente de las hojas de trabajo de los estudiantes:

Para el primer PGA:

“Diferenciar Compuesto y Mezcla ...pues son muy parecidas”

“diferenciar cambios fisicos y quimicos”

“Identificar un cambio quimico”

Como puede observarse en los textos transcritos, estas dificultades están asociadas con el bajo nivel de significación y de diferenciación conceptual alcanzado por los estudiantes y pueden denotarse bajo la expresión general dificultades derivadas del lenguaje. Esta misma situación se puede percibir en los siguientes textos transcritos de las hojas de trabajo de los estudiantes en relación con el segundo y tercer PGA:

“ entender la información de la gráfica”

“definir solvente porque hay información en gramos y en ml”

“clasificar las soluciones preparadas”

Y en relación con el tercer PGA:

“ definir las condiciones para una solución saturada”

“identificar las condiciones para tener una solución sobresaturada”.

En relación con esta dificultad, es pertinente anotar que con mucha frecuencia los estudiantes no logran diferenciar una solución sobresaturada de una solución sin agitar, pues muchas veces para ubicarla como sobresaturada les es suficiente observar alguna cantidad de soluto en el fondo del recipiente (Tacettin y Nurtac, 2003).

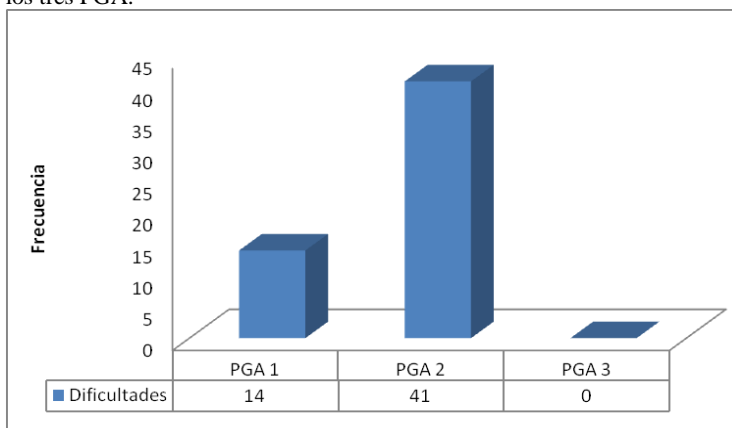
“ saber si en ocasiones el solvente puede ser igual al volumen de solución ”

Con referencia a esta última expresión vale la pena mencionar que a partir del trabajo de otros investigadores (Sanchez, 1997) se conoce que es una dificultad muy frecuente encontrada cuando los alumnos se enfrentan con el tema de soluciones, muchos de ellos no alcanzan los niveles de discriminación suficientes para diferenciar el solvente de la solución, una vez mas aparece aquí la dificultad de aprendizaje asociada con el lenguaje.

9.6.2. Dificultades de comprensión.

Los datos ilustrados en la gráfica No. 26 muestran que al igual que en el caso de las dificultades conceptuales, el mayor número de ellas anotado por los estudiantes corresponde a los conceptos comparativos, es decir al segundo PGA. Notese que los participantes no escribieron ninguna dificultad relacionada con el tercer PGA. En este sentido es claro que si no se tienen significados precisos y concretos para término como: dilución, conservación de la masa, solución entre otros, el nivel de comprensión de dichos procesos necesariamente tiene que ser bajo e incluso nulo.

Grafica No. 26 Ilustración del número de dificultades de comprensión mencionadas por los estudiantes en el desarrollo de los tres PGA.



Algunos textos transcritos de las hojas de trabajo de los estudiantes que ilustran este tipo de dificultades se presentan y comentan a continuación:

Primer PGA:

“los procesos todos son muy parecidos”

Segundo PGA:

“definir la equivalencia del volumen de la cuchara”

“lectura de la gráfica....el eje de la izquierda no dice lo que parece decir...”

“comprender que aumentando la cantidad de agua el azúcar se va perdiendo”

“Comprender que cada vez hay menos café en comparación con el agua”

La presencia de las dos últimas dificultades esgrimidas por los estudiantes merece alguna consideración en razón de que, a partir de otras investigaciones es conocido que con mucha frecuencia los estudiantes asocian la disolución de un soluto en un solvente con la desaparición del soluto, para muchos de ellos cuando el soluto se dispersa en el solvente se pierde el soluto. Igualmente, muchos estudiantes pierden el principio de conservación del soluto cuando a partir de una solución concentrada se prepara otra diluida, muchas veces piensan que se aumenta o se disminuye la cantidad de soluto cuando se adiciona solvente en los procesos de dilución, este último caso se ilustra con el siguiente texto (Gabel, 1999).

“Comprender que un aumento de agua conlleva a una disminución de azúcar”

Comentarios.

A diferencia de las dificultades anteriores que fueron escritas como tales por los estudiantes, los comentarios estuvieron asociados con la resolución correcta de la situación problemas presentada en cada PGA, especialmente en el primero y segundo, y son producto

de la reflexión de los estudiantes sobre los procesos y logros alcanzados durante el desarrollo de cada una de las subpreguntas de diferente demanda. Algunos textos transcritos de las hojas de trabajo son:

En el primer PGA:

“identificar el criterio para clasificar las sustancias”

“saber cuándo se forma una nueva sustancia”

“saber si cuando se mezcla calentando se puede generar un cambio químico”

“saber si son procesos reversibles”

En el segundo PGA:

“comprender que es un problema de proporcionalidad y no de modificación de soluto”

“comprender que hay un límite de solubilidad”

“comprender que al aumentar T aumenta la solubilidad”

Nótese que en relación con el tercer programa guía ningún estudiante incluyó comentario alguno.

9.7. RESULTADOS DE LAS ENTREVISTAS EN CADA UNO DE LOS PGA.

Continuando con el análisis de los resultados obtenidos a partir de los instrumentos de recolección de datos, corresponde en esta sección la presentación y el análisis de los datos obtenidos a partir de las entrevistas guiadas y video gravadas durante el desarrollo de cada uno de los PGA; en relación con la actitud de los estudiantes frente a la videograbación es pertinente aclarar que muchos de ellos no respondieron a las preguntas; en efecto algunos

omitieron hablar por temor a la grabación, su reacción fue explícita “yo contesto pero no me grabe”.


De esta manera, en relación con las preguntas formuladas para los grupos durante cada uno de los PGA es necesario aclarar que unas fueron predeterminadas y otras fueron emergiendo de conformidad con las observaciones realizadas por la investigadora acerca de los procedimientos que iban llevando a cabo los estudiantes en el desarrollo de cada situación problema. Puesto que las observaciones realizadas permitieron la identificación de dificultades semejantes en la mayoría de los grupos, las preguntas hechas fueron las mismas.

La organización de estos resultados se adelanta de la siguiente manera, para cada uno de los grupos de capacidad mental procediendo en orden creciente, se presenta en una tabla sus integrantes identificados con los números que aparecen en la primera columna, las preguntas predeterminadas en la columna del centro y las respuestas para cada una de ellas en la tercera columna; en esta misma columna, en negrillas se presentan otras preguntas que fueron emergiendo durante la entrevista mientras los estudiantes trabajaban con la situación problema. Cada una de las tablas esta seguida de los comentarios y análisis respectivos. Los textos de las respuestas son transcripciones literales de lo expresado por los estudiantes y que están registradas en las respectivas grabaciones, por tanto la composición gramatical es la que corresponde a la forma oral de expresión de cada uno de los casos.

9.7.1. Análisis de las entrevistas para la situación problema del primer PGA.

Antes de comenzar el análisis, para facilidad de comprensión se comienza con la ilustración de la situación problema y las preguntas predeterminadas; como se muestra en la tabla No 27 en la parte izquierda se presenta la situación problema y las preguntas en las casillas de la parte derecha. Puesto que durante el proceso, las respuestas de los estudiantes a algunas preguntas fueron incluidas por ellos al responder preguntas más generales, el número de preguntas para todos los grupos de capacidad mental es variable.

Tabla No.27: descripción de la pregunta de alta demanda para el primer PGA.

Situación problema	Preguntas predeterminadas	
<p>Preparar 2 soluciones empleando las sustancias y materiales dados, proceda mezclando por pares de sustancias, utilizando pequeñas cantidades.</p>  <p><u>Sustancias:</u> Agua, azufre, cloruro de potasio, aceite, etanol.</p> <p><u>Materiales:</u> Agitador de vidrio, espátula, pipeta, gradilla, tubos de ensayo, vasos de precipitado</p>	<p>1. ¿Cómo es posible la formación, unas veces de mezclas homogéneas y otras veces de mezclas heterogéneas?</p>	<p>2. ¿Cuáles son las características de las sustancias que las hacen solubles unas en otras?</p>
	<p>3. ¿Que tienen de particular las sustancias que no son solubles?</p>	<p>4. Siendo dos sustancias tan diferentes las que se mezclan por pares, ¿Cómo es posible que se forme y se observe una mezcla homogénea?</p>
	<p>5. Describa una o varias situaciones con las cuales Ud. Se haya encontrado antes en la vida cotidiana, donde se evidencie la presencia de soluciones.</p>	

Resultados del grupo de capacidad mental 3 para las preguntas de la entrevista.

Tabla No.28: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 3 a la primera pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: ¿Cómo es posible la formación, unas veces de mezclas homogéneas y otras veces de mezclas heterogéneas?	
Integrantes del grupo	Respuestas
6	No contestó
27	Cuando se produce una mezcla homogénea se disuelven y no se diferencia sus componentes, por tanto no se pueden separar ejemplo en el caso del agua y el alcohol. En la heterogénea se observan sus componentes porque no se mezclan y cada uno conserva sus propiedades porque no hay atracción entre los componentes.
11	Cuando se observan los componentes es una mezcla heterogénea es porque los componentes no se combinan, lo contrario ocurre en la mezcla homogénea. Por qué no se combinan sus componentes? Porque los átomos no se disuelven por la naturaleza de las sustancias. Además cuando se agregó el KCl al agua se adicione más cantidad que cuando se agregó al aceite, por ser esté muy espeso. Es decir la solubilidad depende de la cantidad de soluto? En este caso sí.
15	No contestó
31	Si son sustancias compatibles forman una mezcla homogénea, si son incompatibles forman mezclas heterogéneas.

Como se observa en la tabla No. 28, tres de los estudiantes respondieron a la pregunta planteada mientras dos de ellos permanecieron en silencio. En términos generales las respuestas dadas por los estudiantes no presentan un argumento claro frente a los tipos de mezclas y toman conceptos del macromundo para dar una explicación a los fenómenos del micromundo; es así como el estudiante 31 pretende dar cuenta de la solubilidad en términos de la “compatibilidad de las sustancias”, es decir en lo que percibe, tal vez en un intento de explicar el concepto de polaridad. Por otra parte, el estudiante 11 si bien tiene un buen nivel de diferenciación de los tipos de mezclas, no ha logrado discriminar y enriquecer el significado del concepto de solubilidad, ya que en su argumento plantea que en una mezcla heterogénea “no se disuelven los átomos”; además equívocamente identifica como factor determinante para la solubilidad la cantidad de soluto cuando podía continuar su razonamiento para fortalecer la idea que ya tiene acerca de la importancia de la naturaleza de las sustancias que participan en una solución. Nótese que el énfasis en la cantidad de

soluto como factor determinante de la solubilidad emerge de la comparación entre la adición de KCl al agua y la adición de KCl al aceite.

Por otro lado, el estudiante 27 en su argumento aunque no responde a la pregunta planteada, hace una descripción clara de los tipos de mezclas e intenta elaborar una explicación a nivel microscópico de lo ocurrido en una mezcla heterogénea. En las tres respuestas presentadas, en un esfuerzo por explicar el proceso de solubilidad los estudiantes evidencian a través de sus argumentos dificultades claras para interpretar el fenómeno a nivel microscópico, pues solo logran elaborar una explicación muy gruesa basándose únicamente en las observaciones directas de las mezclas, es decir que hay un bajo nivel de discriminación significativa para el proceso de solución en este grupo de estudiantes.

Tabla No 29: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 3 a la segunda pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: Cuáles son las características de las sustancias que las hacen solubles unas en otras?	
Integrantes del grupo	Respuestas
6	No contestó
27	No contestó
11	No contestó
15	No contestó
31	Un ejemplo de mezcla heterogénea es el aceite y el KCl, que se forma porque son sustancias incompatibles y además el tamaño de las partículas del KCl es muy grande Se forma una nueva sustancia en una mezcla homogénea? Sí claro, por ejemplo en la mezcla del KCl y Agua, el KCl era un sólido blanco y ya no lo es, por esto se transformó en una nueva sustancia. Es posible separar esta mezcla? Yo me imagino que existe un aparato especial para hacerlo.

La información presentada en la tabla No. 29, muestra como solamente un estudiante de los cinco de este grupo de capacidad mental 3, respondió a la pregunta planteada. El estudiante 31 en su argumento afirma que la solubilidad depende de dos factores: “la compatibilidad y el tamaño”, para clarificar lo que este estudiante entiende por

“Compatibilidad” se le plantean las dos preguntas adicionales para identificar si este concepto se relaciona más con un enlace químico o con una mera interacción molecular; el estudiante responde en primer lugar que si se forma una nueva sustancia, es decir que la compatibilidad la relaciona con el concepto de enlace químico, sin embargo, en la segunda pregunta aunque con poca contundencia supone que si se pueden separar los componentes de una mezcla, lo cual supone inseguridad para diferenciar un cambio físico de uno químico.

Una de las dificultades de aprendizaje frecuentes en la comprensión del proceso de disolución está asociada con la poca o nula diferenciación entre un proceso físico y un proceso químico (Jaminka 2005; Raviolo 2004) pues los estudiantes tienden a relacionar equívocamente una mezcla homogénea con un cambio químico y por tanto no se pueden separar sus componentes; al parecer este es el caso del estudiante 31, quien no ha logrado un nivel de diferenciación y discriminación de los conceptos de cambio físico y cambio químico; por otra parte, intenta plantear que el proceso de solubilidad depende del tamaño de las partículas, pero no desarrolla la idea de forma adecuada seguramente por falta de comprensión y asignación de significado frente a este aspecto.

Tabla No 30: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 3 a la última pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: Describa una o varias situaciones con las cuales Ud., sé haya encontrado antes en la vida cotidiana, donde se evidencie la presencia de soluciones.	
Integrantes del grupo	Respuestas
6	No contestó
27	Una mezcla heterogénea es la sopa de verduras porque puedo ver que tiene la sopa.
11	No contestó
15	No contestó
31	Heterogénea: pizza Homogénea: el aire, porque está formado de Oxígeno, CO ₂ , etc.

De acuerdo con las respuestas presentadas en la tabla No. 30, donde se observa que dos estudiantes respondieron a la pregunta y los tres restantes permanecieron en silencio; se puede evidenciar que en sus respuestas los estudiantes 27 y 31 identifican fácilmente una mezcla heterogénea y de nuevo la explicación se relaciona con la observación directa de la mezcla, es decir que la identifican porque logran ver sus componentes. El estudiante 31, fue el único que encontró un ejemplo de mezcla homogénea adecuadamente indicando además algunos de sus componentes.

Con lo anterior, es preciso destacar que las respuestas a esta pregunta muestran el poco nivel de diferenciación de los conceptos de mezcla homogénea y heterogénea en este grupo de estudiantes, debido a que no lograron llevar este conocimiento a un contexto diferente al del laboratorio de química y así buscar ejemplos de mezclas.

En general como tendencia de las respuestas dadas por este grupo de estudiantes a la pregunta puede decirse que no existe el nivel de asignación y diferenciación de significado requerido para explicar la formación de mezclas homogéneas o heterogéneas, si bien se identifica como factor para esto la naturaleza de los componentes; se aprecian también asomos de concebir la formación de mezclas homogéneas en términos de combinaciones o cambios químicos y de explicar la solubilidad en términos de uno de los componentes en este caso de la cantidad de KCl que se adiciona al agua o al aceite. Por otra parte, se presenta la explicación de las soluciones en términos de compatibilidad y algunas propiedades organolépticas de la materia como el color.

Resultados del grupo de capacidad mental 4 para las preguntas en la entrevista.

Tabla No 31: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 4A en la primera pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: ¿Cómo es posible la formación, unas veces de mezclas homogéneas y otras veces de mezclas heterogéneas?	
Integrantes del grupo	Respuestas
12	No contestó
1	Depende de la densidad El que se forme una mezcla homogénea y una heterogénea depende de la densidad? Si porque en el caso del S y el alcohol se evidencia que no se mezclan porque el azufre flota.
13	No contestó
17	Las homogéneas se producen porque sus componentes son compatibles y en las heterogéneas no, por ejemplo una mezcla homogénea es: alcohol (soluto) y agua (solvente) es una mezcla perfecta.
30	Depende del tamaño de las partículas porque si son pequeñas forman una mezcla homogénea de lo contrario no.

En la información presentada en la tabla No. 31, se observa que esta pregunta la contestaron tres de los cinco estudiantes que forman parte de este grupo de capacidad mental. Las tres respuestas muestran argumentos diferentes, por una parte el estudiante 1 afirma que la principal razón para que se formen los tipos de mezclas está relacionado directamente con la densidad; el estudiante 30 aduce que la formación de los tipos de mezclas depende del tamaño de las partículas lo cual es válido desde los planteamientos teóricos de las soluciones; este es un parámetro que permite evidenciar que los estudiantes han logrado enriquecer el concepto de mezcla asociándolo al tamaño de las partículas (teoría corpuscular de la materia). Sin embargo, la aproximación a la descripción en términos de las densidades no es correcta.

Por otra parte el estudiante 17 elabora un argumento basándose nuevamente en el término de “compatibilidad” de las sustancias, es posible que no tenga un manejo claro de los símbolos y el lenguaje de la química, pues aunque utiliza un término de la cotidianidad para explicar un proceso microscópico, a través del ejemplo que plantea se puede apreciar

que en este estudiante lo que él llama “compatibilidad” puede transformarse, mediante un proceso de elaboración guiado por el docente en términos con significado en el contexto químico tales como “polaridad” o “fuerzas intermoleculares”.

Tabla No 32: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 4 A en la segunda pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: ¿Cuáles son las características de las sustancias que las hacen solubles unas en otras?	
Integrantes del grupo	Respuestas
12	No contestó
1	La densidad, porque cuando dos sustancias tienen densidades parecidas se disuelven y cuando tienen densidades muy diferentes no. Al tener dos sustancias sólidas de densidad parecida, como por ejemplo arena de río y tierra negra o dos metales, estas dos sustancias se pueden disolver? No porque los sólidos difícilmente se disuelven
13	Porque el azufre no se puede mezclar con el agua? El agua y el Azufre tienen diferentes densidades. Por qué existen sustancias sólidas que se mezclan con el agua y el azufre siendo un sólido no se puede mezclar? El factor que determina la solubilidad es la densidad independiente del estado físico de las sustancias que intervienen. Si la propiedad que determina la solubilidad de una sustancia en otra es la densidad, teniendo en cuenta que la gasolina y el azufre son menos densos que el agua, podría pensarse que la gasolina puede disolver el azufre? pues dado que tienen densidades parecidas yo creo que se disuelven
17	Que sean compatibles entre sí. Que significa compatibilidad de una sustancia? Cuando se forma una mezcla homogénea tienen que interactuar y la forma de hacerlo es por el tamaño, pues las partículas son de la escala de los angstrom y esto hace que estén muy cerca.
30	El tamaño y la compatibilidad; esto último significa que las partículas interactúan tendiendo a ser una sola sustancia. Se forma una nueva sustancia? No responde Es posible separar la mezcla de KCl y Agua? No, porque es una mezcla homogénea.

En la tabla No.32, se observa como esta pregunta la respondieron 4 de los 5 integrantes del grupo de capacidad mental 4A. Con estas respuestas se puede profundizar un poco más en la significación que los participantes han logrado elaborar en torno a los conceptos objeto de este PGA. En las respuestas presentadas en la tabla No.32, se evidenció que los estudiantes planteaban tres causas para la formación de los dos tipos de mezclas: la densidad, el tamaño de las partículas y la compatibilidad. En esta pregunta nuevamente afloran estos tres aspectos, para el estudiante 1 la densidad continua siendo la principal

causa de la formación de los tipos de mezclas, pero cuando a este argumento se asocia el concepto de estado físico planteado por la investigadora durante el diálogo, se evidencia el desconocimiento de las mezclas sólidas por parte del estudiante. Esta dificultad de aprendizaje es también muy frecuente, dado que la mayoría de los estudiantes tiendan a comprender las mezclas y las soluciones únicamente en estado líquido (Sánchez 1997). Esto argumenta en favor de que el estudiante está en proceso de asignación de significado al concepto de solución, pues está asociando dos conceptos importantes en el marco de la química, la solubilidad y el tamaño de las partículas.

El estudiante 13, inicia el proceso de discusión también argumentando en favor de la densidad, pero esta vez logra diferenciar el valor de la densidad y el estado físico, pues en su planteamiento afirma que la solubilidad depende de la densidad y no tanto del estado físico, lo cual da pie para lanzar una pregunta tendiente a indagar sobre la comprensión que tiene de la importancia de la naturaleza de las sustancias en un proceso de disolución. El estudiante no presenta ningún argumento diferente al de la densidad, lo cual hace suponer que en su proceso de establecimiento de significado solo ha logrado asociar dos conceptos a la explicación del fenómeno de solubilidad de sustancias: la densidad y el estado físico, este último es correcto mientras el primero no.

Por otra parte, el estudiante 17 continúa argumentando que la principal causa por la que dos sustancias se disuelven, o no, es la “compatibilidad que existe entre ellas”, entendiendo compatibilidad como una forma de explicar las interacciones que se producen entre las partículas del soluto y el solvente; de todas maneras, en las respuestas dadas por el estudiante se aprecia una aproximación hacia el entendimiento de las relaciones entre las

moléculas del soluto y del solvente en el micromundo de los átomos y las moléculas, lo cual puede considerarse como un avance conceptual de este alumno.

El estudiante 30, argumenta como causa principal para la formación de los dos tipos de mezclas, el tamaño de las partículas y la compatibilidad, como si a través de este término expresara la posibilidad de pasar de un proceso físico a un cambio químico, la producción de una nueva sustancia; esta tendencia se ve ratificada cuando responde que la mezcla de KCl y Agua no se puede separar por ser una mezcla homogénea; bien pareciera que el estudiante homologa el concepto de mezcla homogénea al de una reacción química. En esta interpretación se evidencia una vez más, una dificultad de aprendizaje frecuente entre quienes estudian las soluciones y que ya ha sido analizada por otros investigadores, se asocia el proceso de disolución con un cambio químico (Fernández 1988; Ebenezer y Erickson 1996).

Tabla No. 33: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 4A en la tercera pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: Describa una o varias situaciones con las cuales Ud.se haya encontrado antes en la vida cotidiana, donde se evidencie la presencia de soluciones.	
Integrantes del grupo	Respuestas
12	No contestó
1	La gelatina o el frutiño en agua forman mezclas homogéneas. Como influye la densidad en estas mezclas? Pues las dos sustancias tienen densidades similares.
13	No contestó
17	Una mezcla homogénea el azúcar en el agua. Una mezcla heterogénea : la sopa
30	Homogénea: frutiño + agua Heterogénea: agua +aceite. En la primera el tamaño de las partículas del frutiño es similar a las del agua y por esto se forma una mezcla homogénea.

Una primera apreciación de las respuestas dadas por los estudiantes de este grupo conduce a pensar que en términos generales ellos tienen claro el concepto de mezcla homogénea y mezcla heterogénea y fácilmente lo aplican en un contexto cotidiano. Sin

embargo, la explicación dada para el proceso de solubilidad se limita a establecer comparaciones de similitud entre el soluto y el solvente en términos de densidad y tamaño de las partículas.

A manera de resumen, este grupo de capacidad mental frente a las preguntas de la entrevista muestra como factores de solubilidad: la densidad, el tamaño de las partículas y la compatibilidad, no alcanzan a diferenciar claramente una solución de una emulsión se destaca la reiterada idea de explicar la solubilidad en términos de la densidad de los componentes lo cual es un hallazgo de esta investigación, no reportada en las investigaciones revisadas en los antecedentes.

Respuestas del grupo de capacidad mental 4b en la entrevista del primer PGA.

Tabla No. 34: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 4 B a la primera pregunta relacionada con la situación problema

Pregunta: Cómo es posible la formación, unas veces de mezclas homogéneas y otras veces de mezclas heterogéneas?	
Integrantes del grupo	Respuestas
5	No contestó
21	No contestó
23	No contestó
26	Al mezclar algunas sustancias se pudo observar que no se mezclaron quedando mezclas heterogéneas y en otros casos no, debido a la atracción intermolecular que ocurre entre las partículas. Son como enlaces que no dejan que se rompan. En la mezcla de azufre y aceite, que ocurrió? Se rompieron las interacciones y se formó una nueva sustancia. Por qué se disuelve el KCl en el agua? Por las interacciones que hay entre las partículas
34	En las mezclas homogéneas se forma una nueva sustancia, por ejemplo el agua y el alcohol. Que nueva sustancia se forma? No sé el nombre pero existe esta nueva sustancia.

La información presentada en la tabla No.34, evidencia que solamente dos estudiantes de los cinco integrantes, del grupo, respondieron a la pregunta planteada. En sus respuestas se aprecia que en la primera parte correspondiente al estudiante 26 se hace referencia a la atracción molecular como razón de la solubilidad junto con las interacciones entre las mismas; sin embargo, el estudiante no alcanza a mostrar un nivel de discriminación y diferenciación lo suficientemente profunda para elaborar un argumento en términos de fuerzas intermoleculares o de la ruptura de enlaces químicos. Nótese además que para este estudiante la mezcla de aceite y azufre es una mezcla homogénea, no logra percibir que pese a la agitación de la mezcla aceite y azufre que inicialmente forma una emulsión, con tiempo de reposo los dos componentes se separan, es decir que no forman una mezcla homogénea.

Por otra parte, en las respuestas de los dos estudiantes se aprecia una vez más la dificultad de aprendizaje derivada de la confusión que usualmente se presenta entre el proceso de solubilidad y un cambio químico ya mencionada anteriormente.

Tabla No.35: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 4B en la segunda pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: ¿Cuáles son las características de las sustancias que las hacen solubles unas en otras?	
Integrantes del grupo	Respuestas
5	No contestó
21	No contestó
23	No contestó
26	No contestó
34	Las que son solubles son sustancias puras, por ejemplo el agua y el alcohol. El azufre se disuelve en el aceite? Si, forman una mezcla homogénea. El aceite es una sustancia pura? No contestó

En relación con la segunda pregunta como se muestra en la tabla No.35, es pertinente resaltar que el estudiante 34 también la respondió en términos de que las sustancias que son

solubles entre sí son sustancias puras; relacionando esta respuesta con la dada a la pregunta anterior, se evidencia que a este estudiante se le dificulta diferenciar por una parte la disolución como cambio físico de un cambio químico y por otra el concepto de sustancia pura. En cualquiera de los dos casos está presente una dificultad de aprendizaje asociada con el lenguaje, el estudiante no ha logrado el nivel de discriminación significativa requerido para diferenciar estos conceptos.

Tabla No.36: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 4B en la tercera pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: ¿Que tienen de particular las sustancias que no son solubles?	
Integrantes del grupo	Respuestas
5	No contestó
21	No contestó
23	No contestó
26	Porque no hay la suficiente fuerza que rompa los enlaces para que se disuelvan, por ejemplo en el caso del agua y el aceite no hay ruptura y por eso se forman unas burbujas en la superficie. Esta mezcla se puede separar en sus componentes? Si En general todas las mezclas se pueden separar o no? Si todas las mezclas se pueden separar en sus componentes.
34	No contestó

La respuesta que presenta el estudiante 26 es coherente con los planeamientos dados en respuesta a la segunda pregunta, pues en los argumentos hace referencia a las interacciones intermoleculares como la razón principal para el proceso de solubilidad; sin embargo, como en el caso de las respuestas anteriores no se evidencia el nivel suficiente de discriminación significativa para elaborar una explicación en términos de los enlaces y las fuerzas intermoleculares que intervienen en el proceso de solubilidad. En un nivel más general se aprecia que es claro para este estudiante una de las propiedades de las disoluciones, la relacionada con la posibilidad de separarlas en sus componentes.

Tabla No.37: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 4B en la quinta pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: Describa una o varias situaciones con las cuales Ud. Se haya encontrado antes en la vida cotidiana, donde se evidencie la presencia de soluciones.	
Integrantes del grupo	Respuestas
5	No contestó
21	No contestó
23	No contestó
26	No contestó
34	El frutiño y agua forman una mezcla homogénea y por tanto una nueva sustancia. Es decir que se produce un cambio químico?No se..... Se forma una nueva sustancia. No se pueden ver sus componentes.

Como se observa en la tabla No.37 el estudiante 34 afirma una vez más, que la formación de una mezcla homogénea implica la obtención de una nueva sustancia y aduce en favor de su afirmación que es una nueva sustancia dado que no se pueden ver sus componentes. De alguna manera, el estudiante mantiene arraigada la idea de que el proceso de solubilidad es un cambio químico y que una mezcla homogénea es una sustancia pura.

En resumen, las respuestas dadas por los estudiantes de este grupo de capacidad mental a las preguntas planteadas en general muestran como tendencia a la presencia de dificultades de aprendizajes asociadas al lenguaje en términos de poco nivel de discriminación significativa entre los conceptos asociados a las soluciones y de manera prominente la homologación del proceso de solubilidad a un cambio químico.

Respuestas del grupo de capacidad mental 5 en la entrevista del primer PGA.

Tabla No.38: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 5 a la primera pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: Cómo es posible la formación, unas veces de mezclas homogéneas y otras veces de mezclas heterogéneas?	
Integrantes del grupo	Respuestas
2	Depende de la densidad de las sustancias, en una homogénea las sustancias que intervienen deben ser similares, mientras que en la heterogénea son muy diferentes
9	No contestó
16	No contestó
20	Porque en las homogéneas se alteran las propiedades de los componentes y en las heterogéneas no, porque no se rompen los enlaces y no hay interacción con el solvente. En la formación de mezclas homogéneas hay ruptura de enlaces? Si
22	Existen sustancias con fuerzas de atracción muy fuertes que al mezclarse con otras no dejan que se unan con ellos. Cuando se forma una mezcla homogénea necesariamente se debe formar una nueva sustancia?. No necesariamente porque en ocasiones se forman elementos y en otras se forman compuestos. En las mezclas de alcohol y azufre y agua y KCl, se forma una nueva sustancia, dado que las clasifica como homogéneas? Si, pero no estoy realmente segura si en el segundo caso solo se trata de una disolución. Porque se disuelve el KCl en el agua? Por las fuerzas de atracción intermolecular y la densidad.

La información presentada en la tabla No.38, muestra como en este grupo de estudiantes, tres dieron respuesta a la pregunta planteada mientras que los dos restantes permanecieron en silencio. Además se puede observar que, las respuestas son diferentes. La respuesta del estudiante 2, muestra como fundamento para la formación de mezclas homogéneas o heterogéneas la densidad de las sustancias que intervienen, estableciendo como generalización incorrecta que sustancias de densidad semejante son solubles entre sí y sustancias de densidad diferente no lo son.

Por otra parte, en la respuesta dada por el estudiante 20 se aprecia como en la explicación elaborada se aduce que en el proceso de solución se afectan las propiedades de las sustancias que intervienen en la formación de una mezcla homogénea, desconociendo así la característica fundamental de las mezclas mediante la cual se pueden recuperar sus componentes por procesos físicos. Este planteamiento hace suponer una vez más la

dificultad de aprendizaje asociada con la convicción de que un proceso de disolución es un cambio químico.

En el diálogo sostenido entre la investigadora y el estudiante 22, véase tabla No 38, se pueden destacar entre otros los siguientes aspectos: en primer lugar, a través de todo el diálogo se evidencia la convicción del estudiante acerca de que el proceso de solubilidad conduce a la formación de nuevas sustancias, adicionando además que no tiene clara la distinción entre sustancias puras elemental y sustancia pura compuesta. Nótese sin embargo, que en la penúltima parte de la respuesta, el estudiante duda si en realidad se produce una nueva sustancia durante la formación de una mezcla homogénea; esta duda la expresa en relación con la mezcla del KCl y agua, bien pudiera pensarse que el estudiante está a punto de abandonar la asimilación de la formación de una mezcla homogénea con un cambio químico para alcanzar la conceptualización clara de lo que es una solución.

Tabla No.39 Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 5 en la segunda pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: ¿Cuáles son las características de las sustancias que las hacen solubles unas en otras?	
Integrantes del grupo	Respuestas
2	No contestó
9	Lo que pasa es que hay solventes que son muy compactos y cuando se agrega un soluto no puede romper esos enlaces y por eso no se mezclan, mientras que por ejemplo en el caso del KCl en el agua, el soluto se mete en los espacios que hay entre las moléculas del solvente. Que ocurre en la mezcla del alcohol y agua? Las dos sustancias tienen la misma densidad por eso forman una mezcla homogénea. Imagine que tuvieran petróleo para formar una mezcla con las sustancias que tienen ahora, que mezclas se pueden formar? Con el agua una mezcla heterogénea porque es menos denso.
16	No contestó
20	La densidad
22	Las fuerzas de atracción intermolecular y la densidad.

Tanto en el diálogo sostenido entre la investigadora y el estudiante 9, ver tabla 39, como en las respuestas de los otros dos estudiantes, presentadas en la tabla mencionada aparece

una vez más la densidad como explicación para la solubilidad de las sustancias. Es de anotar que el estudiante 9 a diferencia de los otros dos, presenta una explicación bastante elaborada y cercana del proceso de solubilidad de dos sustancias que podría esperarse para estudiantes de secundaria, sin alcanzar el nivel completo de discriminación significativa requerido totalmente para el campo de la química. Desde el punto de vista de los planteamientos del estudiante 9, la solubilidad del KCl en el agua podría explicarse simplemente como un proceso de difusión en el cual las moléculas de KCl se dispersarían homogéneamente en los espacios intersticiales del líquido desconociendo que en realidad el proceso implica la ruptura de los enlaces de las moléculas para formar iones de potasio y cloro más los consecuentes procesos de hidratación en el solvente.

Con todo lo anterior, en este estudiante se puede apreciar un buen nivel de significación para el concepto de mezcla homogénea y heterogénea, sin que esto signifique que para las razones de su formación tenga el mismo grado de discriminación o de significación conceptual. Por otra parte, a partir de la argumentación elaborada en la primera mitad de la respuesta que hace relación a la mezcla de un sólido en un líquido, el estudiante construye un argumento basado en las interacciones de las partículas constitutivas del soluto y del solvente, mientras que en la explicación dada a una mezcla formada por dos líquidos, el argumento se reduce a la diferencia de densidades. En el fondo parece aflorar allí una dificultad de aprendizaje asociada a la naturaleza propia de las soluciones, pues los argumentos para la solubilidad son los mismos independientemente del estado físico en que se encuentren los componentes.

Del análisis realizado para las respuestas dadas por los integrantes de este grupo de capacidad mental 5, se destaca por una parte, el esfuerzo realizado por acercarse a las explicaciones aceptadas científicamente para los procesos de solubilidad sin que se alcance el nivel de discriminación significativa requerido y por otra, la mención de la densidad como argumento para su explicación. También afloran en este grupo algunas dificultades de aprendizaje asociadas con el lenguaje y la naturaleza propia del tema objeto de estudio.

Respuestas del grupo de capacidad mental 6 en la entrevista del primer PGA.

Tabla No.40 Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 6 en la primera pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: Cómo es posible la formación, unas veces de mezclas homogéneas y otras veces de mezclas heterogéneas?	
Integrantes del grupo	Respuestas
3	No contestó
7	No contestó
18	El aceite no se mezcla con el KCl, pero el KCl se mezcla con el agua, o sea que el agua y el aceite no se mezclan....existe una relación inversa..... Cuando se agitaron se produjo energía cinética que hizo posible que se juntaran.
28	El agua y el alcohol constituyen una mezcla perfecta por las propiedades químicas de cada uno es decir que las partículas del alcohol se pegaron a las del agua... Como se pegaron? Muestra con las manos como se juntan.
32	Si hay ruptura de enlaces es posible que se forme una nueva sustancia? Si porque al romper la atracción molar de las moléculas las moléculas van a querer unirse con otras particulares polares y así se forma una nueva sustancia. Si se forma una nueva sustancia se puede separar esta mezcla? Si es posible, se puede por procedimientos especiales.... pero no se recupera la totalidad de las sustancias iniciales., porque ya se han roto sus enlaces. O sea que cuando se rompen los enlaces no se pueden obtener las mismas sustancias que al comienzo? se obtendrían otras distintas? Por ejemplo en el caso del agua y el KCL después de mezclados ya no es posible obtener los granitos de KCl... es demasiado difícil.
33	En una mezcla homogénea el soluto se disuelve uniformemente en el solvente porque se rompen las moléculas de las dos sustancias.

En términos generales las respuestas dadas a la pregunta uno, por el grupo de capacidad mental más alto, el de capacidad 6, muestra un esfuerzo por elaborar explicaciones empleando la terminología científica, sin el nivel de discriminación significativa necesario para alcanzarlo. En este grupo de respuestas se puede observar que ya no aparece el

concepto de densidad como explicación al proceso de disolución; de manera confusa y con poco significado aparecen términos y expresiones como: propiedades químicas, partículas polares, relación inversa, energía cinética, moléculas y solvente entre otras.

En relación con la respuesta del estudiante 18 vale la pena destacar el alto grado de pensamiento relacional, apela a un proceso deductivo para explicar la solubilidad de las sustancias dadas, si bien emplea equívocamente la expresión “relación inversa”; en la expresión “se produjo energía cinética que hizo que se juntaran” de alguna manera el estudiante parece atribuir a los constitutivos últimos de la materia, moléculas en este caso, propiedades no observables en los objetos del macromundo; esta es una tendencia general que asoma en las demás respuestas dadas para esta pregunta junto con la personificación de las mismas, como se evidencia en expresiones como : “las moléculas van a querer unirse con otras particulares”, “energía cinética que hizo posible que se juntaran”, “las partículas del alcohol se pegaron a las del agua”, “se rompen las moléculas de las dos sustancias” y el gesto con las manos indicando como se juntan las partículas. Como en el caso de la asociación de la solubilidad a un cambio químico, ya en otras investigaciones se ha resaltado también la asignación de propiedades de los objetos del macromundo a los constitutivos íntimos de la materia en el micromundo (Jhonstone, 1982; Treagust, 2003).

Tabla No.41: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 6 en la segunda pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: ¿Cuáles son las características de las sustancias que las hacen solubles unas en otras?	
Integrantes del grupo	Respuestas
3	No contestó
7	No contestó
18	Que sean compatibles Qué significa compatibilidad de una sustancia? Es como la polaridad y tiene que ver con los enlaces.
28	La razón principal es la densidad del agua o en general del solvente que interviene en la solución Como clasificaría la mezcla de agua y petróleo? Igual que lo que hemos trabajado hoy, es mas yo creo que el azufre se disuelve en el petróleo. Ahora imagine que tiene arena y aceite, como clasificaría esa mezcla teniendo el criterio de densidad? Pues heterogénea. La arena se podría disolver en el aceite? No lo sé.
32	En el caso del KCl y el agua, se mezclaron dos sustancias muy diferentes una solida y blanca y la otra liquida e incolora, que ocurrió? Las sustancias que componen el KCl y el agua en un momento llegan a ser compatibles y al mezclarse se unen y forman una sola, de lo contrario se observaría una mezcla como el agua y el aceite. Cuando dice que se unen se forma una nueva sustancia? No sé si forme una nueva sustancia, pero se mezclan, es mas no sé si se cambien las propiedades del KCl y del agua.
33	La polaridad En el caso del agua y el aceite por qué no se mezclan? Porque tienen polaridades distintas, propiedades físicas diferentes y densidades también diferentes.

De manera similar a otras respuestas dadas a las mismas preguntas, ya comentadas en los grupos de capacidad mental anterior, en este grupo de respuestas ilustradas en la tabla No 41, aparece nuevamente como característica de las sustancias que se disuelven la densidad, en este caso restringida solamente al solvente; la compatibilidad asociada a la polaridad relacionada correctamente con los enlaces y la asociación del proceso de solubilidad a la formación de nuevas sustancias.

Tabla No.42 Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 6 en la tercera pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: ¿Que tienen de particular las sustancias que no son solubles?	
Integrantes del grupo	Respuestas
3	No contestó
7	No contestó
18	No contestó
28	Yo creo que además de la densidad tiene que haber un factor de compatibilidad. Podría elaborar una lista de sustancias compatibles y otra de sustancias incompatibles? Si, Compatibles: agua y alcohol, Agua y KCl, S y aceite. Incompatibles: KCl y S.
32	No contestó
33	No contestó

Como se observa en la respuesta dada por el estudiante 28 a la pregunta planteada e ilustrada en la tabla No.42, nuevamente aparece la densidad como característica de las sustancias para que sean solubles, adicionando además la compatibilidad de las mismas; a partir de la respuesta dada a la pregunta formulada en el diálogo, de la investigadora con este estudiante, se puede apreciar que el significado de compatibilidad está asociado con la observación que él realiza para aquellas sustancias que son solubles; nótese sin embargo que, para el caso del azufre y el aceite, el estudiante no alcanza a diferenciar lo que es una mezcla homogénea de una emulsión, su apreciación se queda solamente en la observación de que al agitar la mezcla las partículas de azufre se dispersan en el aceite sin percibir que luego por reposo se separan; la descripción que hace este alumno se queda solamente a nivel de lo que es perceptible sensorialmente, no parece haber un esfuerzo mental por aproximarse a la abstracción requerida para la comprensión de la solubilidad en términos de las partículas constitutivas de la materia.

Entre las sustancias incompatibles el estudiante ubica las dos sustancias en estado sólido, el azufre y el KCl, lo cual permite pensar que para él no pueden existir soluciones en estado sólido.

Tabla No. 43: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 6 en la cuarta pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: Siendo dos sustancias tan diferentes las que se mezclan por pares, ¿Cómo es posible que se forme y se observe una mezcla homogénea?	
Integrantes del grupo	Respuestas
3	No contestó
7	No contestó
18	No contestó
28	Es que para que se forme una mezcla homogénea es necesario: 1. Que el soluto y solvente sean compatibles para que puedan interactuar. 2. Conocer la solubilidad de las sustancias.
32	El aceite y el azufre que tipo de mezcla es? homogénea. El proceso ocurrido es similar al del agua y el KCL? NO...porque el S le da color al aceite y el KCl no. Y por que el KCl no blanquea el agua? No lo sé.
33	No contestó

Observando las respuestas de este grupo de capacidad mental, las cuales se muestran en la tabla No. 43, para la pregunta cuatro, se aprecia una tendencia a explicar la solubilidad de las sustancias, una vez más, en términos de la compatibilidad entre ellas y a la aparición de propiedades físicas de la mezcla, como el color. Todo parece indicar que en el grupo prima la tendencia a pensar el proceso de solubilidad y los fenómenos asociados con él en términos de lo observable, es decir en función de las relaciones de los objetos del macromundo. Como ya se ha expresado anteriormente, esta es una dificultad de aprendizaje ya comentada por investigadores como Johnstone (1982) quien recomienda, para obviarla, que el docente de manera continua oriente a sus estudiantes a realizar un esfuerzo mental para ir más allá de lo observable, del macromundo al mundo abstracto de los átomos y las moléculas, esto es, a pensar los fenómenos físicos y químicos de la materia en términos de las interacciones entre partículas en el micromundo.

Tabla No.44: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 6 en la quinta pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: Describa una o varias situaciones con las cuales Ud. se haya encontrado antes en la vida cotidiana, donde se evidencie la presencia de soluciones.	
Integrantes del grupo	Respuestas
3	frutiño y limonada son mezclas homogéneas.
7	No constestó
18	Mezcla heterogénea: cuando nos bañamos el shampo no se disuelve en el agua. Mezcla homogénea: limonada.
28	Lo que nos paso con la mezcla del azufre con el aceite, que se mantenía homogénea por agitación, es lo mismo que ocurre cuando se prepara un jugo de maracuyá o guayaba, porque mientras se mantiene licuado esta uniforme pero tan pronto se sirve se separa.
32	homogénea: el shampo
33	Heterogénea: agua con azúcar.

En las respuestas dadas por los estudiantes a esta pregunta, como se ilustra en la tabla No.44, se aprecia que ellos trasladan rápidamente lo que han entendido acerca de las soluciones en el aula de clase a un contexto cotidiano. Al hacerlo emergen evidencias de que su nivel de conceptualización acerca de los temas es aún bajo, les falta todavía avanzar en el proceso de asignación de significados a cada uno de los términos que representan los respectivos conceptos. Sin embargo, en la respuesta dada por el estudiante 28 se percibe como él diferencia claramente lo que es una mezcla homogénea, que permanece en este estado por largo tiempo, de lo que es una mezcla homogénea a la vista que luego por reposo se decanta.

Es de destacar entre estas respuestas la dada por el estudiante 33, quien equívocamente considera que el agua y el azúcar forman una mezcla heterogénea.

Hechos los comentarios anteriores, en general para la transposición de los conocimientos elaborados por los estudiantes en el aula de clase acerca de la comprensión de las mezclas y las soluciones, al contexto cotidiano, es necesario reconocer que se trata de un proceso complejo y que no puede esperarse que un estudiante de secundaria lo haga

de manera precisa. En particular en este caso esta trasposición se hace compleja dado que en la cotidianidad, como se aprecia en las respuestas analizadas, el estudiante se encuentra a cada momento tanto con emulsiones como con soluciones verdaderas.

Elementos sobresalientes a partir del análisis de los resultados de la entrevista para el primer PGA.

A partir del análisis realizado para las respuestas dadas por los estudiantes desde aquellos de capacidad mental 3 hasta los de capacidad mental 6, en términos generales se puede decir lo siguiente: existe una tendencia a dar cuenta del proceso de solubilidad en términos de los fenómenos perceptibles por los sentidos, como por ejemplo el color y la densidad. Dar cuenta del proceso de solubilidad en términos de la compatibilidad de las sustancias es predominante sin que para este término aparezca una connotación particular y clara.

En relación con la densidad se puede apreciar que si bien es un término predominante e incluso reiterativo para dar cuenta de los procesos de solubilidad en los grupos de capacidad mental más baja, en los de capacidad más alta 5 y 6, si bien se mantiene, en ellos se da un paso más hacia la evidencia de expresiones con mayor significado a partir de la terminología propia del objeto de estudio, sin que se llegue todavía a un nivel total de significación para describir las soluciones correctamente.

De manera predominante también se observa como los estudiantes asocian la formación de una mezcla homogénea con la presencia de un cambio químico, para muchos de ellos la

formación de una mezcla homogénea con lleva a la obtención de nuevas sustancias; sin embargo, cuando se da la posibilidad de separar la solución en sus componentes lo asocian con la existencia de una mezcla heterogénea. Desde el punto de vista de las dificultades del lenguaje es posible pensar lo anterior en términos de que los estudiantes no han alcanzado el nivel de asignación de significado que se requiere para dar cuenta de las soluciones en términos científicos.

Con menos intensidad pero presentes en este grupo de estudiantes están las explicaciones del proceso de solubilidad en términos de la naturaleza propia del tema objeto de estudio, partículas y moléculas y cierta tendencia a explicar la solubilidad únicamente en función de uno de los dos componentes, solo a partir del soluto o del solvente.

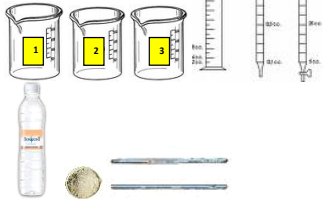
Dado que el primer PGA estaba orientado hacia el tratamiento de los conceptos clasificatorios asociados con las disoluciones, descartando el silencio de quienes no dieron respuesta a las diferentes preguntas durante la entrevista, se puede apreciar que en los diferentes grupos de capacidad mental se elaboraron explicaciones en distintos niveles de discriminación clasificatoria, por una parte, en los grupos de menor capacidad mental los argumentos para clasificar las mezclas homogéneas y heterogéneas se fundamentaron en lo que puede observarse directamente del procedimiento experimental; a diferencia de lo anterior, en los grupos de mayor capacidad mental se evidencia un esfuerzo por incorporar a las clasificaciones, explicaciones que trascienden lo meramente sensorial. Lo anterior, no significa que este progreso aparezca exento de dificultades de aprendizaje, que como se

verá más adelante acompañan también las respuestas relacionadas con las preguntas para el segundo PGA dedicado a los conceptos comparativos.

9.7.2. Análisis de las entrevistas para la situación problema del segundo PGA.

Como el caso del primer PGA, la presentación de los resultados correspondientes a las preguntas del segundo PGA durante la entrevista, se comienza con la presentación de la situación problema.

Tabla No.45: Descripción de la pregunta de alta demanda para el segundo PGA.

	PREGUNTAS FORMULADAS
<p><i>Presentación:</i> Con los materiales y sustancias dadas prepare las siguientes soluciones:</p>	Cuál es la solución menos salada?
<p>En el vaso de precipitados No. 1 colocar 100 ml de agua y adicionar los 1 g de cloruro de sodio, agitar hasta que se disuelva totalmente.</p> <p>Tomar de esta solución 20 ml y pasarlos al vaso de precipitados No.2, después completar con agua hasta un volumen de 100 ml.</p> <p>Tomar 30 ml de la sln No.2 y pasarla al vaso de precipitados No. 3 y completar con agua hasta 100 ml.</p>	Que procedimiento realizaría para aumentar la concentración de una solución de las ya preparadas, sin tener que adicionar más soluto?
	Cuál es la solución que tiene mayor volumen?

Resultados del grupo de capacidad mental 3 para las preguntas de la entrevista del segundo PGA.

Tabla No.46: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 3 a la primera pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: Cuál es la solución menos salada?	
Integrantes del grupo	Respuestas
6	No contestó
27	No contestó
11	No contestó
15	La solución más salada es la número 1 porque es la que tiene mayor volumen. Por que la solución 1 es la más salada si todas tienen el mismo volumen? A medida que se aumenta el solvente disminuye el soluto.
31	La solución menos salada es la número tres, porque al agregarle más agua disminuye el sabor

En las respuestas dadas por los estudiantes del grupo de capacidad mental 3, se observa que el estudiante 15 aunque compara acertadamente las soluciones preparadas, en su respuesta deja ver una relación equivocada en la que asocia un aumento de solvente con una disminución de la cantidad de soluto, es decir que expresa una proporción inversa entre el solvente y el soluto, se pierde masa cuando se diluye una solución. Esta es una dificultad de aprendizaje frecuente en quienes estudian los procesos de dilución en las soluciones, como lo plantea Raviolo (2004). Por otra parte, la respuesta del estudiante 31, deja ver claramente que hace un proceso de comparación adecuado de las soluciones preparadas y evidencia la conservación del soluto en los procesos de dilución sin mostrar claramente la variación de la proporcionalidad soluto-solvente, pues en este sentido solamente se limita a resaltar solamente la disminución del sabor. Aflora una vez más en esta respuesta, la aproximación a la comprensión de las soluciones en términos de lo perceptible en el macromundo, a través de lo que se puede percibir por los sentidos.

Tabla No.47: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 3 a la segunda pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: Cuál sería el procedimiento a seguir para aumentar la concentración de una solución de las ya preparadas, sin tener que adicionar más soluto?	
Integrantes del grupo	Respuestas
6	Calentando Qué ocurre con la concentración cuando se evapora una solución? Aumenta la concentración porque aumenta la cantidad de soluto. Cuando se calienta una solución de las preparadas, lo que se evapora es el solvente o la solución, es decir se evapora el agua o el agua salada? Claro que se evaporan las dos, el agua y la sal.
27	No contestó
11	No contestó
15	Agregándole más soluto a la solución más diluida.
31	No contestó

Las respuestas dadas por los estudiantes a la pregunta planteada y que se registran en la tabla No 47 evidencia, que por lo menos el estudiante 6, no tiene una comprensión clara de la relación proporcional de la concentración de una solución, pues atribuye únicamente la concentración a la cantidad de soluto presente y no a la relación soluto-solvente. Por otra parte, se puede observar en la segunda pregunta planteada en el diálogo que el estudiante manifiesta abiertamente la “evaporación” tanto del soluto como del solvente. Es de anotar que el estudiante con claridad manifiesta que una forma de concentrar la solución es mediante calentamiento si bien no conoce las razones por las cuales se da la concentración, pues supone que un aumento de temperatura podría crear soluto. La respuesta dada por el estudiante 15 muestra que realmente no entendió la pregunta.

Tabla No.48: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 3 a la tercera pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: Cuál es la solución que tiene mayor volumen?	
Integrantes del grupo	Respuestas
6	No contestó
27	Todas tienen el mismo volumen
11	No contestó
15	Como varia la cantidad de soluto cuando se diluye una solución? A medida que aumenta el volumen el soluto disminuye.
31	No contestó

Las respuestas presentes en la tabla No.48, muestran que ante la pregunta allí descrita, el estudiante 27 reconoce claramente que el volumen de todas las soluciones es el mismo, sin

embargo, el estudiante 15 nuevamente asocia una disminución del soluto con un incremento del solvente. Como se mencionará un poco más adelante esta es una dificultad de aprendizaje reconocida y estudiada por otros investigadores (Raviolo 2004); usualmente muchos estudiantes asocian en los procesos de dilución la producción o pérdida de soluto. Es de anotar que esta pregunta se formula en el contexto del desarrollo de la situación problema cuando los estudiantes insisten en que la solución más salada es la que tiene mayor volumen.

A manera de resumen, el análisis de las respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 3 a las preguntas planteadas permite destacar en primer lugar la idea errónea de que durante los procesos de dilución se crea o destruye soluto. El poco nivel de diferenciación y significación asociado a la variación de la proporción entre el soluto y el solvente como fundamento de la variación de la concentración de una solución cuando se diluye y la concepción también equivocada, de que por calentamiento se evaporan tanto el soluto como el solvente.

Resultados del grupo de capacidad mental 4 a para las preguntas de la entrevista del segundo PGA.

Tabla No.49: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 4A en la primera pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: Cuál es la solución menos salada?	
Integrantes del grupo	Respuestas
12	La tercera porque es la que tiene más agua
1	La tercera por ser la menos salada.
13	No contestó
17	No contestó
30	Le tercera

En las respuestas dadas por el estudiante 12 como se puede ver en la tabla No.49, se presenta una explicación para la variación de concentración basada en la presencia de uno

de los componentes de la solución, en este caso del solvente y no se tiene en cuenta la proporción en que se encuentran los dos componentes en las mezcla; así mismo, se observa que tanto en la respuesta del estudiante 1 y 30, no tienen una explicación a la misma, simplemente enuncian que la tercera es la menos salada, es decir aflora nuevamente la búsqueda de explicaciones a nivel de las propiedades que se pueden percibir por los sentidos, aquellas de naturaleza organolépticas.

Tabla No.50: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 4A en la segunda pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: Que procedimiento realizaría para aumentar la concentración de una solución de las ya preparadas, sin tener que adicionar mas soluto?	
Integrantes del grupo	Respuestas
12	Calentando la solución. Cuando se calienta la solución, se evapora únicamente el solvente o la solución? Yo creo que si está bien disuelta la sal en el agua, se evaporan los dos.
1	Calentando la solución. Cuando se calienta la solución, se evapora únicamente el solvente o la solución? Solo se evapora el agua, porque aunque aparentemente sea una mezcla homogénea en realidad no lo es porque cuando se empieza a calentar se observa la sal pegada en las paredes del recipiente, luego no es una mezcla homogénea sino heterogénea.
13	No contestó
17	No contestó
30	No contestó

En las respuestas que dan los estudiantes de este grupo para la pregunta planteada, las cuales se ilustran en la tabla No.50, se puede observar que si bien el estudiante 12 afirma que por calentamiento se puede obtener una solución más concentrada, no da una explicación clara a esta afirmación, pues en la respuesta a la pregunta durante el dialogo, la expresión “yo creo que si está bien disuelta la sal” hace pensar que no tiene claro el concepto de solución. Su nivel de diferenciación y discriminación conceptual es aún bajo. Una vez más se aprecia una dificultad de aprendizaje derivada del lenguaje.

En la respuesta del estudiante 1 se aprecia la forma como razona en la medida en que se trata de separar la solución por el proceso de calentamiento; la respuesta comienza con la afirmación de que solamente se evapora el solvente sin embargo, en la medida en que el soluto se separa de la solución el estudiante pierde de vista el concepto mismo de solución como mezcla homogénea para afirmar que en realidad ésta es una mezcla heterogénea.

Tabla No.51: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 4A en la quinta pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: Cuál es la solución que tiene mayor volumen?	
Integrantes del grupo	Respuestas
12	El mismo volumen
1	No contestó
13	Todas tiene el mismo volumen, lo que cambia es el soluto.
17	El mismo volumen
30	No contestó

Entre las respuestas dadas por los estudiantes a esta tercera pregunta y que se muestran en la tabla No.51, se puede ver, una vez más, la tendencia a referirse a la concentración de las soluciones en términos de uno de los componentes, se pierde de vista que la concentración es una relación proporcional entre el soluto y el solvente.

En síntesis, el análisis de las respuestas dadas por los estudiantes del grupo de capacidad mental 4A a las tres preguntas permite destacar: la idea de que la concentración de una solución depende de la cantidad de soluto o solvente pero no de la proporción de los dos, un bajo nivel de discriminación y asignación de significado al concepto de mezcla homogénea y la ganancia o pérdida de soluto durante el proceso de dilución.

Resultados del grupo de capacidad mental 4b para las preguntas de la entrevista del segundo PGA.

Tabla No.52 Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 4B en la primera pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: Cuál es la solución menos salada?	
Integrantes del grupo	Respuestas
5	No contestó
21	No...es la uno porque es la que tiene más sal, porque la tercera es la menos salada porque se le está agregando agua y así disminuye el sabor.
23	La tercera porque se le está agregando agua. Entre más cantidad de agua la solución va a ser menos salada porque el agua se encuentra en mayor cantidad y la sal en menor cantidad.
26	La primera porque tiene más volumen. Por qué la solución 1 es la más salada si todas tienen el mismo volumen? Porque a medida que se agrega agua disminuye la salinidad.
34	No contestó

Como se puede observar en la tabla No.52, las respuestas dadas por este grupo de estudiantes a la primera pregunta es un diálogo entre los integrantes del grupo, en efecto, lo que contesta el estudiante 21 hace referencia a lo que contesta el estudiante 23; mientras que el segundo de estos dos estudiantes afirma correctamente que la concentración depende de la proporcionalidad soluto-solvente el primero la niega y reitera la interpretación de la concentración de una solución en términos de uno de sus componentes, el soluto en este caso.

La respuesta del estudiante 26 revela su poca comprensión de la situación pues este estudiante no parece haber interpretado correctamente la solución problema ya que, no ha percibido que el volumen de las tres soluciones es el mismo, además si por salinidad lo que el estudiante quiso decir es “menos salada”, se estaría frente nuevamente a la explicación de las soluciones en términos sensoriales.

Tabla No.53: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 4B en la segunda pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: Que procedimiento realizaría para aumentar la concentración de una solución de las ya preparadas, sin tener que adicionar más soluto?	
Integrantes del grupo	Respuestas
5	cuando se calienta la solución para aumentar la concentración de esta, el agua se evapora y la sal se pega a las paredes del recipiente
21	Ponerla a hervir, así cuando hierva el agua se evapora, o sea que las moléculas del agua se vuelvan aire, lo cual no pasa con la sal porque el fuego no tiene la energía suficiente para romper las moléculas para que se puedan evaporar y es por eso que la sal se mantienen en la solución y el agua no y así las moléculas de sal hacen que sea más salada la solución. La temperatura es un factor determinante en la solubilidad, la sal se disuelve más fácilmente en el agua caliente porque es más fácil penetrar. La temperatura permite que las moléculas del soluto entren más fácilmente entre las moléculas del solvente y así el soluto se compenetra con el solvente rápidamente.
23	No contestó
26	Calentándola, porque al evaporar el agua la relación de soluto en el solvente va a ser mayor y por tanto será más salada. Cuando se evapora una solución que ocurre con la concentración? Aumenta la concentración por que disminuye la cantidad de solvente.
34	No contestó

En el dialogo que se presenta en la tabla No.53, entre el estudiante 26 y la investigadora se puede observar claramente que el estudiante 26 presenta un alto grado de discriminación significativa para la concentración de una solución, pues en sus respuestas evidencia correctamente como la concentración es función de la proporción en la que se encuentra el soluto y el solvente.

A diferencia de lo anterior, en las respuestas de los estudiantes 5 y 21 se puede apreciar que en primer lugar el primero de estos dos estudiantes acertadamente reconoce la posibilidad de aumentar la concentración de una solución por calentamiento, no obstante en el desarrollo de este procedimiento al observar la separación de la sal en la solución parece aceptar que tras la apariencia homogénea lo que existe es una mezcla heterogénea; que en segundo lugar en la primera parte de la respuesta dada por el estudiante 21 se observa como reconoce correctamente que el proceso de calentamiento es una forma de concentrar las soluciones, sin que tenga un nivel de discriminación significativa que le permita elaborar

una explicación correcta. Por el contrario, allí se percibe un nivel de significación muy superficial de los conceptos asociados con el proceso de concentración de una solución al expresar que la evaporación del agua conduce a que esta sustancia se transforme en aire y que el fuego no tiene energía suficiente para romper las moléculas del soluto; de la segunda parte de esta respuesta se destaca la idea de que en el proceso de solución las moléculas del soluto “entran entre las moléculas del solvente”. La atribución de comportamientos de objetos del macromundo al tema de las soluciones ya ha sido reportada por otros investigadores y es también reconocida como otra dificultad de aprendizaje; así mismo desde el punto de vista del lenguaje tal dificultad puede interpretarse como un bajo nivel de discriminación y de asignación de significado a los conceptos asociados con las soluciones (Tacettin 2003; Talanker 2011).

Tabla No.54: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 4B en la tercera pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: Cuál es la solución que tiene mayor volumen?	
Integrantes del grupo	Respuestas
5	El volumen de todas las soluciones es igual.
21	No contestó
23	No contestó
26	Todas tienen el mismo volumen.
34	No contestó

Como se puede apreciar en las respuestas dadas en la tabla No.54, los estudiantes no muestran ninguna dificultad para establecer comparaciones entre los volúmenes de las soluciones preparadas.

El análisis de las respuestas dadas por este grupo de capacidad mental a las preguntas de la entrevista permite decir que, en ellos persiste una visión superficial de los procesos asociados con una disolución al tratar de explicarlos solamente en términos de los

fenómenos que se pueden percibir a través de los sentidos y un bajo nivel de discriminación significativa para lo que es una solución, según esta carencia de discriminación en realidad lo que hay en el trasfondo es una mezcla heterogénea, se desconoce así que una mezcla heterogénea es aquella en la cual sus componentes se pueden diferenciar a simple vista.

Resultados del grupo de capacidad mental 5 para las preguntas de la entrevista del segundo PGA.

Tabla No.55: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 5 a la primera pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: Cuál es la solución menos salada?	
Integrantes del grupo	Respuestas
2	No contestó
9	No contestó
16	No contestó
20	No contestó
22	La número 1 porque es la que tiene menor volumen. Cuál es la solución de mayor volumen entre las que prepararon? lo que quiero decir es que la uno es la más salada por tener la mayor cantidad de soluto en ese solvente. Es decir que es la más concentrada.

Como se puede ver en la tabla No.55, en el diálogo entre el estudiante 22 y la investigadora en la primera parte de la respuesta se atribuye la concentración a uno solo de los componentes, el volumen en este caso; esta situación se corrige correctamente a partir de la pregunta que se muestra en el diálogo; en su nueva respuesta se observa que el estudiante reconoce la concentración como una relación soluto-solvente y se enfatiza la importancia de la intervención del docente para orientarlo a profundizar en los conceptos objeto de estudio. Se argumenta así en favor de los PGA y la entrevista dirigida como medio de ayudar a los estudiantes en la superación de sus dificultades de aprendizaje.

Tabla No.56: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 5 en la segunda pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: Que procedimiento realizaría para aumentar la concentración de una solución de las ya preparadas, sin tener que adicionar más soluto?	
Integrantes del grupo	Respuestas
2	No contestó
9	No contestó
16	Cuando se calienta la solución se aumenta la concentración, el agua se evapora y la sal no, queda en la solución.
20	No contestó
22	Calentándola, porque así el agua se evapora y la sal no. Cuando se calienta la solución, se evapora únicamente el solvente o la solución? Se evaporan los dos.

En las respuestas dadas por los estudiantes de este grupo de capacidad mental a la pregunta presentada, como se observa en la tabla No.56, se percibe en general que los estudiantes saben de qué están hablando, pues plantean correctamente que la forma de aumentar la concentración de un solución es por calentamiento; los argumentos son cortos pero en general correctos, debe notarse sin embargo, que en el dialogo entre el estudiante 22 y la investigadora se aprecia el error de concebir la evaporación de los dos componentes de la solución.

Tabla No.57: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 5 en la quinta pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: Cuál es la solución que tiene mayor volumen?	
Integrantes del grupo	Respuestas
2	No contestó
9	No contestó
16	No contestó
20	Todas tienen el mismo volumen.
22	No contestó

En las respuestas dadas por los estudiantes a esta pregunta como se indica en la tabla No.57, al igual que en el caso del grupo de capacidad mental 4B, los estudiantes no parecen tener ninguna dificultad con la comparación de los volúmenes de las soluciones preparadas y sus relaciones con la concentración.

En el análisis realizado para las respuestas de este grupo de capacidad mental a las preguntas de la entrevista se destaca nuevamente la idea de que la concentración de una solución depende solamente de la cantidad de uno de los componentes y la idea equivocada que por evaporación se libera tanto soluto como solvente.

Resultados del grupo de capacidad mental 6 para las preguntas de la entrevista del segundo PGA.

Tabla No.58: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 6 a la primera pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: Cuál es la solución menos salada?	
Integrantes del grupo	Respuestas
3	No contestó
7	La tercera porque cuando se aumenta la cantidad de solvente disminuye la concentración
18	La tercera, porque lo que pasa es que queda menos salada porque la proporción disminuye. Cuando se mezclan las dos sustancias, el sabor depende de la cantidad de soluto o de la cantidad de solvente?yo pienso que depende de la proporción, pues se puede disolver toda la sal en mucha agua y es poco salada, pero esa misma cantidad se puede disolver en menos cantidad de agua y será demasiado salada.
28	La tercera porque cuando se aumenta el solvente la cantidad de soluto se mantiene...no cambia.
32	No contestó
33	No contestó

De las tres respuestas dadas por los estudiantes a la pregunta, las cuales se ilustran en la tabla No.58, se destaca la del identificado con el número 18; en el diálogo sostenido entre este estudiante y la investigadora se aprecia claramente un alto nivel de discriminación conceptual asignado a la proporción soluto y solvente como base para explicar la concentración mediante procesos de dilución. La incertidumbre que aparece en la primera parte de la respuesta se aclara completamente en la segunda parte cuando responde a la pregunta del diálogo, particularmente en lo que sigue a la expresión "...yo pienso".... las otras dos respuestas de los estudiantes 28 y 7 de manera más somera pero que también son acertadas expresan correctamente la variación de la proporción soluto y solvente en los procesos de dilución.

Tabla No.59: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 6 en la segunda pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta Que procedimiento realizaría para aumentar la concentración de una solución de las ya preparadas, sin tener que adicionar más soluto?	
Integrantes del grupo	Respuesta de los estudiantes
3	Calentar
7	No contestó
18	Evaporar el solvente
28	Ebullición de la solución
32	Yo diría que calentándola, porque así el agua se evapora y la sal no. Durante el calentamiento los enlaces de sal son muy fuertes y no se rompen. Cuando se calienta la solución, se evapora únicamente el solvente o la solución? Se evaporan los dos, pero es que se evapora más rápidamente el agua.
33	No contestó

En los comentarios a manera de respuestas presentados por los estudiantes de capacidad mental 6, acerca de la pregunta planteada y que se ilustran en la tabla No.59, se puede observar como las tres respuestas apuntan a un proceso de calentamiento como forma de aumentar la concentración de la solución, sin embargo, las razones para esto no son muy claras solamente se limitan a mencionar procesos relacionados con el calentamiento, la evaporación y la ebullición; nótese también la tendencia, a relacionar el concepto de concentración con uno solo de los componentes de la misma. A partir del diálogo entre el estudiante 32 y la investigadora se resalta que de manera correcta el alumno manifiesta que se evapora el agua mientras el soluto queda en la solución, no obstante en el argumento que presenta para esto bien parece aceptar que el soluto permanece de manera molecular en la solución y no ionizado, pues afirma que no hay la energía suficiente para romper las moléculas de la sal. Finalmente, ante la pregunta formulada por la investigadora, equívocamente el estudiante manifiesta que durante el proceso de calentamiento se vaporiza tanto el soluto como el solvente.

Tabla No.60: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 6 en la tercera pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: Cuál es la solución que tiene mayor volumen?	
Integrantes del grupo	Respuestas
3	Todas tiene el mismo volumen
7	Igual para las tres
18	El mismo volumen en todas
28	Las tres soluciones miden 100ml
32	Todas tienen el mismo volumen
33	Las tres tienen el mismo volumen.

A diferencia de las respuestas dadas por los grupos de capacidad mental anteriormente analizados, en este caso, ninguno de ellos tiene duda en la comparación de sus volúmenes, manifiestan claramente que los volúmenes de las soluciones son exactamente iguales, véase la tabla No.60.

En síntesis, los resultados de este grupo de estudiantes frente a las preguntas planteadas en la entrevista muestran como tendencias generales entre otras las siguientes: aducir la variación de la concentración de una solución por procesos de dilución al aumento o disminución de uno de sus componentes, o al soluto o al solvente; también se destaca el hecho que en este grupo de capacidad mental, el de 6, aparecen respuestas un poco más elaboradas que en los grupos anteriores, pareciera que en los dos grupos de mayor capacidad mental 5 y 6 se alcanza un mayor nivel de asignación de significados discriminados y claros para los conceptos asociados a los procesos de dilución. También aflora en ellos el pensar que durante el proceso de calentamiento se evapora el soluto y el solvente.

Elementos sobresalientes a partir del análisis de los resultados de la entrevista para el segundo PGA.

Una visión global del análisis de los resultados hecho para los grupos de capacidad mental desde los valores más bajos hasta los valores más altos conlleva a destacar entre otros los siguientes aspectos: la idea equivocada que con los procesos de dilución se crea o se pierde soluto está presente en los grupos de capacidad mental 3 y 4A y desaparece en los grupos de mayor capacidad mental. Un bajo nivel de discriminación y asignación de significado para la concentración de las soluciones que progresivamente disminuye desde los grupos de menor capacidad mental hasta los grupos de mayor capacidad mental. La idea equivocada de que la concentración de una solución depende de la mayor o menor cantidad de solvente y no de la proporción entre los dos componentes. El argumento de que cuando se calienta la solución se evaporan tanto el soluto como el solvente se encuentra comúnmente presente en todos los grupos.

De cualquier manera, los grupos de capacidad mental más altos tienden a proporcionar mejores respuestas que los estudiantes de menor capacidad mental, pues en sus afirmaciones se logra percibir una mayor claridad conceptual.

Nótese que al leer las respuestas de los estudiantes a las preguntas de la entrevista desde las correspondientes al grupo de capacidad mental 3 al de capacidad mental 6, los estudiantes de mayor capacidad mental elaboran respuestas no solamente más claras y enriquecidas conceptualmente sino también muestran un nivel de pensamiento más relacional y lógico, por ejemplo la respuesta del estudiante 16 del grupo de capacidad mental 5 en la tabla No. 56, y las de los estudiantes 7, 18 y 28 del grupo de capacidad mental 6 en la tabla No.58.

Puesto que el segundo PGA estaba orientado hacia el desempeño de los estudiantes en los conceptos comparativos, haciendo caso omiso de quienes no respondieron, en general se aprecia que los estudiantes de los grupos de mayor capacidad mental elaboran respuestas con mayor nivel de discriminación y asignación de significado mostrando además niveles de pensamiento más relacional y lógico. No obstante, estos procesos no están exentos de algunas dificultades de aprendizaje reportadas ya en otras investigaciones y la densidad de las sustancias que se mezclan como factor que determina el proceso de disolución; como ya se mencionó esta es una dificultad no reportada en otras investigaciones.

9.7.3. Análisis de las entrevistas para la situación problema del tercer PGA.

Continuando con el análisis de los resultados obtenidos a partir de los instrumentos de recolección de datos, corresponde en esta sección la presentación y el análisis de los datos obtenidos a partir de las entrevistas durante el desarrollo de la situación problema del tercer PGA. Para tal efecto se sigue la misma estructura empleada para la presentación de los dos PGA anteriores.

Nótese que la pregunta “en que unidades se puede expresar la concentración de estas disoluciones”, no forma parte de la entrevista pues está asociada directamente a la situación problema y por tanto los resultados respectivos se analizaron con el desarrollo de la situación problema por parte de los estudiantes en forma escrita en la sección 9.3 de este trabajo.

Resultados del grupo de capacidad mental 3 para las preguntas de la entrevista del tercer PGA.

Durante el trabajo de los alumnos para realizar la tarea presentada anteriormente, la investigadora formuló las tres preguntas cuyos enunciados se presentan en la tabla No. 61, junto con la situación problema del tercer PGA.

Tabla No. 61: descripción de la situación problema en el tercer PGA y las preguntas prediseñadas para la entrevista durante su desarrollo.

Situación problema	Preguntas de la entrevista
<p><u>Presentación de la situación problema:</u> Con los materiales y sustancias dadas preparar cada una de las disoluciones de NaOH en agua que se enuncian a continuación. Hecho esto preparar y determinar la concentración de la solución problema.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <u>La disolución No. 1</u> se prepara colocando 6 g de NaOH y completando con agua un volumen de 250 ml. 2. <u>La disolución No. 2</u> se prepara colocando 3 g de NaOH y completando con agua un volumen de 200 ml. 3. <u>La disolución No. 3</u> se prepara tomado la mitad de la solución No.1 y adicionando agua hasta un volumen de 200 ml. 4. <u>La disolución problema</u> se prepara colocando en un vaso de precipitados 40 ml de la disolución No.1; 80 ml de la disolución No. 2 y 45 ml de la disolución No.3 <p>¿En qué unidades se puede expresar la concentración de estas disoluciones?</p>	<p>Cuál es la solución más diluida?</p> <p>Las unidades de concentración son aditivas?</p> <p>Como se puede calcular la concentración de la solución problema?</p>

Como se puede observar en la tabla No. 61 de los cinco integrantes del grupo solo dos de ellos dieron alguna respuesta a la pregunta formulada, los demás guardaron silencio.

Tabla No.62: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 3 a la primera pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: Cuál es la solución más diluida?	
Integrantes del grupo	Respuestas
6	La solución más diluida es la número 1.
27	No...la más concentrada es la primera porque tiene un mayor valor de M
11	No contestó
15	No contestó
31	No contestó

Una mirada a las dos respuestas muestra que entre los dos estudiantes se abre un diálogo que propende avanzar hacia la búsqueda de la respuesta, sin embargo la primera es corta y enunciativa mientras que la segunda es negativa y argumentativa. Si bien en ambos casos se aprecia algún grado de interpretación de la situación, con significado en el contexto químico, quien dio la primera respuesta parece asignar menos significado discriminado y diferenciado que el segundo, con lo cual parece aflorar en él una dificultad de aprendizaje asociada al lenguaje de la química como fundamento de su respuesta equivocada. Contrasta con esta respuesta la del estudiante 27 quien aclara a su compañero de manera correcta, porque la primera no es la solución más diluida sino por el contrario es la más concentrada, en efecto la Molaridad de la primera solución es 0.6 M, superior a la concentración de las otras soluciones, que es de 0.375 M, como pudo observar la investigadora en los cálculos elaborados por el estudiante en su hoja de trabajo, véase figura No. 56.

Figura No. 57: hoja de trabajo del estudiante 27 en la resolución de la situación problema en el tercer PGA.

<p><u>Disolución No. 1</u></p> <p>6gr de NaOH 250 ml de Soln.</p> <p>NaOH 22 16 1 39gr → 1mol 6gr → 0.15 0.25 l</p> <p>$[M] = \frac{0.15}{0.25} = 0.6$</p>	<p><u>Disolución No.2</u></p> <p>3gr de NaOH 200 ml de Soln.</p> <p>NaOH 22 16 1 39gr → 1mol 3gr → 0.07 0.2</p> <p>$[M] = \frac{0.07}{0.2} = 0.35$</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabla No.63: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 3 a la segunda pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: Las unidades de concentración son aditivas?	
Integrantes del grupo	Respuestas
6	No contestó
11	No contestó
15	No contestó
27	No contestó
31	No contestó

Tabla No.64: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 3 a la tercera pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: Como se puede calcular la concentración de la solución problema?	
Integrantes del grupo	Respuestas
31	Se suman las concentraciones de cada una de las soluciones.
27	No contestó
15	No contestó
11	No contestó
6	No contestó

A partir de los datos de las tablas No. 63 y 64 se puede observar que ante las dos últimas preguntas, en la mayoría de los integrantes de este grupo de capacidad mental el silencio se hace mayor; la respuesta dada por el estudiante 31 asume sin ambages que las concentraciones de las soluciones son aditivas; la mera suma de las concentraciones de las tres soluciones que integrarían la situación problema en sí mismas no conduce a la concentración de dicha solución dado que se omite por completo sus volúmenes; una vez más de conformidad con la respuesta de este estudiante parece que subyace una dificultad asociada a un bajo nivel de discriminación y diferenciación de los significados asociados al lenguaje de la química relativo a las disoluciones, en este caso específicamente al cálculo de la concentración de una solución.

En síntesis las respuestas dadas por los integrantes de este grupo de capacidad mental a las preguntas formuladas durante el desarrollo de esta situación problema aparecen matizadas por una tendencia al silencio y a la posible presencia de dificultades de aprendizaje asociadas al lenguaje de las soluciones. Finalmente, el progreso de este grupo hacia la resolución de la situación problema no fue más allá del cálculo correcto de las concentraciones de las soluciones 1 y 2 como se puede observar en la figura No. 56.

Resultados del grupo de capacidad mental 4a para las preguntas de la entrevista del tercer PGA.

Tabla No. 65: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 4A a la primera pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: Cuál es la solución más diluida?	
Integrantes del grupo	Respuestas
1	No contestó
12	No contestó
13	La disolución más diluida es la primera...es que lo realmente difícil es saber cuál es la más diluida.
17	No contestó
30	No contestó

Como se observa en la información que se encuentra en la tabla No. 65, la mayoría de los integrantes del grupo de capacidad mental 4A, guardaron silencio en relación con esta pregunta y la única respuesta dada muestra un alto grado de inseguridad en quien la produce; en la primera parte afirma que la solución más diluida es la primera pero seguidamente expresa duda y aduce como dificultad para responderla la naturaleza misma de la situación, a través de una expresión poco clara “es que lo realmente difícil es saber cuál es la más diluida”. Esta respuesta, con fundamento en la observación de la investigadora refleja en primer lugar, una aproximación espontánea del estudiante a producir una respuesta, pero a su vez, la duda representa una expresión de reflexión interna que lo llevaría a analizar más la pregunta y a operar con los datos que tiene para producir la respuesta, sin que lo haya logrado.

Tabla No.66: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 4A a la segunda pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: Las unidades de concentración son aditivas?	
Integrantes del grupo	Respuestas
1	No contestó
12	No contestó
13	No contestó
17	No contestó
30	No contestó

Tabla No.67: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 4A a la tercera pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: Como se puede calcular la concentración de la solución problema?	
Integrantes del grupo	Respuestas
1	No contestó
12	No contestó
13	No contestó
17	Basta con calcular el volumen total de la solución y sumar los valores de concentración de cada una de las preparadas anteriormente y se hace la división y ya.
30	No contestó

De manera similar a los datos del grupo de capacidad mental 4A, las respuestas de los integrantes de este grupo a la segunda y tercera pregunta, presentadas en las tablas No. 67 y 71 tienen en común el silencio en la respuesta a la segunda pregunta y de la mayoría de ellos a la tercera, solo un estudiante la respondió. En relación con la respuesta propiamente dicha en el estudiante 17, se puede apreciar un nivel relativamente alto de asociación de significado en el contexto químico en su aproximación a la solución del problema, el cálculo de la concentración de una solución dada. Coloquialmente se puede decir que sabe de qué se trata la situación; sin embargo, la expresión “se hace la división y ya”, por una parte, parece denotar seguridad y conocimiento total de la situación y por otra, una aproximación rápida a producir una respuesta. Dado que para calcular la concentración de la solución problema no basta con sumar las concentraciones de las componentes y saber el volumen total, sino que es necesario calcular el número de moles en cada una de las porciones de las soluciones que forman parte la situación problema, la respuesta de este estudiante es incorrecta. Así, no queda otro camino que aceptar para este caso que el autor de la misma apenas tiene un nivel intermedio de significación para el concepto de concentración de una solución; le falta discriminación de significado para adelantar los pasos que le siguen en su análisis, entre ellos para calcular el número de moles de soluto en una muestra de solución de concentración conocida. De conformidad con estos resultados,

en concordancia de los hallazgos de Raviolo (2004), emerge aquí una dificultad de aprendizaje de las soluciones asociada con el concepto de proporcionalidad, sumada a una carencia de asignación y discriminación de significado a los códigos de comunicación utilizados en la química.

En resumen, los datos provenientes de las respuestas de los estudiantes dadas a las preguntas formuladas en la entrevista, permiten establecer una tendencia según la cual, la mayoría de los participantes guarda silencio parcial a las preguntas 1 y 3 y total a la 2, con asomos de dificultades de aprendizaje relacionadas con el lenguaje y la naturaleza propia del tema objeto de estudio, en este caso, con el dominio conceptual y operativo matemático en relación con la proporcionalidad entre el soluto y el solvente que acompaña los cálculos para determinar las concentraciones de las soluciones.

Resultados del grupo de capacidad mental 4B para las preguntas de la entrevista del tercer PGA.

Tabla No.68: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 4B a la primera pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: Cuál es la solución más diluida?	
Integrantes del grupo	Respuestas
5	No contestó
21	La más diluida es la solución 3 porque tiene mayor cantidad de agua, además que el valor de la solubilidad es bajo. La cantidad de soluto es la que permite diferenciar entre una solución saturada, insaturada y sobresaturada.
23	No contestó
26	No contestó
34	La más concentrada es la 3 porque es la que tiene la mayor concentración molar.

En relación con la primera pregunta, los datos presentados en la tabla No. 68, muestran como tres integrantes del grupo guardaron silencio ante la misma y dos la abordaron. Con

las respuestas dadas por los estudiantes cabe resaltar entre otros los siguientes aspectos: en la respuesta dada por el estudiante 21 se pueden diferenciar dos argumentos en la primera parte de la misma; el que hace referencia a la dilución por la presencia de una mayor cantidad de agua y el complementario relacionado con la baja solubilidad. Cuando el estudiante afirma que la solución 3 es la más diluida por tener mayor cantidad de agua, seguramente se fundamenta en el hecho de que ésta se preparó tomando 125 ml de la sln No. 1 y adicionando agua hasta un volumen de 200 ml. Así, la concentración de esta solución es de 0.375 M, que si bien es la más diluida el argumento para esto no es la mayor cantidad de agua; claramente el estudiante no tiene en cuenta la proporcionalidad existente entre el soluto y el solvente para establecer una comparación entre los valores de concentración, sin el parámetro de proporción su razonamiento se centra erróneamente en la cantidad de solvente para dar su respuesta. En el argumento complementario, una vez más se presenta la ausencia del concepto de proporcionalidad para determinar la concentración de una solución, dado que se fundamenta solamente en la cantidad de soluto para discernir entre una solución saturada, insaturada y sobresaturada. Esta dualidad: la cantidad de solvente es la causa de la dilución y el soluto la razón de la concentración impide que el estudiante discrimine y diferencie claramente el concepto de concentración y por tanto el cálculo de sus valores.

En general, en esta respuesta la dificultad de aprendizaje parece estar asociada, por lo menos en parte, con el lenguaje y en parte con la naturaleza propia del tema objeto de estudio, como ya lo demostrara Raviolo (2004).

Por otra parte, la respuesta dada por el estudiante 34 es equivocada dado que como se expresó en el párrafo anterior esta es justamente una de las soluciones más diluidas; lo que hace suponer que quien produce, la respuesta, carece del nivel de discriminación y significación suficiente de la expresión que relaciona la cantidad de soluto en una cantidad dada de solvente para establecer la concentración.

En relación con el progreso de este grupo al igual que sucede con el grupo de capacidad mental 3, del primero al tercer PGA se aprecia que su progreso fue bajo, en términos de los conceptos métricos solamente alcanzaron a determinar correctamente la concentración de las soluciones 1 y 2, como se puede observar en la figura No.51 del análisis de los respectivos resultados.

Tabla No.69: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 4B a la segunda pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: Las unidades de concentración son aditivas?	
Integrantes del grupo	Respuestas
5	No contestó
21	No contestó
23	No contestó
26	No contestó
34	No contestó

Tabla No.70: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 4B a la tercera pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: Como se puede calcular la concentración de la solución problema?	
Integrantes del grupo	Respuestas
5	No contestó
21	Sumando los volúmenes de cada una y después se hace la división.
23	No contestó
26	No contestó
34	No contestó

Según los datos presentados en las tablas No. 69 y 70 ningún estudiante respondió la pregunta 2 y solo uno abordó la tercera pregunta. Situación muy semejante a los resultados

analizados para los grupos de capacidad mental 3 y 4A presentados anteriormente. Una reflexión acerca de la respuesta dada por el estudiante 21 permite establecer que en principio puede tratarse de una expresión segura y de alto nivel de contenido o también de una respuesta rápida y espontánea. Puesto que de acuerdo a la observación de la investigadora y a los resultados escritos presentados por el grupo, véase Tabla No. 54 no se confirma el dominio conceptual aparente, puesto que no lograron calcular la concentración de la tercera solución y la solución problema, solo queda aceptar que se trata de una respuesta incorrecta y poco analizada. Si bien, el procedimiento correcto para obtener la concentración de la solución problema implica entre otros pasos la adición de los volúmenes de las fracciones de las soluciones que se mezclan, cuando el estudiante afirma que “se hace la división” no es claro cuáles son los valores que se emplean en dicho cociente.

En general, los datos suministrados por los participantes de este grupo de capacidad mental para las tres preguntas presentan como fundamento de sus dificultades de aprendizaje los dos aspectos ya mencionados en los grupos de capacidad mental anterior: el lenguaje y la naturaleza propia del tema objeto de estudio en términos de la ausencia del concepto de proporcionalidad.

Resultados del grupo de capacidad mental 5 para las preguntas de la entrevista del tercer PGA.

Tabla No.71: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 5 a la primera pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: Cuál es la solución más diluida?	
Integrantes del grupo	Respuestas
2	La segunda es la más diluida...la solución problema es más concentrada que la sln 2 y la sln 3, pero menos concentrada que la sln 1.
9	No contestó
16	No contestó
20	Los valores de la concentración de la solución son: 1=0.6M, 0.35 M y 0.45 M, la tercera es la más concentrada porque 0.45 es mayor que 0.6.
22	No contestó

Con los datos presentados en la tabla No. 71, se observa que esta pregunta fue contestada por dos estudiantes y que tres no la respondieron. La reflexión sobre las dos respuestas dadas, permite destacar los siguientes aspectos: la respuesta del estudiante 2 es totalmente correcta; al respecto la observación de la investigadora permitió establecer que los procedimientos y el manejo de las operaciones adelantadas por este estudiante en el contexto del trabajo en grupo eran totalmente correctos. Así, la respuesta del estudiante además de ser coherente se fundamenta en los valores correctos del cálculo de las concentraciones para cada una de las soluciones planteadas. En relación con la respuesta del estudiante 22, aunque se observa una aproximación numéricamente correcta para las dos primeras soluciones, el valor de la concentración para la solución 3 es incorrecto, además en el argumento de comparación presentado al final de la respuesta se presenta una inexplicable equivocación lógica dado que 0.45 no es mayor que 0.6. No obstante, a pesar de lo anterior y quizá gracias al liderazgo del estudiante 2 el grupo logra resolver correctamente toda la situación problema.

El análisis de la respuesta del estudiante 20 conduce a la siguiente reflexión: por un error de interpretación de la situación problema, él asumió como la mitad del volumen de la

primera solución un valor de 150 ml cuando en realidad era de 125 ml, con este valor errado calculó el número de moles y dividió por el volumen de la solución para obtener el valor de 0.45 M. Nótese que en este caso, si bien es un error asociado con el lenguaje no puede atribuirse a carencia de discriminación de significados sino a lo que podría llamarse un error de lectura, que sin duda, se aclaró y corrigió en el trabajo colectivo del grupo camino a la obtención de la respuesta correcta para toda la situación problema; es una evidencia del producto que se deriva de un buen trabajo en equipo, los estudiantes de mayor capacidad ayudan a aquellos que por diversas razones no avanzan con la velocidad que lo hacen otros.

Tabla No.72: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 5 a la segunda pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: Las unidades de concentración son aditivas?	
Integrantes del grupo	Respuestas
2	No contestó
9	No contestó
16	No contestó
20	No contestó
22	No contestó

Tabla No.73: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 5 a la tercera pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: Como se puede calcular la concentración de la solución problema?	
Integrantes del grupo	Respuestas
2	No contestó
9	No contestó
16	No contestó
20	No contestó
22	Se hace una regla de tres para determinar la molaridad de la muestra de la sln; es decir, a partir del volumen y la concentración de la sln inicial se determina M y al final se suman todas y se divide por el volumen total. La concentración de una sln cambia al sacar una muestra de esta misma? ...No porque la proporción se mantiene y por tanto la concentración no se modifica.

En relación con las preguntas dos y tres, los datos correspondientes a las respuestas de este grupo de capacidad mental, presentados en las tablas No. 72 y 73, muestran como todos los integrantes guardaron silencio ante la segunda pregunta, pero uno de ellos

respondió a la tercera. La reflexión sobre la respuesta dada por el estudiante 22 a la pregunta 3 muestra que inicialmente el autor toma un camino equivocado para calcular la concentración, pues mediante regla de tres se asume una proporcionalidad directa de la relación soluto- solvente para la concentración, cuando en realidad se trata de una proporción inversa. Hasta este momento la dificultad proviene de la naturaleza propia de los temas objeto de estudio, sin embargo y dada la continua observación e intervención de la investigadora, se logró establecer que mediante el planteamiento de reglas de tres el estudiante pretendía calcular la concentración de la fracción de solución que debía mezclar; fue por esta razón que la investigadora le formuló la siguiente pregunta: **La concentración de una solución cambia al sacar una muestra de esta misma?** La reflexión del grupo de estudiantes frente a esta nueva pregunta les permitió identificar el error y reorientar el desarrollo de los cálculos en forma correcta logrando así superar una dificultad de aprendizaje asociada al lenguaje y a la naturaleza propia del tema objeto de estudio en este caso las soluciones en términos de proporcionalidad soluto-solvente.

En síntesis los resultados analizados para el grupo de capacidad mental 5 muestran que sus respuestas a las preguntas en términos generales son correctas alcanzando la realización correcta de los cálculos requeridos para dar respuesta a la situación problema. Sin que esto signifique una ausencia total de dificultades de aprendizaje asociadas con el lenguaje y la naturaleza propia del tema objeto de estudio que se fueron superando paulatinamente. Véase figura No. 52.

Resultados del grupo de capacidad mental 6 para las preguntas de la entrevista del tercer PGA.

Tabla No.74: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 6 a la primera pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: Cuál es la solución más diluida?	
Integrantes del grupo	Respuestas
3	No contestó
7	No contestó
18	La disolución más diluida es la última porque es a la que se le está agregando agua.
28	No contestó
32	No contestó
33	No contestó

A diferencia de lo que ha mostrado la información analizada para los cuatro grupos de capacidad mental ya descritos, los correspondientes al grupo de capacidad mental 6 sintetizados en las tablas No. 74, 75 y 76, muestran que el mismo estudiante respondió a las tres preguntas, pero de manera similar la mayoría de ellos guardó silencio para las mismas. En la respuesta a la primera pregunta el estudiante selecciona la solución más diluida de forma correcta, la número 3, pero utilizando un argumento poco apropiado, puesto que aduce como razón de su elección un proceso solamente de dilución o adición de solvente; según esta forma de pensar la solución 2 tiene mayor concentración que la solución 3, porque se prepara por adición de 3 g de soluto en un volumen de 200 ml, mientras que la solución 3 se obtiene a partir de la solución 1 por un proceso de dilución. Esta forma de razonar es muy común entre quienes estudian las soluciones como ya lo demostraran otras investigaciones (Raviolo, 2004; Gabel, 1999; Fernández, 1988), en el fondo lo que existe es la carencia de comprensión del proceso mismo de dilución, se pierde de vista que la dilución implica una variación en la relación de proporcionalidad soluto solvente la cual se hace menor durante el proceso.

Tabla No.75: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 6 a la segunda pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: Las unidades de concentración son aditivas?	
Integrantes del grupo	Respuestas
3	No contestó
7	No contestó
18	La concentración depende de las cantidades y de las proporciones en las que se toman en las muestras.
28	No contestó
32	No contestó
33	No contestó

Con referencia a la respuesta de este estudiante para la segunda pregunta, si bien su expresión no es totalmente clara, es correcta, así se logró establecer mediante la observación de la investigadora en los procedimientos y cálculos adelantados en la hoja de trabajo, como se puede ver en la figura No.54. Se trata entonces de una situación en la cual el estudiante evidencia claro conocimiento de los procedimientos y operaciones necesarias para resolver la situación problema de manera escrita pero presenta algún grado de limitación para expresarlo de manera verbal. Esta limitación asociada con el lenguaje no puede asumirse como dificultad de aprendizaje sino más bien como un bajo nivel de la capacidad de expresión oral del autor.

Tabla No.76: Respuestas dadas por los estudiantes de capacidad mental 6 a la tercera pregunta relacionada con la situación problema.

Pregunta: Como se puede calcular la concentración de la solución problema?	
Integrantes del grupo	Respuestas
3	No contestó
7	No contestó
18	La concentración se puede calcular determinando la cantidad de soluto en cada una de las muestras que se toman de las soluciones ya preparadas, sumar el total del volumen y finalmente se hace la división.
28	No contestó
32	No contestó
33	No contestó

Un análisis semejante hecho para la respuesta dada por el estudiante para la pregunta 3, permite establecer que aparece una vez más la misma limitación; los procesos y operaciones seguidos para lograr la respuesta correcta a toda la situación problema en

forma escrita evidencian la ausencia de dificultades de aprendizaje, sin embargo, su nivel de expresión aún requiere de mejoramiento.

A manera de síntesis, el análisis realizado para la información correspondiente a las respuestas del grupo de capacidad mental 6 para las tres preguntas relativas a la situación problema, a diferencia de lo establecido para los grupos de capacidad mental anterior muestra entre otros aspectos los siguientes: continúa la presencia del silencio en la mayoría de los integrantes, un estudiante respondió a la pregunta dos que ninguno de los de capacidad mental anteriores lo había hecho y que la presencia de dificultades de aprendizaje en este estudiante disminuyó drásticamente. Es de anotar, sin embargo que la expresión del conocimiento adquirido en relación con el tema de las soluciones se hace más evidente en la forma escrita que en la expresión oral.

Elementos sobresalientes a partir del análisis de los resultados de la entrevista para el tercer PGA.

Un barrido general de la información analizada para las respuestas de los grupos de capacidad mental desde el 3 hasta el 6, permite destacar entre otras las siguientes tendencias: el silencio de los estudiantes está presente en todos los grupos de capacidad mental, bien sea por temor a la grabación o por carencia total de conocimiento acerca de cada una de las preguntas; la presencia y su disminución paulatina desde el grupo 3 hasta el grupo 6 de las dificultades de aprendizaje asociadas con el lenguaje y con la naturaleza propia del tema objeto de estudio, en este caso de las soluciones y finalmente, la aparición en un estudiante de algún grado de limitación para manifestar oralmente sus conocimientos

evidenciados por escrito en relación con los cálculos necesarios para la determinación de la concentración de una solución en procesos de dilución y mezcla.

Desde la tradición investigativa es claro, a partir de los trabajos de otros investigadores, que los datos recolectados mediante grabación, filmación o video grabación se encuentran afectados por el impacto diferente que causa en cada individuo el expresarse frente a un equipo, por tanto, los datos anteriores no están exentos de esta limitación. Posiblemente los estudiantes que no manifestaron ninguna respuesta lo hicieron a causa de este impacto.

Por otra parte y desde el punto de vista del procesamiento de información la no respuesta puede aducirse: primero a la inexistencia en el sujeto de información relacionada con el tema para procesar u operar sobre ella; segundo a la carencia en el sujeto de “trucos” o habilidades para procesarla o a una combinación de las dos. Nótese que la ausencia de información relacionada con el tema está íntimamente ligada a la inexistencia de significados para los significantes, en estos términos la ausencia de respuesta por parte de la mayoría de los estudiantes podría implicar en ellos la carencia total de significados sobre el tema de las soluciones y sus conceptos asociados. Cuando un estudiante no ha elaborado en su mente ningún significado para un significante determinado no tiene nada que expresar ni de manera escrita ni de manera oral.

En términos del progreso de los grupos de estudiantes desde los de capacidad mental 3 hasta los de capacidad mental 6, del primero al tercer PGA, vale decir desde los conceptos clasificadorios hasta los conceptos métricos pasando por los comparativos en términos generales se puede decir que el análisis de resultados de la entrevista muestra :

Los estudiantes de menor capacidad mental presentan de manera acentuada dificultades de aprendizaje básicamente asociadas con el lenguaje, con la asociación de la formación de mezclas homogéneas como cambio químico, con la creación y pérdida de soluto en los procesos de dilución y con la variación de la concentración de una solución debida solamente a la mayor o menor cantidad de soluto o de solvente; estas dificultades que fueron superadas lentamente del primero al tercer PGA no alcanzaron el nivel de superación suficiente para resolver a cabalidad la situación problema planteada en el tercer PGA, en efecto, los grupos de capacidad mental 3 y 4A solamente alcanzaron a calcular correctamente las concentración de las soluciones 2 y 3 respectivamente. Nótese sin embargo, que el grupo de capacidad mental 4B apenas supero dificultades para calcular la concentración de la solución No. 2.

Los estudiantes de capacidad mental más alta superaron las dificultades en grado tal que alcanzaron correctamente a resolver a cabalidad toda la situación problema requerida. Sin que esto signifique la superación total de las dificultades con las cuales se encontraron, básicamente las mismas enunciadas anteriormente, todos los integrantes de los grupos muestran en los resultados la presencia de un trabajo liderado por uno o dos de los integrantes, los que llevaron a cabo los cálculos y respondieron las preguntas.

9.7.4. Análisis complementario de los resultados provenientes de la aplicación de los PGA y de la entrevista dirigida.

El análisis y la interpretación de los resultados provenientes de la aplicación de los tres PGA y de la entrevista dirigida analizados anteriormente, permite resaltar entre otros aspectos los siguientes:

El análisis de los resultados provenientes de la entrevista confirman y amplían los hallazgos derivados del análisis de los PGA; los confirma en la medida que los análisis de las respuestas a las preguntas planteadas muestra como los estudiantes de menor capacidad mental en sus expresiones manifiestan argumentos poco elaborados y menos claros que los grupos de mayor capacidad mental; en las expresiones de estos últimos estudiantes se aprecia no solamente una tendencia a utilizar términos científicos apropiados sino también un mayor nivel de pensamiento relacional sin que esto signifique un dominio total de los significados científicos para estos términos.

Se amplían los resultados anteriores en la medida que al analizar las expresiones de respuesta de los estudiantes a las distintas preguntas se aprecia claramente las dificultades de aprendizaje no relacionadas con la capacidad mental y la demanda de la tarea, de manera puntual y precisa, este es el caso por ejemplo de la confusión entre cambio físico y cambio químico, creación o pérdida de soluto en un proceso de dilución, desaparición del soluto en el proceso de disolución, la confusión entre el volumen de la solución y el volumen del solvente, la posible evaporación del soluto y del solvente cuando se calienta una solución y la poca comprensión de la proporcionalidad del soluto y el solvente como fundamento para el cálculo de las concentraciones.

Existe una relación de dependencia entre la capacidad mental de los estudiantes y la demanda de las subpreguntas planteadas para disminuir la demanda de cada una de las situaciones problema planteadas para los conceptos clasificatorios, comparativos y métricos en los PGA, sin que esta sea la única explicación para los desempeños de los estudiantes puesto que a lo largo del análisis quedó claro que existen otros factores determinantes entre los que se pueden mencionar los derivados del lenguaje, los conocimientos previos y la naturaleza propia de los temas objeto de estudio en orden decreciente de importancia.

Si bien los tres últimos factores mencionados como influyentes en el desempeño de los estudiantes hicieron su asomo durante el análisis de los resultados relacionados con la aplicación de los PGA propiamente dicha, fue el análisis de los resultados de la entrevista los que permitieron establecer su presencia de una manera más evidente.

Los desempeños de los estudiantes muestran una tendencia creciente a su mejoramiento desde el PGA1 hasta el PGA3 esto es, desde los conceptos clasificatorios hasta los conceptos métricos observándose un mejor desempeño en los conceptos comparativos, desarrollados a través del PGA2.

En términos de dificultades de aprendizaje, si bien la participación de los estudiantes en los tres PGA permitió la superación paulatina de ellas, las dificultades no fueron superadas totalmente por todos los estudiantes, pues no todos lograron niveles de resolución total de la situación problema en el PGA3. Este hecho puede interpretarse en términos de que, como es bien sabido ninguna estrategia didáctica, en este caso los PGA, es eficiente para la enseñanza de todos los temas ni para el aprendizaje de todos los estudiantes. Las dificultades de aprendizaje asociadas con el lenguaje pueden requerir de estrategias de

enseñanza diferentes a los PGA, de la misma manera, las derivadas de los conocimientos previos y las relacionadas con la naturaleza de los temas también lo requieran. Sin embargo, el análisis de los resultados muestra una tendencia a que los PGA favorecen, por lo menos parcialmente, la superación de esas dificultades de aprendizaje.

A diferencia de los hallazgos reportados por otros investigadores, en lo que puede considerarse como un aporte puntual de esta investigación, los estudiantes mostraron una tendencia a describir la formación o no de mezclas homogéneas en términos de la densidad de las sustancias que intervienen; en general, para sus explicaciones y descripciones los estudiantes emplearon conceptos de la cotidianidad y trataron de hacerlo simplemente a partir de las percepciones sensoriales sin usar para tal efecto de manera significativa la terminología científica.

Por otra parte, y al igual que la observación hecha para la densidad, en uno de los diálogos llevados a cabo con los estudiantes durante la entrevista quedó claro que para algunos de ellos una mezcla homogénea o solución no es en realidad sino una manera de ocultar lo que es una mezcla heterogénea pues como bien lo expresa uno de los estudiantes en realidad lo que aparece homogéneo a la vista corresponde simplemente a una mezcla heterogénea: *“Solo se evapora el agua, porque aunque aparentemente sea una mezcla homogénea en realidad no lo es porque cuando se empieza a calentar se observa la sal pegada en las paredes del recipiente, luego no es una mezcla homogénea sino heterogénea”*; esta forma de concebir las soluciones bien puede ser objeto de una nueva investigación, ¿son en realidad las mezclas homogéneas o soluciones un disfraz de una mezcla heterogénea?.

En esta como en otras investigaciones ya reportadas en la literatura aparecen también las dificultades de aprendizaje asociadas con la tendencia de los estudiantes a pensar que la formación de mezclas homogéneas son un cambio químico, que el volumen del solvente es igual al de la solución, que en un proceso de dilución se crea o se destruye soluto y que durante el proceso de disolución el soluto desaparece; estos aspectos a través de la discusión de los resultados se han ligado o se han asumido como dificultades derivadas del lenguaje, específicamente al bajo nivel de significación asignados por los estudiantes a los términos que científicamente se emplean para dar cuenta de los fenómenos asociados con las disoluciones, a la carencia de conocimientos previos o a la naturaleza propia objeto de estudio, en este caso de los conceptos asociados a las disoluciones.

10. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos mediante los instrumentos de recolección de información en esta investigación presentados y analizados anteriormente se derivan entre otras las siguientes conclusiones:

Existe una relación de dependencia entre la capacidad mental de los estudiantes y el desempeño en preguntas de diferente demanda planteadas en cada una de las situaciones problema para el aprendizaje de los conceptos clasificatorios, comparativos y métricos asociados con las disoluciones; esta relación explica, por lo menos de manera parcial, el hecho de que no todos los estudiantes alcanzaron a desarrollar con éxito la situación problema planteada para los conceptos métricos relacionados con las disoluciones. La afirmación anterior se soporta fundamentalmente en el análisis realizado para la relación entre la capacidad mental de los estudiantes y la demanda de las subpreguntas planteadas a través de los PGA la cual se muestra más claramente cuando esta relación se expresa en función de los promedios de los valores de facilidad obtenidos desde el primero hasta el tercer PGA.

Así, en términos de posibles explicaciones para las dificultades de aprendizaje asociadas con los conceptos clasificatorios, comparativos y métricos relacionados con las disoluciones es posible invocar en primer lugar la relación entre la capacidad mental de los estudiantes y la demanda de la situación problema; argumentan a favor de la afirmación anterior, en los tres casos los valores de facilidad obtenidos para cada una de ellas al inicio y al final en cada uno de los PGA, evidenciándose que los estudiantes de mayor capacidad

mental desarrollan más fácilmente estrategias de procesamiento de información y logran desarrollar preguntas de alta demanda.

De conformidad con los planteamientos de la teoría del procesamiento de información, un estudiante tiene éxito en el desarrollo de una tarea de aprendizaje siempre y cuando la demanda de dicha tarea no supere su capacidad mental y si es así, para hacerlo necesita desarrollar estrategias para disminuir la demanda de dicha tarea, esta es una condición necesaria pero no suficiente pues existen otros factores que también influyen en el desempeño de los estudiantes. En este sentido, el análisis de los resultados muestra como dicho desempeño en los diferentes grupos de capacidad mental estuvo permeado por los siguientes factores: un bajo nivel de discriminación y diferenciación significativa para los términos y expresiones empleados científicamente para dar cuenta de los conceptos asociados con las disoluciones; en menor grado la naturaleza propia de los temas objeto de estudio y los conocimientos previos de los estudiantes dado que algunos de estos temas ya habían sido tratados en cursos anteriores, en particular los asociados con los conceptos clasificatorios, de esta manera los factores anteriores emergen como otras posibles explicaciones a las dificultades de aprendizaje encontradas por los grupos de diferente capacidad mental.

Tomando como base el progreso paulatino en el desempeño de los estudiantes de diferente capacidad mental desde los conceptos clasificatorios hasta los conceptos métricos, evidenciado a través del trabajo con los PGA y en las expresiones dadas a las preguntas planteadas a través de la entrevista, es evidente que los PGA contribuyen a la disminución de la demanda ya que cada pregunta de alta demanda es desglosada en subpreguntas de

menor demanda como estrategia para disminuirla y por tanto facilitan el desempeño de los estudiantes en preguntas de alta demanda sin que su efecto sea total para todos los tres tipos de conceptos y para todos los participantes.

Cuando se analiza el progreso de los estudiantes desde el primer PGA hasta el tercero, en términos de los valores de facilidad obtenidos en el primer intento de resolver la situación problema de alta demanda antes del desarrollo del respectivo PGA y se comparan con los obtenidos en el segundo intento de resolverlas, esto es, después de haber trabajado con ellos se puede apreciar que todos los grupos progresaron en su camino hacia el desarrollo correcto de la situación problema del tercer PGA, sin que todos lo hayan logrado. Este progreso puede ser atribuido por lo menos en parte al apoyo brindado por el trabajo con los PGA y por lo tanto argumenta en favor de la hipótesis planteada para esta investigación.

Los resultados de la comparación anterior evidencian de manera clara, en concordancia con la teoría, que si bien la demanda de la tarea es muy superior a la capacidad mental de todos los grupos luego del desarrollo de dos PGA relacionados con los conceptos clasificatorios y comparativos ya algunos estudiantes muestran indicios de estar desarrollando estrategias mentales para bajar la demanda y abordar su proceso de resolución en relación con los conceptos métricos.

Las conclusiones planteadas hasta ahora de una parte, argumentan en pro del cumplimiento de los objetivos establecidos en la investigación y de otra, apuntan a sostener la hipótesis planteada según la cual, dentro de las limitaciones establecidas para esta

investigación, los PGA se presentan como una alternativa metodológica para disminuir la demanda de las situaciones problema propuestas en relación con los conceptos clasificatorios, comparativos y métricos asociados con las disoluciones y apoyan a los estudiantes en la superación de las dificultades con las cuales se encuentran durante el estudio de este tema.

Los grupos de capacidad mental participantes alcanzaron su máximo nivel de éxito en el segundo PGA, lo cual, en términos de la clasificación de los conceptos empleada para su desarrollo significa que los grupos se desempeñaron mejor en los conceptos comparativos que en los dos tipos restantes para el caso de las soluciones; en efecto, los estudiantes de diferente capacidad mental obtuvieron los mejores desempeños en los conceptos comparativos seguidos por los conceptos métricos y finalmente los conceptos clasificatorios. Es de anotar sin embargo, que excepción hecha para los grupos de capacidad mental más altos, las descripciones y explicaciones dadas por los participantes para los conceptos asociados con las disoluciones se llevan a cabo en el nivel perceptivo y sensorial del macromundo.

Los estudiantes de menor capacidad mental presentan de manera acentuada dificultades de aprendizaje básicamente relacionadas con el lenguaje, con la asociación de la formación de mezclas homogéneas como cambio químico, con la creación y pérdida de soluto en los procesos de dilución y con la variación de la concentración de una solución debida solamente a la mayor o menor cantidad de soluto o de solvente; estas dificultades que fueron superadas lentamente mediante la realización de los tres PGA no alcanzaron el nivel de superación suficiente para que todos los participantes resolvieran a cabalidad la situación

problema planteada en el tercer PGA; en efecto, los grupos de capacidad mental 3 y 4A solo llegaron a calcular correctamente la concentración de las soluciones 2 y 3 respectivamente. Nótese sin embargo, que el grupo de capacidad mental 4B apenas superó dificultades para calcular la concentración de la solución No. 2.

El análisis de los resultados provenientes de la entrevista confirman y amplían los hallazgos derivados del análisis de los PGA; los confirma en la medida que los análisis de las respuestas a las preguntas planteadas durante la entrevista muestra como los estudiantes de menor capacidad mental en sus expresiones manifiestan argumentos poco elaborados y menos claros que los grupos de mayor capacidad mental; en las expresiones de estos últimos grupos de estudiantes se aprecia no solamente una tendencia a utilizar términos científicos apropiados sino también un mayor nivel de pensamiento relacional sin que esto signifique un dominio total de los significados científicos para estos términos.

A diferencia de los hallazgos reportados por otros investigadores, en lo que puede considerarse como un aporte puntual de esta investigación, los estudiantes mostraron una tendencia a describir la formación o no de mezclas homogéneas en términos de la densidad de las sustancias que intervienen.

Por otra parte, y al igual que la observación hecha para la densidad, en uno de los diálogos llevados a cabo entre la investigadora y los estudiantes, durante la entrevista, quedo claro que para algunos de ellos una mezcla homogénea o solución no es en realidad sino una manera de ocultar lo que es una mezcla heterogénea pues como bien lo expresa

uno de los estudiantes lo que aparece homogéneo a la vista corresponde en realidad a una mezcla heterogénea.

En esta como en otras investigaciones ya reportada en la literatura aparecen también las dificultades de aprendizaje asociadas con la tendencia de los estudiantes a pensar que la formación de mezclas homogéneas son un cambio químico, que el volumen del solvente es igual al de la solución, que en un proceso de dilución se crea o se destruye soluto y que durante el proceso de disolución el soluto desaparece, aspectos estos que a través de la discusión de los resultados se han ligado o se han asumido como dificultades derivadas del lenguaje, específicamente al bajo nivel de significación asignados por los estudiantes a los términos que científicamente se emplean para dar cuenta de los fenómenos asociados con las disoluciones, a la carencia de conocimientos previos o a la naturaleza propia objeto de estudio.

Otro aporte de esta investigación es la ampliación del concepto de demanda y el cálculo de esta para los conceptos clasificatorios y comparativos, pues en las investigaciones solo se habla de la demanda de las preguntas en relación a los conceptos métricos

11. SUGERENCIAS PARA NUEVAS INVESTIGACIONES

La ejecución del trabajo descrito en las páginas anteriores y el análisis de sus resultados abren posibilidades para adelantar nuevas investigaciones como las siguientes:

Dado que los resultados obtenidos de esta investigación, realizada en el marco del aprendizaje por investigación como una forma de aprendizaje activo a partir de los PGA ha mostrado efectos parciales sobre la superación de las dificultades de aprendizaje particularmente en los grupos de menor capacidad mental, la realización de nuevas investigaciones al respecto seguramente podrían confirmar o cuestionar los resultados presentados.

Cuál es el verdadero significado que los estudiantes le asignan a una solución o mezcla homogénea, hasta qué punto son realmente soluciones o mezclas homogéneas o simplemente una manera de ocultar mezclas heterogéneas; si bien esta forma de concebir las soluciones fue expresada por dos estudiantes es significativo que en un grupo de 26 estudiantes haga presencia esta concepción la cual en una muestra mayor podría tener una mayor frecuencia.

Como se puede observar en el desempeño de los grupos de diferente capacidad mental, todos ellos tuvieron el mejor desempeño en los conceptos comparativos, cuando en principio podría esperarse que lo hagan en los conceptos clasificatorios. Esto suscita preguntas como las siguientes: ¿existe en las ciencias naturales un orden de complejidad creciente en los conceptos clasificatorios, comparativos y métricos? si es así, cuales son las

implicaciones didácticas derivadas de esta relación para los procesos de enseñanza y las organizaciones curriculares?

Puesto que la aplicación de los PGA no se mostró apropiada para la superación de las dificultades de aprendizaje en los grupos de menor capacidad mental, sería pertinente adelantar investigaciones tendientes a buscar las estrategias de enseñanza más eficientes para estudiar las relaciones entre estudiantes con baja capacidad mental y dificultades de aprendizaje relacionadas con el lenguaje principalmente.

Por otra parte, dado que en la presente investigación no se incluyeron las dificultades de aprendizaje derivadas del estilo de enseñanza del docente y los estilos de aprendizaje de los estudiantes, nuevas investigaciones en este campo podrían ampliar los conocimientos existentes en relación con las dificultades de aprendizaje de las soluciones y sus conceptos asociados.

REFERENCIAS

20. Adar, L. A. (1969). A theoretical framework for the study of motivation in education. *The Hebrew University, School of Education*. Jerusalem.
21. Al-Naeme Abbas, F. (1989). *A Study of Some Psychological Factors Affecting Performance in Chemistry at Secondary and Tertiary Level*. M. Sc. Thesis. Centre for science Education. Faculty of Science. University of Glasgow.
22. Anderson, R.D. (2002). Reforming Science Teaching: What Research Says about Inquiry. *Journal of Science Teacher Education*. 13(1), 1-12.
23. Ariza A, Casas J. y Rivera A (2013). Estado del arte uso de nanotubos de carbono para la mejora de las propiedades en los concretos. [en línea]. Consultado [10 de agosto de 2013]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10983/905>.
24. Ausubel, D., Novak, J., y Hanesian, H. (1983). Psicología educativa, México, Trillas.Brandley,J.D. y Brand, M. 1985. Stampíng out Misconceptions. *Journal of chemical Education*. Vol. 62.No 4.Pag 318.
25. Brunner, J. S., Goodnow, J. J. y Austin, G. A. (1956). *A study of Thinking*. John Wiley ans Sons. New York.
26. Camacho, M. y Good, R. (1989). Problem solving and chemical equilibrium: successful versus unsuccessful performance. *Journal of Research in Science Teaching*, 26, 251-272.
27. Campanario, J. M. y Otero, J.C. 2000. Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje: Las pautas del pensamiento, las concepciones epistemológicas y las estrategias meta-cognitivas de los alumnos de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias* 18(2), 155-169.
28. Carboni-Román, D. Del Río Grande, A. Capilla, F. Maestú, T. Ortiz. (2006). Bases neurobiológicas de las dificultades de aprendizaje. *Rev Neurol.* 42 (Supl 2): S171-S175.
29. Cárdenas S, F. A. (2002). *Dificultades de aprendizaje en química: Caracterización y búsqueda de alternativas para superarlas. Informe de Investigación*. Centro de investigaciones. Universidad de la Salle.
30. Cárdenas S. F. A. (2006) Dificultades de Aprendizaje en Química: Caracterización y búsqueda de alternativas para superarlas. *Revista Ciencia & Educaçao*. 12.(3), 333-346.
31. Cárdenas S. Fidel A. (2010). Niveles de relación del hombre con el conocimiento y la Función Social de la Evaluación. Tendencias del pensamiento educativo científico. Cali: Universidad del Valle.
32. Case, R. (1972). Validation of a neo-Piagetian Capacity Construct. *Journal of Experimental Child Psychology* , 14, 287-302.
33. Case, R. and Globerson, T. (1974). Field Independence and Central Computing Space. *Child Development* , 45, 772-778.
34. Cassels, J. R. T. and Johnstone, A. H. (1984). The Effect of Language on Students Performance on Multiple choice Tests in Chemistry. *Journal of Chemical Education* 61(7), 613-615.
35. Cassels; J.R.T and Johnstone, A. H. 1985. *Words that matters in Science*. London: Royal Society of Chemistry.
36. Cohen, L y Manion, L (1989). *Research Methods in Education*. Second Edition.Routledge. London.

37. Creswell, J. (2002) *Educational Research. Planning, conducting and evaluating quantitative and qualitative research*. United States of America: Pearson Education, printed.
38. Chevallard, Y. (1991). La transposición didáctica. *Del saber sabio al saber enseñado*, Buenos Aires: Aique.
39. Cuero, R., & McKay, D. S. (2013). Induction and Construct UV Protective Yeast Plasmid. *Journal of biotechnology*.
40. Dallos F. (2000). *Influencia del conocimiento previo y la capacidad mental en el aprendizaje significativo de la química*. Tesis de Maestría no publicada, Universidad Pedagógica Nacional. Bogotá, Colombia.
41. De Jong O. y Taber K. (2008). Teaching and Learning the many faces of chemistry. *Handbook of Research and science education*. New York: Routledge.
42. Devetak I., Vogrine J. Glazar A. (2007). Assessing 16-year-old students, understanding of aqueous solution at submicroscopic level. *Sicencie education*.
43. Driver, R. (1986). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (1), 3-15.
44. Driver, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo en ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6 (2), 109-120.
45. Driver, R. Guesne, E. y Tiberghien, A. (1989). *Ideas Científicas en la infancia y la adolescencia*, Madrid: Morata.
46. Driver, R. y Easley, J. (1978). Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students. *Studies in Sciences Education*, 5, 61-84.
47. Driver, R. Y Oldham, V. (1986). A Constructivist Approach to curriculum Development in Science. *Studies in Science Education*, 13, 105-122.
48. Duit, R. (Comp.) (2004). *Student's and teacher's conceptions and science education (STCSE)*. Kiel, Germany: Leibniz Institute for Science Education (IPN).
49. Duschl, R. A. y Gitomer, D. H. (1991). Epistemological Perspective on Conceptual Change: Implications for educational practice. *Journal of Research in Science Teaching*, 28 (9). Pp.839-858.
50. Ebenezer J. y Gaalen E. (1996). Chemistry Students Conceptions of Solubility: A Phenomenography. *Science Education*, 80 (2), 181 – 201.
51. Ebenezer, J. (1992). Making Chemistry Learning more Meaningful. *Journal of Chemical Education*, 69(6), 464-467.
52. Ekins S, Clark A. and Williams A (2013) . Incorporating Green Chemistry Concepts into Mobile Chemistry Applications and Their Potential Uses. *ACS Sustainable Chem*, 1 (1), pp 8–13. [en línea]. Consultado [10 de agosto de 2013] Disponible en: <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/sc3000509>.
53. El-banna, H. A. M. (1987). *The Development of a Predictive Theory of Science Education Based Upon Information Processing Theory*. Ph. D. Thesis. Centre for Science Education. Faculty of Science. University of Glasgow.
54. Erazo, P. M. Y Tiusaba, B. E. (1995). Hacia una enseñanza de las ciencias por investigación. *Educación y cultura*. FECODE. p.37- 44.
55. Escalante P. Aprendizaje por indagación [en línea]. Consultado [28 de diciembre de 2012]. Disponible en: <http://www.medellin.edu.co/sites/Educativo/Repositorio%20de%20Recursos/Aprendizaje%20por%20indagaci%C3%B3n.pdf>.

56. Escoriza N. J. (1998). *Conocimiento Psicológico y conceptualización de las Dificultades de aprendizaje*. Barcelona, España: Ediciones Universitat.
57. Fernández A, Zebulon G. Levine, Baumann M, Sulzer-Mossé S, Sparr C, Schläger S, Ian R. Baxendale, Steven V. (2012). Synthesis of (-)-Hennoxazole A: Integrating Batch and Flow Chemistry Methods. Department of Chemistry, University of Cambridge, Lensfield Road, Cambridge CB2 1EW, UK. [en línea]. Consultado [10 de agosto de 2013]. Disponible en: <https://www.thieme-connect.com/ejournals/abstract/10.1055/s-0032-1318109>.
58. Fernández. I. Gail. D., Carrascosa. J. Cachapuz A. (2002). Visiones deformadas de la ciencias transmitida por la enseñanza. *Enseñanza de las ciencias* , 20 (3), 477-488.
59. Fernández J.M. , Tigueros T. y Gordon L. (1988). Ideas sobre los cambios de estado de agregación y las disoluciones en alumnos del 2º curso del BUP. *Enseñanza de las ciencias*, 6(1), 42-46.
60. Flick, U. (2007). *Introducción a la Investigación educativa*. Segunda Edición. Madrid España: Ediciones Morata, S.L.
61. Flórez R. (1999). Evaluación Pedagógica y cognición. Primera Edición. Bogotá: Editorial Mc Graw Hill.
62. Furió, C. Y Wilches, A. (1997). Las actitudes de los estudiantes hacia las ciencias y las relaciones CTS, en Del Carmen (Coor): *La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.
63. Furió, C., Calatayud, Mª L., Bárcenas, S. L. & Padilla, O. M. (2000). Functional Fixedness and Functional Reduction as Common Sense Reasonings in Chemical Equilibrium and in Geometry and Polarity of Molecules, *Science Education*, 84, 545-565.
64. Furio C., Azcona R. y Guisasola J. (2006) Enseñanza de los conceptos de cantidad de sustancias y de mol basada en un modelo de aprendizaje como investigación orientada. *Enseñanza de las ciencias* 24(1), 43-58.
65. Gabel, D. (1999). Improving Teaching and Learning through Chemistry Education Research: A look to the Future. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 548-554.
66. Gagliardi R. (1986). Los conceptos estructurantes en el aprendizaje por investigación. *Enseñanza de las ciencias*, 4(1), 30-35.
67. Gallego R. (1986). El trabajo Pedagógico. Bogotá, Universidad Pedagógica Nacional.
68. Garrison M. y Loredó. O. (2002). *Psicología*. Segunda edición, Bogota D.C : Editorial Mc Graw Hill.
69. GIL, P.D. (1986). Los Programas Guía de Actividades: Una creación del modelo constructivista de las Ciencias. *Investigación en la Escuela* No. 3.
70. Gil, P.D. (1993). Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las ciencias*, 11(2), 197-212.
71. Gómez Crespo, M.A. y Díaz Martín (1995). Materiales didácticos. Ciencias de la naturaleza y de la salud. Química. Desarrollo de la Unidad didáctica: Sistemas en equilibrio. *Ministerio de Educación y Ciencias*. Secretaría de estado de Educación. Madrid.
72. Goswami, U. (2008). *Foresight Mental Capital and Wellbeing Project. Learning difficulties: Future Challenges*. London: The Government Office for Science.

73. Grasha A. (1996). *Teaching with Style. A practical guide to enhancing learning by understanding teaching and learning styles*. USA. Alliance, University of Cincinnati.
74. Grasha, A. F., Y Riechmann, S. W. (1974). A Rational Approach to Developing and Assessing the Construct Validity of a Student Learning Style Scales Instrument. *The Journal of Psychology*, 87, 213-223.
75. Grassan S. y Norman R. (2002). An approach in supporting university chemistry teaching. *The practice of chemistry education*, 3(1), 66-75.
76. Guzmán L. y Caicedo H. (1994) *Proyecto Alternativa Didáctica para la enseñanza de la Química*. Bogotá. Universidad Pedagógica Nacional.
77. Hackling, M. W. y Garnet, P. J. (1985). Misconceptions of chemical equilibrium. *European Journal of Science Education*, 7, 205-214.
78. Hannaway O. (1975). *The chemistry and the word: the didactic origins of chemistry*. U.S.A: the Johns Hopkins University press.
79. Harlen W. (1994). *Enseñanza y aprendizaje de las ciencias*. Segunda edición. Madrid: Ediciones Morata.
80. Harris P. (2007). Curso de evaluación Neuropsicológica. Aidyné. Centro de asistencia e investigación psiconeurocognitiva. [en línea]. Consultado [19 de julio de 2014]. Disponible en: http://www.aidyne2.tizaypc.com/contenidos/contenidos/3/Ficha2-2_Memoria-PHarris.pdf.
81. Helgeson, H. C, Johnson, W. J. and Oelkers E. H. (1992). A software package for calculating the standard molal thermodynamic properties of minerals, gases, aqueous species, and reactions from 1 to 5000 bar and 0 to 1000°C. *Computers & Geosciences*, 18, (7), 899-947.
82. Hernández S., Fernández C. y Baptista L. (2010). *Metodología de la Investigación*. Quinta edición. Perú: Editorial Mc Graw Hill.
83. James H. y Samuel N. (1981). A classroom learning cycle: using diagrams to classify matter. *Journal of chemical education*, 58(6), 476-477.
84. Jaminka K., Jovic. G. Steljic B. y Mandic L. (2005). Presentation and consolidation of physical and chemical changes of substances through pupils active work. *Journal of science education*, 6(2), 76-79.
85. Jansoon, N., Coll, R. K. and Somsook, E. (2009). Understanding mental models of diffusion in Thai students. *International Journal of Environmental and Science Education*, 4(2), 147-168.
86. Johnstone, A.H. Macdonald, J.; Webb, G. (1977) – Chemical equilibrium and its conceptual difficulties. *Education in Chemistry*, (14) 6, 169-171.
87. Johnstone A.H. and Kellet, N.C. (1980). Learning difficulties in school science towards a working hypothesis. *European Journal of science education*, 2(2), 175 – 181.
88. Johnstone, H. A. and Wham, B. J. (1982). The Demands of Practical Work. *Education in Chemistry*, May, 71-73.
89. Johnstone, H. A. 1982. Macro and Micro Chemistry. *School Science Review*, 64(277), 377-379.
90. Johnstone, H. A. (1984). New Stars for the Teacher to Steer by?. *Journal of Chemical Education*, 65(10), 847-849.
91. Johnstone A.H. (1985). *Words that matter in science*. A report of a research exercise. London: the royal society of chemistry.

92. Johnstone A. And El-banna H. (1986). Capacities, demands and processes – a predictive model for science education. *Education in chemistry*, may, 80-83.
93. Johnstone A. (1997). Chemistry Teaching-Science or Archemy?. *Journal of Chemical Education*, 74(3), 262-268.
94. Johnstone A. (1999). The nature of Chemistry. *Education in Chemistry*, 36(2), 45-48.
95. Johnstone A. (2000). Teaching of chemistry – logical or psychological?. *Chemistry education: research and practice in Europe*, 1 (1), 9 – 15.
96. Johnstone A. y Al-Shuaili A. (2001). Learning in the laboratory; some thoughts from the literatura. *This journal is the society of chemistry*, 5(2), p 42-51.
97. Johnstone A. (2006). Chemical education research in Glasgow in perspective. *Chemistry education research and practice*, 7(2), 49-63.
98. Kababe, Y. (2014). La interacción entre investigación y política: aproximaciones conceptuales. *Revista. CTS*, nº 25, vol. 9, (pág. 205-226)
99. Kempa, R.F. (1991). Students' learning difficulties in science. Causes and possible remedies. *Enseñanza de las ciencias*. Vol 9 (2) pp 119 – 128.
100. Klein, S B. (1997). *Aprendizaje Principios y aplicaciones*. España: Editorial Mac Graw Hill.
101. Kristine, F.J. (1985). Developing Study skills in the context of the General Chemistry Course: The Prelecture Assignment. *Journal of chemical Education*, Vol, 62(6), 509-510.
102. Lemke (1998). *Talking Science: Lenguaje, learning and values*.
103. Llorens M. J. (1988). La concepción corpuscular de la materia. Obstáculos epistemológicos y problemas de aprendizaje. *Investigación en la Escuela*, 4, 33 – 48.
104. Lopera A. (1999). Efectos de la naturaleza del conocimiento previo y la capacidad mental de los estudiantes en el aprendizaje significativo de los conceptos de la química. Tesis de maestría no publicada. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
105. Maldonado L. (1195). Relación de la capacidad mental y la exigencia de la pregunta con el rendimiento de los finalistas de la III Olimpiada colombiana de Química. Tesis Maestría no publicada. Bogotá: Universidad Pedagógica Nacional.
106. Marín N. (1997). Fundamentos de didáctica de las ciencias experimentales. España: Universidad de Almeria.
107. Marín, N., Solano, I. y Jiménez, G. E. (2001). Characteristics of the Methodology used to describe student's conceptions. *International Journal of Science Education*, 23 (7), 663-690.
108. Martín D. M.J. y Kempa, R. F. (1991). Los Alumnos Prefieren Diferentes Estrategias Didácticas de la Enseñanza de las Ciencias en Función de sus características Motivacionales. *Enseñanza de las ciencias*. 9 (1), 59-68.
109. Martin, P. W. (2009). Key aspects of teaching and learning in arts, humanities and social Sciences. *Handbook for Teaching and Learning in Higher Education. Enhancing academic Practice*. Third Edition. New York and London: Routledge. Taylor and Francis Group. 300-322.
110. Mclean, J.F Y Graham, J.H. 1999. Working Memory Impairments in children with specific arithmetic learning difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology*. 74, 240-260.

111. Miller, G.A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *The psychological Review*, 63, 81 – 97.
112. Mosterin, J. (1978). La estructura de los conceptos científicos. *Investigación y Ciencia*, 16, 80-93.
113. Nakhleh, M. B. (1992). Why Some Students Don't Learn Chemistry. Chemical Misconceptions. *Journal of chemical Education*, 69(3), 191-196.
114. Niaz M. Lawson A. (1985). Balancing chemical equations: the role of developmental level and mental capacity. *Journal of research in science teaching*, 22(1),41 – 51.
115. Novak, D.J. (1998). *Learning, Creating and Using Knowledge. Concept maps as facilitative tools in Schools and corporations*. New Jersey: Lawrence Erlbaum associates, Publishers. Capítulo 2.The need for a theory of education.
116. Novak, J.D. y Gowin, D.B. (1984). *Learning How to Learn*. New York: Cambridge University Press.
117. Oviedo P. E., Zapata, P., Cárdenas, F., Rendón M., Rojas A. Y. y Figueroa, F.L. (2010). Estilos de enseñanza y Estilos de aprendizaje: Implicaciones para la Educación por ciclos. *Actualidades Pedagógicas*. Universidad de la Salle, 55, 31-43.
118. Pascual-Leone J. y June S. (1969). The encoding and decoding of symbols by children: a new experimental paradigm and a neo-piagetian model. *Journal of experimental child psychology* , 8, 328-355.
119. Pascual-Leone. J. (1967). *Manual for FIT: Figural Intersection Test*. New York University : Dpt. of Psychology.
120. Pascual-Leone J.A. (1970). Mathematical Model for the Transition Rule in Piaget's Developmental Stages. *Acta Psychological* , 63, 301-345.
121. Pekdag, B. 2010. Alternative Methods in Learning Chemistry: Learning with animation, simulation and Multimedia. *Journal of Turkish Science Education*, 7(2), 111-118.
122. Peña, O. (2003). Un estudio de las dificultades de aprendizaje en Química: la capacidad mental de los estudiantes y su relación con las preguntas de diferente demanda. Tesis de Maestría no publicada. Bogotá: Universidad de La Salle.
123. Peterson, R y Treagust, D.P. 1989. Grade- 12 Students' Misconceptions of covalent Bonding and Structure. *Journal of chemical Education*, 66(6), 459-460.
124. Piaget, J. (1972). *Psicología e Pedagogía*. segunda edición. Brasil: Editora forense.
125. Piaget J. *Seis estudios de psicología*. (1991) primera edición. España: Editorial Labor S.A.
126. Pinzón, J.A. 2012. Metacognición y logro académico en diferentes modalidades educativas, según la implementación de una estrategia de aprendizaje basada en las preferencias estilísticas del estudiante. Tesis de doctorado no publicada. Bogotá: Doctorado Interinstitucional en Educación. Universidad Pedagógica Nacional
127. Plantin Ch (2014). Lengua, argumentación y aprendizajes escolares. Conferencia inaugural. VI Congreso Internacional sobre Formación de Profesores de Ciencias. Bogotá.
128. Porlán, R. (1998). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores. Hacia un modelo de enseñanza basado en la investigación*. Barcelona: Crítica/Grijalva.

129. Pozo J.I. y Gómez M.A. (1998). Aprender y enseñar ciencia. Ediciones Morata Cap. VI España.
130. Pozo J.I. (2003). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Octava edición, Madrid: Editorial Morata.
131. Quilez Pardo, J y Sanjosé López, V. (1995). Errores Conceptuales en el estudio del equilibrio químico: Nuevas aportaciones relacionadas con la incorrecta aplicación del principio de Le Chatelier. *Enseñanza de las Ciencias.*, 13 (1), 72-80.
132. Raviolo, A. Siracusa, P. Gennari F y Corso H. (2004). Utilización de los modelos analógicos para facilitar la comprensión del proceso de preparación de disoluciones. Primeros resultados. *Enseñanza de las ciencias* , 22(3), 379-388.
133. Raviolo, A. (2001). Assessing Students' Conceptual understanding of solubility Equilibrium. *Journal of Science Education*, 78(5), 629-630.
134. Rocha, A.L., García, E., y Domínguez, J. (2000). Dificultades en el aprendizaje del Equilibrio Químico. *ADAXE- Revista de estudios y Experiencias Educativas*. 16, 163-178.
135. Rodriguez M. A.(1991). Lenguaje de Signos. Universidad Gallaudet College. En línea.
136. Schlessinger, Allen B. (1994). *Explaining Life*. Chapter one. U.S.A. New York: McGraw-Hill.
137. Sanchez B, Deprobueno A. y Valcarcel M. (1997) La Utilización de un modelo de planificación de unidades didácticas: el estudio de las disoluciones en la educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 15 (1), 35 – 50.
138. Santiuste, B.V. y Beltrán, J.A. (1998). *Dificultades de Aprendizaje*. Madrid: Editorial Síntesis, S.A.
139. Scardamalia, M. (1977). Information Processing Capacity and the Problem of Horizontal Decalage: a demonstration using combinatorial reasoning task. *Child development*, 48, 28-37.
140. Simon. H. (1973). How Big is a Chunk?. *Science*, 183, 482-487.
141. Sirham, G. 2007. Learning Difficulties in chemistry: An Overview. *Journal of Turkish Science Education*. 4 (2), 2-20.
142. Solbes, J. (2009). Dificultades de Aprendizaje y Cambio Conceptual, Procedimental y Axiológico (I): Resumen del camino Avanzado. *Rev. Eureka Enseñ. Divul. Cien*. 6(1), 2-20.
143. Strauss, A.H y Lehtinen, L. (1947). Psychopathology and Education of the brain-injured child. New York. Grune and Stratton.
144. Suárez Y. A. (1995). *Dificultades en el aprendizaje. Un modelo de Diagnóstico e intervención*, Madrid: Editorial Santillana.
145. Tacettin P. y Nurtaç C. (2003). Students' Understanding of Solution Chemistry Concepts. *Chemical Education Research*, 80(11), 1328 – 1322.
146. Talanker, V. (2011). Macro, submicro and symbolic: The many Faces of the chemistry “triplet”. *International Journal of Science Education*, 33(2), 179-195.
147. Treagust, D. F., Chittleborough, G. and Mamiala, T.L. (2003). The Role of Submicroscopic and Symbolic Representations in Chemical Explanations. *International Journal of science Education*, 25, 1353-1368.

148. Umbarila X. Erazo M y Cárdenas F. (2005) Dificultades de aprendizaje en Química general y sus relaciones con los procesos de evaluación. *Enseñanza de las ciencias* . No. Extra. Septiembre, 1-6
149. Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, 1 (2), 205-22.
150. Vygotsky, L S.(1962). *Thought and language*. Edited and translated by Eugenia Hanfmann and Gertrude Vakar. Cambridge, MA, NY: MIT Press.
151. Vygotsky, L S.(1995) . Pensamiento y Lenguaje. Comentarios críticos de Jean Piaget. Ediciones Fausto. Argentina.
152. Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4 (1), 45-69.
153. Wellington J. Osborne J (2001). *Lenguaje and literacy in science education*. U.S.A: Open University Press.
154. White R., (1988). *Learning Science*. Oxford: Basil Blackwell.
155. Zayas P. [en línea]. La comunicación interpersonal. Disponible en: <http://www.eumed.net/libros-gratis/2010f/879/La%20explicacion.htm>. Consultado el 12 de abril de 2013.
156. Zuleta, E. (1994). *Elogio de la dificultad y otros ensayos*. Fundación Estanislao Zuleta.