

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL

FACULTAD DE BIOQUÍMICA Y CIENCIAS BIOLÓGICAS

TESIS PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE

**MAGISTER EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS
EXPERIMENTALES**

***“UNA PROPUESTA DIDÁCTICA PARA FAVORECER EN
LOS ESTUDIANTES LA CAPACIDAD DE DAR
EXPLICACIONES CIENTÍFICAS”***

PROFESORA ESTELA ELVIRA RAMOS

DIRECTOR DR. OSCAR HÉCTOR PLIEGO

2008

INDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	1
SUMMARY	2
PUBLICACIONES	3
INTRODUCCIÓN.	4
Organización de la presentación.	12
CAPITULO I MARCO TEORICO	16
1-0 Parte I Desde la Ciencia.	22
1-1 Ciencia.	22
Características.	22
Clasificación.	24
Conocimiento y relación cognoscitiva.	25
1-2 Tipos de Objetos y su relación con la ciencia.	29
Objeto directo y Base Empírica.	30
Objeto Indirecto y Zona Teórica.	30
1-3 Relación entre tipo de objeto y control del conocimiento.	30
Tipos de Bases empíricas.	31
1-4 Contextualización de Objetos y Bases a la disciplina Química.	35
Niveles de representación mental para Química.	38
1-5 La Explicación en general.	40
2-0 Parte II Marco desde la Disciplina.	44
Materia – Energía y Cambio.	44
Energía: visión microscópica y macroscópica	45
2-1-0 Energías moleculares.	47
2-1-1 Energía cinética.	47
2-1-1-1 Para el caso de un átomo.	47
2-1-1-2 Para moléculas en fase gaseosa.	48
2-1-1-3 Para moléculas en fase condensadas.	48
2-1-2 Energía de vibración y Enlace Químico.	48
2-1-3 Energía Potencial.	49
2-1-4 Energía Total.	50
2-2 El primer principio de la termodinámica.	50
2-3 Capacidad calorífica de una sustancia gaseosa.	51
2-4 Un poco de contexto histórico:	
Calor, Termodinámica Historia y Evolución del pensamiento.	53
2-4-2 Concepciones a cerca de la naturaleza del calor.	53
Desarrollo de la Termodinámica.	55
Principios de la Termodinámica.	55
2-5 ¿Qué se observa en los libros de texto de circulación universitaria?.	56
3-0 Parte III Fundamentos desde la Educación para el diseño de la estrategia.	58
3-1 Educación.	58
3-2 Didáctica.	58
Etimología del vocablo.	58

Definiciones.	58
Objeto de estudio.	59
3-3 Transposición didáctica.	61
Ciencia escolar.	61
3-4 Explicación científica en el contexto áulico.	64
3-5 Importancia de dar explicaciones científicas en el contexto áulico.	64
Dificultades relacionadas a la elaboración de las explicaciones.	64
3-6 Diagnóstico – Antecedente, en muestra longitudinal.	66
CAPITULO II MATERIALES Y METODO	69
1-1 Problemática e Hipótesis.	70
Hipótesis.	70
1-2 Propósito y Objetivos.	71
1-3 Tipo de indagación y Unidad de Análisis.	72
1-4 Fuentes de información	73
1-5 Instrumentos, tipos, denominación.	74
Descripción de los instrumentos y relación entre propósito, habilidad.	75
Instrumento 1.	75
Instrumento 3-B.	76
Instrumento 5-A.	76
Instrumento 5-B.	77
Instrumento 8.	78
Instrumento 2.	79
Instrumento 3-A.	79
Instrumento 4.	80
CAPÍTULO III DISEÑO DE LA ESTRATEGIA	81
Estrategia en general.	82
Estrategia didáctica.	82
Preguntas que guiaron la construcción.	82
Propósito de la estrategia.	83
Expectativas de logro.	83
Momentos de la estrategia.	84
Estrategia docente para favorecer en los estudiantes la capacidad de dar explicaciones científicas en Termoquímica.	85
Etapas a seguir por el alumno.	87
Interrelación entre actividades docentes y actividades del alumno.	89
Secuencia dentro de la estrategia docente.	91
Características del docente.	93
Habilidades docentes.	94
Recursos a utilizar.	96
Relación entre las etapas a realizar por el alumno y los recursos docentes.	97
CAPÍTULO IV DESARROLLO	100
1-1 Generalidades	101
1-2 Desarrollo del Primer encuentro	102
1-3 Desarrollo del Segundo encuentro.	104

Modelización de enlaces químicos, para Helio	110
Modelización de enlaces químicos, para Agua.	111
Modelización de enlaces químicos para dióxido de carbono.	111
Experiencia para desarrollar la relación entre calor entregado y estado de agregación.	112
Experiencia para demostrar trabajo de expansión.	114
Experiencia para demostrar la ley de Hess.	115
1-5 Desarrollo del Tercer encuentro.	116
Experiencia para demostrar variación de temperatura en reacción Exotérmica.	121
Experiencia para demostrar variación de temperatura en reacción Endotérmica.	121
1-6 Desarrollo de habilidades de enseñanza	122
1-7 Desarrollo del Cuarto encuentro. Evaluación, valoración.	123
CAPÍTULO V HALLAZGOS, CONCLUSIONES Y VALORACIÓN	125
1-0 Grupo de la experiencia e instrumentos resueltos.	126
2-0 Caracterización de la unidad de análisis.	127
2-1 Carrera.	127
2-2 Año de cursado.	127
2-3 Edad.	128
2-4 Sexo.	128
2-5 Procedencia.	129
2-6 Titulación secundaria.	130
2-7 Alumnos y trabajo	130
2-8 Caracterización general de la muestra.	130
3-0 Datos obtenidos por aplicación segunda parte instrumento 1.	131
Aspectos de su implementación.	131
Sistematización de respuestas obtenidas.	132
3-1 Datos obtenidos, para utilización de términos submicroscópicos.	134
3-2 Datos obtenidos para respuestas correctas.	135
4-0 Hallazgos obtenidos por aplicación de instrumento 3-B.	136
5-0-0 Hallazgos por aplicación de instrumento 5-A y 5-B.	138
5-1-0 Ítem 5-a, antes de la intervención.	138
5-1-1 Ítem 5-a, luego de la intervención.	139
5-1-3 Comparación de resultados.	140
5-2-0 Ítem, 5-b.	142
5-3-0 Ítem, 5-c.	142
5-4-0 Ítem 5-d.	144
6-0 Hallazgos por aplicación del instrumento 8.	146
6-1 Datos obtenidos en el grupo de experiencia.	146
6-2 Datos obtenidos por aplicación a otro grupo, comisión 2.	147
7-0 Comparación de hallazgos intergrupos.	148
7-1 Comparación de hallazgos intragrupo.	149
Conclusión General.	152
Valoración.	154
BIBLIOGRAFÍA	156

INDICE DE ANEXOS

I- Contexto Histórico extendido.	A-1
II-Análisis de textos de circulación en el nivel, extendido.	A-2
III-Inventario de respuestas en muestra longitudinal. Antecedente.	A-3
IV-Programa analítico de Química General.	A-4
V-Apuntes de la cátedra, tema Termoquímica.	A-5
VI-Guía de coloquio.	A-6
VII- Guía del trabajo práctico, sobre calorimetría.	A-7
VIII- Listado de alumnos de la muestra de aplicación.	A-8
IX- Instrumento 1. Encuesta.	A-9
X-Instrumento 2. Organizador de tareas.	A-10
XI- Instrumento 3. Guía de video.	A-11
XII- Instrumento 4. Habilidades cognitivas para el procesamiento de la información.	A-12
XIII- Instrumentos 5-A y 5-B.	A-13
XIV- Instrumento 8.	A-14
XV- Parcial de promoción, cátedra Química General.	A-15

INDICE DE ORGANIZADORES

1- Articulación general de vertientes.	18
2- Articulación de fundamentos.	18
3- Marcos.	20
4- Corrientes epistemológicas.	28
5- Tipo de Objeto.	29
6- Niveles representacionales de la Química.	38
7- De los hechos a la explicación.	41
8- Contextos de ciencia.	42
9- Materia – Energía – Cambio.	44
10- Visión Macroscópica y Microscópica a cerca de la Energía.	45
11- Estrategia docente para favorecer en los estudiantes la capacidad de Dar explicaciones científicas.	85
12- Etapas a realizar por el alumno.	87
13- Articulación de Etapas Docente- Alumno.	89
14- Secuencia en la Estrategia didáctica.	91
15- Relación entre etapa, actividad, procedimiento desarrolladas por Alumno con recursos a utilizar por el docente.	97
16- Relación Desarrollo – Encuentros.	102
17- Sistematización de respuestas obtenidas, en Encuesta.	132
18- Características del conocimiento a arribar.	136

INDICE DE TABLAS

1- Ejemplo de capacidades caloríficas molares a presión constante.	52
2- Capacidades caloríficas molares a presión constante.	52
3- Instrumentos totales y resolución.	126
4- Edad de alumnos	128
5- Estudios secundarios cursados	130
6- Alumnos que trabajan	130
7- Nivel de términos usados en la Justificación (explicación).	134
8- Respuestas correctas.	135
9- Recuperación de información de video.	136
10- Ítem 5-a, del Instrumento 5-A, antes de la intervención docente.	138
11- Ítem 5-a, del Instrumento 5-A, luego de la intervención docente.	139
12- Distribución de áreas, para aplicación de test estadístico.	141
13- Cálculo estadístico Chi cuadrado de Pearson.	142
14- Distribución de áreas, para aplicación de test estadístico.	143
15- Cálculo estadístico Chi cuadrado de Pearson.	143
16- Datos ítem 5-d, instrumento 5-A y 5-B.	144
17- Cálculo estadístico, Chi cuadrado de Pearson.	144
18- Datos por aplicación instrumento 8.	146
19- Datos por aplicación instrumento 8, a otro grupo Comisión 2.	147
20- Comparación de Hallazgos intergrupos.	148
21- Nivel de términos utilizados antes de la intervención.	149
22- Nivel de términos utilizados luego de la intervención.	149

INDICE DE GRAFICOS
GRAFICOS

- 1- Movimientos moleculares del Fluoruro de Xenón ($X_e F_2 (g)$). 48

REPRESENTACIONES GRAFICAS

- 2- Porcentaje de alumnos que han contestado los instrumentos. 126
 3- Carrera en cursado. 127
 4- Porcentaje por sexo de alumnos cursantes. 128
 5- Distribución de alumnos por localidad. 129
 6- Distribución de alumnos por provincia. 129
 7- Títulos obtenidos por alumnos cursantes en el nivel secundario. 130
 8- Nivel de término. 134
 9- Porcentaje recuperación de información (I-3 B). 137
 10- Selección de términos submicroscópicos y macroscópicos antes de la
 Intervención docente. (I. 5-A) 139
 11- Selección de términos submicroscópicos y macroscópicos, luego de la
 Intervención. (I. 5-B) 140
 12- Comparación ítem 5-a, antes y después de la intervención docente. 141
 13- Comparación ítem 5-d, antes y después de la intervención docente. 145
 14- Comparación entre comisiones en el uso de términos submicroscópico. 148
 15- Comparación entre comisiones en el uso de términos macroscópicos. 148
 16- Uso de términos en la explicación, en diagnóstico. 150
 17- Uso de términos en la explicación, luego de seis meses. 150

RESUMEN

Este trabajo corresponde a una tesis de maestría en Didáctica de las Ciencias Experimentales. En él detecté la dificultad que presentan los estudiantes para dar explicaciones científicas adecuadas en Termoquímica, fundamentalmente porque éstos no pueden aplicar los términos pertenecientes al nivel submicroscópico de la materia para explicar la evidencia macroscópica.

Como modo de abordar la problemática, diseñé, implementé y valoré, una Estrategia Didáctica para favorecer en los estudiantes la capacidad de dar explicaciones científicas.

Para dar fundamento a la misma, consideré dos dimensiones: por un lado los aspectos relacionados con la ciencia y la disciplina Química y, por otro, los propios de la Didáctica. De ambos seleccioné los conceptos que consideré adecuados para construir una postura propia que abordara la problemática. Para la organización de la estrategia articulé, junto a las características de la Enseñanza Activa, la concepción actual de ciencia, los aspectos epistemológicos como objeto directo, objeto indirecto, bases empíricas, zona teórica, niveles de representación mental para la interpretación de fenómenos naturales y la explicación científica.

La estrategia fue aplicada por un docente visitante a la institución. La unidad de análisis estuvo constituida por alumnos de una comisión de la asignatura Química General de la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Litoral, resultando una experiencia didáctica a microescala.

A fin de establecer el alcance de la estrategia necesité obtener datos que transformé en hallazgos y para esto diseñé instrumentos que apliqué durante el desarrollo, al procesar algunos de ellos utilicé el operador estadístico no paramétrico Chi cuadrado de Pearson.

Por los hallazgos obtenidos puedo afirmar que, para este grupo de alumnos, la aplicación de la estrategia diseñada fue positiva, favoreciendo en ellos la capacidad de dar explicaciones científicas.

SUMMARY

This work corresponds to a thesis of masters in Didactics of Experimental Sciences. In this work I have detected the difficulty that the students face to give suitable scientific explanations in Thermo-chemical, fundamentally because these cannot apply the terms pertaining to the submicroscopic level of the matter to explain the macroscopic evidence.

In a way to approach the problematic, I have designed, implemented and valued, a Didactic Strategy to favor in the students the capacity to give scientific explanations.

In order to give foundation the same one, I have considered two dimensions: on one side the aspects related to science and the Chemical discipline and, by another one, the own ones of the Didactics. Of both I have selected the concepts that I considered suitable to construct an own position that approached the problematic one. For the organization of the strategy I have articulated, next to characteristics of Active Education, the present conception of science, the epistemological aspects like direct object, indirect object, empirical bases, theoretical zone, levels of mental representation for the interpretation of natural phenomena and the scientific explanation.

The strategy was applied by an educational visitor to the institution. The analysis unit was constituted by students of a commission of General the Chemical subject of the Faculty of Biochemistry and Biological Sciences of the National University of the Coast, having been a didactic experience on microscale.

In order to establish the reach of the strategy I have collected data that I transformed into findings and for this I designed instruments that were useful during the development, applying for some of them statistical operator non-parametric square Chi of Pearson.

On the base of the obtained findings I can affirm that, for this group of students, the application of the designed strategy were positive, favoring in them the capacity to give scientific explanations.

PUBLICACIONES

Durante el desarrollo del trabajo, se realizaron las siguientes publicaciones:

- ✓ Ramos, E.; Pliego, O.; Odetti, H. (2003 -2004) “La explicación científica en un tema de termoquímica”, en Anuario Latinoamericano de Educación Química, Sección P.I.E.Q., Año XVII, N^o XVIII, desde B-12 a B-14, Universidad Nacional de San Luís, Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia. San Luís. Argentina.
- ✓ Ramos, E.; Pliego, O.(2004-2005) “La capacidad de los alumnos para dar explicaciones científicas en termoquímica”, en Anuario Latinoamericano de Educación Química, Sección P.I.E.Q., Año XVIII, N^o XX, desde B-24 a B-27, Universidad Nacional de San Luís, Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia. San Luís. Argentina.
- ✓ Ramos, E.; Pliego, O. (2005-2006) “Reconocimiento de términos de los niveles macroscópicos y submicroscópicos y de explicaciones científicas” en Anuario Latinoamericano de Educación Química, Sección P.I.E.Q., desde B-22 a B-24, Año XIX, N^o XXI. Universidad Nacional de San Luís, Facultad de Química, Bioquímica y Farmacia, Internacional Center For First – Year Undergraduate Chemistry Education (ICUC). San Luís. Argentina.
- ✓ Ramos, E. (2006) “Diseño, implementación y valoración de una estrategia para favorecer en los estudiantes la capacidad de dar explicaciones científicas en termoquímica”, Memoria del XXVI, Congreso Argentino de Química, organizado por la A.Q.A., Sección 10- 026.

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

El trabajo que presento aquí, es una tesis de Maestría en Didáctica de las Ciencias Experimentales, cuyo título es “Una propuesta didáctica, para favorecer en los estudiantes la capacidad de dar Explicaciones Científicas” para aplicar en Termoquímica.

Dos grandes dimensiones considero para su elaboración. Por un lado el conocimiento que proviene de la ciencia y de la disciplina y por otro el conocimiento educacional.

Al conocimiento científico que provee la Ciencia y los fundamentos psico – pedagógico- didácticos necesarios los articulé, para concretar la propuesta que fue el diseño de una estrategia didáctica y las consideraciones para su puesta en práctica y posterior valoración.

En primer lugar presento el Marco Teórico, luego el diseño de la estrategia, muestro la implementación de la misma y por último presento los hallazgos, es decir las certezas a las que arribé por su aplicación, lo que me permitió elaborar una valoración del trabajo que realicé.

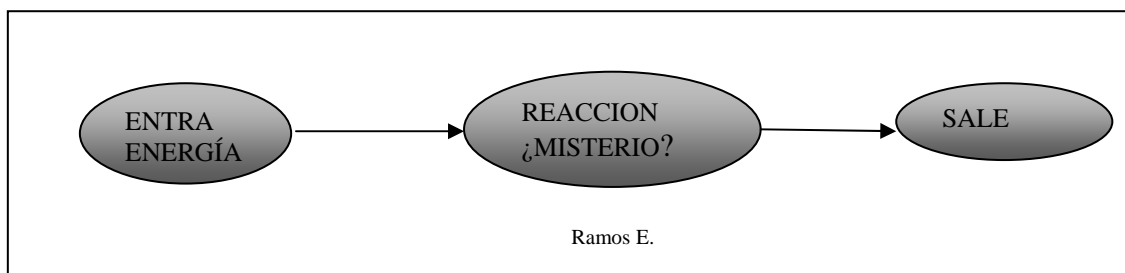
Retomando la dimensión específica del conocimiento científico focalizo en la Termodinámica que es un área de la Física que se funda en el campo del calor, siendo conceptos claves en su estructura, Sistema – Estados – Trabajo – Energía, los que proporcionan una visión, denominada por especialistas, “macroscópica”, en referencia al contenido y circulación de energía calórica en el sistema.

El denominado enfoque macroscópico es favorable para la Termodinámica que es abordada en la disciplina Física y por lo tanto la que estudia un físico, pero para un futuro Químico o a aquel alumno que estudia la disciplina Química para luego aplicarla, los conceptos claves que antes mencioné adquieren sentido sólo si los refiere al sistema reacción o cambio químico, área de competencia disciplinar de la Termoquímica.

La Termoquímica es un área disciplinar de trabajo muy importante, pues explica por qué las reacciones se producen (Atkins, 1998, 2006), cuánta energía térmica estará involucrada y qué trabajo producirá, además de otros aspectos que pueden ser aplicados a las diferentes orientaciones que curse el alumno. Valen como ejemplos la aplicación a la Biotecnología, Química de los alimentos, u otros, puesto que estos proveen de criterios para seleccionar los mejores materiales en función de sus usos y aplicaciones.

Con respecto a como es desarrollada esta temática, he encontrado en general, a través de búsquedas y análisis bibliográficos que realicé durante el diseño de la estrategia y por comparación con apuntes de clases, que la Termoquímica, se aborda en las aulas, siguiendo una tradición bibliografía, que tiene correlación directa con el contexto histórico y de descubrimiento de la Ciencia, desde el enfoque macroscópico. Es por eso que en este trabajo quiero demostrar que es posible otra forma de abordaje, superadora del enfoque tradicional y que a su vez produzca mejoras en el rendimiento del aprendizaje.

En el siguiente esquema gráfico muestro desde una perspectiva sistémica, el enfoque macroscópico, es decir aquel en que el alumno sabe que en un cambio químico entra y sale energía, pero no comprende lo que sucede con las sustancias involucradas.



Estoy convencida, y es lo que trato de demostrar, que un enfoque adecuado, es aquel que favorece la comprensión de los efectos térmicos y sus consecuencias en un cambio químico desde la estructura intrínseca de la materia, acorde con el objeto propio de estudio de la disciplina Química, ya que se considera como “la ciencia que describe la materia sus propiedades físicas y químicas, los cambios que experimenta y las variaciones de energía que acompañan esos procesos” (Whiten K, Gailey D., 1994).

El enfoque desde el comportamiento de las partículas es denominado submicroscópico (Johnston, 1982, Galagovsky y col., 2003).

Para implementar el enfoque submicroscópico, necesito indefectiblemente recurrir a los modelos mentales asociados al esquema de partículas para, de este modo, poder fundamentar las manifestaciones macroscópicas relacionadas con los cambios químicos.

Deduzco que de lo manifestado por el epistemólogo G. Klimovsky (1997), desde la ciencia, las operaciones consideradas esenciales para las ciencias factuales son: fundamentación, predicción y explicación.

De ellas la explicación involucra los dos aspectos que mencioné, el de la evidencia factual, objeto directo u “observable” y el de las entidades submicroscópicas o “no observables”.

A la explicación científica la concreto en la situación de enseñanza – aprendizaje, a través de un procedimiento que involucra una capacidad que es adquirida, y que le posibilita al alumno la comprensión y explicación de los cambios químicos con sus efectos.

C. Monereo, M. Castelló, M. Clariana (2001) y otros especialistas, consideran que, las capacidades en general son disposiciones, que es necesario desarrollar a través de la experiencia y que estas disposiciones dan lugar a las habilidades individuales o conductas observables del sujeto. Es decir, sintéticamente, puedo sostener que la capacidad es una disposición interna del alumno que le posibilita la manifestación externa de una conducta, que es observada por el docente y esta es la habilidad.

Para favorecer en el alumno el desarrollo de la capacidad y adquisición de la habilidad, resulta adecuado que considere además, los obstáculos provenientes de la propia disciplina.

Los obstáculos que provienen de las características disciplinares propias, residen en que la química explica las propiedades y fenómenos por entidades “no observables”. Estas entidades son difíciles de entender, comprender y aplicar si considero su alto grado de abstracción, debido a que estas entidades no son de percepción sensorial directa. Esto se complejiza aún más, debido a que en química los fenómenos se representan mediante convenciones y símbolos específicos.

De la incidencia de estos obstáculos en el aprendizaje, reconocida por diversos autores (J. Pozo, M. A. Crespo, M. Jiménez, 1999), rescato como modo de superación de los mismo, la importancia de que los alumnos desarrollen la capacidad de dar explicaciones científicas en el contexto áulico.

Para lograr esto, desde la enseñanza consideré adecuado el enfoque de Enseñanza Activa (Good T., 1983), por que la misma posee los atributos que favorecen una situación de enseñanza aprendizaje diferente a la tradicional exposición – recepción.

La enseñanza activa es en general un enfoque positivo y proactivo de la enseñanza, en el que el docente se involucra y desempeña un rol fundamental, en el sentido de que alienta a los alumnos mediante el discurso adecuado a analizar, pensar, discutir, acerca del contenido que está enseñando y se está aprendiendo. Lo considero adecuado pues en particular pienso, que no toda enseñanza produce el aprendizaje que

el docente espera, por un nivel de transposición que es producido entre lo que el docente enseña y lo que el alumno logra aprender (Chevallard Y., 1991).

De la consideración anterior, surge que necesito para tal enfoque de enseñanza, un docente que en el desempeño áulico, se comprometa activamente y despliegue una serie de habilidades para lograr sus propósitos y evitar así en los alumnos la memorización que los conducirá al pensamiento frágil y pobre (Perkins D., 1995).

En el caso de este trabajo pretendo demostrar que el alumno puede adquirir la capacidad necesaria para realizar la explicación científica áulica, por medio de la estrategia que diseñé.

Como expresé anteriormente, el enfoque sistemático tradicional para la Termoquímica se correlaciona con la tradición bibliográfica, como demuestro en la revisión realizada y que se caracteriza por ser atemporal, ahistórica, con una secuencia conceptual casi regular, la que es acompañada para la explicación del acontecimiento con el nivel macroscópico de referencia.

El diseño que propongo para la estrategia, adquiere su motivación y fuerza interior en un antecedente, que generé dentro del ámbito de la Facultad. De este modo pude constatar mediante una encuesta, que aplique a una muestra de alumnos de primero, segundo y quinto año, cursantes de las carreras de Bioquímica y Biotecnología, de la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas, las dificultades que presentaban en el contexto áulico para elaborar la explicación científica de un hecho.

Dicha encuesta mostró un hecho factual y pedía la explicación del mismo. Como resultado de la aplicación pude comprobar, que la mayoría de los alumnos presentan dificultad para operar con los modelos mentales o nivel submicroscópico de modo de elaborar una explicación que justifique la evidencia macroscópica presentada.

Como la muestra fue de tipo longitudinal, esta aplicación constituyó un diagnóstico certero para la organización de la estrategia y me indicó que debía diseñar y poner en práctica un camino de enseñanza alternativo y superador, con un enfoque submicroscópico acorde a la ciencia Química y que favoreciera en el alumno el desarrollo de capacidades para explicar.

Una vez que constaté el estado de situación planteé propósitos y objetivos relacionados, que me permitieron concretar una experiencia a micro escala.

Tres preguntas concretas me guiaron en la construcción de la estrategia, ¿qué quiero que ocurra?, ¿cómo voy a hacer para que ocurra? y ¿cómo me doy cuenta si ocurrió?

La respuesta a la primera pregunta, la concreto por el planteamiento del propósito y de los objetivos.

El propósito consiste en el diseño y aplicación de una estrategia didáctica que proporcione al alumno una visión alternativa sobre la termoquímica y que luego de su implementación me posibilite la evaluación y valoración de la misma.

Como objetivo general planteo que los alumnos logren mediante la participación en el desarrollo de la estrategia, adquirir la capacidad de dar explicaciones científicas, en este caso en el tema de Termoquímica y dentro del contexto áulico.

Para responder a la segunda pregunta, diseño y pauto el camino a seguir, elaboro un plan de acción. Este requirió la búsqueda, análisis y selección bibliográfica, acorde a los propósitos, que me permitieron delimitar los marcos teóricos que tuve en cuenta para la elaboración de la estrategia didáctica.

Y finalmente, para responder a la tercera pregunta elaboré los instrumentos que categoricé en: a) instrumentos de aplicación que me permitieron la recolección de datos, el seguimiento y valoración de la propuesta, b) instrumentos de apoyo a la implementación, con los que colaboré en la organización del trabajo de los estudiantes, c) instrumentos propios de la cátedra, comunes a todas las comisiones.

La aplicación de los instrumentos durante el desarrollo de la estrategia me permitió obtener datos, que traduje en hallazgos¹.

Así obtuve datos que me permitieron caracterizar la muestra estimando: la capacidad de recuperación de información desde un material en formato video, la capacidad para el reconocimiento y diferenciación de términos de los niveles macroscópicos y submicroscópico y de verdaderas explicaciones y, además, por el conocimiento de las notas obtenidas por los estudiantes en una evaluación formal de acreditación de la asignatura.

A los datos que obtuve por medio de los instrumentos para el reconocimiento de términos y de verdaderas explicaciones científicas y a efecto de poder lograr de estos una visión lo más objetiva posible, los sometí al análisis estadístico correspondiente. Este arrojó como resultado, que la aplicación de la estrategia al grupo fue positiva,

¹ El CONICET, a través de su Centro Argentino de Información Científica y Tecnológica (CAICYT), recomienda que en los trabajos donde los datos que se obtienen provengan de la observación de conductas, percepción de cambios de comportamiento, se hable de estos como hallazgos, reservándose la palabra "resultado" para los datos que se obtengan de experiencias de laboratorio, e involucren variables, como presión, temperatura etc., propuesta que he adoptado en el presente trabajo.

favoreciendo el desarrollo de la capacidad para el reconocimiento de términos perteneciente a los distintos niveles y de verdaderas explicaciones científicas.

Otros datos los obtuve, a través de la cátedra de Química General de la Facultad, que aplicó a todas las comisiones una evaluación con perfil macroscópico tradicional, para cumplir con las pautas de promoción o regularización. Luego de realizado el parcial por todos los alumnos, las notas obtenidas por los alumnos que participaron de esta “estrategia didáctica submicroscópica” que aquí presento, fueron similares al resto de los alumnos. Este hecho me lleva a inferir que el enfoque que pauté mediante el desarrollo de la estrategia mencionada le permite al alumno, obtener los aprendizajes necesarios a fin de acreditar ante las evaluaciones formales, además de posibilitarles acceder a una propuesta de enseñanza que favorece aprendizajes acordes a la disciplina química.

También resulta importante la aplicación de una encuesta final, que concreté a los cinco meses de implementada la estrategia, la que me permitió obtener datos para su valoración. La misma fue resuelta por los alumnos participantes en el desarrollo de la estrategia y por otro grupo de alumnos pertenecientes a otra comisión, del mismo nivel de la carrera, que recibió el enfoque macroscópico tradicional. En la encuesta, debían producir la explicación de un hecho factual de la Termoquímica, con los conceptos del tema. Los datos que obtuve a través de la encuesta final, me permitió hallar que los alumnos participantes del desarrollo de la estrategia, pudieron elaborar una explicación utilizando en ésta el nivel submicroscópico, cuestión que no lograron realizar los alumnos de la otra comisión que recibió el desarrollo conceptual por el enfoque tradicional.

El conjunto de todos los hallazgos, que obtuve por aplicación de los instrumentos, me permitió valorar la implementación, que a pesar de ser a micro escala, demostró ser sumamente beneficiosa ya que logré mediante el diseño y desarrollo áulico generar capacidades que resultan útiles y funcionales para los estudiantes.

La aplicación de la estrategia necesitó en el aula de la interacción y comunicación, de cuestionamientos y el monitoreo permanentemente en el alumnado acerca de los avances en la comprensión de los desarrollos conceptuales.

De este modo los aprendizajes logrados resultaron, como lo demostré por los datos obtenidos, ser duraderos y superadores, debido a que le posibilitó al alumno adquirir capacidades, que pudo aplicar con posterioridad en la temática específica.

Además estimo que es posible que estas capacidades adquiridas les resulten útiles para su utilización en otras asignaturas.

De este modo, desarrollada la introducción, proseguiré a explicar a continuación la forma en que organicé esta tesis para su presentación.

ORGANIZACIÓN DE LA PRESENTACIÓN

Para presentar el trabajo realizado, decidí organizarlo en las siguientes partes: Introducción, Capítulos y Anexos que contiene material documental. De este modo quedó estructurada una Introducción y cinco capítulos. A cada capítulo, lo nominé con un nombre de connotación general, abarcativo de los tópicos tratados en él.

El modo de tratamiento para la presentación del trabajo considerado en su totalidad es desde una perspectiva transversal, o sea de lo general a lo particular.

La forma de desarrollo que adopté para cada capítulo, es el planteamiento de la mayoría de las posiciones, posturas o visiones acerca del tópico tratado y la posterior selección de una de ellas en función del propósito y objetivos que me propuse para el presente trabajo.

A continuación presento una breve síntesis del contenido de cada capítulo.

La **INTRODUCCIÓN**: contiene el desarrollo del trabajo, las perspectivas que adopté para el diseño y aplicación de la estrategia para favorecer la capacidad de dar explicaciones científicas en Termoquímica.

CAPITULO I: MARCO TEORICO, en él propongo los fundamentos teóricos proveniente de las dos grandes dimensiones que fundan la estrategia, estas son la científica y la educacional. Para mostrar todas las relaciones conceptuales, elaboré un esquema conceptual que las integra.

Pero resulta necesario para la fundamentación, que a la dimensión científica, la aborde desde los fundamentos que proveen a su vez, dos perspectivas, la de la producción y validación del conocimiento científico y la de la disciplina química y, por esto, organizo el capítulo en tres partes.

✓ Parte I: Desde la Ciencia y la Disciplina.

Contiene el desarrollo de los conceptos teóricos que hacen a la Ciencia: Clasificación. Conocimiento. Modos de producción del conocimiento científico. Corrientes epistemológicas. Tipos de Objetos y su relación con la ciencia. Relación en la Ciencia Química respecto de los Objetos y las Bases Teóricas y empíricas. Posteriormente relaciono los Objetos con la Explicación. Introduzco los niveles de representación mental propuestos para la Química, la explicación en general y su delimitación dentro de la ciencia pura.

✓ Parte II: Marco desde la Disciplina.

Todo cambio químico involucra materia y energía. Dentro esta relación presento para la energía los aspectos que hacen a la perspectiva macroscópica y a la submicroscópica. A continuación propongo los conceptos y términos que posibilitan desde la materia y energía, efectuar una visión submicroscópica de la Termoquímica. Para finalizar esta parte, parto de la concepción histórica del concepto de calor, desarrollo brevemente algunas consideraciones que hacen al contexto de desarrollo y evolución del pensamiento sobre la Termodinámica. En un anexo presento el detalle pormenorizado de esta evolución. Por último en este capítulo realizo un breve análisis, de la secuencia de abordaje de la Termodinámica química en libros de texto de circulación en el nivel y en el apunte de clases tradicional. Presento separado en el anexo correspondiente un análisis más detallado de los textos analizados.

✓ Parte III: Fundamentos desde la Educación para el diseño de la estrategia.

En esta tercera parte desarrollo los conceptos propios de la dimensión educacional que me fueron útiles para el fundamento de la estrategia. En primer lugar considero a la educación como proceso de socialización. Luego continuo con la didáctica, trato la etimología y la evolución de su concepción, hasta convertirse en una disciplina con objeto de estudio propio. Como síntesis de este punto abordo la conceptualización de las teorías de Enseñanza y sus subdominios (Marrero J.y col. 1993), de donde considero aplicable para la estrategia la Enseñanza Activa. Posteriormente trato brevemente la transposición didáctica, introduzco lo que entiendo por explicación científica, su importancia y las dificultades dentro de los procesos de enseñanza aprendizaje.

Basándome en lo fundamentado y en el diagnóstico de situación, acerca de las dificultades de los alumnos para dar explicaciones científicas, propongo como forma de superar las dificultades planteadas, el diseño de una estrategia didáctica.

CAPÍTULO II: MATERIALES Y METODO, en este capítulo en función del antecedente que generé: delimito el problema, formulo el propósito y los objetivos,

planteo las hipótesis operacionales, delimito el universo y unidad de análisis, detallo las fuentes de información. También diseño, presento, clasifico y establezco la relación entre cada instrumento que me proporcionará datos y el propósito para el que lo realizo. Además indico en que instrumentos aplicaré prueba estadística no paramétrica (Chi cuadrado de Pearson).

Todas estas acciones las considero, a fin de realizar el seguimiento y control permanente del desarrollo de la estrategia

CAPÍTULO III: DISEÑO DE LA ESTRATEGIA, en este capítulo planteo una aproximación al concepto de estrategia. Luego presento la estrategia docente, la etapas a realizar por el alumno, el desarrollo de la secuencia docente y la relación entre las actividades a realizar por el alumno y los recursos e instrumentos que utilizaré.

Por lo tanto en este capítulo, presento estructurada toda la planificación con su correspondiente seguimiento, para realizar posteriormente la implementación de la estrategia didáctica, que está a cargo del docente visitante, a la Institución.

CAPITULO IV: DESARROLLO, en éste relato todo lo que sucedió en las instancias de encuentro no formales con los alumnos, además de lo actuado en los encuentros que mantuvo con los alumnos, el docente visitante durante el desarrollo de la estrategia. Correlativamente presento los recursos previstos y utilizados, las modelizaciones y pequeñas experiencias realizadas, además de indicar los momentos en los que apliqué los instrumentos pautados para producir el seguimiento y obtener datos.

CAPITULO V: HALLAZGOS, CONCLUSION Y VALORACIÓN, a este capítulo considero adecuado dividirlo en tres partes:

- ✓ Parte I, la denomino Datos y Hallazgos, aquí presento los datos obtenidos por aplicación de los instrumentos. Lo acompaño de tablas, representaciones gráficas y de los cálculos estadísticos no paramétricos, y conclusiones parciales para cada caso en particular.
- ✓ Parte II, la denomino Conclusión General, en función de las conclusiones parciales de cada caso, elaboro una conclusión general.
- ✓ Parte III, la denomino Valoración, en función de todo lo que realicé presento una valoración personal de los hallazgos obtenidos.

Finalizo el trabajo haciendo referencia a la bibliografía consultada.

ANEXOS, presento quince anexos, ellos contienen:

- I- Contexto Histórico extendido.
- II- Análisis extendido de textos de circulación del nivel.
- III- Inventario de respuestas, en muestra longitudinal. Antecedente.
- IV- Programa de contenidos analíticos de la Cátedra Química General, de la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas.
- V- Apuntes de la cátedra de Química General, sobre Termoquímica.
- VI- Guía del Trabajo Práctico de la cátedra.
- VII- Guía de coloquio de la cátedra sobre Termoquímica.
- VIII- Unidad de Análisis, listado de alumnos Comisión 4
- IX- Instrumento 1 – Encuesta.
- X- Instrumento 2- Organizador de tareas.
- XI- Instrumento 3- Guía de video.
- XII- Instrumento 4- habilidades cognitivas para el procesamiento de la información.
- XIII- Instrumentos 5-A y 5- B – Reconocimiento de términos de los niveles macro y submicroscópico.
- XIV- Instrumento 8 – Encuesta 2.
- XV- Parcial de promoción de la cátedra de Química General de la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas.

CAPÍTULO I
MARCO TEÓRICO

MARCO TEÓRICO

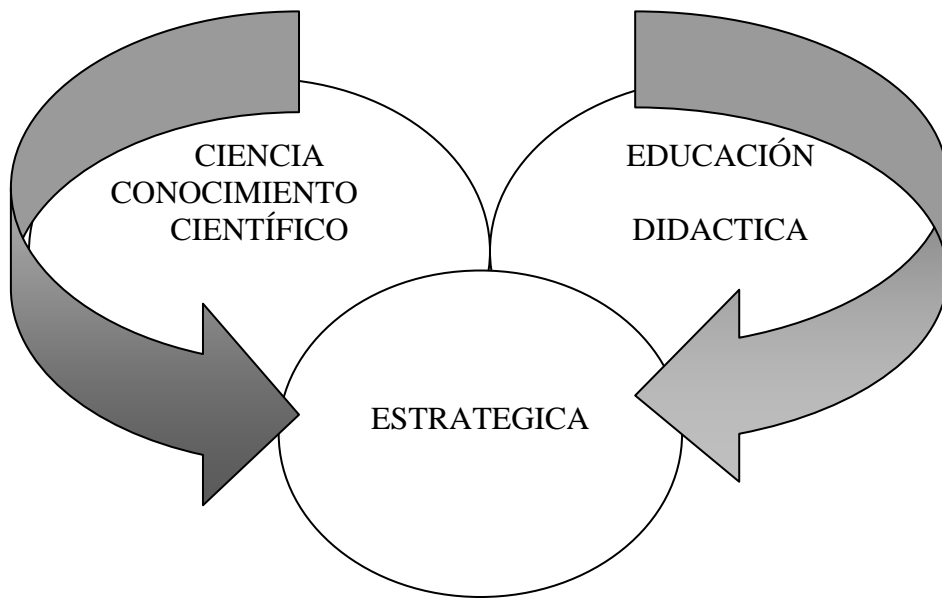
En este capítulo introduzco los fundamentos que seleccioné para el diseño de la estrategia didáctica. Como manifesté en la introducción, para su construcción articulé dos grandes líneas de conocimientos, la proveniente del campo científico y la del campo educativo. Para lograr tal articulación seleccioné de las líneas mencionadas, las concepciones que estimé adecuadas a los propósitos y objetivos planteados. Por lo tanto adherí dentro de cada gran línea a posturas particulares, como por ejemplo a una concepción de ciencia, a una postura epistemológica acerca de la producción y validación del conocimiento científico y a un enfoque disciplinar desde lo submicroscópico.

El conjunto de posiciones conceptuales, que adopte y coordine, las organicé en una estrategia didáctica, que transpuse a la situación áulica, a través de las herramientas que provee la didáctica.

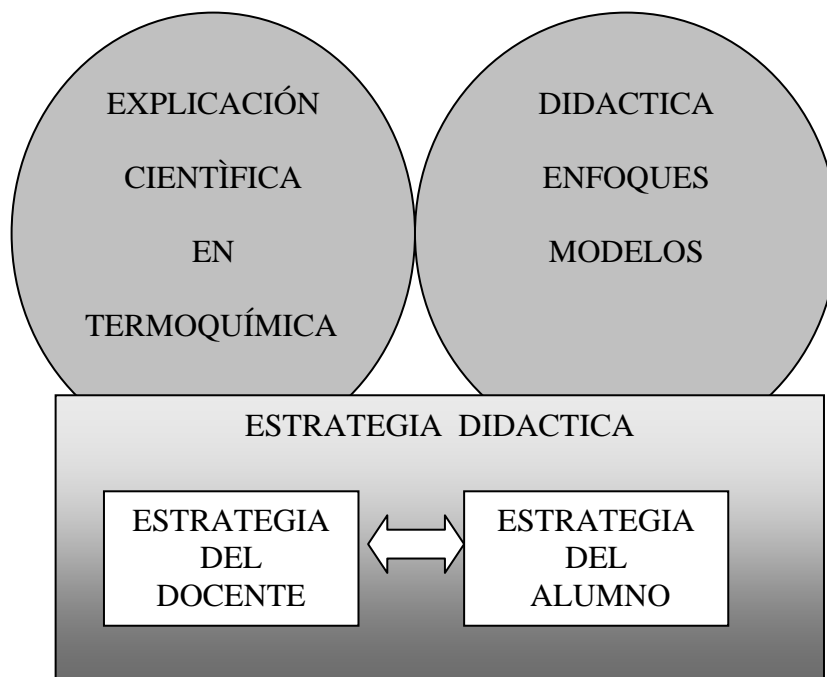
El desarrollo áulico de la secuencia interna de la estrategia, me permitió que ésta pueda ser evaluada y valorada, por medio de determinados instrumentos, que me aportaron datos, los cuales transformé en hallazgos.

A continuación pongo a consideración, en primer lugar, un esquema general de articulación de las dos grandes dimensiones mencionadas y luego un esquema particular referido también a la articulación de fundamentos.

Organizador 1



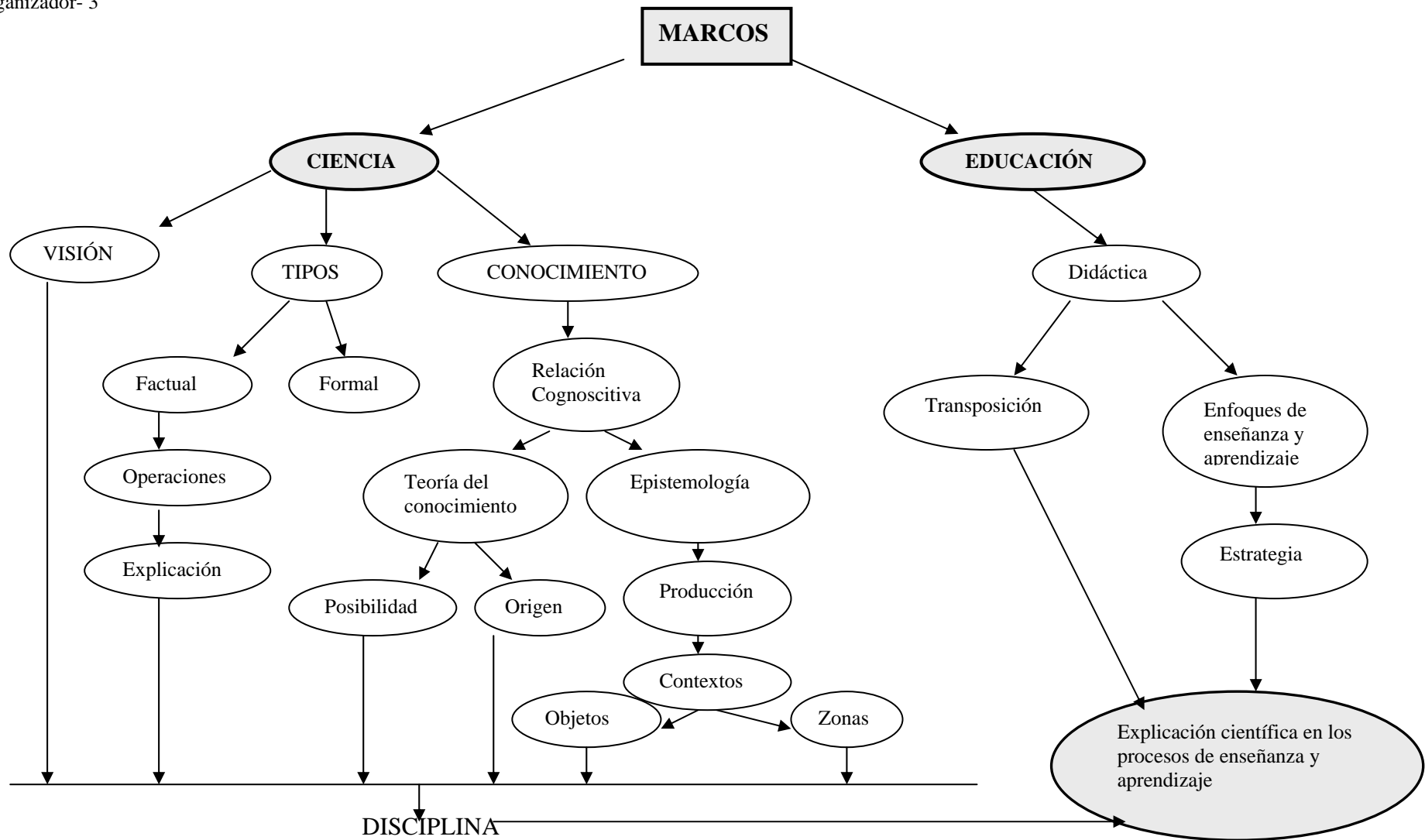
Organizador 2



Desde la ciencia, el proceso básico que seleccioné fue la Explicación, aplicada al tema disciplinar específico de Termoquímica, que a través de herramientas específicas de la Didáctica de las Ciencias Experimentales, me posibilitaron diseñar e implementar, la “Estrategia Didáctica para favorecer en los alumnos la capacidad de dar explicaciones científicas”, que contempla tanto la estrategia docente para enseñar, como la del alumno para aprender.

A continuación presento, un diagrama gráfico semántico u esquema organizador, cuya finalidad es, mostrar las interrelaciones de los conceptos de base.

Organizador- 3



Presentado el esquema conceptual organizador de los conceptos teóricos, procederé a describir, las posiciones adoptadas dentro de cada nodo.

Respetando el esquema de la estructura de la organización que desarrollé en la Introducción, comenzaré por mostrar el planteo de la Parte I, “Desde la Ciencia”

1-0 DESDE LA CIENCIA

1-1 Ciencia

No voy a realizar en este punto una discusión histórica de los paradigmas científicos, por lo que, prescindiendo de todas las cuestiones que hicieron a su surgimiento y posteriores discusiones, estimo adecuado adherir por su actualidad a la postura que considera a la “Ciencia” como una actividad humana que llevan a cabo los científicos y que les permite arribar a determinados conocimientos para explicar la realidad.

Entre los especialistas del tema, existe consenso, en aceptar determinados aspectos que caracterizan a ese proceso humano llamado ciencia, por ejemplo J.Nieda y B. Macedo (1997) proponen, como aspectos distintivos, de la concepción mencionada, las siguientes características, con las cuales adhiero plenamente.

- “Un cuerpo de conocimientos que se desarrollan en el marco de unas teorías que dirigen la investigación de los científicos.
- Unas teorías en perpetua revisión y reconstrucción.
- Una forma de resolver problemas, que concede importancia a la emisión de hipótesis y a su contrastación.
- Una actividad con metodologías no sujetas a reglas fijas, ordenadas y universales.
- Una tarea colectiva, que sigue líneas diversas de trabajo aceptadas por la comunidad científica.
- Una actividad impregnada por el momento histórico en el que se desarrolla, involucrada y contaminada por sus valores.
- Una actividad sujeta a intereses sociales y particulares, que aparece a menudo como poco objetiva y difícilmente neutra.”¹

A estas características, las contemplé en el diseño de la estrategia y traté en la intervención aúlica.

Teniendo en cuenta estas características distintivas, coincido con lo manifestado por P. Jiménez (1999) en decir que, la ciencia “es una actividad cognitiva relacionada

¹ Nieda J., Macedo B., (1997) Un currículo científico para estudiantes de 11 a 14 Pág. 64. Organización de los Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Santiago. Chile.

con la generación de conocimientos”², los agentes cognitivos son los científicos que crean los modelos a través de diversos métodos que sirven para representar y explicar el mundo.

Los modelos, a los que arriban los científicos, son dados a conocer por medio del lenguaje, en un conjunto de enunciados. Esos enunciados constituyen las teorías.

En relación a esto, Duschl R. (1997) afirma que las teorías son el resultado de actividades científicas orientadas a proporcionar explicaciones de los fenómenos, independientemente de la disciplina científica y para tal fin establece una relación jerárquica, donde la explicación científica es uno de los objetivos de mayor jerarquía de la ciencia, que necesita indefectiblemente de las Teorías científicas consolidadas.

El conocimiento que es logrado por el proceso de hacer ciencia es muy diverso, pero pese a esto existen aspectos comunes que permiten organizar las ciencias según su objeto de estudio en dos grandes grupos “Ciencias Formales y Ciencias Fáticas”³, de acuerdo a la clasificación del epistemólogo Mario Bunge (1989).

Las Ciencias Formales se ocupan del estudio de las ideas, por esto no se refieren a nada que se encuentre en la realidad y no usan nuestros contactos con el mundo para convalidar sus fórmulas.

Por el contrario, las Ciencias Fáticas tienen como objeto de estudio hechos que ocurren en la realidad, o sea utilizan nuestros contactos con esa realidad para convalidar sus conocimientos, contrastando a través de la experiencia sus fórmulas.

En referencia a la verdad o concordancia del conocimiento dentro de las Ciencias Fáticas, éste depende justamente de la región fáctica de la que participa el hombre, aspecto que no sucede en las ciencias formales.

De lo que manifesté anteriormente, deduzco que dentro de las ciencias Formales la estructura de una idea formal y su verdad resultan independientes de la realidad, como consecuencia estas ciencias son autosuficientes en cuanto al contenido y método de prueba, en contraposición de las Ciencias Factuales, que para expresar su contenido, son totalmente dependientes del hecho.

Pero a pesar de estas diferencias, entre los dos grandes tipos de ciencias, Factuales y Fáticas, encuentro un punto de relación, y es que la ciencia Factual presupone y contiene ciertas teorías provenientes de las ciencias Formales, que no

² Del Carmen C., Jiménez P., Sanmartí N. y otros (1999) La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria. Pág. 22. Horsori. Barcelona. España

³ Bunge M., (1989) “La investigación científica”, Pág.38. Ariel. Barcelona. España.

somete a discusión ni a duda, porque los hechos factuales son irrelevantes para las ideas puras.

De este modo, considero un aspecto importante para el fundamento de la estrategia la postura de M. Bunge (1989), según la cual:

Las Ciencias Factuales son totalmente dependientes del hecho,
que se manifiesta en el mundo,
para convalidar los conocimientos propios.

De acuerdo a la postura de M. Bunge (1989), las Ciencias Factuales se clasifican en Naturales y en Culturales, según al hecho a que se refieran. Dentro de las Naturales ubica entre otras ciencias, a la Química, Física, Biología y dentro de las Culturales, ubica entre otras a la Psicología social, Sociología, Ciencias políticas, etc.

Para contextualizar dentro de la clasificación a la estrategia didáctica, objeto del presente trabajo, es conveniente que en esta instancia, efectúe una ubicación de campos disciplinares. Si bien el trabajo que desarrollo toma una temática del campo específico conceptual de la disciplina Química y que corresponde al área de la ciencia Factual Natural, la intervención áulica, donde el profesor difunde y concreta el proceso de enseñanza y el de aprendizaje, corresponde a la Didáctica. A esta la ubico dentro del campo de la ciencia Factual Cultural, porque es una disciplina que se ocupa de un fenómeno social y cultural como son los procesos de enseñanza y de aprendizaje.

Por lo que manifesté anteriormente, al presente trabajo lo desarrollo en el área de la Didáctica de las Ciencias Experimentales, es por esto que lo considero como la articulación entre el campo de la Ciencia Factual Natural y el de la Ciencia Factual Cultural.

La triangulación de campos científicos me lleva a considerar necesariamente por un lado, el conocimiento sobre un hecho natural específico, consensuado por la comunidad científica, que se transpone a la situación áulica. Esta situación, implica en sí un proceso muy importante que es la socialización del conocimiento, y esto me va a ubicar en el campo de las Ciencias Sociales.

Estas Ciencias Sociales poseen rasgos, que las distinguen de las experimentales y que resultan útiles e importantes para el presente trabajo. Algunas de esas características, son:

- ✓ No son exactas, pero sí rigurosas por que siguen un método.

- ✓ Son humanas por que su campo de estudio es el entorno o contexto del hombre, no como ser biológico sino como individuo cultural, poseedor de libertad y lenguaje.
- ✓ El hombre, ser espiritual, no está rígidamente determinado por leyes por lo que no se puede prever con exactitud su comportamiento frente a determinados estímulos.
- ✓ El hombre es un ser creativo, de modo que es el único ser que ha creado símbolos que se concretan en un lenguaje para comunicarse y expresarse en objetos de cultura.

Como manifesté anteriormente en coincidencia con P. Jiménez (1999), el hombre por el proceso de hacer ciencia es productor de conocimientos, así continuando con el desarrollo de los conceptos involucrados en el esquema que presenté en el Marco Teórico, desde la vertiente de la ciencia, creo conveniente tratar ahora brevemente lo que es el conocimiento en general, para luego centrarme en la epistemología o producción del conocimiento científico.

Los aspectos que derivan del proceso de “conocer”, me resultan importantes para llegar a establecer los tipos de Objetos con los que trabaja la ciencia.

Con respecto al conocimiento en general he afirmado que el “Homo Sapiens” es por naturaleza producto y productor de conocimiento.

En este sentido, desde un enfoque clásico, N. Hartmann⁴(1989), dice que dos elementos son necesarios e imprescindibles, para que exista conocimiento, el sujeto cognoscente y el objeto cognoscible. Entre ellos se entabla una “relación”, llamada “relación cognoscitiva”, en ella el sujeto “aprehende” al objeto y como resultado queda en éste una imagen, también considera como sinónimos de imagen a antes de existencia no material como por ejemplo, las ideas.

Pero para que efectivamente se produzca el conocimiento, según este especialista, la relación cognoscitiva, debe cumplir entre objeto e imagen, el requisito de “adecuación o coincidencia”.

En la relación cognoscitiva, el que lleva a cabo el conocimiento es un ser hombre, un ser humano, que tiene estructurada una personalidad y que además posee entre otras cosas una carga teórica y experiencias propias, por esto se constituye en un “sujeto psicológico”.

⁴Hartmann N. en Díaz, E.; Heler M. (1989) “El conocimiento científico”. Cáp.5 Pág.40.Vol.1EUEDEBA, Buenos Aires. Argentina.

En esa relación el sujeto conoce al objeto y como resultado se forma una imagen de éste. Etimológicamente, objeto proviene del latín “ob – yectum”, “ob”, significa hacia delante y “yectum”, significa: es arrojado.

De lo que he expuesto, realizo una primera inferencia en cuanto a la relación que se establece para conocer y es, lo que primero conozco es lo que se me presenta o enfrenta y estos son los objetos reales que me rodean y que ocupan un lugar en el espacio y tiempo.

Pero sucede que no sólo estos objetos reales son factibles de ser conocidos, sino también los llamados objetos psíquicos. Dentro de éstos, resultan objetos de conocimiento los estados mentales, los afectos, los pensamientos, deseos, ideas.

Pero en cuanto a la posibilidad de ser aprehendidos o conocidos, los objetos psíquicos me resultan, en relación a los objetos reales, mucho más difíciles de conocer porque no tienen existencia temporo – espacial; pertenecen a esa categoría de objetos, que señalé como entes de existencia no material, por ejemplo los números, las figuras geométricas, los modelos, las relaciones, los procesos y que si bien éstos los aplico a la realidad, no se me presentan a mi experiencia, como objetos reales, pero sí son objetos factibles de conocer o cognoscibles.

Anteriormente manifesté, que como resultado de la relación cognoscitiva, que produce conocimiento, se forma una imagen. Para el caso de cuando esta imagen del conocimiento, proviene de los objetos psíquicos, es expresada a través del lenguaje y constituye lo que se llama una proposición conceptual.

En referencia a la concordancia, entre objeto e imagen que se forma el sujeto a través de la relación cognoscitiva, E. Díaz y M. Heller (1989), dicen que solo “hay conocimiento cuando la imagen es verdadera”⁵. Pero no me resulta sencillo, saber si existe concordancia entre objeto real u objeto psíquico y su imagen correspondiente y esto me permite abrir dos líneas de discusión, ellas son, la primera referida a qué tipo de objetos se conocen y cuál es su relación con la ciencia y la segunda me conduce a las diferentes posturas acerca de la posibilidad de conocer y a la forma de producción y de validación del conocimiento.

La línea que conduce a las diferentes posturas acerca de la posibilidad de conocer, es estudiada por la Teoría del Conocimiento que aborda dos problemas: la posibilidad de conocer y el origen del conocimiento, aspectos en los cuales no me detendré en este trabajo, pues acepto que el conocimiento es posible y que su fuente es exógena.

⁵ Díaz E., Heller M. (1989) “El Conocimiento científico” Vol. 1, Pág.42. EUDEBA. Buenos Aires, Argentina.

Considero importante interiorizarme, sobre los tipos de objetos que puedo conocer y su relación con la ciencia y la forma de producción y validación del conocimiento, aspectos que hacen a la epistemología, con el objeto de dar fundamento a la estrategia.

Ahora bien la epistemología, se ocupa del estudio únicamente del conocimiento científico y existe entorno a la producción de éste, ciertas condiciones, que influyen en la producción y forman lo que los especialistas denominan los contextos.

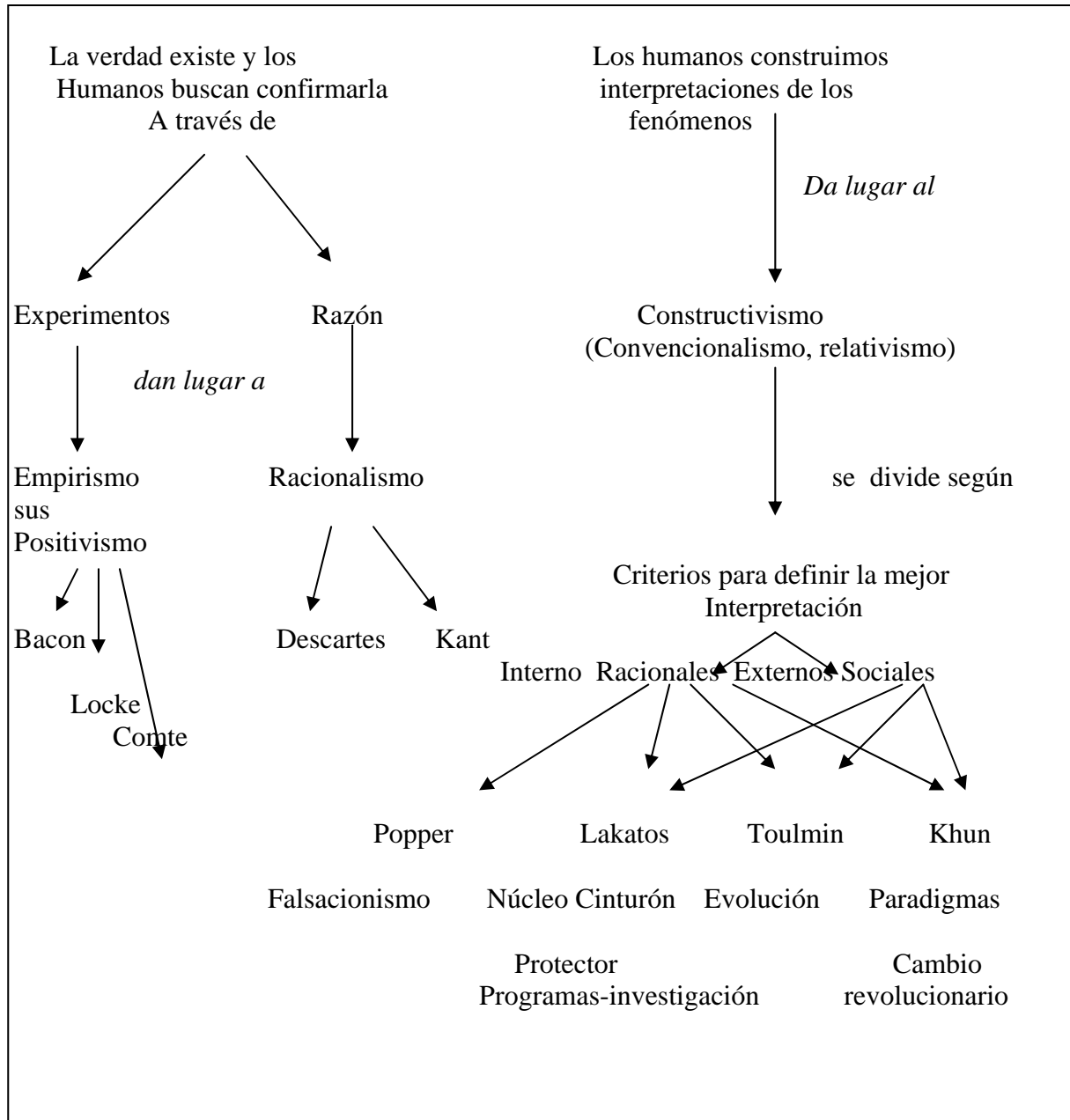
En relación a esto reconozco dos contextos, el de descubrimiento y el de justificación. El contexto de descubrimiento involucra las condiciones históricas, sociales, psicológicas, que influyeron en la producción de un determinado conocimiento, es decir, este contexto me aporta datos sobre el origen y evolución de las ideas científicas.

El contexto de justificación, comprende los modos de validación del conocimiento producido, en síntesis se ocupa de la aplicación de criterios lógicos y empíricos para la legitimación de las hipótesis.

Considerando los dos contextos que antes mencioné, existen en relación a ellos y a lo largo del tiempo, diferentes posturas filosóficas y epistemológicas. Todas estas posturas son sistematizadas por Nussbaum (1989) en dos grandes corrientes epistemológicas, que dio en llamar: la visión clásica y la visión moderna. En la visión clásica acerca de la producción del conocimiento científico, este autor reúne a las corrientes dominadas por enfoques empiro-inductivistas y en la visión moderna, que la denomina nueva filosofía de la ciencia, reúne a todas las corrientes de pensamiento que adhieren a que, toda observación, está dirigida por alguna teoría o marco conceptual previo.

Un esquema clasificatorio de las diferentes escuelas de pensamiento, que considera las dos grandes corrientes planteadas, es el siguiente:

Organizador - 4- Corrientes epistemológicas⁶



⁶ Nussbaum, (1989) en Sanmartí N., (1995) Reflexiones acerca de la didáctica de las ciencias como área de conocimiento e investigación. Universidad Autónoma de Barcelona. Mimeo. España.

Por lo que he desarrollado, entiendo según la propuesta anterior, que la visión más adecuada para sustentar la estrategia por los propósitos y objetivos que persigo, es la visión moderna.

Hasta aquí, establecí a qué concepción de ciencia adhiero, qué es el conocimiento y qué línea epistemológica sustentará la estrategia, sin entrar aún en los criterios de esa corriente.

Con anterioridad planteé referidas al conocimiento, dos grandes líneas de discusión, una ya la he esbozado y es la referida a la producción y validación del conocimiento, ahora me detendré en la otra línea de discusión planteada que es la referida a qué tipo de objetos se conocen y cual es su relación con la ciencia.

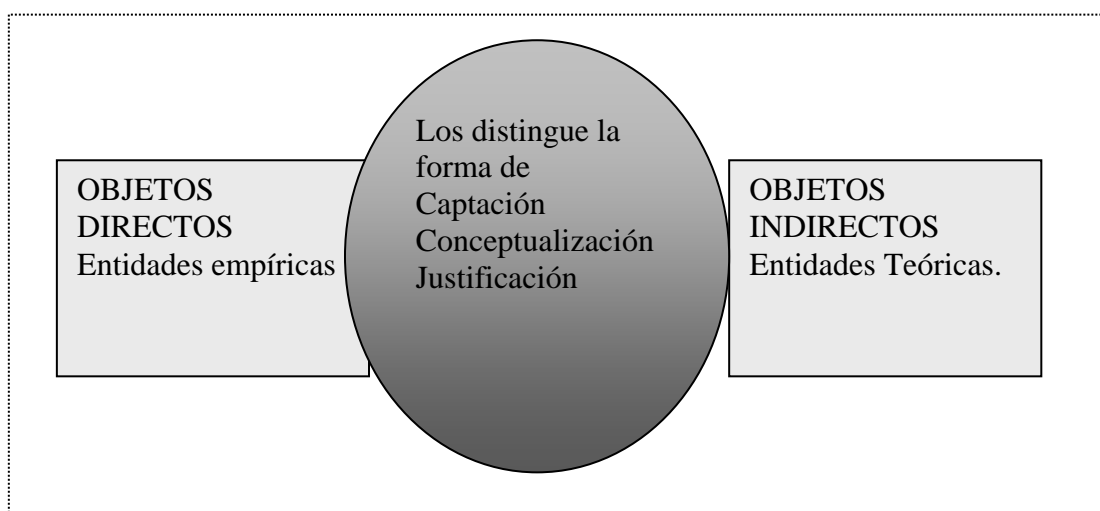
La misma es de suma importancia para el diseño y contenido de la estrategia didáctica.

1-2 Tipos de Objetos y su relación con la Ciencia

G. Klimovsky (1994), epistemólogo contemporáneo, distingue que en la relación cognoscitiva los objetos que puedo llegar a conocer, son “objetos directos” y “objetos indirectos”⁷. Ambos son distintos debido a que es diferente la forma en que se captan, se conceptualizan y el modo en que se justifican.

De acuerdo a la propuesta de Klimovsky he elaborado un esquema organizador en el que resumo las características de los tipos de objetos y cuales son los aspectos que los distinguen.

Organizador – 5- Tipo de Objeto



⁷ Klimovsky G. (1994) "Las desventuras del conocimiento científico" Pág.33 .A-Z Editora. Buenos Aires. Argentina.

En función del esquema anterior, realizaré la caracterización de cada tipo de objeto, esto es necesario, porque trae consecuencias epistemológicas y metodológicas, debido a que la construcción y justificación del conocimiento no es igual en uno y otro caso.

Los Objetos directos, surgen de la captación directa de las entidades que se encuentran en el mundo y que forman parte de la experiencia sensorial.

Son las entidades del mundo que puedo captar directamente mediante el conocimiento sin necesidad de utilizar instrumentos o teorías científicas; por esto los llama “observables”, algunos ejemplos son silla, mesa, gato.

A estos objetos los conceptualizo en el lenguaje ordinario y pasan a formar parte de lo que denomina Base Empírica.

Entonces todos los objetos que puedo potencialmente conocer directamente y que poseen el mismo significado en cualquier parte del mundo, son llamados objetos directos u “observables” y el conjunto de ellos constituye, lo que G. Klimovsky llama, la Base Empírica.

Un “observable”, no solamente es un objeto de captación directa, sino también es “observable”, por ejemplo, la posición de una aguja en un instrumento, porque proporciona un dato. Existe una disciplina de la Física como la óptica geométrica cuyo discurso se limita a la Base empírica, es decir solo a entidades observables.

Los objetos indirectos son entidades que no puedo captar directamente, a pesar de esto no niego su conocimiento, pero estos objetos no se encuentran en la realidad, por esto, para que pueda captarlos, necesito de estrategias mediatizadoras como pueden ser diferentes instrumentos.

A este tipo de objeto, a diferencia de los directos, los conceptualizo por medio de un lenguaje específico y unívoco, siendo ejemplos de estos los genes, los electrones, las células, los quark, los átomos.

El conjunto de objetos indirectos, constituyen lo que G. Klimovsky llama, la Zona Teórica de la ciencia.

1-3 Relación entre tipo de objeto y control del conocimiento

He expuesto y adherido a que la ciencia es un proceso histórico y social. Desde este enfoque los datos observables de la base empírica, son los que cualquier persona de la sociedad puede captar en su vida cotidiana y conceptualizarlos en el lenguaje ordinario. Ahora bien, ese proceso cuando se vuelve sistemático es llevado a cabo por

los científicos, quienes son los encargados de explicar y justificar los “observables”, en ese proceso encuentran regularidades, emiten suposiciones y formulan teorías. O sea que los objetos de captación directa u observable son justificados, desde las teorías que proveen los objetos indirectos, constituyentes de la Zona Teórica de la ciencia.

Dentro de esta postura, para que se origine el conocimiento, debe existir concordancia entre los diferentes tipos de objetos con la zona teórica y la base empírica y para esto, existe un elemento que dentro de esa concordancia ejerce el control y ese elemento es el dato de la base empírica. Esta afirmación, la fundo en que las teorías deben explicar y justificar el dato de la base empírica; si esto no sucede, son las teorías las que deben modificarse.

Es en función del control, que ejerce el dato perteneciente a la base empírica sobre las teorías de la zona teórica, que G. Klimovsky (1994) afirma, que la base empírica es primordial y la zona teórica circunstancial.

Hasta aquí establecí diferencia entre los dos tipos de objetos que puedo conocer y para la caracterización utilicé dos categorías, la captación y la conceptualización, además manifesté que el conocimiento del objeto indirecto es justificado desde la base empírica.

Existe según la postura empirista tres tipos de bases empíricas y ellas son, la base empírica Filosófica, la Epistemológica y la Metodológica. Para el presente trabajo me interesan las dos últimas y es importante dentro de ellas, la forma de justificación del conocimiento.

En relación a lo que he manifestado, los dos tipos de bases, la epistemológica y la metodológica, se ocupan de objetos diferentes. Así, la base empírica epistemológica, trabaja con objetos de captación sensorial directa de la vida cotidiana y para esto no requiero de ningún intermediario para captarlos, las cualidades de esos objetos los expreso, o sea, los conceptualizo en el lenguaje ordinario.

La base empírica epistemológica, es la base a partir de la cual los científicos auxiliados por entidades de la zona teórica, constituidos por teorías y demás instrumentos, formulan suposiciones que explican regularidades y justifican los fenómenos.

La captación de los objetos que pertenecen a la base empírica la realizo por medio de la observación y para esta base la observación realizada se da en llamar “estrecha”. Pero he manifestado que existen objetos que no puedo captar directamente a través de los sentidos y que para acceder a su conocimiento necesito de estrategias

mediatizadoras; esos objetos llamados indirectos los capto mediante estrategias que utilizan instrumentos específicos. Cuando accedo al conocimiento de objetos indirectos por el uso de instrumentos, entro dentro de la dimensión de la base empírica metodológica y la observación que realizo para captar el objeto es dada en llamar “amplia o extensa”.

Considerando esto, puedo afirmar que en la mayoría de los casos en los que el científico produce conocimiento, la observación que realiza para producirlo es observación en sentido amplio y esto indica que la labor empírica del mismo siempre presupone un marco teórico constituido por las teorías ya aceptadas y que no son sometidas a discusión por la comunidad científica.

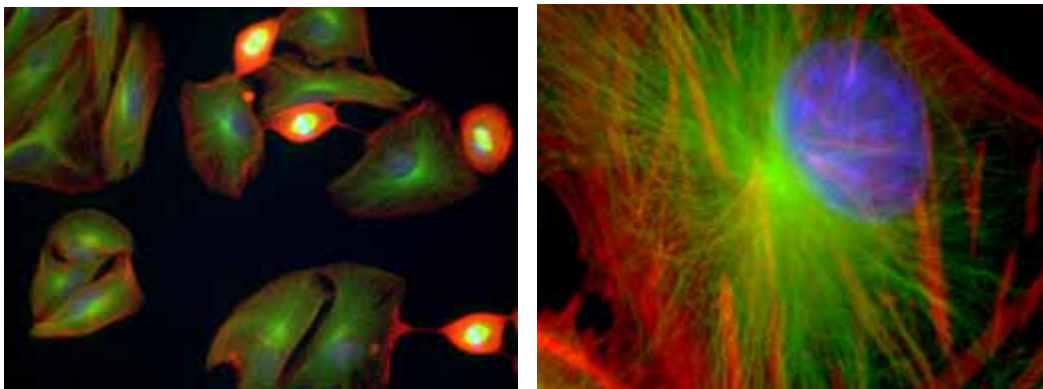
En el caso de los objetos que pertenecen a la base empírica metodológica, acepto su conocimiento pero mediado por un instrumento. En este caso el conocimiento que obtengo lo denomino “inferido” y esto conlleva a que, si acepto el conocimiento, debo aceptar sin discusión la teoría en la que se basa el instrumento con el que realizo la observación para obtener el dato.

El conocimiento inferido que obtengo en la base empírica metodológica, no cuestiona la estrategia mediante la cual llego al conocimiento, la acepta sin discusión.

La distinción entre observable u objeto directo y objeto indirecto y la forma en que lo justifico es fundamental. En referencia a esto, al conocimiento del observable lo justifico por contrastación con la realidad; en cambio, al conocimiento del objeto indirecto lo justifico al aceptar sin discusión la base empírica metodológica, es decir, acepto lo que se “ve” mediado por un instrumento que produce un conocimiento “inferido” construido en la zona teórica.

Para graficar lo que describí, presento una serie de fotos de observaciones realizadas a través de un microscopio, este ejemplo está basado en uno presentado por G. Klimovsky (1994).

Si observo las siguientes imágenes, a través de un microscopio, ¿Qué puedo decir acerca de lo que veo?



Personalmente, como mi formación no es en Biología, difícilmente pueda arriesgar algo, sólo decir que percibo manchas de colores. Las manchas que observo por el ocular del microscopio, se convierten en el dato epistemológico, elemento de la base empírica epistemológica.

Pero al respecto, la ciencia me dice que en este caso particular, las imágenes que observo a través del ocular del microscopio son células epiteliales, por esto, estas manchas se transforman en objetos indirectos de captación mediatizada por un instrumento que es el microscopio y el empleo de diferentes técnicas.

Así la célula no es un dato, sino un conocimiento inferido y estas manchas que la ciencia y biólogos interpretan como células, son legitimadas a través de las leyes de la óptica, son un elemento que pasa a pertenecer a la base empírica metodológica.

Científicamente el fundamento del ejemplo, es “Células epiteliales, triple coloración: núcleo (azul), microtubulos (verdes), actina (rojo). 200X (izq.) y 1000X (der.). Se usa la técnica de microscopía de fluorescencia por la cual “una sustancia natural en las células o un colorante fluorescente aplicado al corte es estimulado por un haz de luz, emitiendo parte de la energía absorbida como rayas luminosas: esto se conoce como fluorescencia. La luz fluorescente de mayor longitud de onda se observa

como si viniera directamente del colorante ([http://www. itg.vive.edu\(/technology/atlas/microscopy/images/20X_fluor.tif\)](http://www.itg.vive.edu/technology/atlas/microscopy/images/20X_fluor.tif)).

Los biólogos al aceptar esto, aceptan las leyes del instrumento que usan para realizar la observación en sentido amplio y además las técnicas que utilizan para observar, cortar y colorear.

El concepto célula, así aceptado, se transforma en un “observable”, debido a que cumple con los requisitos de la base empírica.

Al dato sobre el cual se construye el conocimiento sea directo o inferido, lo obtengo de la realidad, que es dimensión de la base empírica epistemológica, y si considero que no todo objeto que se encuentra en la realidad puede ser un dato para el científico, es que esta base, según Klimovsky, debe cumplir con una serie de requisitos.

La base empírica sobre la que se construirá conocimiento científico, debe cumplir con los requisitos de efectividad, intersubjetividad y repetibilidad.

Como requerimientos más importantes, dentro de ellas me referiré a la intersubjetividad y repetibilidad.

El requisito de intersubjetividad deriva en el criterio de objetividad científica, porque la intersubjetividad implica que un dato de la realidad pueda ser captado a través de la observación por varias personas, es decir, que no puede existir un único captador.

La repetibilidad es el requisito de la base empírica por el cual a través de la observación puedo tener la oportunidad de captar el mismo dato de la realidad, en reiteradas oportunidades. Esta repetibilidad da fortaleza a la base empírica, pues cuanta más veces se repita de la misma forma, estará asegurando que no es un hecho fortuito sino un dato firme sobre el que se puede construir conocimiento.

En este aspecto me resulta útil distinguir entre acontecimiento y evento, distinción que es establecida por C. Popper y retomada por G. Klimovsky (1994). Así el acontecimiento es el hecho en general, por ejemplo, la caída de un cuerpo, en cambio un evento es un hecho que comprende las regularidades del acontecimiento, de acuerdo al ejemplo que cité esta caída requiere de un cuerpo particular en un lugar determinado y en un momento determinado.

De acuerdo a lo manifestado por Klimovsky y sintetizando, he establecido que el conocer, posibilita el conocimiento de los objetos directos y objetos indirectos y que la forma de construir el conocimiento de uno y otro objeto, es diferente, hecho que se basa en la forma de ser captados, conceptualizados y justificados.

A los objetos directos los llamo “observables”, los capto por la experiencia sensorial directa y constituyen el dato que brinda la base Empírica, los conceptualizo en el lenguaje vulgar y ejercen el control sobre el conocimiento.

A los objetos indirectos, que son objetos de captación indirecta, al observarlos para poder captarlos necesito de estrategias mediatizadoras como instrumentos, los conceptualizo en un lenguaje específico y constituyen la zona teórica. Los objetos indirectos, inferidos a través de un instrumento, son también observables⁸.

Destaco aquí que G. Klimovsky, al referirse a objetos indirectos, no habla en ningún momento de “no observables”.

Ahora bien, estimo adecuado contextualizar los conceptos desarrollados para la disciplina Química.

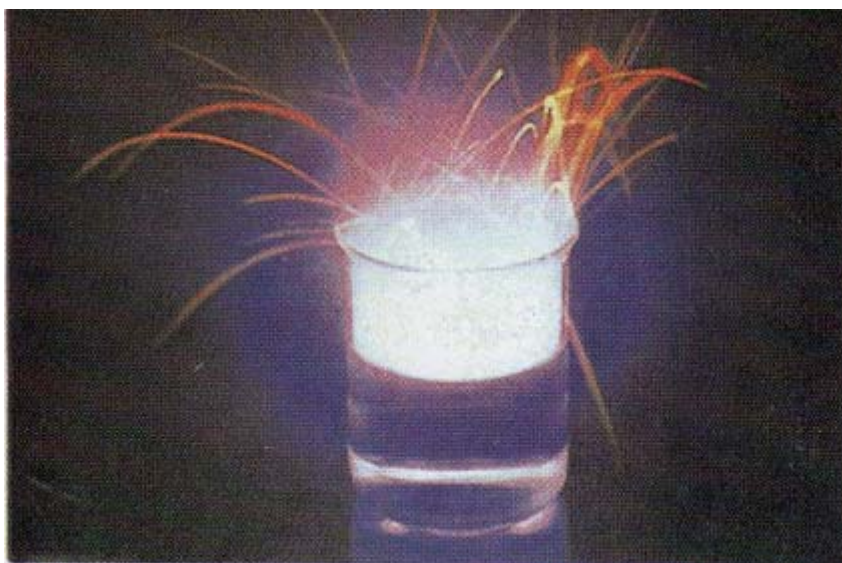
1-4 Contextualización de Objetos y Bases a la disciplina Química

Para concretar la contextualización de las características referidas a Objetos y Bases, en la disciplina Química parto del siguiente interrogante.

- ¿Qué sucede específicamente en la Química respecto de los tipos de objetos y la Base empírica y teórica?

La Química según la clasificación propuesta por M. Bunge (1989) es ciencia factual, es decir es una ciencia experimental que se ocupa de estudiar la constitución de la materia, los cambios asociados a ella, además de la energía involucrada en esos procesos o cambios.

Trabajaré con un ejemplo concreto para poder establecer los límites.



9

⁸ Klimovsky, G. (1992) Corrientes epistemológicas contemporáneas. Pág. 33. A-Z Editora. Buenos Aires. Argentina.

⁹ Whitten K., Gailey K., Davis R., (1994) “Química General” Mac Graw Hill. México.

Al observar la imagen anterior veo o percibo un vaso de precipitados, que contiene un líquido incoloro y observo proyecciones y luz, todo esto constituye la base empírica, es decir objetos de percepción directa, “objetos directos” u “observables”.

Si deseo interiorizarme de qué temperatura alcanza la reacción o analizar la luz producida, utilizo diversos instrumentos adecuados para cada determinación.

También puedo analizar el líquido que observo, para lo cual utilizo papel de pH o papel de tornasol o un instrumento llamado peachímetro, que por medio de un cambio de color o por un número en una escala, me permite inferir si el medio es ácido, neutro o básico. En todos los casos me ubico en la base empírica metodológica pues como química acepto sin discutir, que si el papel vira a tonalidades rojizas el medio es ácido y si vira a tonalidades verde – azul, el medio es básico. Así el objeto indirecto, se me hizo observable aceptando sin discusión la escala de pH y el procedimiento de determinación.

Ahora bien, la imagen hace referencia a la reacción de los metales activos en agua. Esto constituye un acontecimiento, así la foto que se ilustra es un evento específico, que ocurrió y fue fotografiado y no volverá a ocurrir, pero por el requisito de repetibilidad, de intersubjetividad, puedo volver a repetir ese evento que pertenece a un acontecimiento. En el laboratorio de la Facultad, todos los alumnos observarán lo mismo y siempre será un evento único del acontecimiento reacción de los metales activos con el agua.

En la bibliografía que consulté, la imagen se acompaña con el texto:

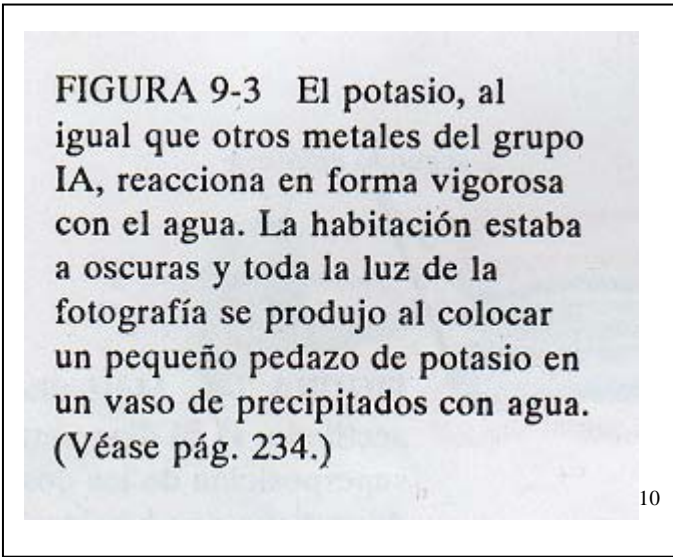


FIGURA 9-3 El potasio, al igual que otros metales del grupo IA, reacciona en forma vigorosa con el agua. La habitación estaba a oscuras y toda la luz de la fotografía se produjo al colocar un pequeño pedazo de potasio en un vaso de precipitados con agua. (Véase pág. 234.)

10

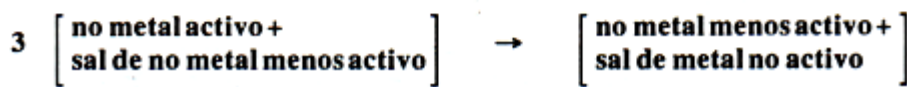
¹⁰ Whitten K., Gailey K., Davis R., (1994) “Química General”, Pág. 238 – H. Mc Graw Hill. México.

De la lectura acepto sin cuestionar muchos aspectos como que, lo que observo como líquido es agua, a la cual se le agrega un trozo de sólido gris que es potasio, que es un metal activo ubicado en el grupo I A, de la tabla periódica y además acepto la generalización de que todos los metales del grupo reaccionan de esa manera o al menos de modo similar.

El texto continúa de la siguiente manera:

En la tabla 9-6 se indica la serie de actividades. Cualquier metal que se encuentre por arriba del hidrógeno en esta serie al ser añadido a soluciones de ácidos *no oxidantes* como el clorhídrico HCl y el sulfúrico H₂SO₄ se disuelve para producir hidrógeno, formándose una sal.

Los metales muy activos pueden inclusive desplazar al hidrógeno del agua. Sin embargo, estas reacciones de metales muy activos del grupo IA son peligrosas porque generan suficiente calor para provocar ignición explosiva del hidrógeno (véase Fig. 9-3). La reacción de potasio o cualquier otro metal del grupo IA con el agua también es una *reacción de desplazamiento*:



Puedo apreciar que el texto queda en el nivel de observables de la base empírica o sea todos los conceptos del texto son observables. Pero en un costado del texto principal, transcrito, el autor coloca la siguiente leyenda

Un no metal activo es aquel que forma un anión monoatómico con facilidad.

Es aquí cuando el autor se refiere a anión monoatómico, que surge un elemento que no puedo “ver”, un objeto indirecto que no puedo captar por ningún instrumento, por esto y en función de lo que manifesté para completar la postura de G. Klimovsky, la cual solo hace referencia a objetos directos u “observables” y objetos indirectos, estimo adecuado, articular la visión anterior con los niveles de representación mental para Química, propuestos por A. H. Johnstone (1982).

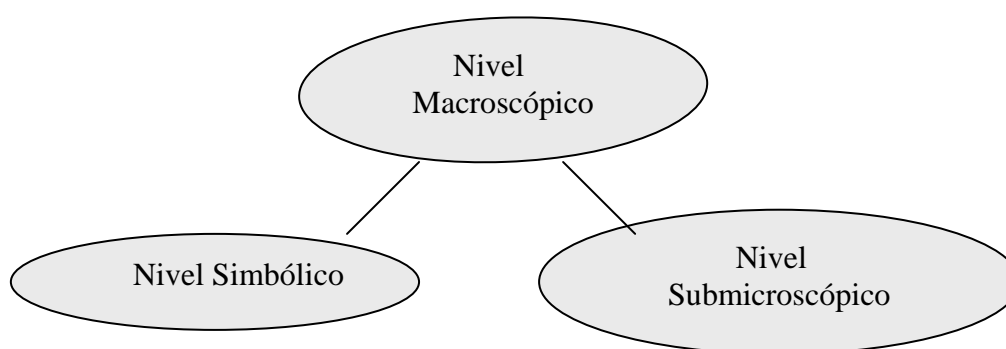
Estos niveles no contrarían la visión que anteriormente desarrollé, por el contrario complementan el nivel de objetos indirectos para la ciencia Química.

Sé y acepto que “Los conceptos de química son entes abstractos, mediados por interpretaciones simbólicas”¹¹. Johnstone (1982, 1991), propone tres niveles de representación mental para la interpretación de los fenómenos naturales:

- ✓ El nivel macroscópico
- ✓ El nivel submicroscópico
- ✓ El nivel simbólico

y los esquematiza a través de un triángulo, llamado justamente “triángulo Johnstone”

Organizador 6- “Niveles representacionales en Química”



Retomando el ejemplo dado para la disciplina puedo determinar perfectamente los tres niveles.

El nivel macroscópico de los observables corresponde a las representaciones mentales adquiridas por experiencia sensorial directa. Este nivel se “construye mediante la información que proveen los sentidos”¹⁰, es decir, lo capto a través del gusto, olfato, tacto, vista, características de los objetos, las propiedades organolépticas, en el ejemplo lo que percibo directamente por mis sentidos, es el vaso, la luz desprendida, el líquido, el sólido que se agrega.

El nivel submicroscópico hace referencia a “representaciones abstractas”¹¹, modelos que tiene en su mente el experto en química, o que puedo adquirir, asociados a esquemas de partículas, concretamente el modelo particulado de la materia., que en el ejemplo corresponde al anión monoatómico.

El nivel simbólico involucra las fórmulas químicas, los símbolos de los elementos, las ecuaciones, los gráficos, que son otras formas de expresar los conceptos químicos.

¹¹ Johnstone en Galagovsky, L., Rodríguez, M., Stamati N., Morales L. “Representaciones Mentales, Lenguajes y Códigos en la Enseñanza de Ciencias Naturales” Revista Enseñanza de las Ciencias N°21, 2003. España.

Los no observables para la ciencia Química son conceptos abstractos que en cantidad restringida, constituyen la zona teórica. Dentro de esta categoría incluyo a las partículas (átomos, moléculas, iones, partículas subatómicas como protón, neutrón, electrón, etc.) y a entidades teóricas (enlace químico, fuerzas de atracción entre moléculas, etc.) es decir, todos los conceptos que no puedo captar por instrumentos, pero puedo inferirlos.

En función de lo que se considera “no observables”, elementos que constituyen la zona teórica para la ciencia Química, me es posible establecer una restricción, la misma la determino por la cantidad de no observables que forman parte de la zona teórica de cada una de las disciplinas que forman las ciencias factuales naturales. Por esto la zona teórica constituida por los “no observables”, es para la Química mucho más restringida que en el caso de la Biología y de la Física clásica.

Esto lo afirmo, porque al momento de explicar los fenómenos desde la Química y para hacerlo desde la ciencia como expuse anteriormente sólo pocos conceptos me resultan adecuados y correctos para realizar la explicación, a los mismos los relaciono con la teoría de partículas y ellos son: átomos, iones, electrón, quarks, enlace. Todos los conceptos son abstractos y “no observables” y además no captables al menos hasta ahora por ningún instrumento.

En cambio la Física clásica, en general utiliza para justificar su conocimiento conceptos, como masa, volumen, fuerza, presión, carga eléctrica, etc., que provienen de la base empírica metodológica a los que capto por instrumentos, como termómetros, dinamómetros, etc. Es decir son objetos que capto indirectamente por medio de instrumentos, por lo tanto según el propio G. Klimovsky, pasan a ser observables.

Para el caso de la disciplina Química, los conceptos que son correctos para efectuar la explicación, resultan en número acotados, además de que son abstractos, no observables y no medibles directa ni indirectamente. Esto no lo puedo generalizar para las disciplinas que forman las ciencias factuales, debido a que para la Física clásica, es admitido en la justificación del conocimiento, otro nivel conceptual, como pueden ser masa, peso, fuerza, presión, temperatura, todos conceptos observables.

Anteriormente manifesté que los científicos elaboran explicaciones del mundo o de la realidad, considero adecuado entonces abordar qué se entiende por explicación y como debo relacionar en la elaboración de la misma los objetos y niveles de representación mental.

1-5 La Explicación en General.

Concordante a la postura que desarrollo, existen tres operaciones esenciales de las que se ocupa la ciencia factual. G. Klimovsky (1997) propone: la fundamentación, la predicción y la explicación¹².

De las tres operaciones propuestas caracterizaré a la explicación. En referencia a ella, destaco un aspecto importante y es que la explicación la realizo sobre un hecho. Ésto lo complemento con otros aspectos referidos a la operación de explicar y que son: que el hecho haya ocurrido, que el hecho sea verdadero y que exista la teoría necesaria y adecuada que lo sustente.

Así, ante un hecho que ocurre y que se me aparece inteligible recorro a leyes para poder comprenderlo y eso que se me aparecía incomprensible, mediante la aplicación de leyes principios o teoría adecuada, se me vuelve claro y razonable.

La explicación entendida del modo descripto, proporciona razones para que aquello que me parecía intrigante, una vez que lo expliqué deje de serlo y se transforme en un hecho natural que debió haber ocurrido así y no de otra manera.

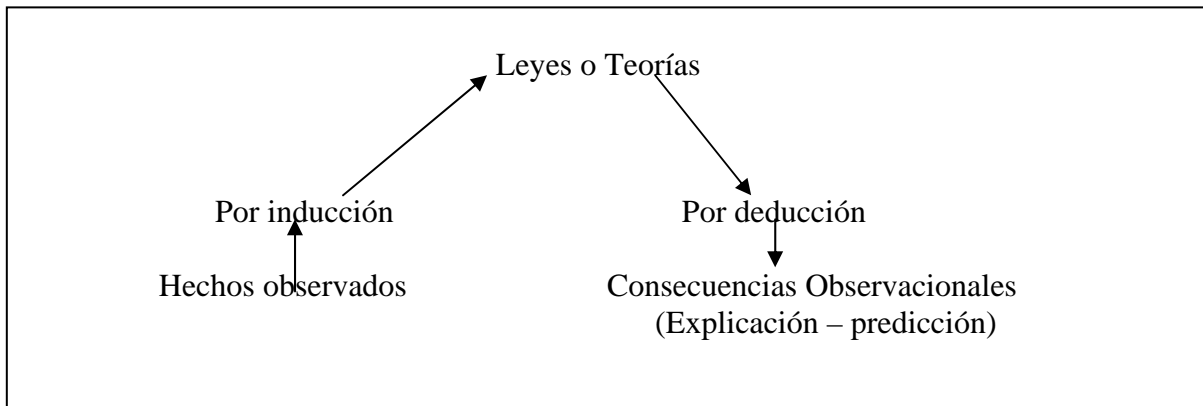
El hecho es la evidencia “observable”, lo macroscópico y las razones que utilizo para explicar las extraigo del cuerpo de leyes, modelos, teorías disciplinares, constituidos por términos submicroscópicos o “no observables” o sea conceptos abstractos, inferidos y que no puedo medir por ningún instrumento.

A lo que he expresado, puedo agregar la afirmación de C. Popper: “la explicación dentro de la ciencia es el motor por el cual se construyen teorías científicas que se usan para deducir aquello que queremos comprender”¹³

En síntesis, el camino de la ciencia es el de los hechos a las leyes por la metodología de la Inducción y por la de deducción de las leyes a los hechos, mediante las operaciones de explicación y de predicción.

¹² Klimovsky G. (1997) “Las desventajas del conocimiento científico”. Pág. 245. A-Z Editora. Buenos Aires Argentina.

¹³ Klimovsky G. (1997) “Las desventajas del conocimiento científico”. Pág. 248. A-Z Editora. Buenos Aires Argentina.

Organizador – 7- De los hechos a la explicación¹⁴

En el organizador anterior el especialista delimita los dos contextos de la ciencia, a la que me referí con anterioridad, el contexto de descubrimiento que es el que procede de los hechos a las leyes y el contexto de justificación que es el que procede de las leyes, teorías o modelos, a los hechos, por medio de la metodología de deducción.

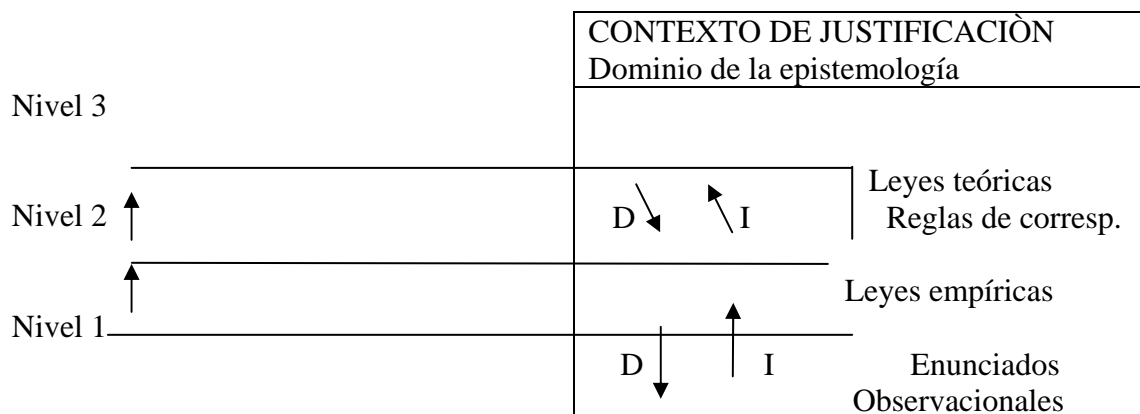
En definitiva la explicación científica, involucra la dimensión del contexto de justificación, el que consiste en justificar un hecho que ya ocurrió y que es verdadero por medio de los modelos mentales de la disciplina.

El corpus de leyes, teorías o modelos que utilizo para justificar el hecho son aceptados por la comunidad científica y están constituidos por el nivel de términos no observables o submicroscópico.

Por esto la explicación es un problema netamente epistemológico, reservada al contexto de justificación y es el área que me interesa. Al respecto adjunto el siguiente esquema, adaptado de otro, donde a los contextos que caractericé los complemento con niveles de lenguaje.

¹⁴ Datri E., Macchi G. “Las ciencias Fáticas”. Cuadernos de Ingeniería. Pág. 17. Curso de posgrado en Investigación Educativa. Universidad Nacional del Comahue

Organizador – 8- Contextos de Ciencia¹⁵



Los niveles que presenta el epistemólogo en el esquema se corresponden a los niveles de lenguaje, propuesto por E. Nagel, filósofo del reconstruccionismo teórico, quien propone que las teorías científicas se reconstruyen según una jerarquía de niveles de lenguaje.

Respecto de la jerarquía, E. Nagel¹⁶ afirma que cada nivel es una interpretación del nivel anterior, así el nivel de menor jerarquía es el observacional o nivel 1, no obstante proporciona la base contrastadora de los enunciados del nivel teórico y son estables en cuanto a su significado. Este se corresponde a los objetos de captación directa, la base empírica que realiza el control del conocimiento.

El nivel 2 se corresponde a las leyes empíricas y el nivel 3 es el de mayor jerarquía conceptual, contiene enunciados inobservables como átomo, gen, quark.

Hasta acá he abordado conceptos que sustentan la estrategia desde un marco teórico de la ciencia y la epistemología. Así dejé caracterizadas: la visión actual de ciencia, objeto directo u observables, objeto indirecto y zona teórica, base empírica epistemológica con sus requisitos de efectividad, repetibilidad y objetividad, base empírica metodológica, niveles de representación mental para la química: observables, submicroscópico y simbólico; la restricción de carácter personal que propongo para la base empírica de la Química y la explicación científica en el contexto de la ciencia.

¹⁵ Adaptado de Datri E. Macchi G. "Las ciencias Fáticas".Pág.20. Cuadernos de Ingeniería. Curso de postgrado en Investigación Educativa. Universidad Nacional del Comahue.

¹⁶ Datri E., Macchi G. "Las ciencias Fáticas".Pág.21. Cuadernos de Ingeniería. Curso de postgrado en Investigación Educativa. Universidad Nacional del Comahue.

Para completar el desarrollo del organizador conceptual del Marco Teórico, desde el aspecto que hace a la vertiente de la Ciencia, abordaré los conceptos específicos desde la disciplina que me interesan como fundamento para la estrategia.

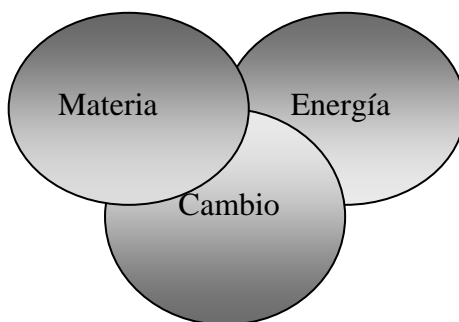
2-0 MARCO DESDE LA DISCIPLINA

Como manifesté con anterioridad en referencia a la disciplina específica, “La química es la ciencia que describe la materia, sus propiedades físicas y químicas, los cambios que experimenta y las variaciones de energía que acompañan a dichos procesos”¹⁷

De esta caracterización desprendo tres conceptos importantísimos que son, materia, energía y cambio, aspectos que caracterizan a la ciencia Química y a su vez inseparables entre sí.

Al respecto, como forma de graficar lo anterior, estimé adecuado presentarlo por medio de un diagrama.

Organizador – 9: Materia Energía y Cambio



Uno de los conceptos fundamentales que mencioné e involucra a la disciplina, es la energía. Conceptualmente la considero un término interdisciplinario, es decir, es objeto de estudio de la disciplina Física y se aplica en la disciplina Química, además a esto, agrego que es un término que se enfoca de diferentes modos.

Al respecto, existe variada bibliografía que me informa acerca del estado de debate del concepto y puedo decir que desde la visión clásica de la física a la energía se la define como “la capacidad para realizar un trabajo”, en cambio desde el enfoque sistémico, a la energía, se la caracteriza por sus atributos (manifestación, transformación, transferencia, conservación).

Así resulta que en general a la energía involucrada en los cambios químicos, puedo abordarla desde dos visiones complementarias que son la visión microscópica y la macroscópica.

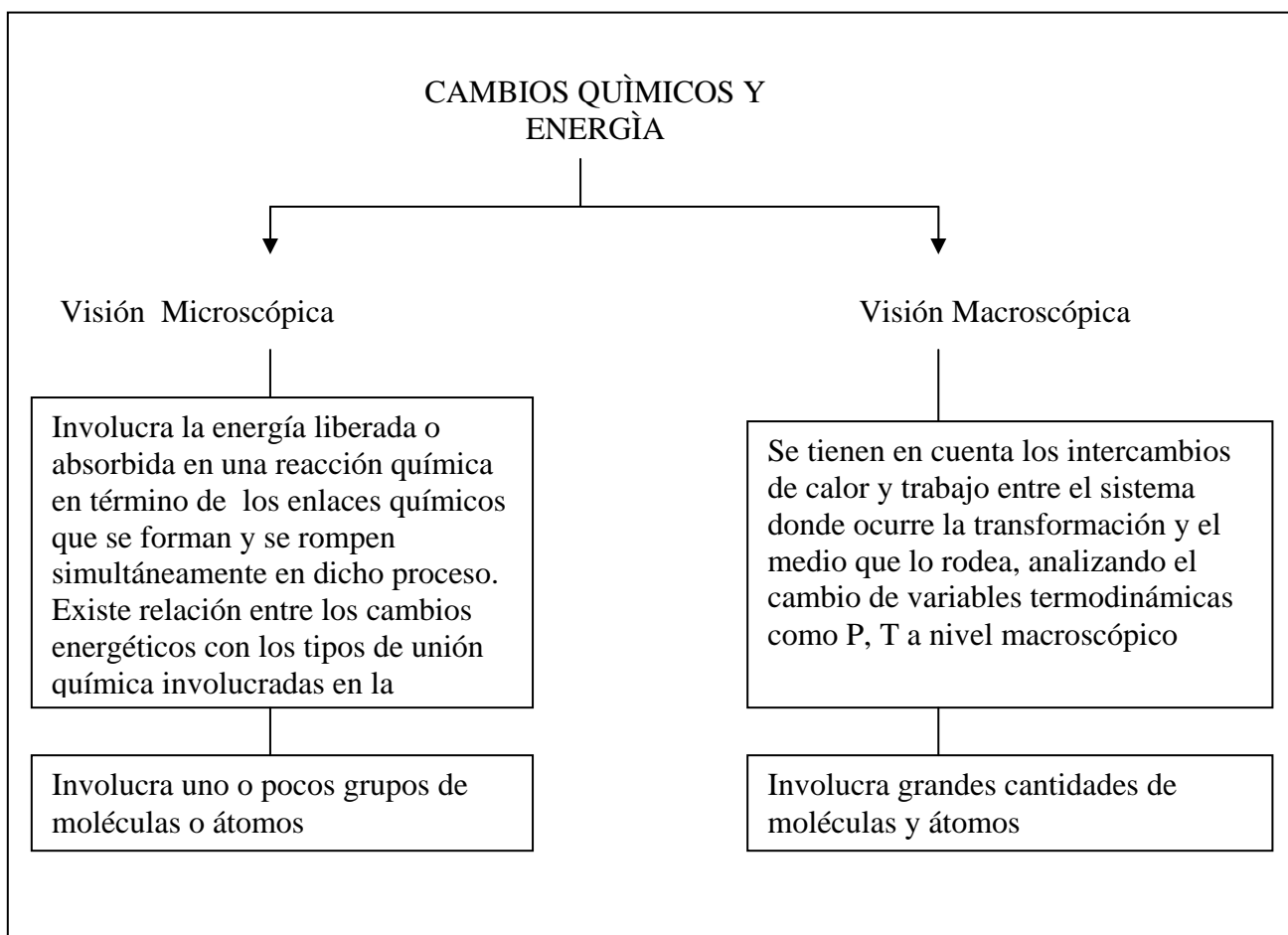
¹⁷ Whitten, K; Gailey, D.; Davis R., (1994) “Química General”. Mac Graw Hill. México.

La postura microscópica me permite interpretar la energía liberada o consumida en una reacción en término de los enlaces químicos que se rompen y se forman simultáneamente en dicho proceso.

La visión macroscópica es un enfoque que me proporciona la termodinámica clásica, donde tengo en cuenta los intercambios de calor y trabajo, entre la reacción química y el medio que lo rodea, analizando el cambio de variables termodinámicas como presión y temperatura las cuales ya he demostrado que son observables

A continuación he organizado el siguiente esquema gráfico, donde resumo las características de cada enfoque para la energía.

Organizador – 10: Visión Macroscópica y Microscópica a cerca de la Energía



El área de la disciplina Química que es de competencia para el presente trabajo, es la Termoquímica o Termodinámica química

La Termodinámica, que es desarrollada en los cursos de química, tiene por objeto analizar los cambios energéticos que sufren las sustancias involucradas en los cambios químicos, esas sustancias están constituidas por moléculas, átomos e iones.

Al ser la química una ciencia experimental que se ocupa del estudio de la estructura de la materia, resulta que a toda aquella persona que acceda al estudio de reacciones, le es favorable para poder comprender científicamente el fenómeno, transitar por un desarrollo submicroscópico del cambio energético que acompañan a los cambios químicos, pues de este modo se informará de las variaciones intrínsecas de la materia.

La termodinámica química “nos proporciona conocimiento de los factores que determinan si una mezcla dada de sustancias tiene tendencia a reaccionar espontáneamente (rápida o lentamente) para formar otras sustancias. Explica las condiciones que prevalecen cuando cesa la transformación química y se alcanza el equilibrio. Todo esto lo hace mediante la consideración de los efectos térmicos en las reacciones químicas”¹⁸

El origen de los efectos térmicos se debe a los cambios de energía a escala molecular o sea a nivel submicroscópico de la materia.

A continuación planteo considerar las energías intrínsecas de átomos y moléculas, esto es el desarrollo energético.

Considero al enfoque del desarrollo energético de suma importancia, debido a que la simple medida de la cantidad de energía, intercambiada en una reacción química no le proporciona al alumno que estudia el cambio químico, la idea de lo que está sucediendo a nivel submicroscópico.

El alumno, para poder explicar y fundamentar en función de todo lo que manifesté en la parte I y que es el objetivo de la estrategia diseñada, debe conocer lo que le sucede a las moléculas involucradas desde sus energías intrínsecas.

De lo anterior, resulta necesario que considere aspectos energéticos moleculares que no están presentes en todos los libros de textos del nivel. Al respecto es escasa la bibliografía que propone un enfoque submicroscópico de las manifestaciones energéticas, producidas en un cambio químico, y esas manifestaciones necesarias de considerar son: energías moleculares, dentro de éstas la energía cinética de átomos y

¹⁸ Pimentel G.; Spratley R. (1978) “Química razonada”. Pág. 265. Editorial Reverté. Buenos Aires. Argentina.

moléculas en las diferentes fases, energía de vibración para los enlaces y energía potencial.

2-1-0 Energías Moleculares

2-1-1 Energía Cinética

Es la energía de movimiento. La energía cinética de un cuerpo de masa m desplazándose a una velocidad v , es:

$$E_c = \frac{1}{2} m v^2$$

La energía resultante del movimiento total de un cuerpo se llama Energía de Traslación.

2-1-1-1 Para el caso de un átomo

Si considero un átomo de H_e , este posee E_c de Traslación y además como tiene dos electrones cargados que se mueven en un campo, cada electrón posee su propia E_c , de modo que:

$$(E_c)_{H_e} = E_{c \text{ tras}} + E_{c \text{ e1}} + E_{c \text{ e2}}$$

La E_c de los electrones se mantienen incluso cuando el átomo de H_e está en reposo

$$E_{c \text{ tras}} = 0$$

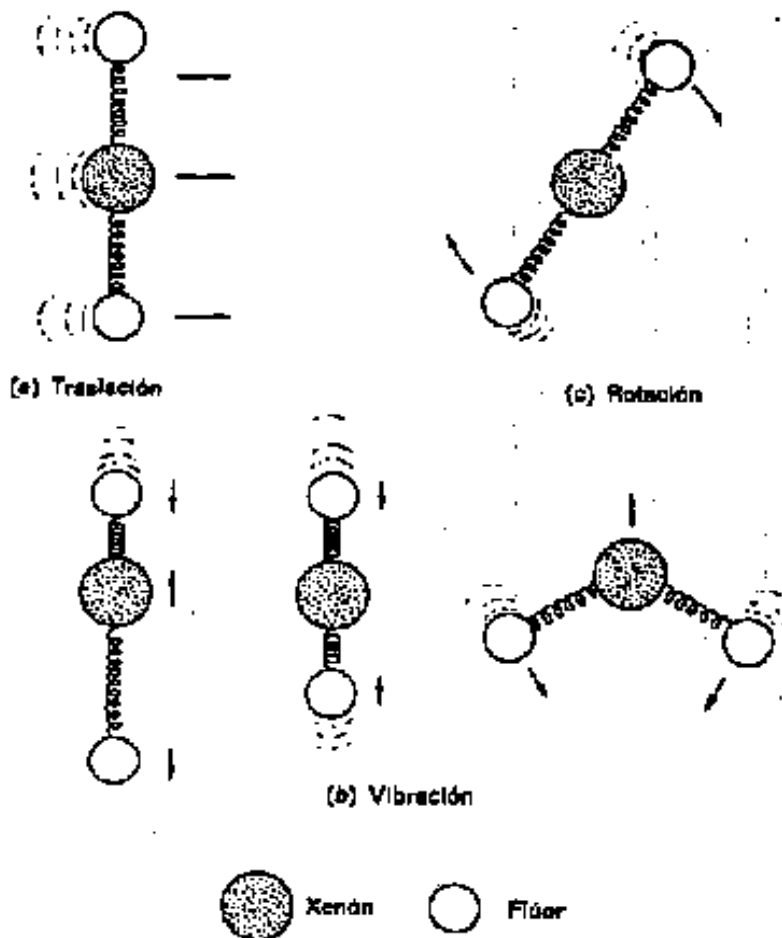
Sucede que las contribuciones de los átomos son pequeñas pero en un tratamiento completo las debo tener en cuenta

2-1-1-2 Para moléculas, en fase gaseosa

Las moléculas presentan mayor grado de dificultad para calcular sus energías, debido al grado de dificultad, debo considerar:

- E_c de traslación de la molécula.
- E_c de electrones individuales
- Vibraciones de los átomos con respecto al otro
- Rotación de la molécula total.

Todos estos movimientos se producen simultáneamente. Por ejemplo los movimientos moleculares del Fluoruro de Xenón ($Xe F_2$).

Gráfico 1: Movimientos moleculares del $X_e F_2$ (g).¹⁹

La E_c molecular que resulta de la suma de considerar todas estas energías, es la llamada Energía Interna.

$$E_{\text{interna}} \text{ o } E_c \text{ molecular} = E_c \text{ tras} + E_c \text{ elec} + E_c \text{ vibración} + E_c \text{ rotación.}$$

2-1-1-3 Para moléculas en fase condensadas

En los sólidos y líquidos, las moléculas no se encuentran libres como en los gases, existen entre ellas intensas fuerzas que restringen su movimiento. Por esto las vibraciones moleculares son aproximadamente las mismas que en la fase gaseosa pero, las traslaciones y rotaciones no se verifican en las fases condensadas.

2-1-2 Energía de vibración y enlace químico

Las uniones químicas no son rígidas. Me resulta importante reconocer que la amplitud en la vibración es proporcional a la energía del sistema. Si la energía entregada a una molécula es igual o mayor que la Energía de Unión, la amplitud de la

¹⁹ Pimentel G., Spratley R. (1978) "Química Razonada" Pág. 267. Editorial Reverté. Buenos Aires. Argentina.

unión se hace tan grande que durante la etapa de elongación de la molécula la energía de atracción se hace nula y los dos átomos se separan produciendo la ruptura de la unión. Así, el proceso de romper una unión química es siempre endotérmico en el sentido termodinámico.

La energía de vibración de una molécula solo puede variar en forma discreta o sea cuántica, de modo que están permitidos sólo niveles determinados que corresponden a la solución de la ecuación de onda de Schrodinger. La distribución de los niveles de energía en una molécula poliatómica, es una propiedad de suma importancia, porque para producir un cambio de energía de la vibración se debe entregar una cantidad definida de energía ΔE , es posible hacerlo mediante fotones cuya energía corresponda exactamente a esa diferencia ΔE , esto implica que para pasar del nivel vibracional más bajo es decir fundamental al primer estado excitado, una molécula poliatómica debe absorber luz de una dada frecuencia. Cada molécula poliatómica tiene su propia distribución de niveles de energía vibracional, de modo que estudiando qué longitud de onda absorbe cada molécula poliatómica puedo llegar a reconocer su identidad.

2-1-3 Energía Potencial

Sé que: $E_p = m \cdot g \cdot h$. donde m = masa, g = constante de gravedad y h = altura sobre nivel del suelo.

Los átomos y moléculas tienen energía potencial, se mantienen unidos por fuerzas debidas a la atracción eléctrica entre núcleos positivos y electrones negativos.

Cuando se enlazan átomos o moléculas, las fuerzas de atracción se compensan exactamente por las fuerzas de repulsión entre cargas semejantes, como pares de electrones o pares de núcleos. Por lo tanto en las moléculas, la energía potencial de posición resulta de las interacciones eléctricas.

La energía absorbida o desprendida durante los procesos químicos proviene de la formación y ruptura de enlaces químicos y de los cambios resultantes en esa energía potencial.

En resumen las fuentes de energía potencial de las moléculas, son:

- $E_{p \text{ ELECTRÓN} - \text{NÚCLEO}}$, asociada a la interacción de atracción, electrón – núcleo.
- $E_{p \text{ ELECTRÓN} - \text{ELECTRÓN}}$, asociada a la interacción de repulsión, electrón – electrón.
- $E_{p \text{ NÚCLEO} - \text{NÚCLEO}}$, asociada a la interacción de repulsión, núcleo – núcleo.

$$E_{p \text{ molécula}} = E_{p \text{ e-n}} + E_{p \text{ e-e}} + E_{p \text{ n-n}}$$

No considero la enorme cantidad de energía almacenada en los núcleos atómicos, que resultan de las fuerzas de atracción entre partículas nucleares y subnucleares (neutrones, protones, quarks, etc.), llamada energía de amarre. Esto es debido a que no se produce cambio alguno en la E_p nuclear en las reacciones químicas ordinarias, porque las energías de atracción y repulsión núcleo –electrón, no son lo suficientemente grande como para interferir el enlace nuclear.

2-1-4 Energía Total

Según lo que desarrollé, la energía total de una molécula es:

$$E_{\text{total}} = E_c + E_p + E_{p \text{ núcleos}}$$

La rama de la ciencia que se ocupa del cálculo de las energías absolutas es la mecánica estadística o termodinámica estadística.

2-2 Primer Principio de la Termodinámica

El primer principio es sencillamente la afirmación de que la energía se conserva durante cualquier transformación. La energía no se crea ni destruye, sino que cambia de forma. En un proceso químico que implica una transformación, llamada reacción, la cantidad de energía depende únicamente de la naturaleza química de los reactivos y productos. La diferencia de energía potencial contenida en los reactivos y la contenida en los productos será igual a la energía absorbida o desprendida. Parte de la energía se puede intercambiar como calor y parte como trabajo, en vencer por ejemplo la presión atmosférica, pero siempre la suma calor - trabajo se conserva.

$$\Delta E = q + w \quad q = \text{calor absorbido} \quad w = \text{trabajo realizado}$$

Entre dos reacciones o sistemas la energía se puede transferir, por medio del trabajo o flujo del calor.

Trabajo y flujo de calor no son propiedades del sistema sino los medios por los cuales la energía se transfiere cuando se produce una transformación.

Los dos tipos de trabajos que afectan a la química son: el trabajo eléctrico y el realizado por la expansión de gas.

El trabajo eléctrico se produce en una celda electroquímica y el de expansión de gases es el trabajo $P \cdot \Delta V$, que implica un cambio de volumen en los sistemas afectados a presión constante. Considerando esto el primer principio puede tomar la forma:

$$\Delta E = q + P \cdot \Delta V$$

La energía involucrada en la reacción depende únicamente de la naturaleza química de los reactivos, porque cuando dos moléculas reaccionan para originar una tercera, los átomos involucrados se distribuyen de otra manera, sus electrones ocupan posiciones diferentes respecto a los núcleos y la E_p de los productos de reacción es diferente de la E_p de los reactivos. Lo que hace a una reacción en fase gaseosa exotérmica o endotérmica es el cambio de enlaces, ya que al reordenarse los electrones, si éstos pasan a estar más cerca del núcleo, la energía total es más baja. Pero ΔE siempre es igual para un proceso químico dado, por esto es una función de estado.

Al cálculo de la energía de una reacción lo puedo deducir simplemente haciendo un balance de energía entre las uniones que se rompen y las que se forman en la reacción. Esto es aproximadamente cierto en reacciones en fase gaseosa, pues en otras fases debo considerar las interacciones moleculares.

El cambio energético es:

$$\Delta E = \sum E_u \text{ moles enlaces rotos} - \sum E_u \text{ moles enlace formados}$$

2-3 Capacidad Calorífica de una sustancia gaseosa

Es el calor en calorías necesario para elevar en 1° la temperatura de la sustancia.

Como en termodinámica interesan los procesos que se desarrollan a presión constante y la cantidad estandar es un mol, entonces se define la capacidad calorífica molar a presión constante, como el calor necesario para elevar la temperatura de un mol de sustancia en 1°C a presión constante.

El calor que absorbe la sustancia gaseosa aumenta la E_c media de traslación, lo que visualizo macroscópicamente por un aumento de la temperatura.

Submicroscópicamente la capacidad calorífica depende apreciablemente del tamaño y geometría de las moléculas. Una molécula con muchos átomos dispone de más maneras de absorber la energía comunicada en forma de energía de vibración y rotación.

Todos los gases monoatómicos tienen la misma capacidad calorífica, ya que la energía absorbida se invierte en el movimiento de traslación. Sólo a temperaturas muy altas resultan apreciables los efectos de la energía cinética electrónica.

A medida que las moléculas son más complejas, sus capacidades caloríficas son mayores y la energía se invierte en movimiento de vibración y rotación.

Tabla 1: Ejemplo de Capacidades caloríficas molares a P constante cal/mol K

Gases monoatómicos		Gases biatómicos		Gases triatómicos	
He	4,9	CO	7,0	H ₂ O	8,0
Ne	4,9	N ₂	7,0	D ₂ O	8,2
Ar	4,9	F ₂	7,5	CO ₂	8,9
Kr	4,9	Cl ₂	8,1	CS ₂	10,9
Xe	4,9				

Para las moléculas pentatómicas similares la capacidad calorífica aumenta con el peso atómico de los elementos que forman la molécula, esto se debe a que las vibraciones y rotaciones de las moléculas están cuantizadas. Los “átomos pesados” de una molécula vibran más lentamente y por eso sus niveles de energía vibratoria están más próximos, por esto a una temperatura dada se pueden excitar o provocar más vibraciones en una molécula de “átomos pesados” como el tetraioduro de carbono (I₄) que en una de “átomos ligeros” como en el metano (CH₄).

Tabla 2: Capacidades caloríficas molares a P constante cal/ mol K

Gases pentatómicos	
CH ₄ (PM 16)	8,4
CF ₄ (PM 88)	14,6
CCl ₄ (PM 154)	19,9
CI ₄ (PM 520)	22,9
CH ₂ Cl (PM 51)	9,8
CH ₂ Cl ₂ (PM 85)	12,3
CHCl ₃ (PM 120)	15,7

Resulta adecuado que puntualice que no todos los conceptos que hacen a la termodinámica química son factibles de abordarse desde la visión submicroscópica, pero si es conveniente que el alumno pueda acceder a la visión de aquellos conceptos, que lo permiten, para que obtenga una visión completa de las manifestaciones energéticas del cambio químico.

He comentado en la introducción que el enfoque termodinámico clásico que predomina tanto en los cursos de Química General como en los textos de circulación, se ve favorecido por el desarrollo y evolución histórica del pensamiento relacionado.

Es por esto que presento a continuación un desarrollo acotado del surgimiento de los conceptos en relación a la evolución del pensamiento, pero si resulta de interés, realizo en un anexo una ampliación del mismo.

2-4 UN POCO DE CONTEXTO HISTÓRICO.....

2-4-1 Calor, Termodinámica, Termodinámica química: Historia y Evolución del pensamiento

La termodinámica es la disciplina de la física que se funda en el campo del calor. Pero si me interesan los aspectos energéticos involucrados en las reacciones químicas me ubico en el campo de la termoquímica.

Presento a continuación un breve panorama de la evolución del concepto de calor y de los conceptos relacionados a la Termodinámica. En este desarrollo destaco las experiencias o hallazgos que considero más importantes para el avance en este campo, comenzaré con la concepción de calor

2-4-2 Concepciones a cerca de la naturaleza del calor

Con el surgimiento de la física experimental en su etapa investigadora y en función del propósito de ésta, que era sistematizar las demostraciones y experimentos, en el siglo XVII, se estudiaban casos particulares como por ejemplo: cambios de estado del agua, el fuego, propiedades del aire, entre otros.

Pero existieron fenómenos particulares cotidianos que llamaron la atención de los entonces científicos, algunos de estos hechos fueron: la agitación de las llamas en la combustión, el calentamiento de los cuerpos por percusión o rozamiento, el borboteo de la ebullición del agua. Estos eventos llevaron a que los observadores vincularan al calor con el movimiento.

Así se pensaba que era el movimiento el responsable de que agitando o separando las partículas de los cuerpos producía su dilatación, o bien cuando éste se daba en mayor grado se producía su disolución.

En el siglo XIX las opiniones acerca de las causas que originaban el aumento de vibración de las partículas se dividieron en dos posturas;

- Las que defendían un origen, puramente mecánico, que se dio en llamar “concepción cinética” del calor.
- Las que creían que era provocada por un agente material específico, o sea asociaban al calor con una sustancia y a esta postura se la denominó “concepción sustancialista”.

Entre algunos científicos que adherían a la visión sustancialista citaré a Galileo. Para él las partículas que provocaban el calor se llamaban “ignicoli”²⁰, tenían la propiedad de moverse rápidamente, penetraban los cuerpos y el efecto que producían era proporcional a la densidad de los cuerpos a la cantidad y velocidad de las partículas ignicoli; Gaseen di, que creía que había “átomos caloríficos”²¹ y “átomos frigoríficos”²¹, Nicolás Hartsoeker (1656 – 1725) y Wilhelm Homberg (1652 – 1715), pensaban que las partículas de calor o fuego actuaban por su movimiento y que se transmitían a las partes de la materia ordinaria. También adherían a esta postura Antonie Lavoisiere que creía en “la materia del fuego”²² como un fluido sutil y elástico capaz de permear los poros de todos los cuerpos y que tendía a repartirse entre ellos. Fueron discípulos de él Henri Cavendish, Joseph Priestley y Carl W. Scheele.

Por otro lado adherían a la visión mecánica los físicos ingleses como entre otros, Isaac Newton y Francis Bacon.

La investigación bibliográfica que realicé, especializada en historia de la ciencia me permite afirmar que, la disyuntiva visión mecánica - visión sustancialista, perduró algunos siglos.

Los científicos de la época comenzaron a producir trabajos que intentaran superar el divorcio entre las posturas.

Así, el primer intento para superar esta dicotomía, se produce en el trabajo conjunto en 1783, entre un químico y un físico, ellos fueron Antoine Lavoisiere y Pierre Simón de Laplace, esos trabajos culminan en “Memoire sur la Chaleur”²³, leída en la Academia de Ciencias. Estos deciden prescindir de las dos posturas encontradas, lo que les permitió emitir una importante conclusión: “el calor se conserva” y la gran relevancia fue ser común a ambas posturas.

En el siglo XIX la visión mecanicista acerca del calor derrota a la sustancialista.

²⁰ Solís C., Sellés M., (2005) “Historia de la Ciencia” Pág.630. Editorial Espasa Calpe. España.

²¹ Solís C., Sellés M., (2005) “Historia de la Ciencia” Pág.630. Editorial Espasa Calpe. España.

²² Solís C., Sellés M., (2005) “Historia de la Ciencia” Pág.667. Editorial Espasa Calpe. España.

²³ Solís C., Sellés M., (2005) “Historia de la Ciencia” Pág.668. Editorial Espasa Calpe. España.

Uno de los responsables del triunfo de la visión mecanicista fue Benjamín Thompson, conde de Rumford, quien publicó en 1798 el trabajo que originó el golpe final a la visión sustancialista del calor. Como director del arsenal militar de Munich notó la gran cantidad de calor que se desprendía al taladrar un cañón, calor que resultaba tanto mayor cuanto menos afilado estuviera el taladro. Con posterioridad, las ideas de Thompson se complementan con la teoría ondulatoria del calor radiante propuesta en 1800 por Thomas Yung.

Pero si bien el trabajo de Thompson fue el responsable de la derrota de la visión sustancialista sobre el calor, no dejaron de ser importantes para reafirmar la postura cinética los trabajos realizados por Sadi Carnot, hijo de Lazare Carnot, que se referían a aspectos de las máquinas térmicas, el más importante se denominó el ciclo de Carnot.

El cúmulo de trabajos producidos hacia la segunda mitad del siglo XIX, permite que se desarrolle la Termodinámica sobre la visión mecanicista del calor. Esta se funda en dos principios empíricos macroscópicos, establecidos a ese momento: el de conservación de la energía y el de degradación. Uno de los aportes más importantes para arribar al principio de conservación fue el realizado por el físico James Joule, que trabajó en la ingeniería de los insipientes motores eléctricos, desde donde se interesa por los efectos térmicos de la corriente eléctrica. En 1843 publica “On the caloric Effects of Magneto – Electricity, an on the Mechanical Value of Heat”²⁴ donde muestra la interconversión de calor en trabajo y posteriormente en 1850 publica su aporte más conocido, donde usa el trabajo mecánico de una rueda de paletas para calentar agua por fricción.

En 1862 se introduce a través de Rudolf Clausius la degradación de la energía, lo que se transforma dentro de la termodinámica en la Entropía. Éste propone el concepto de disgregación de un cuerpo para representar el grado de dispersión de las partículas producidas por el trabajo que se realiza al calentar. En 1865 la define matemáticamente y es además el responsable de enunciar de la siguiente manera los dos principios de la Termodinámica,

- “La Energía del universo es constante
- La Entropía del universo tiende a un máximo”²⁵.

En 1877 Boltzmann, completa el segundo principio con la interpretación estadística.

²⁴Solís C., Sellés M., (2005) “Historia de la Ciencia” Pág.853. Editorial Espasa Calpe. España.

²⁵ Solís C., Sellés M., (2005) “Historia de la Ciencia” Pág.859. Editorial Espasa Calpe. España.

En 1887 de la mano de Wilhemlm Osrwald, Jacobus Van't Hoff y Svante Arrhenius, la Fisicoquímica, se configura como disciplina de interacción conceptual entre Química y la Física y es dentro de ella donde un aspecto es el estudio energético de las reacciones químicas.

La evolución histórica del pensamiento que acompaña el desarrollo conceptual hasta llegar a la termoquímica, me demuestra que ésta arrastra una fuerte tradición física, abordándose las condiciones en que se producen las reacciones desde un enfoque macroscópico o de “observables”, pero estimo que bien vale la pena para todos aquellos estudiantes que transitan por la Química básica, visualizar el tema desde una visión más sesgada a lo submicroscópico como forma de continuar con la génesis de evolución del pensamiento y no quedar acotado a una determinada época de la ciencia. Además, por todo lo que he fundamentado la visión submicroscópica, resulta adecuada al desarrollo conceptual de la disciplina Química.

He manifestado en la Introducción que la bibliografía circulante mantiene la tradición histórica del desarrollo de la Termodinámica, es por esto que mis afirmaciones no estarían fundadas si no indago en la misma los enfoques referidos a la temática y a tal fin presento un breve análisis del tratamiento del tema en los textos de Química General, con los que se trabaja habitualmente en primer año del nivel, los mismos están citados como bibliografía en el programa de la cátedra Química General, a excepción de Moore J.W., Davies W., Collins R.

2-5 ¿Qué se observa en los libros de texto de circulación universitaria?

Los textos que analizo son, “Química” de Chang Raymond (1999); “Química, Moléculas, Materia, Cambio” de Atkins P.(1998); Jones L; “Química General” de Whitten K., Gailey K., Davis R. (1994); “Química” de Moore J.W., Davies W., Collins R.(1981), todos presentan un abordaje de la temática desde lo macroscópico, con una secuencia conceptual similar.

La excepción a la visión se encuentra en “Química” (1981) de Moore J.W., DaviesW., Collins R. que propone un abordaje similar al presentado en este trabajo en el marco teórico para la disciplina, desde lo submicroscópico considerando los aspectos moleculares y las energías correspondientes. Es por esto que en el texto antes mencionado pude encontrar entre otras frases como la siguiente. “es probable que nos sorprendiéramos ante el fenómeno de la absorción o liberación de la energía calórica al cambiar los átomos y moléculas de posición y estructura durante una reacción química,

pero todavía no habíamos desarrollado las teorías de enlace químico, la estructura molecular, fuerzas intermoleculares y movimiento molecular para poder dar una explicación satisfactoria. Ahora estamos preparados para investigar que le sucede a las moléculas cuando la materia absorbe o libera energía. Al mismo tiempo comenzaremos a apreciar cuales son los factores moleculares que contribuyen para que una reacción sea exotérmica o endotérmica”²⁶, además energía interna se define en términos moleculares considerando la energía cinética traslacional, rotacional y vibracional y energía potencial.

En un anexo presento el análisis de los textos en detalle.

He desarrollado hasta este punto del trabajo, las distintas posturas que adopté desde el Marco que me provee la ciencia y que presenté en el organizador conceptual. Corresponde ahora que desarrolle los conceptos de fundamento que seleccioné y adopté desde la Educación para el diseño de la estrategia, así posteriormente relato el desarrollo de la misma.

²⁶ Moore J., Davies W., Collins R., (1981) “Química” Pág. 355. Mc Graw Hill. Bogotá. Colombia.

PARTE III

3-0 FUNDAMENTOS DESDE LA EDUCACIÓN PARA EL DISEÑO DE LA ESTRATEGIA**3-1 Educación**

Considero a la educación y sus disciplinas particulares, como la vertiente que me provee conocimiento específico sobre la enseñanza adecuada para triangular con la postura disciplinaria y la epistemológica.

Respecto de ésta y en cuanto a su caracterización me es posible establecer una relación vincular, que extraigo de la lectura de bibliografía circulante, ésta la relaciono directamente con la sociedad. La educación es un proceso tan importante que ha permitido “humanizar”, es decir, el hecho de que el hombre sea hombre. Desde las tribus primitivas hasta en las configuraciones sociales actuales han delegado la socialización de los conocimientos, la formación de las generaciones más jóvenes, a través de la educación.

En la actualidad el proceso de socialización de conocimientos se lleva a cabo sistemáticamente por la educación, en los diferentes niveles del sistema educativo.

Existen dentro de la educación disciplinas que se ocupan de diferentes aspectos del proceso áulico de transmisión y recepción de los conceptos. Una de ellas es la Didáctica.

3-2 Didáctica

Etimológicamente, Didáctica proviene del verbo griego “didasko”, que significa “enseñar, instruir, exponer claramente, demostrar”²⁷, la misma surge en el siglo XVII, con Comenio, quien organiza en la “Didáctica Magna”, las normas y prescripciones para enseñar. Así desde su surgimiento la fuerza motora es la prescripción para proveer a los docentes de técnicas para garantizar y controlar los resultados del aprendizaje.

Actualmente, entiendo que no existe una única visión acerca de lo que se considera por didáctica y sí existen diferentes aproximaciones a su naturaleza. A continuación, en función de esto, presento una selección de definiciones.

Didáctica es:

- ✓ “ el artificio universal para enseñar todo a todos los hombres” (Comenio, en Didáctica Magna, tomado de Harft, Pág. 93)

²⁷ Harf R., Pastorino E., Sarlé P., (1997) “Aportes para una didáctica” Pág. 92. El Ateneo. Buenos Aires. Argentina.

- ✓ “ciencia y arte de enseñar. Conjunto de procedimientos y normas destinadas a dirigir el aprendizaje de la manera más eficiente posible (Nérici, 1962, en Harft pág. 93)
- ✓ “ La ciencia y la tecnología del sistema de comunicación intencional donde se desarrollan los procesos de enseñanza – aprendizaje, en orden a optimizar principalmente la formación intelectual” (Pérez Gómez, 1983, en Paradigmas contemporáneos en Investigación Didáctica, tomado de Harft, Pág. 93)
- ✓ “ la disciplina pedagógica de carácter práctico y normativo, que tiene por objeto específico la técnica de dirigir y orientar a los alumnos en su aprendizaje” (Mattos, 1963 en compendio de Didáctica, tomado de Harft, Pág. 94)
- ✓ “es - o está en camino de ser – una ciencia y tecnología que se construye, desde la teoría y la práctica en ambientes organizados de relación y comunicación intencional, donde se desarrollan procesos de enseñanza y aprendizaje, para la formación del alumno” (Benedicto, 1987 en Introducción a la Didáctica, tomado de Harft pág. 94)
- ✓ “es una teoría de la enseñanza, que se nutre de otras disciplinas, donde la psicología del aprendizaje tiene un peso preponderante. (Camilloni, 1999, en Corrientes Didácticas Contemporáneas).
- ✓ “entendemos a la didáctica como teoría acerca de las prácticas de la enseñanza significadas en los contextos socio - históricos en que se inscriben”. (Litwin,1999, en Corrientes Didácticas Contemporáneas”)

De la lectura de las definiciones anteriores puedo apreciar en el contenido de las mismas, que de un papel totalmente instrumental, la didáctica se transforma en una teoría de la enseñanza. Así existen según los especialistas diversas posiciones sobre la enseñanza, dentro de ellas las más actuales consideran la didáctica como una disciplina, causa por la cual se le atribuye un objeto de estudio propio que es el acto de aprender y enseñar.

En síntesis, a pesar de las diferentes posiciones adoptadas con el transcurrir del tiempo puedo decir que el objeto de estudio de la didáctica es:

- ✓ El proceso de enseñanza y el de aprendizaje
- ✓ La relación comunicativa docente alumno
- ✓ Las técnicas de enseñanza para dirigir eficazmente a los alumnos en su aprendizaje.

Todo esto conforma la situación de enseñanza aprendizaje, donde confluyen, para mi propia concepción del acto de enseñar y aprender, no solamente: docente- alumno – conocimiento sino también el contexto.

En este escenario como docente me hago cargo de la enseñanza sabiendo que mi acción no va a ser causa lineal de un efecto de aprendizaje en el alumno, por esto debo recurrir a las mejores estrategias para lograr dirigir y desarrollar el aprendizaje, en función de la socialización del contenido seleccionado.

Resulta interesante como síntesis de este punto que observe las ideas pedagógicas desde el siglo XVII hasta la actualidad, sistematizadas por J. Marrero (1993), producto de su tesis doctoral. Estas ideas surgen del análisis histórico de las concepciones sobre la enseñanza, para esto tomó como fuente textos de historia y filosofía de la educación. En su investigación donde realiza un análisis socio- histórico- filosófico, que comienza en el siglo XVII con Comenio hasta la actualidad, sistematiza las conclusiones organizándolas en cinco teorías de Enseñanza, que denomina Tradicional, Tecnológica, Activa, Constructivista y Crítica²⁸.

Propone para cada teoría subdominios, en función de la concepción que cada una tiene en particular y estos son: conocimiento, aprendizaje, gestión, programación, interacción profesor alumno, medios, evaluación, enseñanza en general, profesor, medio social.

De las cinco teorías propuestas, la de Enseñanza Activa es la que posee características, que a mi entender son las más adecuadas para organizar la estrategia didáctica. Esto no implica que tome dichas características tácitamente, sino que se constituyen en referente o guía que me permitirán seleccionar las que estimo que serán las mejores acciones dentro de la estrategia.

Dentro de los aspectos que considero importantes a tener en cuenta son las ideas que esta teoría aporta respecto del aprendizaje, de la gestión, de los medios de enseñanza, de la evaluación, de la enseñanza en general y del profesor.

En referencia a ellos la misma considera que el aprendizaje se desarrolle en un grupo de alumnos activos, que la gestión del docente se entienda negociada y cooperativa, que los medios para la enseñanza sean variados y es sumamente importante señalar que a la evaluación la considera no estandarizada, que la enseñanza en general es negociación de significados, coincidente con lo que planteé para educación como

²⁸ Rodrigo M., Rodríguez A., Marrero J. (1993) "Las teorías implícitas". Visor. Madrid. España.

socialización de conocimientos y dentro de esto, el docente desempeña un rol activo de guía permanente.

3-3 Transposición didáctica

Todos los aspectos anteriormente citados, me sitúan en el contexto de enseñanza aprendizaje de las ciencias, y en el de la Química en particular. Es aquí donde se me presenta un aspecto importante imposible de no tener en cuenta por su carácter determinante y es que en estos procesos una comunidad, la educativa, adoptará los saberes creados por otra, la de los científicos.

Desde este punto de vista surge la necesidad de que distinga entre las actividades científicas que desarrolla la comunidad científica y la ciencia que se enseña y aprende.

En palabras de Y. Chevallard (1991), "El saber tal como es enseñado, el saber enseñado, es necesariamente distinto del saber inicialmente designado como el que debe ser enseñado, el saber a enseñar". "Un contenido de saber que ha sido designado como saber a enseñar, sufre a partir de entonces un conjunto de transformaciones adaptativa que van a hacerlo apto para ocupar un lugar entre los objetos de enseñanza".

El "trabajo" o "proceso" que transforma un objeto de saber a enseñar, en un objeto de enseñanza, es denominado la transposición didáctica.

De acuerdo a F. Cajas (2001), "la transposición didáctica es el movimiento de saberes científicos a saberes escolares iluminado por la investigación en didáctica de las ciencias"²⁹ y M. Izquierdo y col. (1999), afirman que gracias a la transposición, los alumnos hacen la ciencia que pueden hacer que es la que le sirve para aprender, de este modo la ciencia que es enseñada en cualquier ámbito o nivel académico es llamada, desde 1991 por R. Osborne y P. Freyberg "Ciencia Escolar".

Así, la ciencia de la comunidad científica "es el marco teórico en el que trabajan las personas que se especializan en un campo concreto, mientras que la ciencia escolar es la reformulación de la ciencia de los científicos con unas características adecuadas para que sea enseñada mediante la transposición didáctica"³⁰

Resulta importante que deje claro que la transposición didáctica no es una mera simplificación del conocimiento científico al escolar, por el contrario, los mecanismos implícitos en ella me permiten realizar el diseño, la implementación y el desarrollo del

²⁹ Cajas Fernando (2001) Alfabetización científica y tecnológica: la transposición didáctica del conocimiento tecnológico. Enseñanza de las Ciencias 19 (2), 243 – 254.

³⁰ Jiménez M., Sanmartí N. (1999) La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria N°9. Pág.28. ICE. Horsori. Barcelona. España.

sistema didáctico, asegurando así la definición y el logro de los objetivos, la elección y aplicación de metodologías adecuadas, teniendo en cuenta los valores e intereses de los estudiantes, los de la sociedad a la que pertenecen, los objetivos que me propongo y los propios de la institución educativa.

3-4 La explicación en el contexto áulico

A los aspectos que me refiero dentro de la enseñanza aprendizaje, uno de ellos que es objeto de la estrategia didáctica es la explicación científica. En función de esto desde el marco que me provee la ciencia caractericé a ésta, como una operación de la ciencia, que por un camino deductivo utiliza las leyes o teorías, constituidas por entes submicroscópicos para dar cuentas de los fenómenos o evidencias macroscópicas. Me resulta pertinente aclarar a continuación, aspectos que hacen a la explicación científica en el ámbito del proceso de enseñanza aprendizaje.

La explicación es considerada por expertos como Jiménez Aleixandre M. P, Díaz de Bustamante, Revel Chion, Monereo C., Sanmartí N., entre otros, dentro del ámbito escolar, como un procedimiento de naturaleza cognitivo – lingüística equiparable a las destrezas y habilidades prácticas y a las capacidades cognitivas y comunicativas necesarias para construir, evaluar y aplicar la ciencia.

En este contexto, la explicación científica de las propiedades o de los fenómenos y la relación que existe entre ellos es, para el aprendizaje y de acuerdo a la completitud de la imagen que se obtiene del mundo físico, una experiencia absolutamente necesaria y desde la enseñanza de la Química puedo aportar mucho desde esta perspectiva.

En referencia al procedimiento de explicar en el ámbito escolar, este es similar a la operación de la ciencia pura, pues conecta necesariamente mediante expresiones adecuadas, el nivel macroscópico observable, con el nivel submicroscópico. Además, las explicaciones científicas posibilitan en el aula la incorporación de la historia de la ciencia tanto a la teoría como a la enseñanza de las ciencias³¹ (Lombardi O.I., 1997).

Manifesté que explicar es una capacidad, la bibliografía define que: “capacidad es un conjunto de disposiciones de tipo genético, que una vez desarrolladas a través de la experiencia que produce el contacto con un entorno culturalmente organizado, darán lugar a habilidades individuales”³². Esto me permite afirmar que fomentar en el alumno

³¹ Lombardi O. I. (1997) La Pertinencia de la Historia en la Enseñanza de las Ciencias: Argumentos y Contra argumentos. Enseñanza de las Ciencias, 15 (3), 343-349

³² Monereo C., Castelló M., Clariana M., Pérez L., (2001) “Estrategias de enseñanza y aprendizaje” Pág. 18. Grao. Barcelona. España.

el desarrollo de capacidades favorecerá que estas se transformen en habilidades, además que son adquiridas a través de la práctica, por el uso de procedimientos y así el alumno pueden utilizarlas de forma conciente o de forma automática.

Existen, según los especialistas, diferentes tipos de habilidades, algunas son las habilidades para procesar información, para lograr instancias de pensamiento básico y de pensamiento superior. Estas habilidades según C. Monereo son las encargadas de procesar los contenidos y él las agrupa en seis bloques, cuyo criterio de ordenación, es el que considera, el orden natural en que se procesaría la información o los datos que llegan al sistema cognitivo. Los mismos son:

- ✓ Bloque 1: Observación y comparación (input y primera fase de análisis)
- ✓ Bloque 2: Ordenación y clasificación (organización y síntesis)
- ✓ Bloque 3: Representación (abstracción y representación)
- ✓ Bloque 4: Retención y recuperación (memorización)
- ✓ Bloque 5: Interpretación, inferencia y transferencia (utilización de la información previamente aprendida y aplicación de aprendizajes a nuevos contextos).
- ✓ Bloque 6: Evaluación (valoración de los procesos seguidos, productos conseguidos y decisiones adoptadas)

A estas habilidades de procesamiento de la información, o sea los procesos que realizo cuando estoy recibiendo un contenido, las complemento con las Habilidades Cognitivo Lingüística, propuestas por Neus Sanmarti, que son las que se ponen de manifiesto cuando debo comunicar algo, en definitiva, para lograr organizar el discurso verbal y escrito en un texto coherente, ellas son Describir, Definir, Resumir, Explicar, Justificar y Argumentar.

En el contexto áulico tanto las habilidades cognitivo lingüísticas como las de procesamiento de la información se vuelven en el alumno fundamental. Las primeras porque son las que activa cuando intenta comprender y elaborar un texto y las segundas porque son las que activa cuando intenta comprender un contenido de enseñanza.

En el campo de las ciencias son necesarias distintas habilidades cognitivo lingüísticas, pero la más importante para Neus Sanmarti, y en lo que acuerdo plenamente, es la habilidad de explicar, porque para poder realizar una explicación el alumno debe demostrar que comprende de lo que está hablando y para esto necesita

recurrir en Química necesariamente, al concepto de partícula específicamente al nivel de los no observables.

En síntesis, en el contexto de la enseñanza y aprendizaje de la Química, las explicaciones científicas de las propiedades y fenómenos de sustancias y materiales, tanto alumno como docente las deben expresar, asegurando el salto lógico entre los datos y las conclusiones, en términos de entidades submicroscópicas, para lo que es necesario usar modelos ajustados a una cuidadosa transposición didáctica. Esto es por medio de la explicación científica de los hechos.

3-5 Importancia y Dificultades de la explicación científica en el contexto áulico

En relación a la explicación científica en el contexto áulico hay dos aspectos que necesito mencionar:

- ✓ uno es la importancia de desarrollar en los alumnos la capacidad de darlas
- ✓ y el otro las dificultades que puedo encontrar cuando realizan la elaboración de las mismas.

Respecto a la gran importancia que tiene en el ámbito educativo, que desarrolle en los estudiantes la capacidad de dar explicaciones científicas, son varios los autores que se han referido al tema, uno de ellos Izquierdo M. y col., (1999), afirman que "la finalidad de la ciencia escolar en su conjunto es contribuir a que los alumnos consigan elaborar explicaciones teóricas de los hechos del mundo y sean capaces de actuar responsablemente con criterios científicos"³³, esto deriva en dos aspectos que destaco para la explicación científica en el contexto áulico y ellos son, la importancia de que los estudiantes sean hábiles en dar explicaciones científicas, y por otro lado que los procesos de enseñanza y aprendizaje deben ocuparse de desarrollar esa capacidad.

En relación a las dificultades que puedo encontrar en los procesos de enseñanza y aprendizaje de Química para lograr la explicación de hechos, sé que existen no pocas dificultades y algunas de ellas son compartidas con otras ciencias. Respecto de esto, Izquierdo M. y col. (1999), han detectado como la mayor dificultad encontrada entre los alumnos de ciencias, el poder entender y poner en práctica que para explicar los hechos observables, debemos recurrir a entidades no observables, es decir a un modelo. Por otra parte J. Sardá y N. Sanmarti (2000), han encontrado que a los alumnos les resulta

³³ Izquierdo M., Sanmarti N., Espinet M., (1999) Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. Enseñanza de las Ciencias, 17 (1), 45 – 59.

difícil poder expresar y organizar las ideas en un escrito que sea acorde al rigor y precisión, estructuración científica y que además demuestre coherencia.

Las deficiencias detectadas son atribuidas por un lado, a que estos no distinguen entre términos de uso científico y los de uso cotidiano y por otro a que buscan las razones para explicar en sus preconcepciones más que en los modelos de las ciencias.

Considero adecuado rescatar los aspectos que caracterizan a la disciplina Química que ya expuse como características, pero que a la hora de explicar se transforman en dificultades para el alumnado, por esto afirmo que las dificultades para explicar en el alumno se acentúan por las características de la propia disciplina. El hecho de que la Química explica las propiedades y fenómenos macroscópicos usando entidades "no observables" trae, de por sí, no pocas dificultades (Galagovsky L.R. y col., 2003; Lemke J.L., 1997; Izquierdo M, 1999). Esto es consecuencia de lo difícil que resulta para las personas imaginar, entender y mucho más, aplicar, los conceptos abstractos³⁴ (Islas S.M.y Guridi V.M., 1996; Johnstone H.A., 1991). Además, para que los estudiantes logren el aprendizaje requerido, no solamente deberán aprehender los conceptos abstractos sino que también deberán relacionarlos entre sí; se debe lograr entonces, como lo denominan Pozo Muncio J.I.y Gómez Crespo A.A. (1998), "la abstracción de la abstracción".

A esto le agrego que las entidades teóricas tienen carácter no sensorial y para favorecer su comunicación los científicos recurren para representarlas mediante modelos analógicos los que, para los expertos, tienen significados precisos pero no ocurre necesariamente lo mismo para todas las personas.

Finalmente, al conjunto de todas estas dificultades incorporo las derivadas del lenguaje simbólico propio de la disciplina.

En las palabras de Pozo Muncio J.I.y Gómez Crespo A.A. (1998), "comprender la Química implicaría un cambio en el marco en que se inscriben los conceptos implicados. Frente a una visión centrada en los hechos y en las propiedades observables de las sustancias, se hace necesario comprender la materia como un complejo sistema de partículas en continua interacción. Frente a la interpretación de los cambios basada en los aspectos perceptivos de los estados inicial y final, es necesario comprender la

³⁴ Islas S.M., Guridi V.M., El quehacer científico versus el quehacer áulico. Buscando rasgos del quehacer científico en libros de texto. Enseñanza de las Ciencias, 17 (2), 281-290., 1999

conservación de las propiedades no observables de la materia y concebirla como un complejo sistema en equilibrio”³⁵.

De acuerdo a lo que he venido desarrollando y atendiendo a aquello de que para dar explicaciones científicas correctas en Química debo construir explicaciones en las que participen las entidades del nivel submicroscópico, creo necesario y justificado, diseñar, implementar y valorar, una estrategia didáctica que favorezca en los alumnos el desarrollo de la capacidad de dar explicaciones científicas. En este caso particular, el tema se circunscribe a la Termoquímica en un curso de Química General.

3-6 Antecedente

Para confirmar con certeza, algunas de las dificultades que manifesté con anterioridad y de manera concreta, generé mi propio antecedente.

Durante el transcurso del año 2003, para indagar dentro del ámbito educativo del nivel superior de la Facultad diseñé e implementé una encuesta sobre un grupo de alumnos, que me permitió verificar si podían elaborar, considerando todas las características planteadas, una explicación científica sobre un hecho factual.

En función de esto, planteé objetivos, destinados a indagar:

- a- Nivel conceptual de explicación que utilizan los estudiantes
- b- Elaboración de una explicación correcta para justificar.

Para comprobarlos la encuesta constaba de los siguientes puntos:

- a.- el dibujo de un calefón calentando agua.
- b.- un texto explicando que el gas natural (principalmente CH_4) es combustible y que como su combustión libera calor se usa en la calefacción,
- c.- la ecuación química de la combustión completa del CH_4
- d.- la pregunta: “¿Cómo se justifica la liberación de calor de esa reacción química?”.

La encuesta se encuentra en el anexo correspondiente.

Es importante que aclare, para que no se estime como discordante con lo que he desarrollado, que en el cuerpo del texto de la pregunta d, coloqué “justifica” y no “explica”, debido a que con anterioridad me interioricé que dentro de la Facultad se utiliza el término justificar como sinónimo de explicar o sea que a los alumnos al justificar se les pide realmente que expliquen con todo lo que ello implica.

³⁵ Pozo Municio J. I., Gómez Crespo A. (1998), "Aprender y enseñar ciencia". Pág. 150 - 155, 205 - 207 Ediciones Morata. Madrid. España.

Entonces, los alumnos necesitaban para lograr justificar - explicar, el hecho observable que presento en la encuesta, hacer uso de conceptos de la Química básica provenientes del nivel submicroscópico, o bien de los conceptos que aporta la Termoquímica pero relacionado desde una perspectiva submicroscópica.

Una vez que establecí los objetivos y diseñé la encuesta la apliqué a una muestra de alumnos.

La selección de la muestra no implicó un proceso estadístico y se relacionó con posibilidades y disposiciones horarias de la institución.

El propósito de la implementación de la misma fue obtener hallazgos, que me permitieran conocer aproximadamente cómo los alumnos de la Facultad y de diferentes carreras en diferentes años de su formación profesional realizan la justificación - explicación.

Así la apliqué a alumnos en una muestra de tipo longitudinal de las carreras de Bioquímica y Biotecnología de la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas.

La muestra estuvo conformada por sesenta y cuatro (64) alumnos distribuidos de la siguiente manera: veintidos (22) alumnos que cursaban primer año de la carrera de Bioquímica, dieciséis (16) alumnos de segundo año que cursaban la carrera de Biotecnología, veintiséis (26) alumnos de quinto año que cursaban la carrera de Bioquímica.

Una vez aplicada la encuesta procesé los datos obtenidos y analicé las respuestas de los sesenta y cuatro (64) alumnos, distribuidos como indiqué anteriormente.

En el anexo, de inventario de respuestas, sistematizadas por grupo, transcribo textualmente la respuesta de cada alumno.

Para procesar los datos tuve en cuenta, el nivel conceptual de la justificación dada y si la respuesta emitida era correcta o incorrecta.

A continuación presento los hallazgos totales

- Sobre el nivel de términos utilizados

Nivel	Macro (observables)	Macro/Micro(combina ción)	Micro(no observables)
Muestra (64)	65,63%	26,56%	1,56%

- Si daban respuestas correctas

Respuestas	Correctas	Incorrectas
Muestra (64)	20,31%	79,69%

Los hallazgos obtenidos, me permitieron afirmar que la mayoría de los alumnos utilizan para explicar términos del nivel macroscópico u observable y que a su vez la mayoría no puede dar una respuesta correcta sobre el evento que presenté.

De la lectura de las respuestas dadas por los alumnos puedo apreciar que las mayores dificultades tanto para utilizar términos del nivel submicroscópico como para dar respuestas correctas las presentan los alumnos de primero y de quinto año, estos casi profesionales. Los mejores hallazgos los obtengo con los alumnos de segundo año.

Así, esta primera indagación, me permitió comprobar y confirmar, las dificultades que presentan los alumnos para elaborar explicaciones científicas en el contexto áulico, por esto a partir de tal confirmación procedí al planteo del problema, de los objetivos y al diseño de la estrategia didáctica para favorecer en los estudiantes la capacidad de dar explicaciones científicas.

CAPÍTULO II
MATERIALES Y MÉTODO

CAPÍTULO II

1-0 MATERIALES Y METODO

Teniendo en cuenta los hallazgos que obtuve por medio del antecedente que generé y para afrontar los obstáculos que detecté, procedí a su estudio. El modo que estimé constituye una posibilidad de abordaje y superación de los mismos en el contexto áulico fue el diseño, desarrollo y valoración de la estrategia didáctica. Para esto establecí objetivos, con posterioridad delimité las hipótesis, la unidad de análisis y confeccioné los instrumentos que me permitieron obtener datos.

1-1 Problemática e Hipótesis

Como manifesté en el Marco Teórico, la consulta que realicé a la diversa bibliografía corriente, me permitió establecer con certeza, que el abordaje de los conceptos relacionados a la Termodinámica Química se caracteriza por ser ahistórico, atemporal y desde la perspectiva áulica desarrollarse, en general, con una visión macroscópica. Este enfoque que di en llamar sistemático tradicional, no abandona, para la explicación de acontecimientos termoquímicos, el nivel macro de referencia lo que no favorece que los estudiantes elaboren verdaderas explicaciones científicas.

Una vez que comprobé la dificultad antes mencionada en una muestra conformada por alumnos y de tipo longitudinal, como posibilidad de superación propuse el diseño, implementación y posterior valoración de una estrategia didáctica que favorezca en los estudiantes la capacidad de dar explicaciones científicas en el contexto áulico. Para esto establecí como Hipótesis de Investigación al siguiente enunciado:

“Los alumnos de primer año de la carrera de Bioquímica y de Biotecnología de la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas de la U.N.L., luego de haber transitado por los diferentes espacios disciplinares que conforman el inicio de su profesionalización y a pesar de haber recibido formación específica sobre los conceptos estructurantes básicos de la Química, lo que implica involucrarse en una metodología de razonamiento específica, demuestran dificultad para operar satisfactoriamente con los conceptos teóricos, nivel microscópico, de manera de explicar o justificar con ellos las evidencias (nivel macro) de los acontecimientos termoquímicos. La implementación de estrategias que provean de visiones alternativas y que favorezcan la integración de los conceptos estructurantes básicos, permitirán la operacionalización de los constructos

teóricos básicos (los enlaces químicos y la aplicación de la equivalencia masa – energía de la Teoría de la relatividad) para la explicación de las evidencias termoquímicas”.

En función de esta hipótesis de investigación formulé para intervenir en el trabajo de campo, dos hipótesis operacionales, que fueron:

- ✓ Los alumnos de primer año, a pesar de recibir formación específica sobre los conceptos estructurantes básicos de la Química, demuestran dificultad para operar con ellos, dando respuestas poco satisfactorias y no acordes a explicaciones científicas, de los fenómenos termoquímicos presentados.
- ✓ La implementación de estrategias que, por un lado, muestren la integración conceptual de los contenidos básicos estructurantes y, por el otro, favorezcan explicaciones acordes a las metodologías científicas, logran la adquisición en el alumno de aprendizajes y capacidades permanentes.

1-2 Propósito y Objetivos

Consecuentemente para la investigación y operacionalización de las hipótesis me planteo el propósito de poner en práctica un modelo de abordaje diferente al tradicional que deje de lado al sistema caja negra (como manifesté en la introducción), para producir un enfoque de la explicación de los conceptos termoquímicos desde el nivel submicroscópico. Para lograr esto es necesario que los alumnos operen con los conceptos de Química estructural, como la teoría de las partículas, los enlaces interatómicos y la estructura atómica, pues estos conceptos le permitirán producir explicaciones de lo macroscópico u observable, con los conceptos provenientes del nivel submicroscópico o constructos teóricos fundamentales.

Estimo que la propuesta se justifica ampliamente ya que de este modo se espera favorecer los aprendizajes, considerando que este enfoque es oportuno para enfrentar las debilidades de los estudiantes para dar explicaciones científicas comprobadas por diversos trabajos (antecedente y marco teórico).

Es por esto que si demuestro a los alumnos una visión que articule los fundamentos de base que componen los diferentes aspectos de la Química General, con el desarrollo de habilidades cognitivas lingüísticas y de procesamiento de la información, favorecerá en ellos la adquisición de capacidades permanentes, posibilitándoles enfrentar futuros aprendizajes y, a la vez, la formación de una visión profundamente científica y crítica a aquel que será un futuro profesional.

Por esto creo que participar en el desarrollo de la estrategia les permitirá a los alumnos adquirir capacidades que les serán útiles al recibir información y al comunicarse. Así le posibilitarán ante la presencia de información, utilizar habilidades cognitivas como analizar, comparar, interpretar, relacionar, deducir y, para comunicarse, utilizar habilidades cognitivo lingüísticas como describir, explicar, justificar. Además mediante la propuesta integrarán conceptos estructurantes básicos de la química general, que utilizarán para operar y transferir constructos teóricos, en función de explicar hechos del nivel macroscópico.

De este modo estimo como una posibilidad, que los hallazgos obtenidos, sean considerados en la cátedra para direccionar el enfoque del tema y de los contenidos básicos estructurantes.

Para la concreción de la estrategia planteé el siguiente objetivo general:

“Confirmar la hipótesis a investigar sobre la necesidad de abordar el estudio de las ciencias experimentales y en especial la Termoquímica desde un enfoque que favorezca la visión submicroscópica, que le permita al alumno la adquisición de capacidades permanentes y que le posibilite explicar científicamente las evidencias que se manifiestan en los fenómenos”.

En relación a éste, formulé dos objetivos específicos:

“Diseñar y aplicar una estrategia de abordaje que proporcione una visión alternativa sobre el tema Termoquímica” y

“Evaluar la implementación de la estrategia diseñada, en una primera etapa mediata, realizando en proceso los ajustes necesarios”.

1-3 Tipo de Indagación y Unidad de Análisis

Por los aspectos que hacen al proceso de investigación, la misma se encuadra dentro de las siguientes características. De acuerdo:

- ✓ A los objetivos que formulé, es aplicada.
- ✓ Al nivel de investigación, es decir a la profundidad de los conocimientos que la investigación se propone alcanzar, adhiero al propuesto por Canales, Alvarado y Pineda, llamado de intervención (en Hernández Sampieri R.), adecuadas para las investigaciones en acción. Así esta modalidad investiga el efecto de nuevas modalidades de acción o modos de gestionar el conocimiento, recolecta información, incorpora la investigación a la ejecución y los resultados que puedo

obtener derivan en acciones, en proponer innovaciones, en realizar ajustes, en brindar base para la toma de decisiones.

- ✓ Al tipo de dato que manejo, es de campo.
- ✓ Al alcance, es a micro escala.
- ✓ A la aplicación o tiempo, es sincrónica – transversal.
- ✓ Al manejo de datos para obtener conclusiones, propongo una triangulación de datos. Si bien en el diseño sigo una estructura cuantitativa, al proponer Hipótesis e hipótesis operacionales, no se abandona lo cualitativo, ya que considero que el hecho que se lleva a cabo la enseñanza y aprendizaje es netamente social por lo cual se establecen datos numéricos y aplicaciones estadísticas, pero siempre para el grupo de investigación.

La indagación la realizaré sobre alumnos de primer año que cursan la materia Química General de la carrera de Bioquímica y la de Biotecnología, de la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas de la U.N.L. y la unidad de análisis estará conformada por 34 alumnos de primer año que cursan el espacio disciplinar Química General.

1-4 Fuentes de información

Para obtener información me proveeré de documentación, registros, bibliografía, que detallo a continuación.

Documentación:

- ✓ Programa de la cátedra Química General (Anexo IV).
- ✓ Apuntes de cátedra, Unidad Termodinámica (Anexo V).
- ✓ Guía de coloquio, Unidad Termodinámica (Anexo VI).
- ✓ Guía de trabajo práctico, Unidad Termodinámica (Anexo VII).
- ✓ Guías de trabajo de observación y recuperación de información.
- ✓ Video de las filmaciones de clases.
- ✓ Encuestas diseñadas.
- ✓ Prueba de acreditación (Anexo XV).

Registros:

- ✓ Registros de observaciones de clases.

Bibliográfico:

- ✓ Libros de texto, de circulación universitaria.
- ✓ Libros de texto sobre Historia de la Ciencia.

- ✓ Artículos de Investigación en Didáctica de la Revista Enseñanza de las Ciencias.

Además de estas fuentes, también me brindarán información los instrumentos diseñados. Estimo que éstos ocupan en la implementación de la estrategia un lugar estratégico debido a que me proporcionan información parcial que me permitirá, si es necesario realizar correcciones y ajustes. Por otro lado también me aportarán los datos finales para realizar la valoración.

Como ha esta altura del desarrollo del trabajo y en función de todo lo indagado tanto bibliográficamente como por el antecedente que generé, tenía en claro aspectos importantísimos, para que a mi entender la experiencia sea innovadora, no podía dejar de tener en cuenta ni de medir en el desarrollo áulico los siguientes aspectos:

- Contextualizar los contenidos al desarrollo histórico.
- Enseñarles a los alumnos a diferenciar términos según su pertenencia al nivel macroscópico o submicroscópico.
- Enseñarles a través de los contenidos propios del tema, como se construye una verdadera explicación científica.
- Valorar el desarrollo de la estrategia.
- Ayudarlos a organizar su estudio.

1-5 Instrumentos diseñados, indicadores, sus propósitos y objetivos

En función de los aspectos que mencioné con anterioridad, diseñé los instrumentos. Estimo necesario desarrollarlos en detalle, por esto les otorgué un número y en función de su objetivo o función dentro de la implementación, los clasifique en: de aplicación, de apoyo y propios de la cátedra.

Todos los instrumentos están destinados a obtener datos de aplicación sobre los alumnos por lo que las habilidades y procedimientos, que estos involucran, son los que debe poner en práctica el alumno en un determinado momento de la implementación de la propuesta.

A continuación presento un cuadro que detalla el tipo, número y nombre del instrumento, cuyos textos completos se encuentran en los anexos correspondientes.

De aplicación: diseñados para la recolección de información

Denominación	Tipo
I -1	Encuesta 1 (Anexo IX)
I -3 B	Guía de video sobre características de la ciencia actual(Anexo XI)
I -5 A	Tablas de clasificación y diferenciación de conceptos, macro y submicroscópicos y de explicaciones científicas.(Anexo XIII)
I -5 B	Ídem 5 A (Anexo XIII)
I -8	Encuesta de valoración. (Anexo XIV)

De apoyo a la implementación de la estrategia

Denominación	Tipo
I -2	Organizador de Tareas (Anexo X)
I -3 A	Video sobre características de la ciencia actual, a cargo del filósofo contemporáneo Félix Schulster.
I -4	Taxonomía sobre Habilidades y procedimientos, adaptada de Monereo (Anexo XII)

Propios de la cátedra

Denominación	Tipo
I -6	Apuntes de la cátedra, común a todas las comisiones (Anexo V)
I -7	Guía de coloquio sobre la unidad, común a todas las comisiones (Anexo VII)
I -9	Prueba de acreditación, común a todas las comisiones (Anexo XV)

Considero importante, describir para cada instrumento diseñado, la relación entre el propósito y la habilidad que quiero desarrollar en el alumno, porque es lo que considero demuestra la coherencia interna del trabajo y la relación del instrumento, con los siguientes aspectos: propósito que persigo, la tarea que debe realizar el alumno, grado de complejidad de la resolución de la tarea, habilidades que promueve con su ejecución y procedimiento que debe realizar el alumno en relación a la habilidad involucrada.

Para esto describiré los instrumentos que pertenecen al grupo, diseñados para la recolección de datos y de apoyo a la implementación de la estrategia, no así los propios de la cátedra, que fueron elaborados por los responsables de la misma.

Dentro de los instrumentos de aplicación ubico a aquellos que diseñé específicamente para que me permitieran la recolección de datos que me informen respecto a determinadas situaciones áulicas, y son:

Instrumento 1: Encuesta, que tiene dos ítems, cuyos propósitos son:

Ítem a: Recolectar datos personales,

Ítem b: Producir un diagnóstico actualizado, acerca de si los alumnos pueden lograr dar una explicación coherente desde el hecho observable, utilizando términos submicroscópicos. La tarea que para el ítem b debe realizar el alumno es la justificación (usado como sinónimo de explicación, por protocolo de la cátedra). Esta tarea requiere que elabore un texto coherente donde, a partir de la evidencia macroscópica, el alumno de cuenta de la teoría usando términos submicroscópicos.

La habilidad involucrada es la de justificar. Para ello el alumno debe considerar la evidencia macroscópica, establecer relación causa – efecto y producir asociación de términos (liberación de calor por ruptura y formación de enlaces), demostrar la habilidad cognitivo lingüística de explicar con la elaboración de un texto coherente.

Instrumento 3 – B: guía de video, cuyo propósito es que el alumno recuerde y/o actualice las características de la ciencia actual, sobre las que se sustenta el conocimiento científico y con las que se vincula la estrategia diseñada. Este instrumento posee tres ítems. La resolución del primer y segundo ítem es simple y directa, la realiza a partir de la observación del video y la tarea que requiero al alumno es la observación para actualizar su conocimiento. Las habilidades involucradas en la realización de la tarea son las de procesamiento de la información y son dos. Una es la Observación dirigida que se define como habilidad de dirigir y controlar de forma metódica la percepción de objetos sucesos o procesos con las subhabilidades involucradas, de atender, identificar, encontrar. Para aplicar esta habilidad el alumno debe implementar los procedimientos de observación, toma de notas, apuntes y la otra habilidad es la recuperación de información que es la habilidad por la que se reintegran las informaciones almacenadas en la memoria. Esta habilidad la concretará por medio del procedimiento de elaboración de un texto.

El ítem 3 de este instrumento resulta para su resolución más complejo, pues la tarea requerida es la inferencia a partir de supuestos. Las habilidades involucradas también son las de procesamiento de la información y son las de identificar las características de ciencia que subyacen en las cuestiones requeridas, recuperar datos de la información adquirida e interpretar e inferir que es habilidad que se define como otorgar significado personal a un hecho o acontecimiento y aptitud para completar una

información parcial o establecer conclusiones a partir de supuestos y para esto el alumno debe explicar haciendo uso de la información previamente adquirida.

Instrumento 5 A: tiene cuatro ítems y cuyo propósito es que me permita obtener un diagnóstico de situación concreto, acerca de si los alumnos saben distinguir términos macroscópicos y submicroscópicos necesarios para lograr explicaciones científicas. Respecto a los ítems, resultan de complejidad simple y su resolución es directa. Para los ítems a, b, c la tarea que debe realizar el alumno es la identificación y diferenciación de términos. En relación, las habilidades cognitivas de procesamiento de la información involucradas son la ordenación de hechos, que es habilidad de disponer sistemáticamente hechos a partir de un atributo o parámetro. Ésta la concreta el alumno si aplica procedimientos como: elaboración de inventarios, tablas, índices, catálogos, reunir, seriar, catalogar, listar, etc.

Para el cuarto ítem que es el d, la tarea que debe realizar el alumno es la identificación y diferenciación de explicaciones científicas verdaderas. Las habilidades cognitivas de procesamiento de la información, involucradas son la ordenación de hechos que se define como habilidad de disponer sistemáticamente hechos a partir de un atributo o parámetro. La logra por realización del procedimiento de catalogar.

Instrumento 5 B: En su estructura es igual al 5 A, pero su propósito es diferente, debido a que lo aplicaré luego de la intervención áulica en donde el docente explicará la diferencia entre niveles de términos y como está constituida una verdadera explicación científica: El propósito es obtener, a través de las mismas tareas y habilidades explicitadas para el instrumento 5-A, una valoración mediata de la intervención áulica prevista en la estrategia diseñada para el reconocimiento y la distinción de términos y de verdaderas explicaciones científicas.

En función de esto compararé los ítems 5-a, 5-c y 5-d, de los instrumentos 5-A y 5-B, mediante la aplicación de cálculos estadísticos no paramétricos; esto me proporcionará datos a cerca de lo que sucede antes y después de la aplicación parcial sobre un tema de la estrategia diseñada.

El estadístico de prueba que utilizaré, para contrastar la hipótesis de que las proporciones de respuestas correctas son semejantes en ambos grupos, es el Chi cuadrado de Pearson.

El estadístico de Pearson me permitirá obtener información acerca de si las respuestas correctas obtenidas antes de la implementación son independientes de las respuestas correctas obtenidas luego de aplicación de la propuesta, o si bien la aplicación influyó en la emisión de las respuestas. La hipótesis nula del test, plantea justamente la igualdad de respuestas, en cada categoría de área, en el antes y el después. Planteo como hipótesis que no hay diferencias entre las proporciones, lo que me indica que las situaciones producen igual efecto. En relación, puedo adelantar que si obtengo resultados iguales antes y después, la aplicación de la propuesta no dio resultado, en cambio, si obtengo diferencias, éstas pueden ser positivas o negativas y esto está determinado por la dirección de las proporciones. El nivel de significación con que trabajaré es 0,05, que es el que se fija normalmente. Por esto, si el valor de p supera el nivel de significación ($= 0.05$), entonces acepto la hipótesis y se dice que no hay efecto de tratamiento. En cambio si el valor de p no supera al de significatividad (< 0.05), diré que hay efecto producido por el tratamiento y ese efecto es positivo.

Instrumento 8: El propósito es que obtenga una valoración de la implementación de la estrategia, aplicada a micro escala transcurrido un tiempo de su implementación. Este tiene dos ítems, para el ítem 1 la tarea requerida es la Justificación, (como sinónimo de explicación, por protocolo de la cátedra). Para resolverlo el alumno debe elaborar un texto coherente donde a partir de la evidencia macroscópica de cuenta de la teoría usando términos submicroscópicos y las habilidades involucradas son las mismas del instrumento 1. Respecto del ítem 2, éste está constituido por dos subítem el a y el b. Para el a, la tarea que le solicito al alumno es la resolución de un problema, la habilidad requerida es cognitiva básica para identificar un problema, que necesita de las siguientes capacidades: identificación y definición del problema, relación, transformación. Así, relación es capacidad para detectar operaciones regulares, progresiones numéricas, deducciones, generalización, análisis y transformación es capacidad para relacionar lo conocido con lo desconocido, traducir la información de un código a otro. El procedimiento que debe aplicar es un algoritmo que es actuación regida por representaciones simbólicas.

Para el ítem b, la tarea que le requiero es escribir un principio y fórmulas. Para concretar esto, el alumno debe recuperar información almacenada. Ésta se define como habilidad de elaboración por la que se reintegran las informaciones almacenadas en la

memoria. Los procedimientos que debe aplicar son: escritura de formulas y elaboración de un texto.

Debo destacar que en este instrumento, coloqué en el ítem 1 una situación en la que necesitaba justificar, similar a la propuesta en la Encuesta (instrumento 1) y en el ítem 2, una situación similar a la pedida en el parcial de acreditación formal, común a todas las comisiones de primer año. El propósito de esto fue realizar una comparación para establecer una valoración entre el grupo de alumnos que recibió el tratamiento del tema por la estrategia diseñada con otro grupo de alumnos que no recibió el tratamiento de la estrategia.

Dentro de los instrumentos de apoyo a la implementación de la estrategia, que diseñé a fin de guiar al alumno, ya sea en la tarea de estudio o en otras tareas, agrupé a los instrumentos 2, 3-A y 4.

Instrumento 2: organizador de tareas, el propósito es orientar, guiar, contribuir con el alumno en la instancia de aprendizaje del tema, desde la visión sobre la que sustento a la estrategia. En función del propósito, éste consta de tres columnas. Cada columna representa un momento o instancia, pensada en la situación de cuando el alumno se decide a preparar el tema para estudiar.

Así la primera columna, la denomino “Al iniciar la Tarea” (momento de planificación); contiene preguntas que orientan a lograr la reflexión, para la organización sobre tres aspectos, conocimientos acerca del tema en cuestión, habilidades y procedimientos que necesita el alumno para lograr objetivos y el tiempo que necesita destinar para lograr lo que se ha propuesto.

La segunda columna, la denomino “Al realizar la tarea de aprendizaje” (momento de aprendizaje), en la misma coloqué preguntas que orientan a lograr la reflexión en el alumno para el monitoreo de la tarea de aprendizaje. Implica que éste revise la tarea que está ejecutando.

La tercera columna, la denomino “Al finalizar la tarea de aprendizaje”, incluyo preguntas para orientar al alumno a fin de que se de cuenta de que, si lo que ha hecho es lo mejor o introduciría variantes para lograr lo que necesita; en sí, es un momento de meta cognición.

Instrumento 3-A: es una disertación presentada por el filósofo contemporáneo Félix Schulter (padre) en formato video (VHS) de siete minutos de duración, donde, en base a cuatro preguntas, desarrolla la visión actual de ciencia y tiene como propósito brindar al alumno, la posibilidad de actualizar sus conocimientos acerca de esta, en un formato de manejo cotidiano. El mismo forma parte de una colección sobre una serie de temas organizada por el Ministerio de Cultura y Educación de la Nación.

Seleccioné esta técnica porque consideré entre otras cosas que se divulga en un formato que es atrayente para el alumno pues lo coloca fuera del discurso común del aula, es de corta duración, la exposición del filósofo es clara y concisa en cuanto a lo que quiere transmitir y me permite relacionar las características propuestas para la visión de ciencia, con el desarrollo áulico de la estrategia. La habilidad que requiero del alumno, es de procesamiento de la información, específicamente la observación.

Instrumento 4: Taxonomía sobre el dominio cognoscitivo y el propósito es que el alumno tenga la posibilidad de conocer y acceder, para que sea consciente, de las habilidades cognoscitivas básicas que le requiero y el procesamiento de la información que recibe. Este consta de dos columnas, una contiene la habilidad cognoscitiva, de procesamiento de la información y la otra, algunos de los procedimientos que puede aplicar para lograr la habilidad.

Establecido así, los materiales y métodos a utilizar, a continuación pasaré a relatar como diseñé la estrategia teniendo en cuenta todo lo desarrollado.

CAPÍTULO III
DISEÑO DE LA ESTRATEGIA

CAPÍTULO III**1-0 DISEÑO DE LA ESTRATEGIA**

Teniendo en cuenta los aspectos que describí en el Marco Teórico y en el capítulo Materiales y Método, a continuación relataré como llevé a cabo el diseño de la estrategia didáctica. Estimo que la organización final adoptada en ésta, constituye una posibilidad adecuada para poder enfrentar y atenuar desde el contexto áulico las dificultades específicas que presenté y detecté en los alumnos.

Comenzaré por describir lo que comprendo por estrategia y para esto propongo usar una analogía de este término producto de su procedencia específicamente del ámbito militar. En este contexto estrategia es entendida como el arte de proyectar y dirigir grandes movimientos militares. Para que sea desarrollada necesito de un estratega, cuyo rol consiste en proyectar, diseñar, ordenar, dirigir, las operaciones conformadas por una serie de pasos llamados tácticas o técnicas con un claro y determinado fin, que es sin duda obtener la victoria en un escenario determinado.

Ahora bien, como me referiré al campo de la enseñanza en éste la estrategia es didáctica y, aplicando la analogía anterior de acuerdo a lo manifestado por C. Monereo (2001), una estrategia didáctica es una guía de las acciones que hay que seguir y la implementación de la misma es siempre consciente e intencional, las acciones previstas dentro de esta, están dirigidas claramente a la consecución de un objetivo relacionado con el aprendizaje y tanto su diseño como la elección de las acciones es anterior a cualquier otro procedimiento que decida como docente utilizar para actuar.

En el proceso de enseñanza aprendizaje el estratega es el profesor, que actúa adoptando alguno de los enfoques que selecciona de los distintos modelos de enseñanza. De este modo como docente diseñaré un camino a seguir relacionado con la aplicación de una estrategia didáctica. Al respecto en relación al diseño de la “estrategia didáctica para favorecer en los estudiantes la capacidad de dar explicaciones científicas”, tres fueron las preguntas que me formulé y guiaron en la construcción y la elección definitiva de las acciones dentro de la misma.

- ¿Qué pretendo con la estrategia?
- ¿Cómo voy a hacer para que lo que pretendo ocurra?
- ¿Cómo me doy cuenta o tengo la certeza de lo que pretendía ocurrió?

Así, al plantear la estrategia, me propongo poner en práctica un modelo de abordaje diferente al tradicional que deje de lado al sistema caja negra, para producir un enfoque de la explicación de los conceptos termoquímicos desde la visión submicroscópica, que favorezca en el alumno el desarrollo de la capacidad de dar explicaciones científicas. Esto requiere que el alumnado opere, o sea, demuestre que tiene dominio de los conceptos de Química estructural, como la teoría de las partículas, los enlaces interatómicos y la estructura atómica, conceptos del nivel no observable y, que mediante el ejercicio de capacidades cognitivas ligadas a cognitivas lingüísticas, proceda conectando coherentemente dicho nivel de términos con la evidencia macroscópica de modo de concretar la explicación científica en el ámbito de la enseñanza.

A partir de este planteamiento concreto, me propuse expectativas de logro. “Las expectativas del docente son inferencias que los docentes hacen acerca de la conducta futura o de los logros académicos de los alumnos basado en lo que saben ahora de ellos”¹, que se convierten en una meta porque implica el control de hacia donde vamos. Las expectativas las relaciono con mis intenciones como docente e influyen en mi motivación ya que inciden en el compromiso que adopto para conseguir el logro de lo que me propuse. En función de las motivaciones y el compromiso personal, considero lo que denominé meta expectativas, aunque a micro escala, a las que relaciono con lo que David Perkins (1997) planteó, la superación del conocimiento frágil y el pensamiento pobre. Según este autor, el conocimiento frágil involucra el conocimiento supuestamente aprendido y que es requerido a los alumnos para resolver una situación, pero sucede que ante este requerimiento el mismo no es recordado y el pensamiento pobre hace referencia a que los estudiantes no saben pensar valiéndose de lo que saben. Además, atribuye estas dos deficiencias a lo que da en llamar la “búsqueda trivial”, muy común en la práctica pedagógica y por la cual el aprendizaje se transforma en la mera acumulación de hechos y rutinas en la búsqueda del rendimiento, no valorándose de este modo los esfuerzos del alumno por aprender.

Creo necesario citar, las deficiencias que Perkins incluye dentro del conocimiento frágil como producto de adoptar determinados modos de enseñanza y ellas son: el conocimiento olvidado, el conocimiento inerte, el conocimiento ingenuo y el conocimiento ritual, porque a través de la estrategia me planteo como expectativa la superación de las mismas.

¹ Good y Brophy, en Eggen y Kauchak, (1994) Pág.41. “Estrategias docentes”. Fondo de Cultura Económica. Argentina.

Considero además en mis expectativas a algunas propuestas de J. Bruner (1987), de donde rescato por un lado la importancia de posibilitar al alumno el dominio de habilidades cognitivas y cognitivo - lingüística para la explicación científica de los fenómenos y propiedades observables, pues dice que este dominio permitirá al alumno conocer la lógica de la disciplina ya que “no hay nada más fundamental en una disciplina que su manera de pensar” y continúa “una disciplina adquirida puede considerarse como una manera de pensar con respecto a ciertos fenómenos”², el descubrir los criterios, las conexiones, los modelos, es lo fundamental para el alumno pues “estimulará su pensamiento” y mantendrá su interés, además le posibilitará poner en juego el pensar para lograr, la búsqueda de los significados.

Planteado el propósito y las expectativas personales, como motivaciones que me llevan a proponer acciones dentro de una estrategia para superar deficiencias que comprobé, continuaré con la segunda pregunta guía planteada:

¿Cómo voy a hacer para que lo que pretendo ocurra?

Con este cuestionamiento me refiero a la concreción en el aula de los propósitos y expectativas. Para esto diseñé un camino o estrategia a desarrollar. En esta instancia quedó definida que la misma sería implementada debido a requerimientos institucionales, por un docente visitante. Para el desarrollo considero tres momentos áulicos y uno pos – áulico, estos son:

- El inicio y motivación
- El desarrollo
- El cierre.

En el momento pos- áulico, preví la valoración de la implementación.

Dentro de cada momento propuse, etapas, tópicos y propósitos coherentes con el tópico planteado. Considero a una etapa como un segmento de concreción más acotado que el momento, por esto cada momento comprende varias etapas, a su vez cada etapa tiene un tópico, que es un eje sobre el cual se trabaja en la etapa y por último planteo dentro de cada tópico un propósito.

En función de todo lo que he desarrollado y considerando los fundamentos teóricos que ya expuse en el Marco Teórico, presento la estrategia del docente, que organizo en un cuadro conceptual. Existe actualmente dentro de la investigación en didáctica una tendencia a presentar los diseños de planeamientos como por ejemplo lo

² Bruner J., (1987) “La educación, puerta de la cultura”. Visor . Madrid. España.

hace De Pro Bueno A. y otros en un formato similar al que selecciono para presentar la estrategia, en el mismo relaciono momento, etapa, tópico y el propósito que persigo en cada instancia.

Organizador – 11

Estrategia didáctica para favorecer en los estudiantes la capacidad de dar explicaciones científicas.

MOMENTO	ETAPA	TOPICO	PROPOSITO
INICIO MOTIVACIÓN	1-DIAGNÒSTICO	DIAGNÒSTICO	Elaboración de un diagnóstico de situación
	2- MOTIVACIÒN	MOTIVACIÒN ESPECIFICA	Motivación y compromiso del alumno en la propuesta.
	3- INTRODUCCIÒN	INTRODUCCIÒN	Introducir al alumno en la propuesta comunicándole para que conozca lo que va a aprender y como lo va a aprender.
	4- PRESENTACIÒN	PRESENTACIÒN TEMÀTICA	Hacer conocer a los alumnos y que estos se interioricen de los conceptos estructurantes: Explicación científica y nivel conceptual de término, macroscópico y submicroscópico
DESARROLLO	5- DESARROLLO Y MONITOREO	DESARROLLO TEMÀTICO Y MONITOREO DE LA COMPENSIÒN	Desarrollar la comprensión de los alumnos a través de los conceptos e ideas ejes y la adquisición de habilidades.
	6- INTEGRACIÒN	INTEGRACIÒN DEL APRENDIZAJE Y LA COMPENSIÒN	Indagar sobre la comprensión de los conceptos, explorar la adquisición de habilidades
CIERRE	7- REVISIÒN Y CIERRE	REVISIÒN DE LAS IDEAS ESTRUCTURANTES	Revisar la comprensión
VALORACIÒN	8- EVALUACIÒN Y VALORACIÒN	EVALUACIÒN FORMAL Y VALORACIÒN DE LA IMPLEMENTACIÒN	Evaluación externa de la adquisición conceptual. Valorar la comprensión adquirida y las habilidades desarrolladas.

A la enseñanza la considero, como dos procesos simultáneos pero no necesariamente coincidentes, un proceso comprendido por la enseñanza que realiza el docente y, el otro, el aprendizaje que concreta el alumno. Por esto, para lograr los propósitos y metas que planteé requiero que a cada etapa que el docente concrete, el alumno realice determinadas acciones. La concreción de éstas lo llevarán a participar activamente del enfoque que propongo y le posibilitarán adquirir la capacidad que busco. A continuación presento un cuadro, similar al anterior, donde incluyo las etapas a realizar por el alumno como consecuencia del desarrollo docente y para que éste pueda concretar las metas presentadas; en el mismo coloco una columna que corresponde a objetivo, considerando a éste como la conducta del alumno observable por el docente.

Resulta oportuno que realice una aclaración respecto de la terminología utilizada referida a motivación y estimulación. Desde la psicología se considera a la motivación como un proceso interno del sujeto, propio de él; se asocia a la búsqueda de motivos para actuar. En cambio, la estimulación es un acto externo al sujeto. Por esto en realidad desde la postura que seleccioné lo que el docente realiza es una acción externa al sujeto, en pos de conseguir su compromiso para con el aprendizaje o sea realiza la estimulación de los alumnos. Pero sucede que en el ámbito de la educación está ampliamente difundido y es costumbre utilizar el término motivación como sinónimo de estimulación y por ello, por esta costumbre tan arraigada es que utilizo en la estrategia el término motivación.

Presento entonces a continuación las etapas a realizar por el alumno.

Organizador – 12
Etapas a realizar por el alumno.

MOMENTO	ETAPA	TOPICO	OBJETIVO
INICIO MOTIVACIÓN	1-DIAGNÒSTICO	Diagnóstico	Resolver situaciones que permitan la elaboración de un diagnóstico
	2- ADQUISICIÓN DE MOTIVACIÓN ESPECÍFICA	Compromiso Activo	Adquirir la motivación y compromiso, necesario para involucrarse con la propuesta.
	3- CONOCIMIENTO	A-Conocimiento de los temas a abordar B-Conocimiento del enfoque a desarrollar	Conocer e interiorizarse de la secuencia de los contenidos didácticos Conocer e interiorizarse de los conceptos estructurantes: Explicación científica y nivel conceptual de término, macroscópico y submicroscópico
DESARROLLO	4- DESARROLLO	Desarrollo de la formación de conceptos y adquisición de habilidades	Desarrollar la comprensión de los conceptos e ideas ejes y la adquisición de habilidades.
	5- INTEGRACIÓN DEL APRENDIZAJE Y HABILIDADES	Integración y relación de los conceptos y habilidades adquiridas a la estructura conceptual	Integrar y relacionar conceptos, y habilidades
CIERRE	6- REVISIÓN Y MONITOREO	Revisa y comprueba la comprensión temática y la adquisición de habilidades	Revisar la comprensión
VALORACIÓN	7- APLICACIÓN - EVALUACIÓN	Aplica formalmente los conceptos y habilidades desarrolladas.	Resolver prueba formal de promoción. Resolver situaciones de aplicación de conceptos y habilidades adquiridos.

Por la concepción de enseñanza que adopté, estimo necesario presentar la correlación entre la etapa que desarrollará el docente y la que concretará el alumno para apropiarse de los conceptos y capacidades. Para esto presento un cuadro de dos columnas, una de ellas rotulada Docente y la otra Alumno donde muestro simultáneamente las actividades que irán desarrollando ambos.

Organizador 13

Articulación de Etapas Docente – Alumno.

DOCENTE	ALUMNO
<p>1- DIAGNOSTICO El docente elaborará el diagnóstico utilizando un determinado instrumento que le permitirá obtener un dato</p>	<p>1-DIAGNOSTICO El alumno, utilizando el instrumento, propuesto por el docente, pondrá de manifiesto sus conocimientos.</p>
<p>2- MOTIVACIÓN ESPECÍFICA El docente haciendo uso de un discurso organizado y de focos atractivos estimulará a los alumnos, específicamente sobre el enfoque y la temática.</p>	<p>2- COMPROMISO ACTIVO El alumno, a través de las habilidades y recursos utilizados por el docente, se sentirá comprometido de participar en la propuesta. El compromiso implicará que el alumno sienta la necesidad de involucrarse activamente en la participación para lograr el conocimiento y la capacidad planteada.</p>
<p>3- INTRODUCCIÓN El docente comunicará a los alumnos como van a aprender, presentará el enfoque.</p>	<p>3- B- CONOCIMIENTO DEL ENFOQUE El alumno será conciente por lo que se interiorizará de el enfoque ha desarrollar, sabrá que lo que se pretende es que logre la explicación científica en el contexto áulico, para lo cual deberá necesariamente aprender a distinguir entre los términos macroscópicos y submicroscópicos. También comprenderá la necesidad de enfocar la termoquímica desde este nivel</p>
<p>4- PRESENTACIÓN TEMÁTICA El docente presentará los temas que desarrollará vinculados al nivel submicroscópico.</p>	<p>3-A- CONOCIMIENTO DE LA SECUENCIA TEMÁTICA El alumno conocerá y se interiorizará de la secuencia temática</p>
<p>5- DESARROLLO TEMÁTICO Y MONITOREO DE LA COMPRENSIÓN El docente desarrollará los conceptos e irá comprobando su comprensión</p>	<p>4- DESARRROLLO INTRÍNSECO Mediante la comprensión adquirirá los conocimientos temáticos y las capacidades planteadas.</p>
<p>6-INTEGRACIÓN Indagará sobre la comprensión de los conceptos y explorará la integración a las estructuras conceptuales</p>	<p>5- INTEGRACIÓN DEL APRENDIZAJE Y HABILIDADES Integrará y relacionará conceptos y habilidades</p>
<p>7-REVISIÓN Y CIERRE</p>	<p>6- REVISIÓN Y MONITOREO</p>
<p>8- EVALUACIÓN Y VALORACIÓN Mediante el instrumento adecuado producirá la evaluación conceptual. Mediante el instrumento adecuado verificará la adquisición de conceptos y habilidades produciendo con posterioridad una valoración de la estrategia implementada</p>	<p>7- APLICACIÓN – EVALUACIÓN Resolverá instrumento de acreditación formal. Resolverá el instrumento, donde deberá transferir y aplicar los conceptos pertinentes al enfoque vivenciado.</p>

Continuando con las preguntas que me guiaron en el diseño de la estrategia me referiré a la última: ¿Cómo tengo la certeza de lo que pretendo ocurrió?

La respuesta la obtendré por los datos que me aportarán los instrumentos que aplicaré durante la implementación de la estrategia y al finalizar la misma. Los mismos me aportarán el dato que transformaré en hallazgos y que me indicará si el diseño y la actuación del profesor visitante que implementa la estrategia han sido acertadas, a estos ya los describí en el capítulo materiales y método.

El diseño de la estrategia no estaría completo si no amplíé el esquema inicial y propongo, en detalle, la secuencia de acciones a desarrollar por el docente ya que de acuerdo a lo manifestado por Monereo éstas deben estar planteadas antes de realizar cualquier procedimiento. A continuación presento la secuencia a seguir dentro de cada etapa y tópico. En otras palabras, amplíé el esquema presentado para la estrategia con la secuencia didáctica que implica las acciones concretas dentro de cada tópico estipulado y para esto utilizo un cuadro con cinco columnas verticales rotuladas: momento, tópico, etapa, secuencia y propósito

Estrategia Docente para favorecer en los estudiantes la capacidad de dar Explicaciones Científicas: Desarrollo de la secuencia docente

Organizador- 14

MOMENTO	ETAPA	TOPICO	SECUENCIA	PROPOSITO
INICIO MOTIVACIÓN	1-DIAGNÒSTICO	DIAGNÒSTICO	a- Implementa formas de recolección de datos	Elaboración de un diagnóstico de situación
	2- MOTIVACIÒN	MOTIVACIÒN ESPECIFICA	a- Ciencia: guía de vídeo. b- Indaga conocimientos previos c- Motiva d- Justifica el tema dentro de la formación elegida.	Motivación y compromiso del alumno en la propuesta.
	3- INTRODUCCIÒN	INTRODUCCIÒN	a- Justifica desde el conocimiento científico y la visión actual de ciencia. b- Comunica el objetivo de enseñanza y aprendizaje. c- Describe en general la propuesta o modo de trabajo	Introducir al alumno en la propuesta comunicándole para que conozca lo que va a aprender y como lo va a aprender.
	4- PRESENTACIÒN	PRESENTACIÒN TEMÀTICA	a- Define y explica las ideas ejes.	Hacer conocer a los alumnos y que estos se interioricen de los conceptos estructurantes: Explicación científica y nivel conceptual de término, macroscópico y submicroscópico

DESARROLLO	5- DESARROLLO Y MONITOREO	DESARROLLO TEMÁTICO Y MONITOREO DE LA COMPENSIÒN	<ul style="list-style-type: none"> a- Desarrollo conceptual desde el nivel submicroscópico b- Entrena en la explicación y el uso de términos c- Monitorea y retroalimenta la comprensión del aprendizaje, basado en la propuesta c-1 Interroga, cuestiona, moviliza c-2 Guía en la autorregulación. 	Desarrollar la comprensión de los alumnos a través de los conceptos e ideas ejes y la adquisición de habilidades.
	6- INTEGRACIÒN	INTEGRACIÒN DEL APRENDIZAJE Y LA COMPENSIÒN	<ul style="list-style-type: none"> a- Revisa y explora las ideas e interconexiones más importantes. 	Indagar sobre la comprensión de los conceptos, explorar la adquisición de habilidades
CIERRE	7- REVISIÒN Y CIERRE	REVISIÒN DE LAS IDEAS ESTRUCTURANTES	<ul style="list-style-type: none"> a- Resume la propuesta con las ideas e interconexiones más importantes. 	Revisar la comprensión
VALORACIÒN	8- EVALUACIÒN Y VALORACIÒN	EVALUACIÒN FORMAL Y VALORACIÒN DE LA IMPLEMENTACIÒN	<ul style="list-style-type: none"> a- Evalúa para la acreditación formal, instancia de Parcial ante la institución. b- Recolecta datos para la valoración. c- Elaboración de una valoración 	Evaluación externa de la adquisición conceptual. Valorar la comprensión adquirida y las habilidades desarrolladas.

La secuencia de acciones a seguir por el docente, como lo manifesté con anterioridad, las pensé dentro de algunas características de Enseñanza Activa. Ésta concepción de enseñanza fue propuesta por Thomas Good (1983) y propone un enfoque “positivo y proactivo de la enseñanza, en el que el docente participa directamente guiando el aprendizaje mediante preguntas y cuestiones”³. Este enfoque requiere de un docente activo, que esté comprometido directamente con el aprendizaje del alumno y que mediante la aplicación de procesos logre que estos superen la mera memorización y adquieran la comprensión de los conceptos o sea es un modelo que tiende a asegurar que el aprendizaje de los alumnos esté al nivel de la comprensión y no al nivel de la memorización, aspecto que prevalece en muchos ámbitos y niveles académicos.

Para el logro de lo que he manifestado y considerando la dirección áulica, el docente actuará dentro de ésta como facilitador del aprendizaje por lo que todas las acciones planificadas tienden a facilitar en el alumno la comprensión y no la memorización, por esto necesito de docente activo que indague sobre las ideas de los alumnos, para poder conocer las estructuras de conocimiento de estos y que satisfaga las necesidades para que estos se comprometan con una modificación del conocimiento científico y se acerquen a los métodos científicos de razonar y de conocer de modo que aprendan significativamente el conocimiento científico.

Un docente activo, facilitador del aprendizaje (Eggen P.; Kauchak D., 1999) es aquel que, identifica metas claras para sus alumnos y respecto a la temática a desarrollar entre otras cosas, provee ejemplos y representaciones que ayudan a sus alumnos a adquirir una comprensión profunda además guía en la comprensión y exige que los alumnos se comprometan en el proceso de aprendizaje. Considerando estos aspectos es que propuse en la estrategia, los diferentes tópicos dentro de las etapas: diagnóstico, motivación específica, introducción, presentación temática, desarrollo y monitoreo de la comprensión, integración del aprendizaje y la comprensión, revisión de las ideas estructurantes.

Como acciones complementarias, dentro de la secuencia siempre tendientes a que los alumnos se comprometan con el aprendizaje, el docente deberá indagar conocimientos previos, estimular, justificar el tema dentro de la formación, justificar el conocimiento dentro de la visión actual de ciencia, hacer conciente en el alumno lo que

³ Good T. en Eggen P. y Kauchak D. (1999) “Estrategias Docentes”. Fondo de Cultura Económica”. Argentina

va a enseñar y como lo va a enseñar, comunicar los objetivos de enseñanza y la descripción de la propuesta.

La secuencia propuesta la veré favorecida en el momento de la implementación áulica, con el desarrollo de habilidades esenciales de enseñanza por parte del docente; éstas son “actitudes, habilidades y estrategias decisivas del docente, necesarias para fomentar el aprendizaje del alumno”⁴ y las organizaré en dos grupos, aquellas habilidades relacionadas a la personalidad del docente y las habilidades relacionadas al aprendizaje temático en sí.

Referidas a la personalidad del docente considero necesarias las siguientes características personales: entusiasmo, modelización, calidez y empatía, expectativas positivas y a la habilidad de comunicación. Las características personales son atributos que se demuestran en el aula al momento de usar la voz, los ojos, los gestos, los movimientos corporales, a la forma entusiasta de comunicar lo que se enseña, a la capacidad para comprender lo que le sucede al alumno mientras se va desarrollando el tema, a como se inducen en el alumno expectativas positivas para alcanzar un buen rendimiento y la habilidad de comunicación se refiere a la forma de comunicar claramente la propuesta usando terminología precisa a través de un discurso ordenado con énfasis sobre la información importante. Todas las características descritas se apreciarán durante el desarrollo áulico de la estrategia diseñada.

Pero para que el alumno aprenda éste debe estar con su pensamiento junto al del docente desde el principio al fin de la clase; por esto necesito, para facilitar esta situación, la implementación de una serie de habilidades docentes relacionadas al aprendizaje temático, algunas de ellas son: foco, organización, alineamiento de la enseñanza, retroalimentación, monitoreo, revisión y cierre.

El foco, introductorio o sensorial, es la habilidad de estimular; es una propuesta del docente para inducir en los alumnos el interés por el tema, para atraer su atención, para comprometerlos en el aprendizaje y está fuertemente relacionado con el interés personal del docente en que los alumnos aprendan. El foco introductorio, es el conjunto de acciones que el docente efectúa al empezar la clase y el sensorial, implica el empleo de estímulos como objetos, figuras, modelos, materiales expuestos en retroproyector e incluso información escrita en el pizarrón para mantener la atención. En la práctica es común que se den las dos formas de foco interrelacionadas. Para la estrategia didáctica

⁴ Eggen P. y Kauchak D. (1999) “Estrategias Docentes”. Fondo de Cultura Económica”. Argentina.

propuesta, preveo la utilización de un foco introductorio y otro sensorial, mediante acciones discursivas del docente sobre el texto de una revista de actualidad referida al nivel submicroscópico.

Otra habilidad docente es la organización, que se relaciona a la eficacia y esto implica que el docente comience su desarrollo a tiempo, que prevea los materiales necesarios y establezca con anterioridad su rutina. Ésta se relaciona con la habilidad de alineamiento de la enseñanza, que hace referencia a la coherencia entre los objetivos planteados, el modo de enseñar y las actividades de aprendizaje que se dan. Todas estas habilidades se contemplan en la estrategia a desarrollar; además preveo que el docente realice la retroalimentación, monitoreo, revisión y cierre del aprendizaje.

La retroalimentación y el monitoreo proveerán información sobre el avance del alumno en el aprendizaje del tema y la revisión consiste en hacer un resumen de la clase que cuando se da al final de la clase se denomina cierre.

Otro aspecto importante que tengo en cuenta en este modelo de enseñanza, junto a las habilidades del docente es el contenido a enseñar, que adquiere desde esta perspectiva otra dimensión. Así propongo su abordaje considerando diferentes dimensiones complementarias al contenido científico, no se discute el contenido particular cuya propuesta ya justifiqué y fundamenté en el Marco Teórico, sino las perspectivas⁵ del conocimiento relacionado a la naturaleza, los contextos y la aplicación de la ciencia. De estas dimensiones en el diseño de la estrategia, tuve en cuenta respecto a la naturaleza de la ciencia, las perspectivas asociadas con el pensamiento crítico, como el desarrollo de procedimientos de pensamiento para adquirir capacidades. Respecto al contexto de descubrimiento preví la contextualización de los conceptos desarrollados al momento histórico de su descubrimiento y, en referencia al contexto de justificación que aportará una idea de las formas en que se justifican los conocimientos, de cómo éstos se vuelven fiables y válidos, seleccioné el desarrollo de la capacidad de dar explicaciones científicas.

Pero además de habilidades y dimensiones conceptuales, para concretar algunas de las acciones dentro de la estrategia, necesito de los recursos. Para esto preveo que el docente visitante que implementará la propuesta utilice lo siguiente:

⁵ National Science Education Standards: An Enhanced Sampler, Washington, D.C., National Research Council, 1993, pág.1. En Blyte T. (2002) "La Enseñanza para la comprensión" pág.52. Paidós. Argentina

- ✓ Recursos visuales: Revista, Apoyo visual temático, Apoyo visual características de ciencia, Video, Panfletos, Pizarrón.
- ✓ Experimentaciones de clase
- ✓ Modelizaciones
- ✓ Ejemplificaciones
- ✓ Discurso docente

A los recursos los describiré durante el desarrollo de la estrategia.

A continuación presento un esquema donde relaciono las acciones a realizar por el alumno con la utilización de los recursos previstos y los instrumentos diseñados que me permitirán obtener información. Éste es un cuadro con dos columnas que se corresponden a Alumno y Docente. La columna que corresponde a “Alumno” la subdivido en tres partes que corresponden a etapa, actividad y procedimiento a realizar por el alumno y la columna “Docente” comprende los recursos a utilizar durante la implementación para lograr las metas.

Estrategia de aprendizaje para adquirir la capacidad de dar Explicaciones Científicas en Termoquímica con enfoque submicroscópico
Relación: Etapa, Actividad, Procedimiento ha desarrollar por el alumno con Recursos ha utilizar por el docente para lograr lo propuesto

Organizador- 15

ALUMNO			DOCENTE
ETAPA	ACTIVIDAD	PROCEDIMIENTO	RECURSOS UTILIZADOS
1-DIAGNÒSTICO	Resolución de Encuesta 1	Justificación (explicación)	-Charla -Encuesta ,Instrumento -1
2-COMPROMISO ACTIVO	-Autogestiona, observación de video sobre Ciencia -Observa video -Lectura previa. -Resuelve guía de video -Entrega guía resuelta	-Organización para autogestión -Observación artificial, directa, sistemática -Lectura intencional -Toma apuntes, organiza, resume, resuelve, deduce anticipa.	-Video sobre características de ciencia (Foco), Instrumento 3-A -Guía de video, Instrumento 3-B
3-CONOCIMEINTO DEL ENFOQUE A ABORDAR	-Observa textos relacionados al enfoque. -Escucha la lectura de textos relacionados -Atiende discurso docente -Resuelve I- 5-A -Relaciona discurso docente con características de ciencia	-Observaciones artificiales, directas, sistemáticas. - Atiende la lectura de texto -Toma apuntes -Jerarquías, catalogación	-Revista (Foco) -Texto, relaciona lo macro con lo submicroscópico (Foco) -Discurso docente -Instrumento 5-A
4- CONOCIMEINTO DE LA SECUENCIA DE CONTENIDOS TEMÁTICOS	- Escucha discurso - Relaciona con su actividad los contenidos a aprender	-Atiende discurso docente. -Observa	-Organizador temático -Discurso -Pizarrón -Tiza -Ejemplificaciones

5-DESARROLLA FORMACIÓN CONCEPTOS Y ADQUISICIÓN DE HABILIDADES	LA DE LA DE	-Atiende -Observa -Interacciona -Participa -Interpreta -Cuestiona	-Toma apuntes -Compara -Analiza -Argumenta -Generaliza	-Organizador temático -Discurso docente -Modelizaciones - Experimentaciones sencillas -Ejemplificaciones -Pizarrón -Tiza
6-INTEGRACIÓN DEL APRENDIZAJE Y HABILIDADES	DEL Y	-Elegir la mejor alternativa -Comprende significados	-Jerarquías, catalogación	-Instrumento 5-B -Guía de coloquio, Instrumento 7 -Apuntes, Instrumento 6
7-REVISIÓN Y MONITOREO		-Revisa, razona los conceptos y habilidades aprendidas	-Generaliza -Transfiere -Aplica	-Apuntes -Coloquio -Apuntes, Instrumento 6 -Organizador de Tareas, Instrumento - 2 -Taxonomía de habilidades, Instrumento - 4 -Consulta por mail
8-APLICACIÓN EVALUACIÓN		-Resolución de ejercicios -Resolución de Parcial -Resolución de Encuesta	-Compara -Argumenta -Generaliza -Aplica	-Guía de coloquio -Parcial de promoción, Instrumento 9 -Encuesta de valoración, Instrumento-8

Así en este capítulo establecí la estructura de la estrategia y dentro de ella cada acción que realizará el docente y cada acción que se espera que el alumno concrete. Además establecí los propósitos para cada etapa docente y objetivos para el alumno, dejé indicado el momento en que utilizaré los instrumentos que diseñé a fin de obtener información del avance de la estrategia y qué recursos aplicará el docente, para lograr desarrollar en los alumnos la capacidad de dar explicaciones científicas en el contexto áulico. Por esto estimo conveniente pasar al relato del desarrollo de la estrategia.

CAPÍTULO IV
DESARROLLO

1-0 DESARROLLO

1-1 Generalidades

De acuerdo a lo que planifiqué y presenté organizado en el capítulo anterior, a la estrategia la puse en práctica a través de una serie de encuentros con los alumnos, a saber: un encuentro previo, dos de desarrollo conceptual y el último de valoración.

Así los alumnos participaron de un primer encuentro previo, breve, mientras se encontraban desarrollando otros temas. En este momento apliqué la Encuesta 1, con el propósito de confirmar y actualizar el antecedente para realizar el diagnóstico de situación.

Posteriormente, concreté dos encuentros específicos en los que el docente visitante, que se desempeñó en el aula, aplicó lo que diseñé para el desarrollo conceptual basado en la visión submicroscópica del tema.

En un cuarto encuentro mediato apliqué el instrumento 8 de valoración; en este encuentro los alumnos terminaban de realizar un parcial recuperatorio y un parcial de promoción de Química Inorgánica.

La evaluación formal de promoción del tema la realizaron con los docentes específicos de la cátedra el día 25 de Junio de 2004, sin intervención del docente que desarrollo la estrategia; por este motivo no considero a esta instancia como un encuentro, pero sí como una instancia que me aporta datos para estimar cualitativamente tratamiento temático.

Resulta adecuado respecto de la implementación de la estrategia, que destaque dos aspectos que influyeron en la valoración y ellas son, por un lado, el desarrollo a micro escala y, por otro, el tiempo que transcurrió entre que el alumno participó del desarrollo áulico y el momento en que pudo resolver el instrumento 8, lo que se hizo efectivo luego de finalizado el primer cuatrimestre, seis meses después de recibida la propuesta y además, la concreté sin ningún tipo de aviso ni preparación por parte de ellos.

A continuación presento un cuadro respecto de los encuentros realizados, donde resumo las actividades desarrolladas en cada uno, la fecha de implementación, el lugar donde trabajamos y la extensión de cada uno.

1-2 Relación Desarrollo – Encuentros

Organizador - 16

ENCUENTRO	PRIMERO	SEGUNDO	TERCERO	CUARTO
TIPO (desde el alumno)	No específico	Específico	Específico	No específico
FECHA	Miércoles 21 de Marzo de 2004	Miércoles 28 de Abril de 2004	Miércoles 5 de Mayo de 2004	Miércoles 15 de Octubre de 2004
HORA (hs)	14,00	8,00 a 11,00	8,00 a 10,30	9,30 para alumnos que terminaron Recuperatorio y 11,30 para alumnos que terminaron parcial de promoción de Química Inorgánica
UNIVERSIDAD /FACULTAD	U.N.L. Bioquímica y Ciencias Biológicas	U.N.L. Bioquímica y Ciencias Biológicas	U.N.L. Bioquímica y Ciencias Biológicas	U.N.L. Bioquímica y Ciencias Biológicas
LUGAR	Laboratorio de Química General	Aula 213	Aula 213	Laboratorio de Química General
CARCATERÍSTICAS	Resolución Encuesta 1 Autogestión video, características de Ciencia	Desarrollo Etapas 1, 2 3 4	Desarrollo Etapas 4,5, 6 7	Resolución de Encuesta 8

1-3 Desarrollo del Primer encuentro

El desarrollo de lo que planeé lo inicio con la etapa 1 de “Diagnóstico” cuya secuencia contempla la recolección de datos y el propósito es que elabore un diagnóstico de situación; por esto en el primer encuentro los alumnos resolvieron la Encuesta 1 que consta de dos partes, la primera me permitió caracterizar la unidad de análisis y la segunda actualizar el diagnóstico según el propósito.

Transcribo a continuación la segunda parte, de dicha encuesta.

Ahora te pedimos que atentamente leas lo que te presentamos y contestes lo que se te pregunta.

❖ Se presenta el esquema de un calefón de gas común que consiste en intercambiador de calor .

Esquema extraído de artículo El Calefón de Lorenzo M. Iparraguirre. Revista de Enseñanza de la Física Vol. II , No 2 1998.

➤ El gas que se quema en el calefón es metano (CH₄) casi puro .La ecuación de combustión correspondiente es: CH₄ (g) + 2 O₂ (g) → CO₂ (g) + 2 H₂O (v) + calor

¿Cómo justificas que se libera calor en esta reacción de combustión?

Los datos que transformé en hallazgos los obtuve en función de la tarea requerida (Justificación); para ésta establecí dos indicadores: el nivel conceptual que utiliza el alumno en la respuesta y si la respuesta es correcta o no.

1-4 Desarrollo del Segundo encuentro

Una vez resuelta por los alumnos la Encuesta 1 y a fin de prepararlos en el inicio de la etapa 2 de la estrategia, les entregué el Instrumento 3-A y 3-B.

En esta etapa de motivación, los alumnos realizaron autogestión para observar el video y resolver la guía, pues contando con cuatro copias del video cassette VHS, debían organizarse en el transcurso de una semana para verlo extraclase. El video tenía por finalidad no sólo la estimulación sino la actualización de los conocimientos de los alumnos acerca de la visión actual de ciencia por medio del discurso del filósofo contemporáneo Félix Schulter (padre).

Para guiar la observación sobre el video (Instrumento 3-A), elaboré una guía Instrumento 3-B, cuya finalidad fue orientarlos en la observación para la recuperación de información según el propósito que planteé.

Así llegamos al momento, junto al docente visitante que implementará la propuesta en el aula, de iniciar el segundo encuentro de carácter específico e intencional. Éste se realizó el miércoles 28 de Abril de 2004 a partir de las 8 hs., en la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas, dependiente de la U.N.L., en el aula 213.

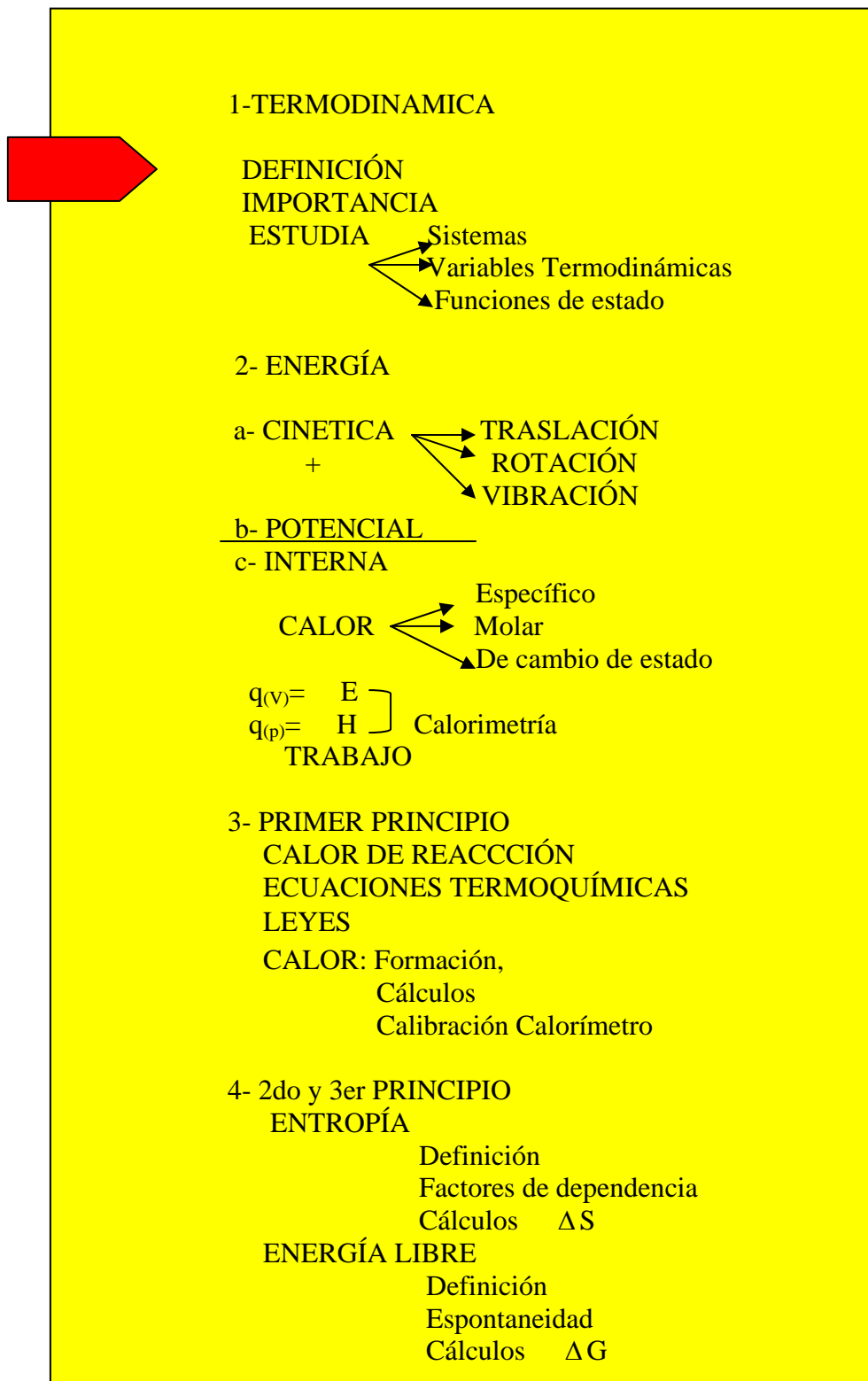
Para el mismo prevé que el docente completara durante este encuentro las etapas 2 de “Motivación”, la 3 de “Introducción”, la 4 “Presentación temática” y comenzara la etapa 5, todas correspondientes a la estrategia diseñada.

A continuación, paso a relatar algunos pasajes de este segundo encuentro, desgravados de las filmaciones que realicé y que corresponden a esta etapa. Disciplinadamente me detendré en aquellos momentos que hacen a la visión submicroscópica y, desde la didáctica en los aspectos que consideré, en la estrategia que hacen al enfoque de enseñanza activa y a los aspectos áulicos que hacen a la explicación científica.

Cabe que destaque que el pasaje de una etapa a otra de lo planeado no cumple con un límite preciso, sino que dentro de cada etapa que he planteado el docente realiza acciones para introducir la etapa siguiente.

Para completar la etapa 2 de motivación específica, el docente comienza el encuentro presentándose, nombrando el tema que va a abordar y coloca en el pizarrón el siguiente apoyo visual, organizador temático, que servirá de guía para el desarrollo.

Apoyo visual – Organizador temático



La realización y uso del apoyo visual es una forma de demostrar la habilidad de organización, puesta de manifiesto por parte del docente visitante quién implementará la

propuesta debido a que, entre otras cosas, le posibilitará ser concreto en el abordaje temático, prever los materiales necesarios para realizar actividades de modelizaciones o experiencias, organizar su discurso, controlar el tiempo de clase a la vez que le permitirá el desarrollo de otras habilidades, como la comunicación y el alineamiento de la enseñanza.

Luego de colocado el apoyo visual, comienza su discurso, en busca de la motivación y compromiso activo de los alumnos.

Pregunta –“¿Qué tema vamos a trabajar?”

Los alumnos contestan – Termoquímica.

Sigue –“¿en qué otra posibilidad los vamos a ayudar?”

Los alumnos quedan en silencio.

A esto continúa - “los vamos a ayudar, específicamente en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias, que no se realiza en el aire”...

Formula la siguiente pregunta – “¿Qué queremos hacer que les va a servir para toda la vida?, recuerdan el video que vieron”.

Los alumnos responden: comprender las ciencias.

Y continua – “El objetivo fundamental es dar termoquímica pero comprendiendo las ciencias y a dar explicaciones científicas, tema muy importante para los estudiantes de ciencias. Es un problema grave que los alumnos no sepan dar explicaciones científicas y, por esto, vamos a enseñarles que den explicaciones científicas en termoquímica, pero para esto necesitamos hacer un esfuerzo”.

Entrego el Instrumento 5-A a los alumnos y el docente pide que lo resuelvan.

Los alumnos comienzan a resolverlo, mientras tanto el docente explica, que se les ha entregado un texto donde deben trabajar con las explicaciones científicas.

Los alumnos consultan sobre como resolverlo, a lo que el docente les responde – “pongan lo que saben o sientan, tranquilamente, porque si se los ayuda u orienta en la resolución de las respuestas, estas pueden no servir para el propósito buscado. No se angustien,... piensen, háganlo lentamente”.

Mientras los alumnos resuelven el instrumento 5-A, el docente comenta sobre los premios nobeles que tiene Argentina y hace circular entre los alumnos que terminaron el trabajo, lo que será el Foco introductorio.

Una vez que todos han entregado el Instrumento 5-A, retoma su discurso, siempre dentro de la etapa 2 de lo que planeé, con el propósito de lograr el compromiso activo del alumnado. Para esto les explica que forman parte de una experiencia didáctica cuyos

resultados ayudarán a otros estudiantes en el futuro y que requerimos de ellos su esfuerzo. Los datos que obtuve por aplicación del Instrumento 5-A los presento en el capítulo de hallazgos.

Para comenzar en la etapa 3 de “Introducción” (justificación desde el conocimiento científico y la visión actual de ciencia, la comunicación del objetivo de enseñanza y la descripción del modo de trabajo cuyo propósito es introducir al alumno en la propuesta comunicándole para que conozca lo que va a aprender y como lo va a aprender), el docente comienza con un foco introductorio, realizando, entre otras acciones, las siguientes:

Utilizó como foco introductorio, junto al discurso docente la lectura de un párrafo seleccionado de una revista de la C.N.E.A., en voz alta lee: “...a Mariana Weisman Dra. en Física, primera investigadora del CONICET, le interesó las propiedades macroscópicas de los materiales a partir de la jungla subatómica que lo compone”....

A partir de esto, el docente introduce lo que se entiende por macroscópico, submicroscópico y la explicación científica, en el contexto de la Química.

Retoma, - “explico lo que veo, lo macroscópico,...lo duro, lo blando,... conduce la corriente, no conduce la corriente,... a partir de lo submicroscópico, que son partículas que no se ven. ¿Por qué arrancamos con esto? Porque soy investigador en radioquímica y en didáctica y detectamos que los alumnos no saben dar explicaciones científicas, ni saben qué significa explicación científica”. Luego escribe en el pizarrón y aclara el concepto de explicación científica en el contexto de la enseñanza de la química y que usaremos como sinónimo de justificación.

Posteriormente comienza con la etapa 4 “Presentación temática”, cuya secuencia es la de definir y explicar las ideas ejes de la propuesta, por esto el propósito es hacer conocer a los alumnos y que estos se interioricen de los conceptos estructurantes: explicación científica y nivel conceptual de término (macroscópico y submicroscópico).

Lo realizado, entre otras acciones, son:

Para cumplir con el propósito el docente visitante pregunta: - “¿Qué es dar la explicación científica? Es la que dan Einstein, Rutherford, Bohr, la explicación de los científicos. Pero en el contexto áulico significa explicar porqué lo observable, lo del mundo macroscópico, es como es pero en términos de los no observables, átomos, electrones, núcleos atómicos, enlaces químicos. Cosas que no se ven, que son modelos”

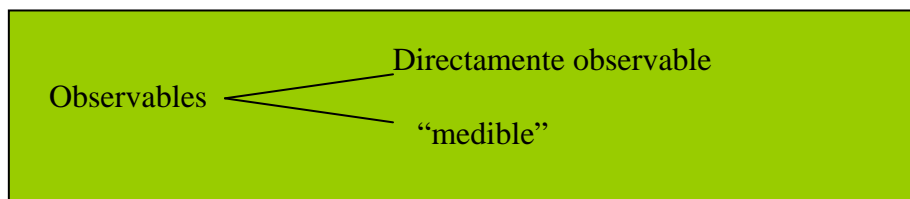
“¿Cómo hizo Avogadro? ¿Vio un átomo o una molécula? No, sin embargo él pensó que los gases conocidos en ese momento estaban formados moléculas diatómicas, porque la ciencia es hipotética”.... “a nosotros nos interesan los modelos de las ciencias”.

- “Entonces nosotros vamos a dar explicaciones científicas en termoquímica. Dijimos que la ciencia es hipotética, es decir utiliza modelos. Avogadro dijo en su hipótesis: volúmenes iguales de diferentes gases en iguales condiciones de presión y temperatura contienen igual número de moléculas”.

El docente continúa desglosando la hipótesis de Avogadro: - “Iguales volúmenes, un observable, diferentes gases otro observable, puede ser H_2 (dihidrógeno), O_2 (dioxígeno), iguales condiciones de presión y temperatura otros observables, se pueden medir. Tienen igual número de moléculas, acá aparece el no observable.

Pero Avogadro, francés, y Dalton, inglés, no se entendieron, lo que demuestra que la ciencia es una actividad humana y por lo tanto posiblemente impregnada de intereses”.

Escribe en el pizarrón:



Luego pregunta- “¿vieron alguna vez una célula?”.

Los alumnos responden: en el microscopio.

-“Es una respuesta lógica, pero en rigor lo que vieron es una mancha coloreada, pero ustedes infieren que es un célula porque tienen una teoría para aceptar que eso es una célula.

Ahora bien, presión, y temperatura son observables, ¿la energía es observable?”.

Contestan: se puede medir.

-“La energía es medible por lo tanto observable”, Señalando al organizador conceptual, desarrolla la definición de termodinámica.

Luego dice -“Las dos primeras leyes de la termodinámica fueron formulados cuando todavía no estaba aceptada la teoría atómico molecular, fueron formulados por científicos que no prestaban atención a lo submicroscópico, por esto habla de cosas medibles, presión, temperatura, volumen calor.

- “El tercer principio fue formulado en 1930, donde ya estaba aceptada mayoritariamente la teoría atómico molecular, por esto la expresión de este necesita de esta teoría y la usa”... “Bueno ya sabemos y aceptamos que somos químicos en potencia o biotecnólogos, aceptamos la teoría y vamos a teñir los temas de termodinámica de explicaciones científicas”.

A continuación, da algunos fundamentos de por qué es importante la termodinámica dentro de su formación.

-“¿Qué importancia tiene esto para sus carreras? Los alimentos, etc., implican hacer termodinámica. - Piensen que lo que vamos a hacer es una introducción, con este tema. Ustedes se preparan para entender, porque el ADT (adenosín di fosfato) toma un fosfato y se transforma en ATP (adenosín tri fosfato) que es una molécula de alto contenido energético, para obtener la energía quemando la glucosa; esto y otras cosas van a entender desde la termodinámica con el enfoque que les proponemos”.

Cumplida así las acciones dentro de la etapa de Presentación temática, comienza las acciones para la etapa 5 de “Desarrollo y Monitoreo”, cuya secuencia es el desarrollo conceptual desde lo submicroscópico, el entrenamiento en la explicación y el uso de términos, el monitoreo y retroalimentación de la comprensión del aprendizaje; por esto el propósito es el desarrollo de la comprensión de los alumnos a través de los conceptos e ideas ejes y la adquisición de habilidades. En función de esto realizo las siguientes acciones:

Para comenzar con la etapa 5 de la estrategia, el profesor visitante pregunta -“¿Qué estudia la termodinámica?” y describe sistema, variables termodinámicas. Luego pasa a energía, símbolo, unidades y llega a formas básicas de energía, que describe como Energía cinética y Energía potencial.

Posteriormente, aborda Energía cinética, clasificándola en Energía cinética de rotación, Energía cinética de traslación y Energía cinética de vibración.

Establece la relación entre temperatura y energía cinética y luego pasa a modelizar, la influencia de la energía cinética sobre los enlaces de las moléculas, para lo cual utiliza modelizaciones de moléculas realizadas con esferas de telgopor y espirales de plástico flexible los que simulan los enlaces de las moléculas de, He, HCl, H₂O, CO₂.

A través de estas modelizaciones demuestra los movimientos de vibración y rotación de enlaces y los relaciona con la energía, concluyendo que: - “la Energía interna del sistema es igual a la suma de las energías cinéticas y potencial de todas las partículas que conforman las moléculas”.

$$E_i = E_c + E_p$$

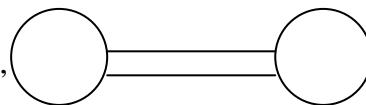
Los movimientos moleculares modelizados son los que describí en el marco teórico de este trabajo.

Para el gas helio (He):



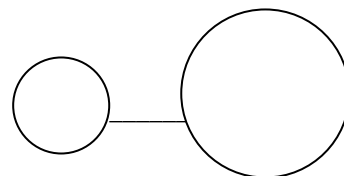
Una esfera blanca de telgopor, representó a la molécula de gas. El docente la hizo rotar, pero demostró que no vibra, respecto a enlaces porque no los tiene.

Para el dioxígeno (O_2): dos esferas de telgopor, de igual tamaño, unidas por dos resortes de plástico, representó a la molécula.

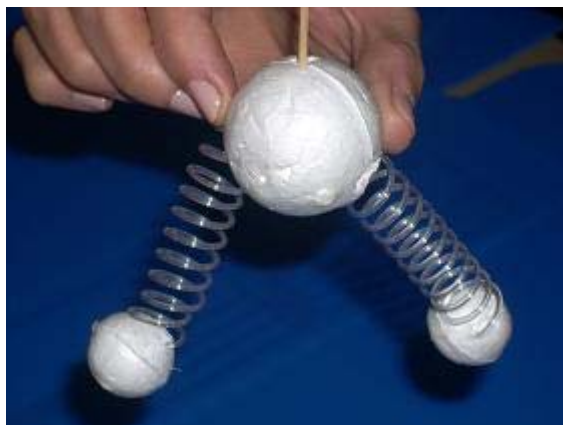


A esta se la hizo rotar y vibrar.

Una esfera grande unida a una esfera chica, mediante el espiral de plástico, representa a una molécula de cloruro de hidrógeno (HCl).

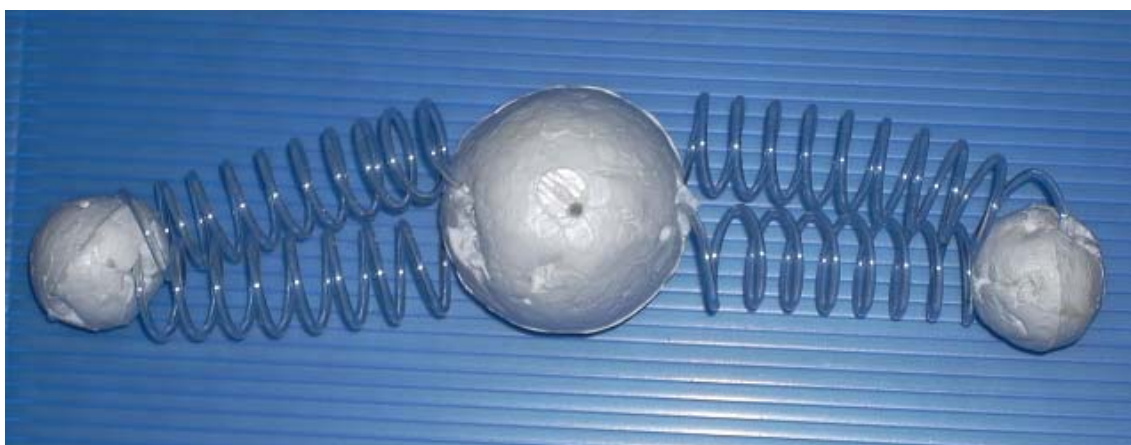


Para el agua (H_2O):



Una esfera grande unida a dos esferas chicas, representó a la molécula.

Para el dióxido de carbono (CO_2):



Todas las modelizaciones fueron acompañadas por el discurso docente a través del cual aclaró que los Enlaces son interacciones que fluyen y, por lo tanto, las longitudes de enlace que se encuentran tabuladas son un promedio de las distancias que fluctúan por los movimientos de vibración; por esto los ángulos de enlace son promedios, ejemplo, el del agua es 104° . También hizo fuerte hincapié, en que: - “En las reacciones químicas, la variación de energía que ocurre, tiene importancia la variación de E_p , de los electrones en los enlaces. Los cambios de energías a temperatura constante, de traslación, rotación y vibración no tienen mayor importancia en los fenómenos químicos”

- “Los cambios de energía en las reacciones químicas se deben a los cambios de Energía potencial, de los electrones de los enlaces”.

Desarrollado esto, pasa al organizador y coloca la flecha en “calor” y dice: - “La Energía interna se puede reconocer como calor o como trabajo”.

Define calor, introduce la convención, aclara que en los apuntes de la cátedra a la convención la encontrarán diferente.

Luego pasa a desarrollar, la relación calor entregado con estado de agregación en líquidos y sólidos desde una visión submicroscópica, para llegar a calor específico, calor molar y calor latente.

Desde la visión submicroscópica plantea:

-“Vamos a pensar en calentar un sólido”, muestra un trozo de alambre.

A continuación, realiza la siguiente experiencia: A-El docente tomó una varilla de metal (trozo de alambre), B-Procedió a calentarlo en una punta. C- Interaccionó con los alumnos haciendo que tocaran el otro extremo y preguntándoles “¿qué cambios observan?”



-“Qué le pasa a la temperatura del sólido? Explique científicamente”.

Interacciona con los alumnos y establecen juntos la siguiente conclusión.

- “En un sólido las moléculas no se trasladan por lo que al entregarle calor solo aumenta la energía cinética de rotación y vibración., que es lo que leo con un termómetro. No aumenta la energía cinética de traslación, porque en un sólido las moléculas no se trasladan”. No hay cambio en la energía de los electrones, porque no hay cambio químico.

Luego trabaja con la relación entre calor y estado líquido.

Interacciona con los alumnos y luego pregunta:- “Cuándo caliento un líquido ¿aumenta la temperatura?, explíquelo científicamente. La temperatura es una manifestación

macroscópica de la energía cinética. Juntos llegan a la siguiente conclusión: Cuando calienta un líquido aumenta la energía cinética y la expresión de ese aumento es el aumento de la temperatura, porque al entregarle calor al sistema, este se ocupa en aumentar la energía cinética de las moléculas, siendo en un líquido, la energía cinética de rotación, energía cinética de vibración y energía cinética de traslación, porque en un líquido las moléculas se trasladan”.

Luego se dedica a introducir el concepto de calor específico, calor molar y calor latente. Para este último utiliza la visión submicroscópica a fin de describir la relación entre calor y estado sólido y calor y estado líquido y lo explica desde las fuerzas que hay que vencer entre las partículas y la energía que entra al sistema.

Retoma su discurso introduciendo características de ciencia.

Habla de Aristóteles, de la época del oscurantismo de la Edad media, y del atraso que le trajo aparejado a las ciencias y particularmente al atomismo y a la química. Habla sobre la importancia de lo que es comunicar, de lo que es discutir en ciencias.

Luego retoma: - “Hay dos maneras de medir el calor y cada uno tiene su explicación científica”.

Explica la variación de calor a volumen constante.

Explica el calor que se libera o absorbe a presión constante. Introduce entalpía y aclara que: - “la entalpía es importante para los químicos porque trabajamos en tubos de ensayos abiertos a la atmósfera o sea a presión constante”.

Luego introduce la definición de trabajo y de trabajo de expansión, interaccionando con los alumnos mediante la siguiente experiencia: Utiliza una esponja, se la entrega a un alumno y pide que le ingrese trabajo, como el alumno no puede concretar lo solicitado, el docente toma la esponja y con la mano la comprime y suelta en reiteradas oportunidades. De este modo demuestra a través del uso de una analogía que el trabajo puede ser trabajo de expansión y de contracción. Luego establece relación con el volumen a P constante y deduce, junto a los alumnos, los signos de la variación de volumen y de trabajo.

Esponja



Movimiento de Compresión

En ambos casos se produce una modificación del volumen. Al comprimir $\Delta V < 0$, por lo que $w > 0$.

A continuación introduce el primer principio. Posteriormente retoma: - “el estado final del sistema puede ser el mismo si coloco más o menos calor o más o menos trabajo”.

Para demostrar que se puede llegar al mismo estado del sistema por caminos diferentes, en relación, al primer principio y a la ley de Hess, realiza dos experiencias. En cada experiencia trabajó con dos trozos de alambres similares y realizó el siguiente procedimiento: a uno lo calentó dándole energía proveniente de un encendedor y al otro le ingresó energía mecánica mediante movimientos de flexión repetida, es decir realizó trabajo produciendo calentamiento en forma manual. De este modo los dos trozos (sistema), se calentaron, adquiriendo el mismo estado, pero de diferente manera.

Calentamiento por energía calórica



Calentamiento por realización de trabajo



Con estas experiencias el docente demostró porqué calor y trabajo no son funciones de estado y se escriben con minúscula.

Después de esto se realizó el primer recreo. Al regresar, el mismo el docente retoma su trabajo de la siguiente manera.

Aplica lo antes desarrollado a una reacción química y pregunta –“¿porqué cambia el volumen en una reacción química?”, interacciona con los alumnos, explica.

Luego define calor de reacción, los compara con los calores de cambio de estado.

Introduce condiciones estándar y define calor de reacción en condiciones estándar.

Desarrolla ecuaciones termoquímicas y la diferencia con las ecuaciones comunes, basándose en criterios de masa, número de átomos y energía, agregando que “necesariamente, obligatoriamente se expresa en moles”.

Luego introduce las leyes de la termodinámica, la ley de conservación de la energía y la ley de Lavoisier – Laplace.

Para finalizar el primer encuentro desarrolla la ley de Hess.

Luego de esto a los alumnos les entrego el instrumento 5-B, para que lo resuelvan extraclase y me lo entreguen al comenzar el próximo encuentro.

Finalizado así el segundo encuentro destaco el despliegue en el aula por parte del docente, de las habilidades de enseñanza contempladas dentro del modelo de enseñanza activa, apreciables en el desarrollo áulico y también percibidas en los datos obtenidos por resolución de los instrumentos.

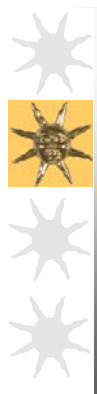
1-5 Desarrollo del Tercer encuentro

Para el tercer encuentro preví que se complete el desarrollo de la etapa 5 y cumplir con las etapas 6 y7 de lo que planifique. Así las primeras acciones dentro de este encuentro las concreté personalmente, para luego darle lugar al docente visitante. Espero a los alumnos en la puerta del aula y les entrego panfletos como los siguientes:



*¡LA VERDAD HASTA LAS
ULTIMAS CONSECUENCIAS!*

PARTICIPA CON LOS
“NO OBSERVABLES”



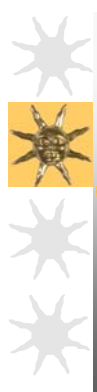
*¡EL PUEBLO EXIGE TODA
LA JUSTIFICACIÓN!*

AFILIATE AL PARTIDO
DE LOS
“NO OBSERVABLES”



*¡BASTA DE VERDADES A
MEDIAS!*

VOTE AL PARTIDO
DE LOS
“NO OBSERVABLES”



*¡LA VERDAD HASTA LAS
ULTIMAS CONSECUENCIAS!*

PARTICIPA CON LOS
“NO OBSERVABLES”

La finalidad de los mismos es de incentivarlos, renovar el compromiso de ellos en la propuesta y también de recordarles el eje de trabajo.

Una vez que entran al aula, les solicito el instrumento 5- B, que debían traer resuelto y les entrego a cada alumno dos de los instrumentos diseñados de apoyo a la implementación, para luego explicarles cual es el contenido de los mismos y la finalidad.

En primer lugar les entrego el instrumento 4 denominado “Taxonomía sobre el dominio cognoscitivo”, y les explico que tiene dos columnas una de Habilidad y otra de Procedimiento, a partir de éste les hago consciente a los alumnos mediante mi discurso, qué procedimientos han realizado durante el primer encuentro y qué habilidad buscamos desarrollar con la implementación de ese procedimiento. Así llego a relatarles que la habilidad más importante que se está buscando para que ellos desarrollen en esta experiencia es la número ocho de la tabla, esto es, la explicación científica; además les recuerdo que en esta Facultad explicación es sinónimo de justificación. Posteriormente les entrego el instrumento 2 denominado “Organizador de tareas” y respecto de éste, basándome en la descripción del contenido, les comento que es una forma de ayudarlos para organizar su estudio.

Para continuar y, con la finalidad de contextualizar el discurso del docente visitante en el encuentro anterior y realizar la introducción para el desarrollo de las etapas pendientes, coloco en el pizarrón el siguiente apoyo visual con las características de ciencia.

CONCEPCIÓN ACTUAL DE CIENCIA

- “Un cuerpo de conocimientos que se desarrollan en el marco de unas teorías que dirigen la investigación de los científicos
- Unas teorías en perpetua revisión y reconstrucción
- Una forma de resolver problemas, que concede importancia a la emisión de hipótesis y a su contrastación
- Una actividad con metodologías no sujetas a reglas fijas, ordenadas y universales.
- Una tarea colectiva, que sigue líneas diversas de trabajo aceptadas por la comunidad científica.
- Una actividad impregnada por el momento histórico en el que se desarrolla, involucrada y contaminada por sus valores.
- Una actividad sujeta a intereses sociales y particulares, que aparece a menudo como poco objetiva y difícilmente neutra.”

Para desarrollarlas procedo a leer cada característica y la contextualizo en función del discurso del docente dado en el primer encuentro.

Así leo:

“Un cuerpo de conocimientos que se desarrollan en el marco de unas teorías que dirigen la investigación de los científicos”

En función de la misma les pido que, “recuerden lo dicho en el encuentro anterior por el docente visitante,... el mismo les dijo que el primer y segundo principio fueron formulados cuando no existía la teoría atómico molecular,... en cambio, el tercer principio se formula cuando estaba consolidada la teoría atómico molecular, por eso va a lo submicroscópico”. Luego leo la segunda y la tercera característica:

“Una forma de resolver problemas, que concede importancia a la emisión de hipótesis y a su contrastación”.

Para continuar manifiesto que, “recuerden que dijimos que la ciencia es hipotética, el hombre formula constructos para explicar y los contrasta,... recuerden que el docente presentó los enlaces químicos, que en realidad son modelos que el hombre creó para explicar características de las sustancias”.

Leo la cuarta característica y les recuerdo que a ésta la pudieron observar a través del discurso del filósofo F. Schulster, en el video cassette.

A la quinta característica, la utilizo para hacer incapié en la explicación científica.

Posteriormente leo la sexta: “Una actividad impregnada por el momento histórico en el que se desarrolla, involucrada y contaminada por sus valores”.

A esta característica la relaciono con lo manifestado por el docente invitado respecto de Demócrito, Aristóteles y Dalton, durante el primer encuentro.

Finalizo con la última de las características, explicando que la misma es muy actual, que también la pudieron observar en el video cassette a través del discurso del filósofo.

Para completar esta introducción, les indico que lo dado respecto de los instrumentos de apoyo lo pueden utilizar no solamente ahora y para termoquímica, sino en todas las asignaturas y temas. Posteriormente, les agradezco a los alumnos, la disposición y entrego la clase al docente visitante que completará lo planeado.

De este modo retomé y contextualizé lo trabajado en la clase anterior, aporté al alumno instrumentos para la organización de la tarea de estudio y para favorecer la comprensión del tema a través de un ejercicio de metacognición.

La etapa 6 “Integración del aprendizaje y la comprensión”, con la que comenzará el docente visitante, contempla la revisión y exploración de las ideas e interconexiones más importantes por lo que el propósito es indagar sobre la comprensión de los conceptos y explorar la adquisición de habilidades.

Para comenzar, éste realiza acciones con el fin de revisar la comprensión e integración conceptual para lo cual retoma explicación científica.

Pregunta – “¿Existen otros tipos de explicaciones diferente a la científica?”.

Interacciona con los alumnos y luego expone – “según Klimovsky, hay tres tipos de explicaciones, una es buscar el significado de una palabra en el diccionario, otro tipo de explicación es una norma de trabajo, por ejemplo como se cambia una cubierta del automóvil, y la tercera es la explicación científica que tiene la obligatoria condición que se formule en términos de no observables,... en química, en términos de átomos, electrones, espacios entre moléculas”.

Luego diferencia niveles de explicación, y dice:- “Una reacción es exotérmica porque libera calor. Esto no es explicar, porque estamos diciendo dos veces lo mismo”.

Pasa a un ejemplo de fórmula matemática, para aclarar que:- “muchas veces se cree, equivocadamente, que por leer una ecuación se está dando una explicación científica ”.

Sigue con la siguiente pregunta - “¿Por qué el hielo flota en el agua?. Si contestamos porque tiene menor densidad no es una explicación científica porque la densidad es un observable, por lo tanto no es una explicación científica”.

Luego pregunta: - “¿Saben por qué se libera energía en una reacción química?”.

“Sí”... responden los alumnos,...”porque la energía de los productos es menor que la energía de los reactivos”.

“- Esto no es una explicación científica, porque no usa en su estructura a los entes o entidades del nivel submicroscópico, son todos observables”. Y continúa, “la explicación científica viene de los no observables, que provienen de los cuerpos hipotéticos de las teorías”.

Pregunta, “- ¿Se conoce la explicación científica de todas las cosas que conocemos? No, a veces no hay teoría ni modelo. Todo es hipotético, provisorio e incompleto.”

Prosigue retomando la ley de Hess y explicandola sobre una ecuación termoquímica.

Continúa con entalpía de formación, entalpía de combustión, entalpía de disolución, entalpía de neutralización.

Para desarrollar entalpía de disolución realiza dos experiencias que se corresponden a una reacción exotérmica y a una endotérmica.

Así para el primer tipo de reacción toma en un tubo de ensayo, agua y mide la temperatura (23°C), le agrega óxido de calcio (CaO) y luego de unos minutos mide la temperatura que llega a 55°C.



Reacción exotérmica del Ca O

Para el segundo tipo de reacción procede así: mide la temperatura del agua contenida en un tubo de ensayo (23°C), le agrega nitrato de amonio (NH_4NO_3) y luego de unos minutos vuelve a determinar la temperatura, que en este caso, desciende a 10°C .



Reacción endotérmica del NH_4NO_3

Continúa discutiendo con los alumnos los signos del calor liberado o absorbido.

Posteriormente plantea y realiza junto a los alumnos, un problema para explicar los conceptos de entalpía de neutralización y calorimetría.

Continua trabajando el cálculo del calor de reacción. Para esto explica que hay dos maneras de realizarlo: una usando los calores de formación y otra usando las entalpías de enlace. Se detiene en la segunda manera que aborda lo submicroscópico, aplicándolo a una reacción y concluye - “las reacciones liberan energía cuando se forman enlaces más fuertes y /o más enlaces en los productos que los enlaces de los reactivos o bien cuando la energía liberada en la formación de los enlaces de los productos es mayor que la necesaria para romper los enlaces de los reactivos”.

Con este desarrollo, el docente produce la integración de las ideas estructurantes, va revisando y explorando las ideas e interconexiones más significativas, revisa la comprensión, que es en sí la etapa, revisión de las ideas estructurantes de lo planeado.

Para finalizar, desarrolla, el segundo principio y luego el tercer principio e introduce energía libre.

Finaliza la clase, haciendo una breve y acotada revisión por cuestiones de tiempo.

1-6 Desarrollo de Habilidades de enseñanza

Desarrollada así la propuesta es importante destacar que el docente visitante puso de manifiesto durante el desarrollo áulico, las habilidades de enseñanza previstas por el enfoque de enseñanza activa.

En primer lugar puedo decir que cumplió con la meta principal de la educación, que, como manifestara es la socialización del conocimiento, en concordancia con esto, actuó como un docente activo y facilitador del aprendizaje, para lo que permanentemente interaccionó con los alumnos, los interrogó, fue comprobando sus avances, actuó de guía, les explicó claramente que y cómo iban a aprender y les facilitó ejemplos, modelizaciones, pequeñas experiencias, que ayudaran a la comprensión del tema.

Además manifestó en su discurso organizado un entusiasmo permanente, visualizado a través de los modos de usar la voz, los gestos, la ubicación en el aula.

También demostró calidez y empatía con los alumnos, interesándose permanentemente por la comprensión hacia el tema y por el rendimiento académico.

Otro aspecto demostrado fue la claridad en la comunicación, manifestada en el uso de terminología precisa para transmitir un discurso organizado y conectado.

Pude apreciar además el uso de señales de transición, a fin de llamar la atención del alumno, además del énfasis puesto de manifiesto en algunas partes del discurso para dar la señal de alerta sobre información importante que los alumnos debían registrar.

Los encuentros estuvieron organizados a fin de maximar el tiempo, con los materiales preparados y las rutinas establecidas de antemano y durante el desarrollo aulico siempre, fue monitoreando y comprobando la comprensión.

En general además de implementarse una propuesta con un enfoque temático que deja de lado el abordaje tradicional, para lo cual se usan los fundamentos que aporta la visión submicroscópica, puedo afirmar que la actuación aulica del docente visitante puedo considerarla innovadora.

1-7 Desarrollo del Cuarto encuentro. Evaluación y Valoración

Una vez finalizado el último encuentro de desarrollo, los alumnos debían cumplir con la etapa 8. Esta preveé la evaluación formal de acreditación ante la cátedra y la valoración de la implementación de la estrategia. Para ello, esta etapa contempla la realización de una evaluación externa y la realización de una encuesta para recolectar datos que me permitan valorar la propuesta implementada.

Para cumplirlo, los alumnos realizaron la evaluación formal de acreditación de la asignatura. En el diseño y ejecución de esta instancia el docente visitante y yo no tuvimos ningún tipo de ingerencia; así los alumnos que participaron de la experiencia accedieron a un formato de evaluación igual a la de los alumnos de las demás comisiones. Luego de realizada la evaluación, se me permitió acceder a las notas finales y hacerme del formato de la misma; en general cualitativamente éstas fueron similares entre los alumnos que participaron de la propuesta y el resto de los alumnos.

Sobre el formato de la prueba puedo decir que el ítem correspondiente a termoquímica, de enfoque tradicional macroscópico, tenía dos subítem, el (a) correspondía a un problema de cálculo numérico donde debían calcular la entalpía de formación de una sustancia y en el (b) se pedía que “escriban la expresión del primer principio de la termodinámica, explicando para cada variable, las unidades y los signos convencionales”. El formato del parcial se encuentra en el anexo correspondiente.

En esta instancia queda por que concrete el cuarto encuentro para la resolución de un instrumento que me permitiera cumplir con la valoración de la experiencia realizada.

Resulta adecuado que establezca las fechas de los encuentros de desarrollo que se realizaron el 28 de abril y 5 de mayo y en cambio el cuarto encuentro de resolución del instrumento para valoración, lo concreté el 15 de octubre, o sea casi seis meses después

de que los alumnos accedieran a la propuesta. Destaco que los alumnos no fueron preparados para acceder a la resolución del Instrumento 8; ellos venían, en algunos casos, a recuperar y, en otros, a realizar un parcial de la asignatura Química Inorgánica. Al lugar físico, accedieron también alumnos que pertenecían a otra comisión que no habían participado del desarrollo de la propuesta y me pareció adecuado solicitarles que también resolvieran el instrumento 8, para de este modo obtener una valoración más amplia. .

Una vez que he relatado cómo se produjo el desarrollo de la propuesta, pasaré ahora a comentar en el capítulo siguiente los datos y hallazgos obtenidos por aplicación de los instrumentos que me permitieron evaluar y valorar la aplicación de la estrategia.

**HALLAZGOS,
CONCLUSIONES
Y VALORACIÓN**

CAPÍTULO V

1-0 HALLAZGOS – CONCLUSIONES – VALORACIÓN

En esta instancia, luego de haber desarrollado lo que planifiqué, procesé los datos obtenidos por medio de los instrumentos previstos. A través de los mismos logré hallazgos que me permitieron, emitir conclusiones y realizar una valoración de la implementación de la estrategia.

En primer lugar presento una tabla que muestra los instrumentos diseñados para obtener datos y la cantidad de alumnos que lo resolvieron incluyendo el parcial de promoción (Instrumento 9).

Tabla N° 3

Instrumento	Número de alumnos	%
I-1 (Encuesta – Justificación)	32	94,1
I- 3- (Guía de video- Actualización Ciencia)	10	29,4
I -5-A (Tabla – Reconocimiento de términos submicroscópicos)	28	82,4
I -5-B (Tabla – Reconocimiento de términos submicroscópicos)	20	58,8
I-8 (Encuesta – Justificación y Algoritmo y Recuerdo)	21	61,8
I-9 (Parcial – Algoritmo y Recuerdo)	34	100

Representación gráfica

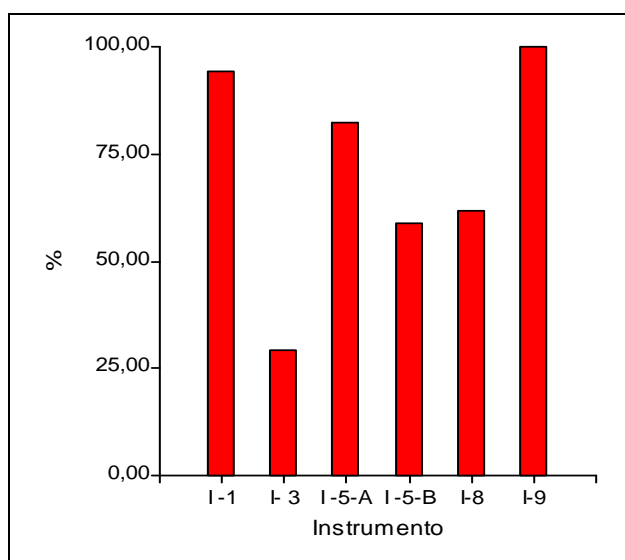


Grafico N°2: Porcentaje de alumnos que han contestado los Instrumentos

Conclusión

El total de los alumnos de la muestra, responde el instrumento obligatorio, I-9, mientras que los no obligatorios, son respondidos en proporciones menores.

2-0 Caracterización de la unidad de análisis

Por aplicación de la Encuesta 1, pude caracterizar la muestra. La cantidad de alumnos previsto era de treinta y cuatro, todos de primer año, (listado Anexo VIII). El relevamiento de datos personales lo realizaron treinta y dos alumnos; obtuve datos acerca de la carrera que cursan, el año de cursado, la edad, el género, la procedencia, la titulación obtenida en nivel medio, y si trabajan o no.

2-1 Respecto de la carrera, se tiene:

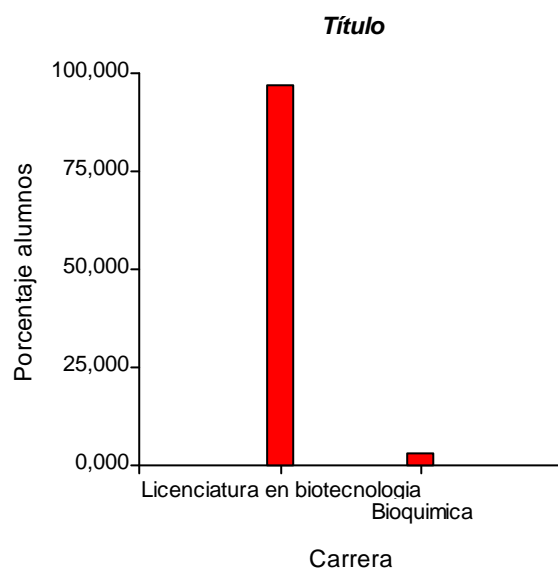


Grafico n°3

Conclusiones:

Treinta y dos alumnos (96,88%) de la muestra pertenecen a la carrera de licenciatura en biotecnología.

2-2 Año de cursado de la carrera

Todos los alumnos cursan el primer año de las carreras.

2-3 Edad de los alumnos

Tabla N° 4

Edad	Total	%
17	3	9,4
18	23	71,9
19	3	9,4
20	1	3,1
21	0	0
22	1	3,1
No contesta	1	3,1
	32	100

Conclusiones:

La mayoría de los alumnos, veintitrés (71,9 %), tiene 18 años al momento de la aplicación del instrumento, tres alumnos (9,4 %) tienen 17 años, tres (9,4%) tiene 19 años, un alumno (3,1%) tiene 20 y un alumno (3,1%) tiene 22 años. Un alumno (3,1 %) no contesta.

2-4 Sexo

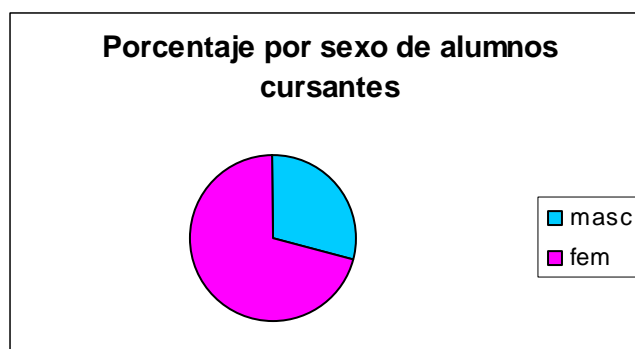


Grafico N°4

Conclusión

Veintitrés alumnos (71,6 %) de la muestra pertenecen al sexo femenino

2-5 Respecto de la procedencia

Representación gráfica

Grafico N° 5

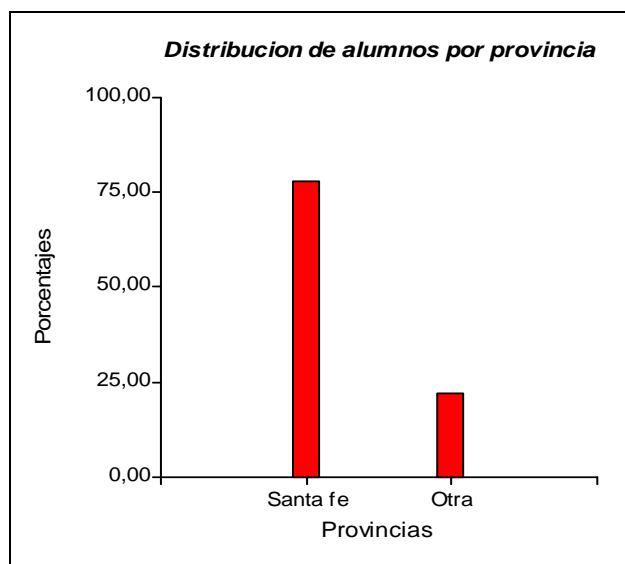
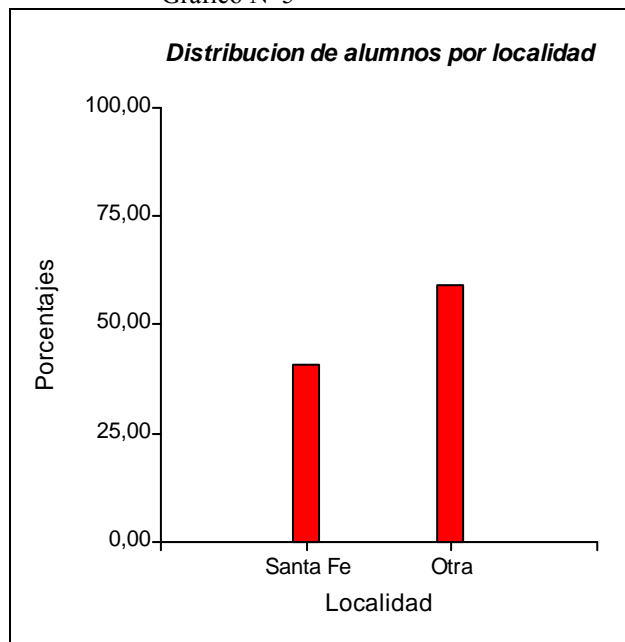


Grafico N°6

Conclusión

Veinticinco alumnos cursantes (78,1 %), proceden de la provincia de Santa Fe.

2-6 Respecto de los estudios secundarios cursados

Tabla N° 5

Título Carrera	Bachiller (%)	Técnico (%)	Perito Mercantil (%)	Gestión (%)
Biología	55,9	15,7	3,2	18,9
Bioquímica	3,2	0	3,2	0
Totales	59,1	15,7	6,4	18,9

Representación gráfica

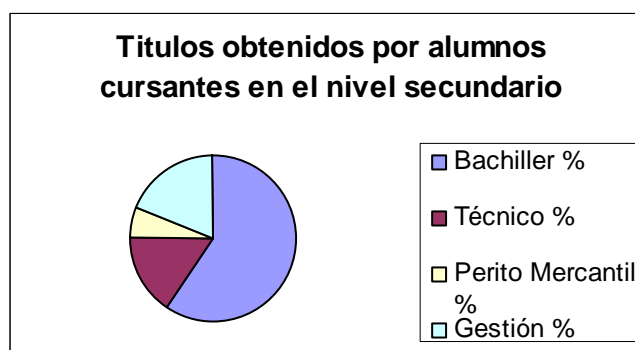


Gráfico N°7

Conclusión

De los alumnos cursantes, que resolvieron la encuesta, diecinueve (59,1%), poseen el título de Bachiller, de estos la mayoría es con orientación Biológica. Le siguen, en menores proporciones, títulos relacionados a la gestión, técnicos y, por último, peritos mercantiles.

La mayoría de los alumnos cursantes, poseen título de educación media de Bachiller.

2-7 Respecto de los alumnos que trabajan

Tabla N° 6

Si	No
2	30

Treinta alumnos cursantes, tienen su tiempo dedicado al estudio, no trabajan.

2-8 Caracterización General de la muestra

Realicé la caracterización sobre treinta y dos alumnos que concretaron la encuesta. Así la estrategia se aplicará a alumnos que en su mayoría son mujeres y cursan el primer año de la carrera de Licenciatura en Biotecnología, con una edad promedio de 18 años, cuya formación secundaria se ha dado mayormente obteniendo títulos de Bachiller en

Ciencias Biológicas y que no trabajan. También la mayoría procede de la provincia de Santa Fe y de otras localidades diferentes a la ciudad capital.

3-0 Datos obtenidos por aplicación de la segunda parte de Instrumento 1

La segunda parte de la Encuesta 1, tiene como finalidad actualizar y confirmar el diagnóstico sobre la unidad de análisis. Dicho diagnóstico lo formé al generar el antecedente por aplicación a una muestra longitudinal.

Tipo y denominación

- ✓ Encuesta.(descripta en marco metodológico y adjunta en anexo)
- ✓ Encuesta 1, segunda parte.

Ahora te pedimos que atentamente leas lo que te presentamos y contestes lo que se te pregunta.

❖ Se presenta el esquema de un calefón de gas común que consiste en intercambiador de calor.

Esquema extraído de artículo El Calefón de Lorenzo M. Iparraguirre. Revista de Enseñanza de la Física Vol. II, No 2 1998.

➤ El gas que se quema en el calefón es metano (CH₄) casi puro. La ecuación de combustión correspondiente es: CH₄ (g) + 2 O₂ (g) → CO₂ (g) + 2 H₂O (v) + calor

¿Cómo justificas que se libera calor en esta reacción de combustión?

Aspectos de su implementación

- ✓ Lugar de implementación de la Encuesta, Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas, Laboratorio de Química General.
- ✓ Fecha de implementación de la encuesta. 21-03-04
- ✓ Hora 14,00
- ✓ Cátedra, Química General.

Aclaración: En el ítem “respuesta” del siguiente organizador transcribo textualmente la respuesta dada por los alumnos, incluso los signos de puntuación.

Sistematización de respuestas obtenidas

Organizador - 17

Alumno N ^o	CARRERA	RESPUESTA
1.	Biología	“Para romper un enlace se necesita calor y para formar otro se libera calor, si el ΔH , del producto es mayor que el de reactivo se libera calor y en este caso se libera calor porque CH_4 tiene un calor de formación inicial = x el $\text{O}_2 = 0$ en cambio del lado de los productos ambos suman calor por lo tanto al restar calor del reactivo y calor del producto nos da un n ^o negativo que significa liberación de calor”
2.	Biología	“La energía que mantiene unidos a los C y a los H no es la misma que une a los C y a los O, de igual manera que los O y los H con O. Como en una transformación química no se pierde ni gana E esta se transforma en E calórica.”
3.	Biología	“Todo cambio va acompañado de una liberación de energía, la que se libera en este caso es calórica.”
4.	Biología	“Al producirse una reacción de combustión hay liberación de calor ya que la misma es exotérmica, con la combustión de oxígeno gaseoso y el gas metano los cuales reacción violentamente liberando calor”
5.	Biología	“Porque al quemarse el gas se libera energía que se transforma en calor o energía calórica.”
6.	Biología	“Todos los procesos de combustión liberan energía, este caso en forma de calor. Para romper enlaces en las reacciones se necesita de energía que también se libera juntos a los productos.”
7.	Biología	“Se libera calor porque hay liberación de energía calórica que se disipa en forma de calor”
8.	Biología	“Se libera calor porque se quema el metano, es decir se rompe la molécula liberando calor además de generar los demás productos”
9.	Biología	“Al realizarse la combustión se libera energía”
10.	Biología	“En toda reacción de combustión (en particular) se libera calor porque se pierde energía en el proceso y se presenta en el medio como energía calórica.”
11.	Biología	“Porque todo lo que implica combustión, implica liberación de energía”
12.	Biología	“Se libera calor porque la energía de enlace de los productos es menor a la que libera el rompimiento de los reactivos”
13.	Biología	“Me parece que se libera calor porque es una reacción de combustión. Libera calor porque encendemos el calefón (el sistema le da energía)”
14.	Bioquímica	“Porque siempre en una reacción de combustión se libera calor”
15.	Biología	“ x que al quemarse el metano en presencia de oxígeno, se forma CO_2 , H_2O y la energía de esta

HALLAZGOS- CONCLUSIONES- VALORACIÓN

		reacción se manifiesta en forma de calor”
16.	Biología	“Se libera calor porque se quema metano”
17.	Biología	“El calor es una forma de energía y la energía puede transformarse en distintas clases. Entonces partiendo del metano que entra en combustión, en donde hay una reacción química (energía química) y el resultado de esta reacción es el CO ₂ , el H ₂ O y esa energía química, transformada en energía calórica.”
18.	Biología	Al producirse la combustión en el metano con oxígeno se produce una reacción exotérmica que produce calor calienta el agua que absorbe ese calor emitido y sale agua caliente a la salida de la cañería
19.	Biología	“Se utiliza calor debido que el mismo calor que se usa para realizar la combustión debe salir al formarse el producto de la reacción”
20.	Biología	“Se libera calor ya que hay al reaccionar el mismo libera dióxido de carbono vapor de agua y el calor que es la energía de calor, que es la que se libera al ceder E al ambiente al ser agua caliente, este libera energía de calor libera.”
21.	Biología	“Se libera calor porque el metano al ser combustible en contacto con el oxígeno libera dióxido de carbono, agua y calor. Este calor se debe a un incremento de la energía cinética producto de esa combustión junto con energía calórica”
22.	Biología	“Siempre en una reacción de combustión hay emisión de calor, que es energía calórica, yo la justifico con la relación energía – materia en un determinado sistema”
23.	Biología	“Se libera calor (energía) porque hay combustión. Al descomponerse el metano para formar CO ₂ y H ₂ O libera energía en forma de calor.”
24.	Biología	“Al producirse la combustión entre estos dos gases se produce un fenómeno al que identificamos por la presencia del fuego. Desconozco el motivo concreto por el que se libera calor, pero se me ocurre que aumenta la energía cinética de las moléculas de los gases por lo que aumenta el número de colisiones entre estas y eso produce el calor.”
25.	Biología	“Porque es una reacción exotérmica, o sea libera calor, se ve claramente que la energía de los reactivos es mayor que la de los productos, por lo tanto, se libera calor. La naturaleza tiende a quedar en el estado de menor energía posible.”
26.	Biología	“Desde mi punto de vista se libera calor en forma de energía calórica. Esta realiza un trabajo de combustión
27.	Biología	“Al recombinarse el metano con el oxígeno, para formar dos compuestos diferentes, los electrones liberan energía en forma de calor ya que adquieren un lugar con menor nivel de energía y los átomos se estabilizan”

28.	Biología	“Al ser una combustión en el momento de la reacción se absorbe una cantidad de energía que es liberada luego en forma de calor.”
29.	Biología	“El metano al entrar en combustión con el oxígeno, libera calor, ya que se realiza la combustión entre estos gases de manera que se forma CO ₂ , H ₂ O y calor”
30.	Biología	“Al producirse la combustión (el gas metano reacciona con el oxígeno) se obtiene dióxido de carbono, agua y calor, este último es un tipo de energía que se libera en esta forma”
31.	Biología	“Por ruptura y unión de enlaces”
32.	Biología	“Al transformarse una sustancia en otra, en una reacción química se libera calor”

3-1 Tarea requerida: Justificación (sinónimo de explicación)

Indicador: Nivel conceptual de explicación, que utiliza en la justificación, en función de los términos que emplea en la misma.

- ✓ Macro utiliza en la justificación sólo términos observables
- ✓ Micro utiliza en la justificación, sólo términos no observables
- ✓ Micro-macro: realiza una combinación de términos observables y no observables

En este procesamiento no tengo en cuenta la validez de la respuesta, sólo el nivel con que justifica independientemente de la coherencia manifestada.

Tabla N° 7

Nivel de término utilizado en la justificación n = 32		
Macro	Macro/micro	Submicro
26 (81,3 %)	5 (15,6 %)	1 (3,2 %)

Representación gráfica

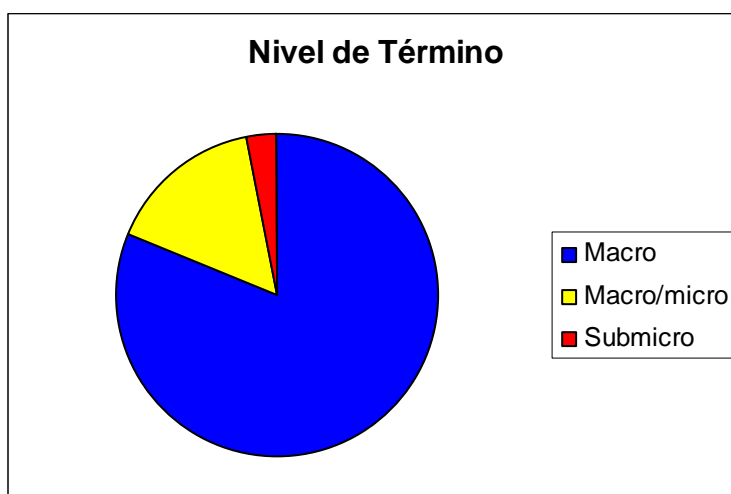


Gráfico N° 8

Conclusión

Veintiséis alumnos (81.3 %) justifica la respuesta de la encuesta utilizando términos de nivel macroscópico.

3-2 Respuesta correcta

Elaboré la siguiente respuesta, que considero correcta para la tarea solicitada de justificación (sinónimo de explicación científica).

- ✓ Es una reacción que libera calor o exotérmica porque, parte de reactivos con enlaces menos fuertes, de bajas energías de disociación de enlace y se forman productos con enlaces más fuertes de altos valores de energía de enlace.

A las respuestas dadas por los alumnos las comparé con la correcta. Para la sistematización de datos, consideré incorrectas las respuestas dadas con conceptos no relacionados. En esta misma categoría incluí a aquellos alumnos que no contestan. Las respuestas las considero correctas si se aproximan a la que establecí como tal o si bien, utilizando términos observables, justifican correctamente sin distorsión teórica.

Tabla N° 8

Tipo de Respuesta n = 32	
Correcta	Incorrecta
0 %	100 %

Conclusión

Hallé que ningún alumno de la muestra, logra dar una justificación correcta, aunque sea utilizando términos del nivel observable y manteniendo la coherencia teórica. Estos confirman plenamente mis presunciones, ya que del total de la muestra, solamente un alumno logra operar para justificar con términos del nivel submicroscópico y ninguno logra responder correctamente sin distorsión teórica independientemente del nivel de términos que utilice.

4-0 Hallazgos obtenidos por aplicación de Instrumento 3-B

A continuación expongo un cuadro que relaciona la pregunta con el subítem y la característica del conocimiento a arribar que considero el indicador. La resolución la realiza el alumno luego de observado el film del video cassette.

Organizador – 18

ITEM	CARACTERISTICA DEL CONOCIMIENTO A ARRIBAR
1	Pregunta directa sobre el film del video.
2-b	Influencia del contexto y momento histórico. Influencia de intereses.
2-c	No influenciada por intereses
2-d	Crecimiento no lineal
2-e	Carácter provisorio
2-f	Validación
2-g	Rol de la comunicación
2-h	Pluralidad de métodos
3-a 3-b	Carácter hipotético
3-c	Modelos, explicativos

Las respuestas a la guía de observación del film del video cassette las recolecté al comenzar el segundo encuentro y organizando los datos sobre catorce alumnos que cumplieron la tarea; obtuve el siguiente número de respuestas positivas o sea alumnos que lograron recuperar adecuadamente la información.

Tabla N^o9

RECUPERACIÓN DE INFORMACIÓN n=14		
ITEM	Nº de alumnos	Porcentaje
1	14	100
2-a	2	14,3
2-b	6	42,9
	3	21,4
2-c	9	64,3
2-d	6	42,9
2-e	6	42,9
2-f	2	14,3
2-g	11	78,6
2-h	2	14,3
3-a	4	28,6
3-b	8	57,1
3-c	6	42,9

En relación a la muestra original, algo menos de la mitad cumplió en ver el film del video y responder la guía. De esto deduzco que la autogestión no es asumida como un compromiso por los alumnos.

Representación gráfica

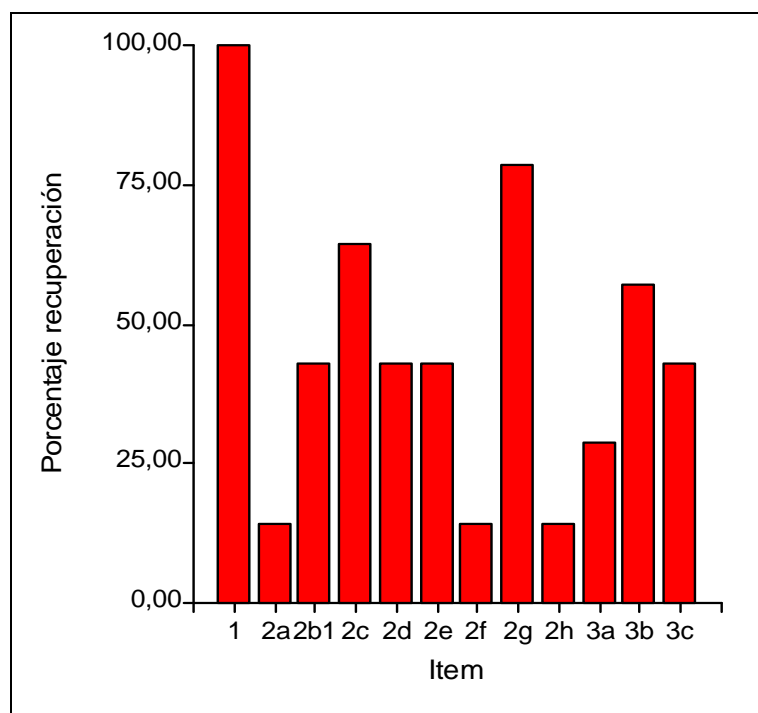


Grafico N^o9

Conclusión

Este instrumento tuvo la característica de ser de autogestión. El número de alumnos que asumieron la responsabilidad de cumplimiento fueron catorce, casi la mitad de la muestra del grupo experimental. El instrumento constaba de tres ítems, los dos primeros de recuperación directa de información y el tercero de inferencia. Sobre la muestra efectiva, para el ítem 1, el total catorce alumnos logra recuperar la información solicitada; para el ítem 2 con los diversos subítem, el porcentaje de alumnos que logra recuperar la información es diverso pero no supera el 78,6 % (once alumnos), para el ítem 3 de inferencia y sus diversos subítem, el porcentaje de alumnos que logra responder adecuadamente, no supera el 57,1 % (ocho alumnos).

5-0-0 Hallazgos por aplicación de instrumento 5-A y 5-B

5-1-0 Hallazgos ítem 5-a

Procesé las respuestas correctas con respecto a los términos del nivel submicroscópicos.

A continuación presento el ítem 5-a del instrumento 5-A y el ítem 5-a del instrumento 5-B, o sea, indagué antes de la intervención docente y luego de la misma.

5-1-1 Ítem 5-a del Instrumento 5-A, antes de la intervención

Tabla N°10

N° de alumnos = 28	% de respuestas alcanzado	% de alumnos	Total
2, realizaron correctamente la tarea	100	7,1	7,1
9, incluyen 1 termino del nivel macro en el micro	83,3	32,2	67,9
6, incluyen 2 términos del nivel macro en el micro	66,7	21,4	
4, incluyen 3 términos del nivel macro en el micro	50,0	14,3	
7, incluyen 4 y más términos del nivel macro en el micro	Intervalo: $0 \leq \% \leq 49$	25,0	25,0

En el ítem 5-a del Instrumento 5-A, presento quince términos y los alumnos debían separarlos en dos columnas, como submicroscópico o macroscópico, los datos obtenidos los agrupé en tres áreas (A-1, A-2, A-3), que con posterioridad me permitirá aplicar cálculos estadísticos.

En el área uno (A-1), agrupo solo la cantidad de alumnos que seleccionaron bien en las dos columnas los términos del nivel submicroscópico y macroscópico; en el área dos (A-2) ubico a los alumnos que en su repuesta incluye como submicroscópico desde uno a tres términos del nivel macroscópico y en el área tres (A-3), ubico a los alumnos que incluye como submicroscópico desde cuatro y más términos del nivel macroscópico.

Representación gráfica



Grafico N° 10

Conclusión

Respecto del Instrumento 5-A, el cual apliqué antes de desarrollar la propuesta y en la resolución del ítem 5-a, obtuve que sólo dos alumnos (7,1 %), respondieron identificando y ubicando correctamente los términos propuestos en los niveles submicroscópico y macroscópico.

5-1-2 Ítem 5-a del Instrumento 5-B, luego de la intervención.

Tabla N°11

N° de alumnos = 19	% de respuestas alcanzado	% de alumnos	Total
7, realizaron correctamente la tarea	100	36,8	36,8
9, incluyen 1 termino del nivel macro en el nivel micro	83,3	47,5	63,2
2, incluyen 2 términos del nivel macro en el nivel micro	66,7	10,6	
1, incluyen 3 términos del nivel macro en el nivel micro	50,0	5,2	
Ninguno incluye 4 y más términos del nivel macro en el nivel micro	Intervalo: $0 \leq \% \leq 49$	0	0

Para este caso, sigo el mismo criterio que seleccioné para procesar el ítem antes de la intervención que fue el siguiente, sobre un total de quince términos que los alumnos debían separar en dos columnas, como submicroscópico o macroscópico, los datos que obtuve los agrupé en tres áreas (A-1, A-2, A-3), que con posterioridad me permitirá aplicar cálculos estadísticos no paramétricos.

En el área uno (A1), agrupé sólo la cantidad de alumnos que seleccionaron bien en las dos columnas los términos del nivel submicroscópico y macroscópico; en el área dos (A2) ubico a los alumnos que en su respuesta incluyen como submicroscópico desde uno a tres términos del nivel macroscópico y en el área tres (A3), ubico a los alumnos

que incluyen como submicroscópico desde cuatro y más términos del nivel macroscópico.

Representación gráfica



Grafica N° 11

Conclusión

Respecto del Instrumento 5-B, el cual apliqué luego de desarrollar la temática y en la resolución del ítem 5-a, obtuve que siete alumnos (36,8 %), responden identificando y ubicando correctamente los términos propuestos en submicroscópico y macroscópico.

Doce alumnos (63,1 %), incluyen dentro de lo submicroscópico desde uno a tres términos del nivel macroscópico y ningún alumno ubica cuatro o más términos de modo inadecuado.

5-1-3 Comparación de resultados

Aplico test estadístico para evaluar si la proporción de respuestas es la misma en cada categoría de la variable “área”, discriminado por antes y después.

Representación gráfica de comparación de resultados del ítem 5-a, sobre respuestas obtenidas antes y después del tratamiento de la propuesta.

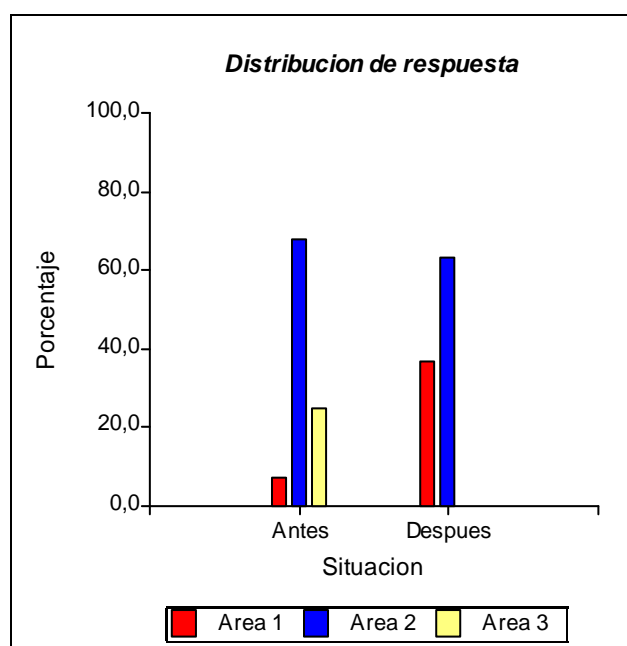


Grafico N° 12

En el gráfico muestro como luego de la aplicación se incrementa la cantidad de los alumnos que responden bien y también como disminuye la cantidad de alumnos que responden incorrectamente incluyendo términos del nivel macroscópico dentro del submicroscópico.

La idea de este test es que me aporte una estimación cuantitativa, si la proporción de respuestas correctas es igual en cada categoría de área, antes de la aplicación del tratamiento y después de la aplicación. Hablo de proporción ya que los tamaños muestrales son diferentes.

Para aplicar la prueba de hipótesis del test, realicé una tabla de doble entrada resumiendo los resultados.

Tabla N°12

Tratamiento	Área 1	Área 2	Área 3	total
Antes	2 (7,1 %)	19 (67,9 %)	7 (25,0 %)	28 (100%)
Después	7 (36,8 %)	12 (63,2 %)	0 (0%)	19 (100%)

El programa estadístico trabaja con las proporciones, es por eso que coloco solo la cantidad de datos, de esta manera el programa trabajará con las proporciones. Entre

paréntesis esta el porcentaje de cada categoría, tomando como base 100 el total de tratamiento.

Trabaja con un nivel de significación del 0.05 (margen de error).

Tabla N° 13

Estadístico	Valor gl	p
Chi Cuadrado Pearson	10,00 2	0,0067

Concluyo que la proporción de respuesta es diferente entre grupos (antes y después del tratamiento) p-sig. 0.0067. Esto me esta indicando que el tratamiento, produjo un efecto significativo sobre el número de respuestas correctas obtenidas.

- Si bien el número de alumnos que entregó la encuesta antes de la intervención y luego de ella varía, puedo observar que antes de la intervención solo dos alumnos (7,1 %), pudieron ubicar todos los términos del nivel submicroscópico correctamente. Luego de la intervención prevista dentro de la estrategia diseñada el número de alumnos que logra la ubicación correcta de todos los términos es de siete (36,8 %).
- Además observo que antes de la intervención, siete alumnos (25,0 %) incluyen cuatro y más respuestas del nivel macroscópico dentro del nivel microscópico y luego de la intervención ningún alumno se encuentra dentro de este intervalo.
- Puedo concluir que para el ítem 5-a, la intervención fue satisfactoria, mejorando la comprensión para desarrollar la habilidad de comparación y análisis de datos por parte del alumnado sobre los términos del nivel submicroscópico y macroscópico, con un nivel de significación del 0.05 o 5%, valor con el que se trabaja habitualmente.

5-2-0 Ítem 5-b de los instrumentos 5-A y 5-B.

Este ítem es directo, por lo cual no lo proceso. El objetivo dentro del instrumento fue orientar a los alumnos sobre los niveles de términos.

5-3-0 Hallazgos del Ítem 5-c

Indicador: Términos del nivel submicroscópico que se incluyen en las justificaciones o explicaciones científicas.

Sobre nueve términos que presenté, cinco corresponden al nivel submicroscópico y cuatro al nivel macroscópico; el alumno debía seleccionar los cinco del nivel submicroscópico.

Para aplicar test de estadística, agrupo en tres áreas los porcentajes obtenidos empleando el siguiente criterio: área 1, corresponde a los alumnos que respondieron bien seleccionando sólo los términos adecuados. En el área 2 incluyo a los alumnos que seleccionaron todos o hasta cuatro términos adecuados pero que además incluyeron en su respuesta términos del nivel macroscópico y en el área 3 incluyo a los alumnos que seleccionaron de tres a menos términos del nivel submicroscópico

Tabla N° 14

Tratamiento	Área 1	Área 2	Área 3	total
Antes	10	11	7	28 (100%)
Después	13	4	2	19 (100%)

En la tabla muestro los porcentajes de alumnos en cada sector o área según el tratamiento. Tomo como 100 % el total de fila o sea la cantidad de alumnos antes del tratamiento y la cantidad de alumnos después del tratamiento.

Tabla N°15

<i>Frecuencias relativas por filas</i>				
<i>En columnas: sectores</i>				
Tratamiento	Área 1	Área 2	Área 3	Total
Antes	0,36	0,39	0,25	1,00
Después	0,68	0,21	0,11	1,00
	Estadístico	Valor gl	p	
	Chi Cuadrado Pearson	4,89 2	0,0867	

Respecto de los resultados que obtengo, a pesar de que el nivel de significatividad para este caso en particular resultó algo mayor de 0,05, a los hallazgos no los rechazo, porque, por observación simple de los datos de la tabla 14, puedo deducir la mejora en las respuestas obtenidas luego de la aplicación. Sobre el efecto en la significatividad, estimo que puede haber influido la arbitrariedad en la definición de las áreas, como así también según la estadística, el reducido número de casos estudiados pero, sin embargo esto escapa a la indagación en sí porque esa era mi muestra de estudiantes. Por esto puedo decir que, si bien en este caso particular el estadístico aplicado no detectó las diferencias estadísticas, puedo afirmar que el tratamiento fue positivo, lo que se hace evidente por la observación de la tabla 14.

Conclusión

- Respecto del ítem 5-c, (subrayar los términos del nivel micro que incluyan las justificaciones o explicaciones científicas), antes de la intervención diez alumnos (35,7 %) pudieron señalar satisfactoriamente todos los términos del nivel micro y luego de la intervención esta cantidad se eleva a trece estudiantes (68,4%).
- En general luego de la intervención las respuestas mejoran sensiblemente.

5-4-0 Hallazgos sobre el ítem 5-d

Indicador: Expresiones que son verdaderas justificaciones científicas. Sobre seis proposiciones que presento, el alumno debía seleccionar las que fueran verdaderas explicaciones científicas (expresadas en términos submicroscópicos). Sólo una de las que presenté era una explicación científica.

5-4-1 Ítem 5-d, del instrumento 5-A y 5-B

Tabla N°16

	Solo Respuesta correctas	Correctas y hasta dos incorrectas	Correctas y mas de tres incorrectas.	Solo incorrectas.	No responde	total
Antes	0 (0%)	13 (46,4 %)	11(39,3 %)	3 (10,7 %)	1 (3,6 %)	28
Después	8 (42,1 %)	9 (47,4 %)	1 (5,3 %)	1 (5,3 %)	0 (0%)	19

Organizando los datos obtenidos en la tabla anterior, pude aplicar cálculos estadísticos para comparar si la aplicación fue positiva o no.

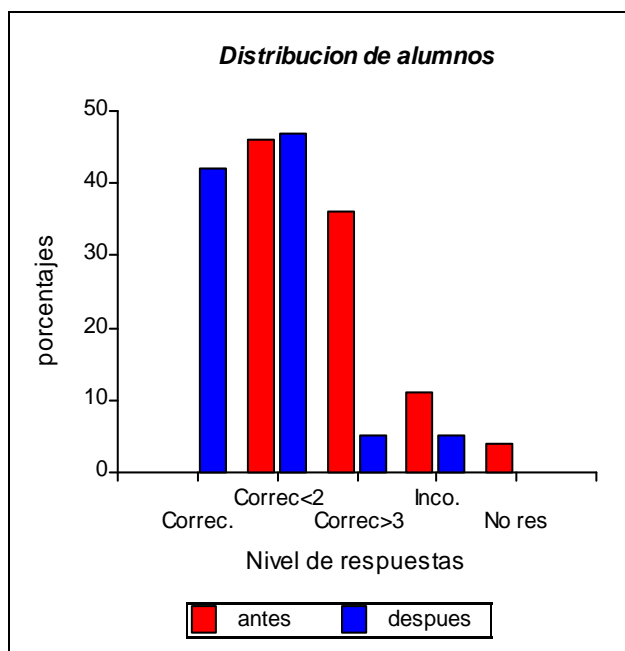
Tabla N°17

Estadístico	Valor gl	p
Chi Cuadrado Pearson	18,00 4	0,0012

El Chi cuadrado de Pearson me permite comparar la proporción de respuestas entre el antes y el después de la aplicación.

Para este caso el valor p no supera al de significatividad ($0.0012 < 0.05$) por lo que me permite asegurar que hay efecto de tratamiento y que éste mejora la respuesta del alumno.

Además, esta mejora es apreciable en los distintos porcentajes que expreso en el cuadro entre paréntesis, es decir la aplicación es positiva al aumentar el porcentaje de respuestas correctas y disminuir el de incorrectas, después de la aplicación del tratamiento.

Representación gráficaGrafico N^o13

En este grafico muestro cómo cambian las respuestas correctas en función del tratamiento, antes y después. Además de cómo disminuye la cantidad de respuesta incorrectas después de aplicar el tratamiento con la estrategia.

6-0 Hallazgos obtenidos por aplicación del Instrumento 8**Tipo y denominación**

- ✓ Encuesta.(descrito en apéndice metodológico y adjunto en anexo)
- ✓ Encuesta 2.

6-1 Datos obtenidos por aplicación al grupo de la experiencia

Implementación: 15 de octubre de 2004, luego de seis meses de instrumentada la propuesta. Lugar: Laboratorio de Química General.

9:30 h: la aplico a un primer grupo de cinco alumnos luego de que realizaran parcial recuperatorio de Química Inorgánica.

11:30 h: segundo grupo, conformado por diez y seis alumnos, luego de que realizaran parcial de promoción Química Inorgánica.

En la aplicación del Instrumento 8, requiero del empleo de términos del nivel submicroscópico para lograr la adecuada Justificación, Los resultados son los siguientes.

Tabla N^o 18

n = 21		
Nivel de Términos	N ^o alumnos	% Alumnos
Submicroscópico	14	66,7
Macro	7	33,3

Conclusiones

El instrumento 8 consta de dos ítem. El primero contiene la cuestión donde deben justificar haciendo uso de términos del nivel submicroscópicos. Los resultados que obtuve por el procesamiento del ítem 1 del Instrumento 8, es que catorce alumnos (66,7 %), logra luego de seis meses de haber participado en el desarrollo de la propuesta, hacer uso de términos del nivel submicroscópico en la justificación.

El ítem 2 de este instrumento consta de un problema igual al realizado en el parcial de promoción; las habilidades requeridas son, la realización de un algoritmo (resolución de un ejercicio numérico) y recordar información (definición y fórmula).

6-2 Datos obtenidos por aplicación a otro grupo

Como ya manifesté, al mismo instrumento lo apliqué a un grupo diferente al de la experiencia, la Comisión 2, que cursaban paralelamente la misma asignatura.

El objeto de tal aplicación fue permitirme establecer una valoración por comparación extragrupo.

El lugar y la fecha de la implementación fueron iguales a las que apliqué al grupo de la experiencia y en total concurren 18 estudiantes.

Tabla N° 19

n = 18		
Nivel de Términos	N° alumno	% Alumnos
Submicroscópico	1	5,6
Macro	17	94,4

Conclusiones

Diecisiete alumnos (94,4 %) de la Comisión 2, que recibieron para el tema un tratamiento macroscópico tradicional, utilizan en la justificación de los conceptos disciplinares de termoquímica, términos del nivel macroscópico.

7-0 Comparación de hallazgos, intergrupos

Tabla N° 20

Term.	% G. Ex	N° alumno	% C. 2	N° alumno
Subm.	66,7	14	5,6	1
Macro	33,3	7	94,4	17

G. Ex. Grupo de experiencia
 C.2 Comisión 2 que no recibió la aplicación

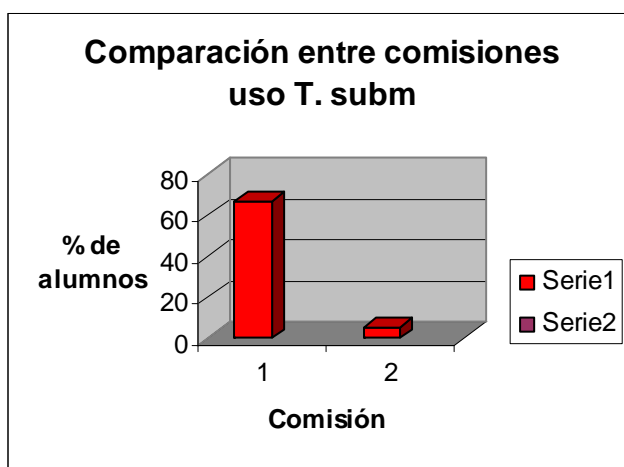


Grafico N° 14

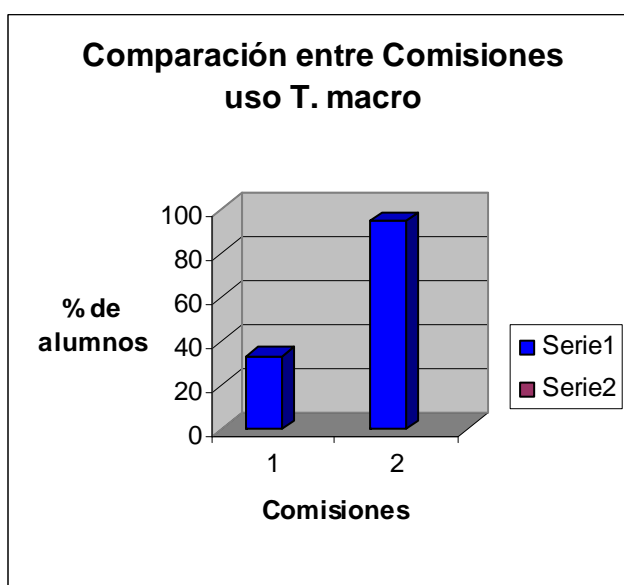


Grafico N° 15

Serie 1, grupo que participó de la propuesta
 Serie 2, Comisión que recibió propuesta tradicional

Conclusiones

De comparar los hallazgos entre grupos, respecto del uso de términos del nivel submicroscópico para dar justificaciones que sean verdaderas explicaciones científicas, detecto que en el grupo de experiencia sobre 21 alumnos que realizaron la encuesta, catorce producen justificación (explicación) adecuadas luego de seis meses de implementada la estrategia. En cambio en el grupo que recibió el tratamiento tradicional sobre dieciocho alumnos que resolvieron la encuesta solo uno logra dar una adecuada justificación. De esto resulta evidente la diferencia en la capacidad de empleo de términos del nivel submicroscópico, en el grupo que recibió la aplicación de aquel que no la recibió.

La capacidad se adquiere, manifiesta pero lo más importante se sostiene, en el grupo que estuvo sometido a la implementación de la Estrategia. La misma no se pone de manifiesto en el grupo que recibió el tratamiento macroscópico tradicional.

7-1 Comparación de hallazgos intragrupo

Al inicio de la propuesta, como situación diagnóstica, obtuve que para dar justificaciones (explicaciones):

Tabla N° 21

Nivel de término utilizado, en la justificación n = 32		
Macro	Macro/micro	Submicro
26 (81,3 %)	5 (15,6%)	1 (3,1%)

Veintiséis alumnos (81,3 %), utilizan términos del nivel macroscópico, cinco alumnos (15,6 %) utilizan una combinación de términos de los dos niveles conceptuales y solo un alumno (3,1 %), utiliza términos del nivel submicroscópico.

Al finalizar la propuesta y luego de seis meses de implementada, ante similar situación, obtuve, que para dar justificaciones (explicaciones):

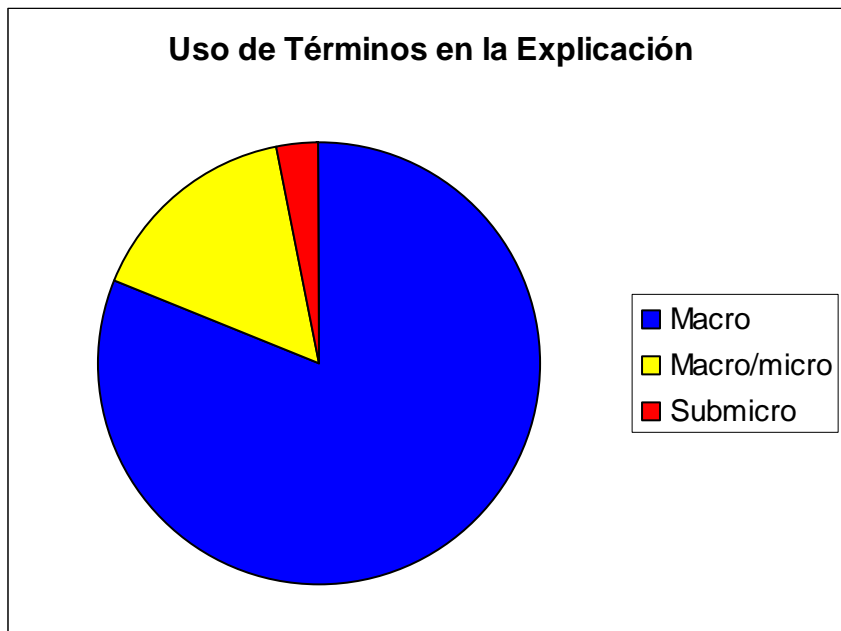
Tabla N° 22

n = 21		
Nivel de Términos	N° alumnos	% Alumnos
Submicroscópico	14	66,7
Macro	7	33,3

Sobre una muestra de veintiún alumnos que participaron de la implementación de la estrategia, catorce alumnos (66,7 %), utilizan términos del nivel submicroscópicos y siete alumnos (33,3 %), utilizan términos del nivel macroscópico.

Representación gráfica

Diagnostico



Mediata



Grafico N° 17

Conclusiones

La capacidad de utilizar términos del nivel submicroscópico se adquiere y permanece en los alumnos luego de haber vivenciado la propuesta, aún a seis meses de la implementación. Esto lo puedo apreciarse ante el requerimiento de justificaciones (explicaciones) en situaciones similares y sin aviso previo, pues los estudiantes no se prepararon expresamente para resolver la cuestión relacionada conceptualmente a Termoquímica involucrada en este instrumento.

CONCLUSIÓN GENERAL

La experiencia la realicé sobre una muestra conformada por 34 alumnos pertenecientes a la Comisión 4, de la cátedra Química General de la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Litoral. De ellos no todos participaron en la resolución de la totalidad de los instrumentos que destiné a obtener datos. Así, para la caracterización de la muestra participaron en la resolución de la encuesta correspondiente treinta y dos (32) alumnos y por medio de ésta, conocí que todos cursan primer año, treinta (30) cursan la carrera de Licenciatura de Biotecnología, que en su mayoría son mujeres, con una edad de 18 años, cuya formación secundaria se ha dado mayormente obteniendo títulos de Bachiller en Ciencias Biológicas, y que no trabajan. La mayoría procede de la provincia de Santa Fe, ciudad capital y de otras localidades diferentes.

El objetivo más importante de la implementación de la estrategia es favorecer en los estudiantes la capacidad de dar explicaciones científicas en Termoquímica. Al inicio del desarrollo de lo planeado sobre treinta y dos (32) alumnos y, ante la situación de explicar (justificar) el hecho factual que presenté, solo un alumno utiliza términos provenientes del nivel submicroscópico y ninguno logra dar una respuesta correcta. Luego del desarrollo de la propuesta y transcurrido seis meses de la misma, sin aviso previo de preparación, sobre veintiún (21) alumnos que pertenecen a la muestra y ante similar situación, catorce (14) de ellos utilizan para justificar el hecho factual términos del nivel submicroscópico. Puedo apreciar, por los hallazgos que obtuve, que el diseño y la aplicación de la estrategia didáctica favoreció el desarrollo de la capacidad de los alumnos para dar explicaciones (justificaciones) científicas y que esta capacidad se sostuvo en el tiempo. Este aspecto tiene un mayor respaldo si comparo los datos obtenidos con alumnos de la Comisión 2 que recibieron el tratamiento macroscópico para el tema Termoquímica: sobre dieciocho (18) alumnos, solamente uno utiliza términos del nivel submicroscópico y los diecisiete (17) restantes utilizan términos del nivel macroscópico.

Pero la aplicación de la estrategia didáctica contemplo diferentes secuencias como ser la enseñanza en la distinción de términos de los niveles conceptuales y de verdaderas explicaciones científicas, a fin de desarrollar la capacidad de dar explicaciones científicas en Termoquímica. Este desarrollo también lo medí por instrumentos que específicamente diseñé, que me permitieron la aplicación de cálculos estadísticos no

paramétricos (Chi cuadrado de Pearson), los cuales arrojaron dentro del nivel de significatividad (0,05), que la aplicación de las secuencias que preví en el diseño y desarrolladas en clase produjo en los alumnos efectos positivos.

Los hallazgos son numéricamente contundentes. Los mismos me demuestran que, para los alumnos de primer año que conformaron la comisión 4 de la Cátedra de Química General de la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas, participar e involucrarse en el desarrollo de una visión diferente a la tradicional para el desarrollo del tema, que implicó el diseño con secuencias, instrumentos y recursos perfectamente establecidos y además vivenciar una actuación docente no tradicional, todos aspectos que contemplé y articulé en lo que di en llamar: estrategia didáctica para desarrollar la capacidad de dar explicaciones científicas en termoquímica fue absolutamente favorable.

VALORACIÓN DE LA PROPUESTA DESARROLLADA, A LA LUZ DE LOS HALLAZGOS, OBTENIDOS POR APLICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS DISEÑADOS

He diseñado y aplicado una propuesta para superar algunas dificultades que se presentan en los procesos de enseñanza y aprendizaje de la Química como es la explicación científica de propiedades y fenómenos.

La dificultad de dar explicaciones científicas en el contexto áulico, tuvo su sustento en bibliografía especializada, en las actividades académicas cotidianas, en el antecedente generado específico en una muestra longitudinal y en la confirmación del antecedente aplicado a la muestra de aplicación.

Los resultados de estas indagaciones diagnósticas me indicaron claramente la imperiosa necesidad de trabajar en la construcción de una didáctica que desarrolle o mejore en los estudiantes la habilidad de explicar científicamente dentro del contexto de los procesos de enseñanza y aprendizaje de la Química.

Las instancias de indagación además me permitieron confirmar que, de no mediar una intervención específica y consciente, los estudiantes formularán sus explicaciones científicas incorrectamente o de manera incompleta, usando otros observables, o aplicando los enunciados o expresiones analíticas de las leyes empíricas de la ciencia a las que "respeta" y les otorga carácter de "verdades" y, por lo tanto, se muestran como un marco seguro para sus respuestas.

Todos los docentes sabemos, por nuestra experiencia en los procesos de enseñanza aprendizaje, que las aplicaciones de leyes empíricas deberán considerarse actividades necesarias pero no suficientes si nuestra intención educativa es superar la mera memorización de los contenidos.

Un modo de superar concretamente las dificultades planteadas es a través de una construcción didáctica que contemple un enfoque conceptual disciplinar actualizado, acorde a los sustentos teóricos que hacen a la explicación científica. Pero esto no será suficiente sin el esfuerzo, compromiso activo y empeño del docente que implementa la estrategia.

El docente a través de su accionar, aportará mediante el despliegue de habilidades necesarias, el control de la comprensión en el proceso de aprendizaje y el camino para lograr en el alumno el desarrollo de capacidades cognitivas, superadoras del pensamiento pobre y frágil.

Estimo que de no mediar una intervención consciente y adecuada, es de esperar que se mantengan las dificultades tanto en el patrón temático de la Química, necesario para un desarrollo conceptual acorde a los cambios químicos, como en la persistencia de la dificultad para diferenciar entre el nivel de hechos que se deben justificar y el nivel de la teoría en que se tienen que apoyar.

Así mi propuesta fue el diseño y aplicación de una construcción didáctica donde estén aseguradas las significatividades lógicas y psicológicas, necesarias para que los estudiantes realicen los esfuerzos conscientes y necesarios, una estrategia didáctica específica para desarrollar en ellos la capacidad de dar explicaciones científicas en termoquímica.

La estrategia que se aplicó, constó de varios momentos y etapas que siguieron una secuencia pautada, caracterizada por la organización y el alineamiento en la enseñanza. Durante el desarrollo de la secuencia apliqué instrumentos específicamente diseñados para ir obteniendo datos que transformé en hallazgos. Estos me permitieron observar cómo mejoraron notoriamente las respuestas de todos los alumnos luego de la intervención docente, aún cuando la aplicación fue a micro escala y con sólo dos encuentros específicos de desarrollo.

Pero lo importante es que hemos logrado mediante la estrategia y junto al docente que la implementó, socializar los conceptos estableciendo una mejor comunicación, lo que resulta evidente porque de modo mediato ellos son conscientes que deben recurrir a los términos submicroscópicos de los constructos teóricos para dar explicaciones científicas en el contexto áulico, o sea que han comprendido que cosa es explicar en el contexto del aula de química. Por esto estimo que el diseño y la aplicación de la estrategia han sido positivas.

BIBLIOGRAFÍA

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez Pérez V. (1997) “Argumentación y Razonamiento en los textos”. Alambique. N° 11. Grao. Barcelona. España.
- Arnal J., del Rincón D., Latorre A. (1992) “Investigación Educativa” Fundamentos y Metodologías. Labor. España.
- Atkins P., Loretta J., (1998) “Química. Moléculas – Materia – Cambio”. III edición. Ediciones Omega. Barcelona. España.
- Atkins P., Loretta J., (2006) “Principios de química. Los caminos del descubrimiento”. III edición. Editorial Panamericana. Buenos Aires. Argentina.
- Bachelard G. (1999) “La Formación del Espíritu Científico”. Ed. Siglo XXI. Buenos Aires. Argentina.
- Bixio C., (1997) “Contenidos Procedimentales” Homo Sapiens. Rosario. Argentina.
- Blythe T., (2002) “La Enseñanza para la Comprensión” Guía para el docente. Paidós. Buenos Aires. Argentina.
- Bruner J., (1987) “La educación, puerta de la cultura”. Visor. Madrid. España.
- Bunge M., (1989) “La Investigación Científica”. 1º reimpresión de la II edición. Ariel Métodos. España.
- Cajas Fernando (2001) “Alfabetización científica y tecnológica: la transposición didáctica del conocimiento tecnológico”. Enseñanza de las Ciencias 19 (2), 243 – 254. España.
- Carretero M., (1997) “Construir y Enseñar Las ciencias experimentales”. II edición. Aique Buenos Aires. Argentina.
- Carretero, M. (1993) “Constructivismo y Educación”. V edición. Aique. Buenos Aires. Argentina.
- Chang R., (1999) “Química”. IV edición. Mc Graw Hill. México.
- Chevallard Y., (1991) “La transposición didáctica. Del Saber Sabio al Saber Enseñando”. Aique. Buenos Aires. Argentina.
- Coll C., Pozo, J., y otros (1995) “Los Contenidos de la Reforma”. II reimpresión Santillana. Argentina.

-
- Concari S., Pozzo R., Giorgi S.M., (1999) “Un estudio sobre el rozamiento en libros de Física de nivel universitario”. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2) 273-280. (12).España.
 - Datri E., Macchi G. (1994) “Ciencia: Introducción crítica a su historiografía y problemas epistemológico – sociológicos actuales”.Estructura Modular N°2 Las Ciencias Fáticas. Curso de posgrado en Investigación Educativa. Universidad Nacional del Comahue.
 - De Pro Bueno A., (1999) “Planificación de unidades didácticas por los profesores: Análisis de tipos de actividades de enseñanza”. *Enseñanza de las Ciencias* 17 (3), 411 -429. España.
 - Del Carmen C., Caballer M., Furió C., Gómez Crespo A., Jiménez P., Jorba J., Oñorbe A., Pozo I., Sanmartí N., Vilches A., (1999) “La Enseñanza y el Aprendizaje de las Ciencias de la Naturaleza en la Educación Secundaria”. Ice. Horsori. Barcelona. España.
 - Díaz E., Heller M., (1989) “El Conocimiento Científico. Hacia una visión crítica de la ciencia” Volumen 1. 6° edición Manuales EUDEBA Editorial Universitaria Buenos Aires. Argentina.
 - Dicker G., Terigi F., (1997) “La Formación de Maestros y Profesores: Hoja de Ruta”. Paidós Educación. Buenos Aires. Argentina.
 - Driver R., Guesne E., Tiberghien A., (1999) “Ideas Científicas en la Infancia y la Adolescencia”. 4° Edición. Morata. Madrid. España.
 - Duschl R., (1998) “La valoración de argumentaciones y explicaciones: Promover estrategias de retroalimentación” *Enseñanza de las Ciencias* 16 (1), 3-20.España.
 - Eggen P., Kauchack D., (1999) “Estrategias docentes” Fondo de Cultura Económica. Buenos Aires. Argentina.
 - Galagovsky L., Rodríguez M., Stamatti N., Morales L., (2003) “Representaciones mentales, lenguajes y códigos en la enseñanza de Ciencias Naturales.” *Revista Enseñanza de las Ciencias*. 21 (1), 107-121. España.
 - Galagovsky L.R., Rodríguez M.A., Stamati N., Morales L., (2003). “Representaciones mentales, lenguajes y código en la enseñanza de ciencias naturales. Un ejemplo para el aprendizaje del concepto de reacción química a partir del concepto de mezcla”. *Enseñanza de las Ciencias*, 21 (1), 107 - 121. España.

-
- Gellon G., Rosenvasser Free E., Furman M., Golombek D., (2005) “La Ciencia en el Aula”. Paidós. Buenos Aires. Argentina.
 - González F. J., Escarpín E. N., Jiménez M.T., (1999) “¿Cómo hacer unidades didácticas innovadoras?”. Colección Investigación y Enseñanza. Díada. Sevilla. España.
 - Halldén O., (1988). “The evolution of the species: pupil perspectives and school perspectives”. *International Journal of Science Education*, 10 (5) 541-552.
 - Harf R., Pastorino E., Sarlé P., (1997) “Aportes para una didáctica”. El Ateneo. Buenos Aires. Argentina.
 - Harlen W., (1994) “Enseñanza y aprendizaje de las ciencias”, II edición .Morata Madrid. España.
 - Heisenberg W., (1957) "La Imagen de la Naturaleza en la Física actual". Seix Barral S.A. Barcelona. España.
 - Hernández Sampieri R., (2002) “Metodología de la Investigación”. III edición. Mc Graw Hill. España.
 - Holton G., (1981) “Introducción a los Conceptos y Teorías de las Ciencias Físicas”. XX edición: Editorial Reverté. S.A. España.
 - Iparraguirre L., (1998) “Física de los Artefactos Domésticos: El Calefón”. *Revista Enseñanza de la Física*. Vol. 11 N^o 2. Pág. 45 – 60. España.
 - Islas S., Guridi M., (1999) “El quehacer científico versus el quehacer áulico” *Enseñanza de las Ciencias* 17 (2) 281-290. España.
 - Islas S.M., Guridi V.M., (1999) “El quehacer científico versus el quehacer áulico. Buscando rasgos del quehacer científico en libros de texto”. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), 281-290. España.
 - Islas S.M., Guridi V.M., (1996). “Exploración sobre fuerzas de roce y su tratamiento didáctico. 3er. Simposio Investigadores en Educación en Física, La Falda, Argentina.
 - Izquierdo M., Sanmartí N., Espinet M., (1999) “Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales” *Enseñanza de las ciencia* N^o 17. España.
 - Izquierdo M.; Sanmartí N., en Jorba J., (1998) “Hablar y Escribir para aprender”. Madrid. Universidad Autónoma de Barcelona.
 - Jaim Etcheverry G., (2001) “La Tragedia Educativa”. Fondo de cultura económica. Buenos Aires. Argentina.

-
- Jiménez A., (1998) “Diseño curricular: indagación y razonamiento con el lenguaje de las ciencias” Enseñanza de las ciencias N° 16.España.
 - Jiménez A.; Álvarez P. Reigosa C., “Argumentación en el laboratorio de Física”, Trabajo realizado en la Universidad de Santiago de Compostela. España.
 - Johnstone A.H., (1991) “Why is science difficult to learn?. Things are seldom what they seem”. J. Computer Assisted Learning, 7, 75 - 83.
 - Klimovsky G. (1997):”Las desventuras del conocimiento científico. Una introducción a la epistemología”. A-Z Editora. Buenos Aires.
 - Klimovsky G., (1994) “Las desventuras del conocimiento científico”. A-Z Editora Buenos Aires. Argentina.
 - Lemke J.L., (1997) “Aprender a hablar ciencia. Lenguaje, aprendizaje y valores. Paidós. Barcelona. España.
 - Lombardi O. I., (1997) “La Pertinencia de la Historia en la Enseñanza de las Ciencias: Argumentos y Contra argumentos”. Enseñanza de las Ciencias, 15 (3), 343-349.España.
 - Luna Castillo A., (1996). “Metodología de la Tesis”. Editorial Trillas México.
 - Monereo C., (1991) “Enseñar a pensar a través del currículo escolar”. Editorial Casals S.A. Barcelona. España.
 - Monereo C., Castelló M., Clariana M., Pérez L., (2001) “Estrategias de enseñanza y aprendizaje”. Grao. Barcelona. España.
 - More J., Davies W., Collins R., (1981) “Química”. Bogotá. Colombia.
 - Niedo J., Macedo B., (1997) “Un Curriculum científico para estudiantes de 11 a 14 años”. Organización de los Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Santiago Chile.
 - Osborne R., Freyberg P., (1991) “Implicaciones de la ciencia de los alumnos” Narcea Madrid.
 - Papp D., (1988) “Breve Historia de las Ciencias” Emecé. Editores. Buenos Aires. Argentina.
 - Perkins D., (1995) “La Escuela Inteligente”. Gedisa. Barcelona. España.
 - Pimentel G., Spratley R., (1978) “Química Razonada”. Editorial Reverté. Buenos Aires. Argentina.

- Pliego O., Rodríguez C., (2002) “La expresión de explicaciones científicas en la enseñanza de la Química” Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura. U.N.R.
- Popper K., (1973) “Lógica de la investigación científica”. XX edición. Tecnos. Madrid. España.
- Porlán, R., (1993) “Constructivismo y Escuela” .Díada editora. Sevilla. España.
- Pozo Muncio J., Gómez Crespo A. (1998) "Aprender y Enseñar Ciencia". Ediciones Morata. Madrid. España.
- Rodrigo M., Rodríguez A., Marrero J., (1993) “Las Teorías Implícitas. Una aproximación al conocimiento cotidiano”. Visor. Barcelona. España.
- Rodríguez C., Pliego O., (2001) “Las respuestas de los alumnos en las evaluaciones de Química como espacio de reflexión de nuestra propia práctica”. Revista Alternativas. VI (23), 241-261.Laboratorio de Alternativas Educativas. Universidad Nacional de San Luis. Argentina.
- Sacristán Gimeno .J., Pérez Gómez A. (1996) “Comprender y Transformar la Enseñanza”. Editorial Morata. Madrid. España.
- Sanmartí N., (1995) “Reflexiones acerca de la didáctica de las ciencias como área de conocimiento e investigación”. Universidad Autónoma de Barcelona. Mimeo. España.
- Sardá J., Sanmartí N., (2000) “Enseñar a argumentar científicamente: un reto en las clases de ciencia” Enseñanza de las ciencias. 18 (3), 405-422. España.
- Sartori G., (1998) “Homo Videns. La sociedad teledirigida”. Taurus. Buenos Aires. Argentina.
- Silvestri A., (1995), “Discurso Instruccional” Enciclopedia Semiológica. Oficina de publicaciones U.B.A. Argentina.
- Silvestri A., (1998), “En otras Palabras. Las habilidades de Reformulación en la Producción del texto escrito” .Cantaro Editores. Buenos Aires. Argentina.
- Solís C., Sellés M., (2005) “Historia de la Ciencia” Espasa. Madrid. España.
- Sutton C., (2003) “Los profesores de ciencias como profesores de lenguaje” Revista Enseñanza de las Ciencias. 21 (1) 21-25.España.
- The Journal of the Argentine Chemical Society. “Thermodynamic concepts: Some consideration on their use in introductory course of Chemistry”. Enero/ febrero 2005. Vol. 93 N° 1-3 p 177 – 184. ISSN 0365 -0375.Argentina.

- Toulmin S.E., (1958) “The uses of argument”. Cambridge University Press. New York.
- Whitten K; Gales K., Davis R., (1994) “Química General”. Mc.Graw Hill. México.
- Wray D., Lewis M, (2000) “Aprender a Leer y Escribir Textos de Información” Ediciones Morata. Madrid. España.

BIBLIOGRAFÍA SECUNDARIA

- Good T. en Eggen P. y Kauchak D. (1999) “Estrategias Docentes”. Fondo de Cultura Económica. Buenos Aires. Argentina.
- Good y Brophy, en Eggen P., Kauchak D., (1994).”Estrategias docentes”. Fondo de Cultura Económica. Buenos Aires. Argentina.
- Hartmann N. en Díaz, E.; Heler M. (1989) “El conocimiento científico”. Vol.1EUDEBA, Buenos Aires. Argentina.
- Jonhstone A. H. en Galagovsky, L., Rodríguez, M., Stamati N., Morales L. “Representaciones Mentales, Lenguajes y Códigos en la Enseñanza de Ciencias Naturales” Revista Enseñanza de las Ciencias N^o21, 2003. España.
- National Science Education Standars: An Enhanced Sampler, Whashington, D.C., National Research Council, 1993. En Blyte T. (2002) “La Enseñanza para la comprensión”. Paidós. Argentina
- Nussbaum, (1989) en Sanmartí N., (1995) Reflexiones acerca de la didáctica de las ciencias como área de conocimiento e investigación. Universidad Autónoma de Barcelona. Mimeo. España.

PÁGINAS WEB

- [http://www.itg.vive.edu\(/technology/atlas /microscopy/images/20X_fluor.tif\).](http://www.itg.vive.edu(/technology/atlas /microscopy/images/20X_fluor.tif).)

ANEXO I

CONTEXTO HISTÓRICO

- UN POCO DE CONTEXTO HISTÓRICO.....

CALOR, TERMODINAMICA, TERMODINAMICAQUÍMICA: HISTORIA Y EVOLUCIÓN DEL PENSAMIENTO

La termodinámica es la disciplina de la física que se funda en el campo del calor. Comencemos por el principio, el calor.

Concepciones a cerca de la Naturaleza del calor

Con el surgimiento de la física experimental en su etapa investigadora y con el propósito de sistematizar las demostraciones y experimentos, se estudiaban casos particulares como por ejemplo: cambios de estado del agua, el fuego, propiedades del aire, etc.

Existieron fenómenos particulares cotidianos como la agitación de las llamas en la combustión, el calentamiento de los cuerpos por percusión, o rozamiento, el borboteo de la ebullición del agua, que llevaron a vincular el calor con el movimiento. Se pensaba que era el movimiento el que agitando o separando las partículas de los cuerpos, producía su dilatación o cuando, se daba en mayor grado su disolución.

Las opiniones a cerca de las causas que originaban el aumento de vibración de las partículas, en el siglo XVII, se dividieron en dos posturas;

- Las que defendían un origen, puramente mecánico, se denominó “*concepción cinética*” del calor.
- Las que creían que era provocada por un agente material específico, o sea asociaban al calor con una sustancia, se denominó “*concepción sustancialista*”.

Adherían a la visión sustancialista:

- Galileo, para él, las partículas que provocaban el calor se llamaban “ignicoli”, tenían la propiedad de moverse rápidamente, penetraban los cuerpos y el efecto que producían era proporcional a la densidad de los cuerpos a la cantidad y velocidad de las partículas ignicoli.
- Gaseen di, que creía había “átomos caloríficos” y “átomos frigoríficos”.
- Nicolás Hartsoeker (1656 – 1725)
- Wilhelm Homberg (1652 – 1715)

Cuando surge la teoría del flogisto esta visión sustancialista tiende a unificarse con ella.

Adherían a la visión mecánica, los físicos ingleses como Newton y Bacon.

La teoría del flogisto y su unificación con la visión sustancialista del calor

Johann J. Becher (1635 – 1682) funda en Viena una escuela técnica. En ese entonces, existía en toda Alemania una tradición química industrial, ligada a la minería por esto desarrolla aproximadamente en 1667, en la *Physica subterranea*, una química centrada en la metalurgia y la generación de minerales a partir de semillas de tierra y agua. Como sigue la tradición de Paracelso, elabora una teoría de los elementos donde distingue tres tipos de tierra: una vitrificable, principio de fusibilidad; otra mercurial, principio de fluidez y volatilidad y finalmente la “*terra pinguis*” (tierra pingüe) oleosa o sulfurosa, principio de combustibilidad.

George E. Stahl (1660 – 1734), retoma en 1703 la idea de la tierra pingüe y la llama flogisto convirtiéndola en la pieza clave de la metalurgia y de la química general.

Flogisto era un término de uso común, que provenía del griego, con el significado de arder o quemar, así la teoría del flogisto de Stahl, dice que “la combustión es la pérdida del flogisto por parte de las sustancias combustibles que pasa al aire saturándolo. Esta saturación explica la extinción del fuego si no se renueva el aire y la ausencia de combustión en el vacío. El aire cargado de flogisto inservible para la combustión y la respiración animal resulta fijado por las plantas, que son la fuente de carbón vegetal con un gran contenido del flogisto y del alimento de los animales...La calcinación de los metales se explica así mismo por la pérdida de flogisto, pues todos los metales son una cal específica de cada uno combinada con flogisto, que es el que explica la comunidad de propiedades metálicas que exhiben.”¹

Esta teoría perdura hasta la segunda mitad del siglo XVIII y fueron partidarios de ella, Lavoisiere, Cavendish, Priestley, Scheele.

Se estima que la responsable de la caída de esta teoría es la introducción en el laboratorio de la balanza.

¿En qué consistía la unificación de la visión sustancialista y de la teoría del flogisto?

En identificar la materia ígnea, de la visión sustancialista del calor con el flogisto. El problema de unificación surgía en que nadie había podido detectar un aumento de peso en materiales calentados pero sí en materiales calcinados.

El punto actual que hecha luz a estas creencias es que: “Los fenómenos térmicos son de orden físico en los que no cambia la naturaleza de la sustancia involucrada, mientras que en la combustión, se produce un cambio químico, una reacción exotérmica por la cual se transforman una sustancias en otras”². En pocas palabras confundían fenómenos físicos asociados al calor con el fenómeno de la combustión.

Una obra influyente fue publicada en 1732, llamada *Elementa Chemiae* de Boerhaave, profesor de botánica, medicina y química de Leiden, en ella adhiere a la concepción sustancialista, distinguiendo corpúsculos de fuego, encargados de transmitir movimiento, agitación, así el calor es el movimiento vibratorio del fuego y realiza la diferenciación entre el fuego asociado al calentamiento y el vinculado a la combustión.

Calor y Calorimetría

Las ideas de Boerhavee, sobre el calor dominan las décadas centrales del S. XVIII, pero no constituyeron una guía para el trabajo experimental, que se desarrolló al margen de esas ideas.

El desarrollo de los estudios cuantitativos sobre el calor provino de la denominada “escuela escocesa” El primer representante fue William Cullen (1710 – 1790), profesor de medicina y química de Glasgow y Edimburgo, al igual que Boerhaave y es justamente siguiendo a este por lo cual le otorga al fuego un papel importante en el cambio químico, estudiando las reacciones en las que se producían desprendimiento o absorción de calor. Su teoría decía que cuando en una combinación entre un sólido y un líquido se liberaba calor, se producía una condensación, una agrupación más estrecha de átomos, lo contrario sucedía en la rarefacción que requería de consumo de calor esto ocurría así mismo en los cambios de estado.

Joseph Black (1728 – 1799), fue discípulo de Cullen en Glasgow, en la segunda mitad de la década de 1750 realiza importantes experiencias sobre la materia y llega a importantes resultados de lo que denominó calor latente y de la diferente capacidad para el calor de las diferentes sustancias, así dijo que el calor no se distribuye en ellas en

¹ Solís, C.; Sellés. M.; (2004) Historia de la Ciencia p. 508.

² Solís, C.; Sellés M.; (2004) Historia de la Ciencia p 631.

proporción a su densidad ni a su volumen sino en función de características propias de los materiales.

Black, no adhería públicamente a ninguna de las dos visiones a cerca de la naturaleza del calor, aunque en privado lo hacía adhiriendo a la visión sustancialista.

El calor latente de fusión del agua fue descubierto independientemente de Black, por Johan Carl Wilcke, profesor de Física experimental en la Academia Militar de Estocolmo, dándolo a conocer en 1772.

William Irving (1743 – 1787) fue otro discípulo de Black, vincula la capacidad para el calor con el calor latente, pero sus ideas no prosperan.

El estado vaporoso y el calórico

Con la invención del barómetro y la máquina neumática se puso de manifiesto la gran elasticidad del aire. En las cuestiones de óptica, Newton adjudica esa elasticidad no solo al aire sino a un estado de la materia.

En 1727 Stephen Hales y luego Desagulies toman la idea de Newton y realizan publicaciones.

Anne Robert Jacques Turgot (1721 – 1781), en el artículo “Expansibilite” redactado para la Encyclopédie de Diderot, reconoce la expansibilidad, propiedad elástica de las sustancias aeriformes de expandirse sin límites en estado de vapor, que era causada por el fuego unido a ella.

Los trabajos de Hales y Turgot influyeron en el químico Antoine Laurent de Lavoisiere (1743 – 1794), que era sustancialista y creía que la “materia fuego” era un fluido elástico sutil capaz de permear los poros de todos los cuerpos y que tendía a repartirse por ellos. Ideas que sostuvo desde 1772, pero que las presenta cinco años después a la Academia de Ciencias, es en ese mismo año que emprende una serie de investigaciones junto con el físico Pierre Simón de Laplace (1749 – 1827).

Los trabajos conjuntos culminan en “Memoire sur la Chaleur” leída en la Academia en 1783, donde afirman que independientemente de las dos concepciones sobre la naturaleza del calor, la conservación del calor es común en ambas. Luego discuten el método de las mezclas para determinaciones de calores específicos y mostrando las limitaciones del método proponen el calorímetro de hielo ideado por Laplace.

El termino “calórico” empleado en los círculos lavoisieranos para designar a la materia del calor. Fue presentado en 1787, cuando Lavoisiere y sus colegas propusieron una nueva nomenclatura química.

Así el calor adopta el rango de sustancia química, pero sus características que debían dar cuenta de los diferentes fenómenos distaban de estar claras.

El debate se extendió hasta la segunda década del S. XIX y enfrentó las posiciones de Black y Lavoisiere que adherían a que el calórico “fijo” o “latente” se encontraba en combinación química con los cuerpos y aquellos que interpretaban al calor como un cambio en la capacidad (idea de Irvine).

Termodinámica, ciencia del siglo XIX

Dentro de la Física, la Termodinámica fue un logro de la segunda mitad del S. XIX, tras una etapa de intensas indagaciones, donde se abandona la visión sustancialista y gana la interpretación mecánica del calor.

Indagaciones o líneas que favorecieron el desarrollo de la termodinámica:

- En el primer tercio del S. XIX, las indagaciones sobre el estudio de los gases, dentro del marco de la teoría del calórico, se cristaliza en el modelo de “gas perfecto”
- Desde la Ingeniería “teórica”, con el estudio de Sadi Carnot a cerca de las máquinas térmicas.
- Trabajos basados en la creencia de la unidad e interconvertibilidad de las “fuerzas” entendidas como agentes causales. De esta línea surge el principio de conservación de la energía que se constituye en una herramienta teórica.

En relación a las máquinas térmicas y a la última línea de investigación, el principio de conservación de la energía se erige en la primera ley de la Termodinámica.

Queda claro desde el inicio de la termodinámica, que esta se ocupa del estudio de los fenómenos térmicos a nivel macroscopio, en la base de esta visión macroscópica como visión microscópica física, es la aportada por la teoría mecánica del calor, que se divide en la teoría Cinética que estudiaba los fenómenos caloríficos desde su interpretación como movimiento molecular y en la teoría de la radiación, aquí tras la unificación de Maxwell entre óptica y electromagnetismo , el calor radiante pasó a considerarse radiación electromagnética de baja frecuencia.

Primera línea de indagación predominio del calórico

La teoría del calórico predominó hasta la segunda década del S. XIX, sustentada en la escuela Laplaciana. La generación de científicos franceses que le siguen a Laplace, abandona esta teoría, como no existía una clara alternativa a ella por lo que entre los físicos se descrea de la sustancialidad del calor.

La transición o el paso definitivo de la visión de sustancialidad a la cinética produce la Teoría ondulatoria del calor radiante, que explicaba la conservación de la energía y la interconvertibilidad de calor en trabajo mecánico, esto basado únicamente en la visión cinética o mecánica del calor.

Benjamín Thompson, conde de Rumford, publica en 1798 lo que sería un golpe crucial a la teoría del calórico, una experiencia de generación de calor por fricción, como él era director del Arsenal Militar de Munich, notó la gran cantidad de calor que se desprendía al taladrar un cañón, calor que resultaba tanto mayor cuanto menos afilado estuviera el taladro empleado.

Así a pesar de tener instrumentos a disposición para medir, realizó una experiencia meramente cualitativa, encerrando al cañón en un recipiente con agua, al accionar el taladro esta comenzaba a hervir con el calor generado, el cual parecía inagotable, mientras funcionara el taladro. El agua que se encontraba en el recipiente a las dos horas y veinte minutos elevaba su temperatura a 200°F, y a las dos horas y medias hervía.

La teoría del calórico sugería que el calor se producía en la fricción a expensas del calórico fijado en el metal, pero cuando Thompson mide el calor específico de las virutas arrancadas del metal, encontró que este no había cambiado. De esto concluyó que el calor no podía consistir en sustancia material, sino que debía ser movimiento.

En 1804 publica un trabajo donde suponía que el calor consistía en movimiento vibratorio de las partículas de los cuerpos.

Las ideas del conde de Rumford, se asocian a la teoría ondulatoria de la luz, propuesta por Thomas Young en 1800, quien expone que el calor radiante podía consistir como la luz en una ondulación en el éter.

El ciclo de Carnot

Sadi Carnot (1796 – 1832), hijo de Lazare Carnot, publicó en 1824 unas *Reflexions sur la puissance motrice du feu*, en esta obra señalaba que todas las máquinas accionadas mecánicamente podían ser analizadas con todo detalle, cosa que no sucedía con las máquinas de vapor.

El propósito que perseguía era la formulación de una teoría general de las máquinas térmicas, para esto partió de una analogía con las máquinas hidráulicas, y dijo que del mismo modo en que una caída de agua movía una rueda de paletas el calórico caería en las máquinas térmicas entre dos focos a diferente temperatura, produciendo trabajo mecánico.

Siguiendo los trabajos de su padre sobre la máxima eficiencia de una máquina hidráulica, lo mismo propuso para las máquinas térmicas: el calor no debía fluir innecesariamente entre el foco caliente y el frío, lo que implicaba prevenir cualquier contacto entre ellos, bastaba con que tuviesen una diferencia de temperatura infinitesimal para que el calor fluya entre ambos.

El foco caliente representaba la caldera y el frío el condensador de Watt y la potencia motriz producida por la sustancia de trabajo (agua y su vapor, en las máquinas de vapor) era independiente de la naturaleza de dicha sustancia, dependía solo del transporte de calórico (lo que hoy se conoce como principio de Carnot).

Una consecuencia importante que Carnot extrajo de sus estudios fue que la diferencia entre los calores específicos a P y a V constante era la misma para todos los gases en idénticas condiciones termodinámicas (P, V y T).

En cambio otros resultados de Carnot tuvieron que reformularse, cuando se vio que el calor no se conservaba, convirtiéndose parte de este en trabajo.

Si se aceptaba la conservación del calórico, entonces el proceso que llevaba de una gas desde unas condiciones iniciales a otras finales de P, V y T, dependía solo de la diferencia de T entre los estados inicial y final y del calor específico al margen de las variaciones particulares de P y V sufridas durante el proceso. Más tarde se vería que el calor intercambiado durante dicho proceso depende de estas variaciones es decir del camino seguido en la transformación.

El estudio de Carnot se fundamentaba por un lado en la ingeniería y por otro en la teoría del calórico aceptada en esa época que suponía su conservación. Pero más tarde se desprende de sus manuscritos que dudó de tal conservación llegando a pensar que lo que se conservaba en la naturaleza era el poder motriz que cambiaba de forma convirtiéndose así el calor en trabajo mecánico, formuló así un enunciado del principio de conservación de la energía, que se establecería definitivamente a mediados del siglo.

El libro de Carnot paso bastante inadvertido por un tiempo debido a que una máquina ideal no tenía mucho atractivo para los ingenieros que buscaban resolver problemas más prácticos e inmediatos que resolver.

En 1834 el ingeniero Emile Clapeyron (1799 – 1864), recuperó las ideas de Carnot formulándolas analíticamente.

Los Principios de la Termodinámica

Esta se fue estructurando en base a dos principios generales y macroscópicos, el primero es el de conservación de la energía y el segundo el de su degradación.

La conservación de la energía está asociada a la interconvertibilidad entre sus distintas manifestaciones y considerándose actualmente el calor como flujo de energía, como una “energía en tránsito”, queda claro que el principio es posible renunciando a la concepción sustancialista.

El segundo principio marca una direccionalidad en los procesos, en el sentido de que todos los procesos naturales son irreversibles nunca se ha visto que llueva hacia arriba o que algo roto se recomponga espontáneamente o que en una cascada el agua suba.

La conservación de la energía

Hacia mediados del siglo XIX, diferentes factores habían confluído hacia la idea de la conservación de la energía, por esto se piensa que este principio fue establecido de una manera independiente pero simultánea por diferentes científicos.

Algunos factores visibles que contribuyeron fue la generación de calor y electricidad por fricción, las relaciones entre electricidad y magnetismo, la identificación del calor radiante con la luz, etc.

Los autores más destacados fueron Faraday, el médico Julios R. Mayer (1814 – 1873), el físico británico James P. Joule (1818 – 1889).

Mayer, realizó trabajos en biología, realizando sangrías a la tripulación de un barco en 1840, pero como su formación en matemática y física era mala, no logró que entendieran sus trabajos cuando quiso publicarlos en revistas alemanas especializadas de la época.

Otro fue el camino de Joule, que realizó sus trabajos en el campo de la ingeniería de los insipientes motores eléctricos, desde ahí se interesó por los efectos térmicos de la corriente eléctrica. En 1840 encontró que cuando se hacia pasar una corriente por un alambre el calor generado en este era proporcional a su resistencia y al cuadrado de la intensidad de la corriente, más tarde comprobó que esta ley también se cumplía en el caso de conductores líquidos.

En 1843 publicó un trabajo “On the caloric Effects of Magneto – Electricity, an on the Mechanical Value of Heat”, en el que mostraba que en las máquinas térmicas el trabajo mecánico, se convertía en calor y donde determinaba experimentalmente el valor de su equivalente. De todas sus experiencias el más conocido fue el publicado en 1850, en el usa el trabajo mecánico de una rueda de paletas para calentar agua por fricción.

En 1847 en un artículo titulado “Uber die Erhaltung der Kraft” (sobre la conservación de la fuerza) Hermann Von Helmholtz, presenta el principio de conservación de la energía en términos matemáticos. Para esto parte de la imposibilidad del movimiento perpetuo argumentado por Carnot y Clapeyron y formula: la cantidad de trabajo obtenida cuando un sistema de cuerpos cambia de posición bajo la acción de fuerzas centrales es la misma que se necesitaría para restaurar el sistema a su estado original, independientemente del camino seguido en ambos estados.

Luego iguala el trabajo a la fuerza viva y si el Trabajo se expresa como:

$$m \cdot g \cdot h$$

siendo h la altura de un cuerpo de peso $m \cdot g$ con respecto a un cierto nivel de referencia y en la caída de dicho cuerpo con la aceleración g se alcanza una velocidad:

$$v = (2 g h)^{1/2}$$

$$\text{Se tiene que: } m g h = \frac{1}{2} (m v^2)$$

Así el trabajo de un sistema depende de su posición.

En la interpretación de Helmholtz el potencial que solo era considerado una función matemática de la posición de la que se derivaban las fuerzas pasa a cobrar el sentido de trabajo “almacenado” en un sistema en virtud de su posición. Si ese trabajo se “consume” total o parcial se produce una equivalente variación en la fuerza vital total del sistema, de esta forma el trabajo no se crea ni se destruye, solo se transforma. Llama a esto “principio de conservación de las fuerzas”.

El consideraba a lo que luego sería la Energía Potencial como la suma de unas “fuerzas de tensión”, entendidas como el producto de la correspondiente intensidad de la fuerza central por un desplazamiento elemental entre las posiciones inicial y final del sistema, de acuerdo al principio en un sistema la suma de las fuerzas de tensión y las fuerzas vivas se mantenía constante.

Luego Helmholtz generaliza este principio a otros campos como calor, electricidad, magnetismo, lo que suponía una visión reduccionista hacia la mecánica. El trabajo de Helmholtz, fue solo teórico.

Al generalizar el principio, el calor de las reacciones químicas podía asimilarse a una fuerza viva generada por las fuerzas de afinidad, reinterpretadas como fuerzas de tensión en el cambio de configuración producido entre el estado inicial y final de la reacción. Así el calor de reacción solo dependía del estado inicial y final y no de los pasos intermedios seguidos en la reacción.

Aclaración

Lasare Carnot, en su “Essai sur les machines en general” (1783) manifestaba que había dos formas de contemplar la mecánica:

- Como una teoría de fuerzas, entendida como las causas que imprimen o modifican los movimientos.
- Como la teoría de los movimientos mismos.

Entre las dos posturas se instala un debate a cerca de la medida de las fuerzas, que se conoce como la polémica de las fuerzas vivas.

En 1684, Sottfried Wilhelm Leibnitz (1646 – 1716), propone medir la fuerza de un cuerpo debido a su movimiento, como el producto de la fuerza por la masa por el cuadrado de su velocidad.

$$f = M \cdot V^2$$

Según Galileo el “ímpetu” adquirido por un cuerpo que cae libremente desde una determinada altura, es el mismo que se requería para elevarlo desde el suelo a dicha altura, la cual es proporcional al cuadrado de la velocidad con la que el cuerpo llega al suelo.

Frente a la velocidad que un cuerpo puede comunicar a otro Leibnitz optó por tomar como medida de su fuerza la altura a la que podía elevarlo. El producto $M \cdot V^2$, lo llamó fuerza viva, se conservaba en todos los casos.

La Entropía

Thomson publica en 1849, un artículo donde expresa sus dudas respecto del ciclo de Carnot, sustentadas en su creencia de la conservación de las fuerzas vivas.

Sus dudas eran:

- La interconvertibilidad entre calor y trabajo mecánico, (no creía que el calor se convirtiera en trabajo).
- Las máquinas reales no alcanzaban la eficiencia de la máquina de Carnot, el casi límite la conducción de calor en un sólido, era una máquina térmica de rendimiento nulo por que la transferencia de calor no parecía producir ningún trabajo mecánico ¿qué sucedía con el trabajo que una máquina más eficiente hubiese producido en este caso?

Es en este artículo donde aparece por primera vez la palabra TERMODINÁMICA.

Las dudas de Thomson fueron disipadas al año siguiente por el físico prusiano afincado en Berlín, Rudolf Clausius (1822 – 1888), en el artículo que publica reconcilia a Joule con Carnot y propone, basándose en la concepción dinámica del calor dos principios:

- En el primero admitía la interconversión trabajo y calor.
- En el segundo, supone que en una máquina térmica se genera trabajo gracias a una transferencia de calor entre los dos focos, pero el trabajo producido corresponde a la transferencia de una parte de calor transferido. Ambos procesos tendrían lugar de forma simultánea y estarían cualitativamente relacionados.

La prueba de este segundo principio se considera la primera formulación del segundo principio de la termodinámica.

Supuso dos máquinas térmicas A y B que funcionaban entre los mismos focos, que trabajaban con sustancias distintas, de modo que en la transmisión de una determinada cantidad de calor una producía más trabajo que la otra. Si este trabajo se aplicaba a la B para extraer calor del foco más frío, hacia el caliente entonces el resultado neto de la acción combinada de ambas máquinas, es una transmisión de calor del foco frío al caliente, en contra de la bien constatada tendencia del calor de pasar de los cuerpos calientes a los más fríos.

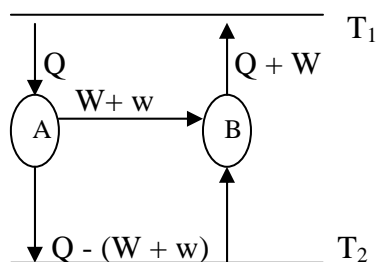


Gráfico -1: Solís y Sellés)

La máquina A, toma el calor Q del foco caliente, convierte la parte $(W + w)$ en trabajo (siendo W el trabajo que produciría la B) y cede el resto, $Q - (W + w)$ al foco frío

El trabajo $(W + w)$ se aplica a la máquina B, que trabajando normalmente tomaría el calor Q del foco produciendo el trabajo W , pero al trabajar inversamente restaura al mismo no solo el calor Q tomado por la A, sino además una cantidad adicional correspondiente a la diferencia w , entre el trabajo de ambas máquinas. El trabajo neto es nulo, porque todo el producido por A se consume en B, sin embargo el resultado es el paso de una determinada cantidad de calor del foco frío a la T_2 , al caliente a la T_1 .

En 1850 William Ranking (1820 – 1872), ingeniero escocés, toma los resultados de Clausius, los aplica a la materia desde la concepción mecánica, habla de “vórtices moleculares”, en el modelo conocido se consideraba a los átomos rodeados por una atmósfera elástica y autorrepulsiva que sería atraída por ellos, estas atmósferas serían vorticiales.

Así Ranking publica trabajos sobre termodinámica en 1851 y 1855.

En el primero reformula el segundo principio de Clausius: si el calor transmitido del foco frío al caliente como resultado del funcionamiento de las dos máquinas de Carnot, se aplicase a una tercera máquina esta produciría trabajo a expensas del foco frío. Tal dispositivo constituiría lo que se ha llamado “un móvil perpetuo de segunda especie” que suministraría trabajo simplemente enfriando un cuerpo por debajo de la temperatura de su medio ambiente.

En 1852 Thomson publica un importante trabajo titulado “On a Universal Tendency in Nature to the Dissipation of Mechanical Energy”, en el decía que en las transformaciones reversibles el cuerpo o sistema termodinámico puede retomar a su estado inicial y el camino recorrido en la transformación puede describirse en ambos sentidos. Pero en la naturaleza los procesos son irreversibles y aunque se siga cumpliendo la conservación de la energía existe una disipación de esta de tal manera que no se puede restaurar.

De esta degradación se deduce que no se podría habitar, la tierra indefinidamente, por lo tanto el universo entero se hallaría abocado a la “muerte térmica”, ya que al

degradarse la energía se extinguiría, su energía potencial, cesaría el movimiento y se igualarían las temperaturas dejando de producirse los procesos. Este aspecto importantísimo, fue visto por Ranking, Helmholtz y Thomson.

En un artículo publicado en 1854 y empleando las nuevas temperaturas absolutas (la actual), Thomson encontró que en el ciclo de Carnot en donde se toma el calor Q_1 a la temperatura del foco caliente T_1 y se cede calor Q_2 a la temperatura del foco frío T_2 , se cumple que:

$$Q_1 / Q_2 = T_1 / T_2$$

si se toma como positivo el calor absorbido y negativo el calor cedido, la expresión se convierte:

$$(Q_1 / T_2) + (Q_2 / T_2) = 0.$$

Thomson adopta este resultado como la expresión matemática del segundo principio.

En 1854 Clausius publica un artículo en el que adopta también la formulación matemática del segundo principio y en 1862 introduce el concepto de disgregación de un cuerpo para representar el grado de dispersión de las partículas. Debido a que el calor tiende siempre a debilitar las conexiones entre las partículas, lo definió al término como una tendencia a la disgregación, gracias a la cual el calor realiza trabajo.

En 1865 señala que $dS = dQ / T$, es una magnitud que depende solo del estado del sistema y no del camino seguido para alcanzarlo.

A, S la llama ENTROPÍA y la expresa como suma de dos integrales:

- La primera $\int dH/T$ dependería solo de T, representando el incremento interno.
- La segunda $\int dZ$, la disgregación, dependiente de las partículas del cuerpo y responsable del trabajo interno y externo.

Siguiendo a Thomson aplica ambos principios de la termodinámica al Universo enunciando:

- el primero como “La Energía del Universo es constante” y
- el segundo como “La Entropía del Universo tiende a un máximo”.

Estadística y Entropía

En un primer momento a los dos principios de la termodinámica se les concedió la condición de leyes absolutas, pero en una carta fechada a fines de 1867 James Clerk Maxwell (1831 – 1879), sugiere que la validez de la segunda ley era solo estadística, para lo cual realiza una demostración, que se conoció como “diablillo de Maxwell”

En 1872 Ludwig Boltzmann (1844 – 1906), publica un artículo que continúa la idea de Maxwell.

La interpretación estadística del segundo principio, lleva a plantear la “paradoja de la irreversibilidad”, su formulación se atribuye a Josef Loschmidt (1821 – 1895), en 1876.

La idea era que el segundo principio no podía ser probado mecánicamente, entonces se supone un sistema que en un momento inicial sufre variaciones que hacen aumentar su entropía. Trascurrido un lapso de tiempo, el sistema se halla en un determinado estado. Considérese ahora que este estado es el inicial pero invirtiendo el sentido de las velocidades de todos sus elementos. Al transcurrir el mismo lapso de tiempo, el sistema recorrerá todos los estados anteriores, pero en orden inverso. Al cabo de dicho intervalo la entropía habrá disminuido en la misma cantidad en que en otro caso había aumentado.

De modo que el crecimiento o decrecimiento de la entropía dependería de las condiciones iniciales, con la curiosa consecuencia de que si se invirtiesen las

velocidades de todos los puntos materiales del Universo, este retrocedería a través de su historia.

La idea de la probabilidad estadística aplicada a la termodinámica, la desarrolló en 1877, Boltzmann, para esto supone un sistema con un determinado número de moléculas y una determinada cantidad total de energía que se reparte entre ellas. A cada una de las posibles maneras en que dicha energía podría repartirse entre las moléculas las denominó “compleción”, siendo todas las compleciones igualmente probables. La probabilidad de un estado macroscópico dado sería proporcional al número de compleciones o micro estados correspondientes a dicho estado macroscópico (que cierto número de micro estado corresponden a la misma situación macroscópica se puede ver considerando, por ejemplo que la presión de un gas depende del número de moléculas con más velocidades determinadas, pero no de que moléculas individuales poseen estas velocidades). Boltzmann mostró que, si se denomina W a dicho número de micro estados y S es la Entropía del sistema se cumple que, $S = k \log W$, en donde k , es la constante de Boltzmann. A W se la denomina “probabilidad termodinámica” del sistema y es máxima, al igual que la Entropía, en el estado de equilibrio.

El aumento de Entropía es así una consecuencia de la tendencia de dicho sistema a pasar de estados menos probables a estados más probables.

La Físicoquímica

Se configura como disciplina en 1887, de la mano de Wilhemlm Osrwald (1853 – 1932), Jacobus Van't Hoff (1852 – 1911) y Svante Arrhenius (1859 – 1927), comprende el estudio de fenómenos comunes a física y a química y los principales campos de indagación con los que surge, son:

- Termodinámica química: aplicación de la termodinámica a las reacciones químicas.
- Estudio de soluciones, vinculado a la electrólisis.
- Estudio de las propiedades ópticas.
- Espectroscopia, relacionado a estudios de estructura atómica y enlace químico.

En una primera etapa el estudio de las reacciones se había vinculado hacia la determinación de los productos de los diferentes reactivos, esto tiene un giro en la etapa de la fisicoquímica, en donde el interés se centra en las condiciones que hacen posible la reacción y las velocidades con que se efectuaba.

Otro investigador que contribuyó al desarrollo de la termodinámica química fue Williard Gibbs (1839 – 1903), que publicó en 1876 – 1878, un trabajo sobre el equilibrio en sustancias heterogéneas, en el que presentó lo que hoy es conocido como “regla de las fases”: si G son los grados de libertad de un sistema que contiene C componentes y F fases entonces: $G = C - F + 2$.

Así por ejemplo, para un sistema compuesto solo por agua, en el que coexisten las fases hielo, líquido, y vapor, $G = 1 - 3 + 2 = 0$, $G = 0$, lo cual quiere decir que el sistema así constituido solo puede subsistir a una temperatura y presión determinadas. Pero si las fases fueran dos, de líquido y vapor, $G = 1$, de modo que el conjunto puede subsistir a diferentes temperaturas, pero dada la temperatura, la presión estaría determinada.

Comentario

Como puede apreciarse por la evolución histórica del pensamiento, la termodinámica química, arrastra una fuerte tradición física, así se abordan las condiciones en que se producen las reacciones desde un enfoque macroscópico. Bien vale la pena para todos aquellos estudiantes que transitan por la Química básica, visualizar el tema desde una visión más sesgada a lo submicroscópico, como forma de continuar con la génesis de evolución del pensamiento y no quedar acotado en una determinada época de la ciencia y además por que es una visión más adecuada a la química.

ANEXO II

TENDENCIAS EN LA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA

TENDENCIAS EN LA ENSEÑANZA UNIVERSITARIA EN EL TEMA PARTICULAR DE TERMODINAMICAQUÍMICA

¿Qué se observa en los libros de texto de circulación universitaria?

Se presenta un breve análisis del tratamiento del tema en textos de Química General, con los que se trabaja en primer año del nivel, dichos textos están citados como bibliografía en el programa de la cátedra, a excepción de Moore J.W., Davies W., Collins R.

Autor: Chang Raymond	Título: Química
Año y Edición 1995, cuarta	Editorial: Mc Graw Hill, México.
Capítulo y N ^o de página: 6, 217 a 257	Título del Capítulo: Termoquímica
<u>Secuencia temática</u>	<u>Enfoque</u>
6.1 Algunas definiciones Sistema, Sistema abierto, cerrado y Aislado. Definición de energía Energía térmica, química, potencial. Ley de conservación de la energía.	Tradicional: capacidad de producir trabajo.
6.2 Cambios energéticos en las reacciones químicas.	Macroscópico: reacción es el sistema, que libera o absorbe energía al entorno.
6.3 Entalpía La química en acción: Velas, mecheros y Sopletes.	Macroscópico: calor, presión ,temperatura
6.4 Calorimetría Calor específico y capacidad calorífica Calorimetría a volumen constante Calorimetría a presión constante La química en acción: Valores Energéticos de los alimentos y otras Sustancias.	Macroscópico, medición de los cambios de calor
6.5 Entalpía estándar de formación y de reacción. Ley de Hess	Macroscópico: cambio de calor
6.6 Calor de solución y de dilución La química en acción: autodefensa del escarabajo bombardero Calor de disolución Calor de dilución	Macroscópico: absorción o liberación de calor
6.7 La primera ley de la termodinámica La química en acción: Compresas Instantáneas frías y calientes. Estado de un sistema. Primera ley Trabajo y calor Entalpía	Macroscópico Macroscópico, sistema y entorno Macroscópico, P constante, efecto sobre el medio

Resumen	
La química en acción; Fabricación de nieve e inflado de una llanta	
Ejemplo de química aplicada, la cal	
Palabras claves	
Ejercicios	

Autor: Chang Raymond	Título: Química
Año y edición 1995, 5ta.	Editorial: Mc Graw Hill, México
Capítulo y n ^o pág.: 18; 746 a 775	Título del capítulo: Entropía, Energía Libre y Equilibrio
<u>Secuencia temática</u> 18.1 Procesos espontáneos y entropía Procesos espontáneos Entropía 18.2 Segunda Ley de la termodinámica. Cambios de entropía en el sistema Cambios de entropía en el entorno Tercera Ley Secuencia 18.3 La energía libre de Gibbs Calculo de los cambios de energía libre La temperatura y las reacciones químicas 18.4 Energía libre y equilibrio químico	<u>Enfoque</u> Macroscópico, desde P,T, y concentración, predecir si una reacción será espontánea o no Tratamiento desde consideraciones de probabilidad $P = (1/2)$ y $(1/2) \times (1/2)$ Sistémico y macro. Menciona el movimiento molecular del entorno en general. Sistémico desde T, efecto de T en reacciones para que se descomponga o produzcan compuestos. Efecto de T, en el sistema a P constante.
Química en Acción: La termodinámica de una banda de hule La eficiencia de los motores térmicos	Macro
Resumen	
Ejemplo de química aplicada La reacción de intercambio	
Ejercicios	

Autores: Atkins P.; Jones L.	Título: Química. Moléculas, Materia, Cambio
Año y edición: 1998, tercera	Editorial: Omega S.A. ,Barcelona
Capítulo y N ^o de páginas: 6, 188 a 225	Título del capítulo: Termoquímica: El fuego interno
<p>Secuencia temática Energía, calor y Entalpía</p> <p>6.1 La transferencia de energía en forma de calor. Energía, Calor, temperatura, Ley de Conservación de la energía</p> <p>6.2 Procesos exotérmicos y endotérmicos</p> <p>6.3 La medida del intercambio de calor Unidades, Calorimetría</p> <p>6.4 Contabilidad térmica: La entalpía</p> <p>6.5 Vaporización</p> <p>6.6 Fusión y Sublimación</p> <p>6.7 Curvas de calentamiento</p> <p>LA ENTALPIA DEL CAMBIO QUÍMICO</p> <p>6.8 Las entalpías de reacción</p> <p>6.9 Las entalpías estándar de reacción</p> <p>6.10 Combinación de entalpías de reacción: Ley de Hess</p> <p>Los Recursos Energéticos Mundiales</p> <p>Caja de Herramientas: Cómo diseñar una secuencia de reacciones para obtener la entalpía global de una reacción</p> <p>El calor cedido por las reacciones</p> <p>6.11 Las Entalpías de combustión</p> <p>Alimentación y Forma Física</p> <p>6.12 Las Entalpías Estándar de Formación</p> <p>Caja de herramientas: Utilidad de las entalpías estándar de formación.</p>	<p>Enfoque</p> <p>Tradicional</p> <p>Macroscópico</p> <p>Macroscópico, calor, P.</p> <p>Macroscópico</p> <p>Macroscópico</p>
Destrezas que deben haberse adquirido: Conceptos, resolución de problemas, Descriptiva	Macroscópico
Ejercicios	

Autores: Whitten K., Gailey K., Davis R.	Título: Química General
Año y edición.:1994, tercera	Editorial: Mc Graw Hill, España
Capítulo y N ^o de páginas: 15, 430 a 466	Título del capítulo: Termodinámica química
Secuencia temática 15.1 La primera ley de la termodinámica 15.2 Algunos términos termodinámicos Sistema, P, T, E, 15.3 Cambio de energía interna 15.4 Calorimetría 15.5 Cambio de Entalpía 15.6 Entalpías molares estándar de formación 15.7 Ley de Hess 15.8 Energías de enlace 15.9 El ciclo de Born-Haber 15.10 La segunda ley de la termodinámica 15.11 Entropía la tercera Ley 5.12 Cambio de Energía libre	Enfoque Macroscópico, sistémico Macroscópico Macroscópico, sistémico Macroscópico, P Grado de desorden. Macroscópico.
Glosario de términos importantes	
Ejercicios	

Autor: Prof. Qco. Bene J.L.	Apuntes de Clase 2003- 2004
Título: Termoquímica	Asignatura Química General
N ^o de páginas 1 a 26	Unidad:
Secuencia temática 1. Introducción 2. Ley de conservación de la energía 3. Primer principio de la termodinámica 4. Trabajo 5. Calor, unidades 6. Entalpía 7. Calores de reacción a volumen y presión constante 8. Ecuaciones termoquímica 9. Calor de formación 10. Calor de combustión 11. Leyes de la termoquímica. 12. Influencia del estado físico 13. Calores de disolución y de dilución 14. Calor de neutralización 15. Energías de enlace 16. Determinación experimental de lo calores de reacción, calorimetría	Enfoque Capítulo 2 Calor, trabajo, sistema Capítulo 3 Macroscópico Capítulo 4 Macroscópico, P, V Capítulo 5 Macroscópico Capítulo 6 Macroscópico

Autores: Moore J.W., Davies W., Collins R.	Título Química
Año y edición: 1981	Editorial: Mc Graw Hill, Bogotá Colombia
Capítulo y N ^o de páginas: 14, 355 a 377	Título capítulo: Termodinámica: Átomos, moléculas y energía.
<p><u>Secuencia temática</u> Realiza una introducción, donde aclara</p> <p>14.1 Capacidades caloríficas Capacidad calorífica y cambios Microscópicos</p> <p>14.2 Energía interna</p> <p>Términos termodinámicos y Convenciones: Sistema. Estado inicial y Final Convención delta. Energía Calorífica.</p> <p>14.3 Entalpía Funciones de estado Presión normal</p> <p>14.4 Entalpías de enlace Entalpías de enlace y reacciones Exotérmicas o endotérmicas</p> <p>14.5 Los combustibles fósiles y la crisis Energética. Fotosíntesis. La crisis energética</p>	<p><u>Enfoque</u> .. “es probable que nos sorprendiéramos ante el fenómeno de la absorción o liberación de la energía calórica al cambiar los átomos y moléculas de posición y estructura durante una reacción química, pero todavía no habíamos desarrollado las teorías de enlace químico, la estructura molecular, fuerzas intermoleculares y movimiento molecular para poder dar una explicación satisfactoria. Ahora estamos preparados para investigar que le sucede a las moléculas cuando la materia absorbe o libera energía...Al mismo tiempo comenzaremos a apreciar cuales son los factores moleculares que contribuyen para que una reacción sea exotérmica o endotérmica”</p> <p>Macroscópica. Microscópico, movimiento de traslación, vibración, rotar.</p> <p>Microscópico, se define en términos moleculares; energía cinética y potencial de los electrones, energía electrónica traslacional, rotacional y vibracional; energía potencial.</p> <p>Macroscópico, aclara que “generalmente se puede medir el cambio en la energía interna que acompaña a un cambio físico o químico sin tener incluso la más ligera idea de lo que está sucediendo a nivel molecular”.</p> <p>Macroscópico. Aclara “..la entalpía incluye no solamente la energía total de las moléculas en el sistema sino también la energía potencial de la atmósfera fuera del sistema. Con frecuencia usamos la Entalpía por razón de su conveniencia más que por su significado molecular”</p> <p>Microscópico. Energías de enlace, enlaces rotos, enlaces formados. Polaridad.</p>
Resumen	
Preguntas y Problemas	

Autores: Moore J.W., Davies W.G.,Collins R.W.	Título: Química
Año y edición: 1981	Editorial: Mc Graw Hill, Bogotá , Colombia
Capitulo y N ^o de página. 15, 378 a 404	Título del capítulo: Entropía y reacciones espontáneas
<p><u>Secuencia temática</u></p> <p>Introducción</p> <p>15.1 Procesos espontáneos y probabilidad molecular. Átomos, moléculas y probabilidad. Velocidades en los procesos Espontáneos.</p> <p>15.2 Probabilidad termodinámica y Entropía. Probabilidad termodinámica W. Segunda ley.</p> <p>15.3 Familiaridad con la entropía Dependencia de S con T, P y n Dependencia de S de la estructura Molecular. Restricciones en el movimiento de átomos y moléculas. Masa de átomos y moléculas. Algunas tendencias en los valores de entropía. Sólidos, líquidos y gases. Complejidad molecular. Fuerza de enlace. Cambios de entropía en reacciones gaseosas. Entropía, azar y desorden. Medida de la entropía.</p> <p>15.4 Incluyendo el medio ambiente El cambio de Entalpía. El cambio de entropía. La temperatura.</p> <p>15.5 Energía Libre</p> <p>15.6 Nueva incursión en las constantes de equilibrio</p>	<p>Enfoque ..“Indicaremos en particular que clases de procesos atómicos y moleculares ocurrirán espontáneamente”..</p> <p>Microscópico.</p> <p>“Se define W, como el número de ordenamientos microscópicos alternativos, que corresponden al mismo estado Macroscópico”...</p> <p>Macroscópico Microscópico</p> <p>Macroscópico</p> <p>Macroscópico</p>
Resumen	
Preguntas y problemas	

ANEXO III

INVENTARIO DE RESPUESTAS ANTECEDENTE

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL-FACULTAD DE BIOQUÍMICA Y CS BIOLÓGICAS- CARRERA BIOQUÍMICA
 INVENTARIO DE RESPUESTAS DEL PRIMER GRUPO DE ALUMNOS ENCUESTADO

MUESTRA: 26

Pregunta ¿Cómo justificas que se libera calor en esta reacción de combustión?

Nº	EDAD	SEXO	Año ingreso	Año en cursado	Título sec.	Trabajo	Respuesta
1.	23	F	1998	5 ^o	Bach. Informática	no	Por la ruptura de enlaces entre moléculas, se libera energía que se libera como calor Sobre todo el enlace entre oxígenos que es muy fuerte (pero no estoy segura)
2.	22	F	1998	5 ^o	Bach. Mercantil	no	Porque la reducción a O ₂ es una reacción →
3.	25	F	1997	5 ^o	Perito mercantil	no	Es una reacción exotérmica genera calor O ₂ + combustible
4.	30	F	1991	5 ^o	Perito mercantil	No Cont.	Hay una transformación química por la presencia de O ₂
5.	22	F	1999	5 ^o	Bach. En Ad Contable	no	La combustión de los compuestos de carbono se produce por una reacción exergónicas (liberación de energía que se pierde en forma de calor)
6.	27	M	1995	5 ^o	Técnico electromecánico	no	Porque los gases, sus moléculas, generan reacciones cinéticas, donde hay choques entre ellas, lo cual genera aumento de temperatura
7.	23	M	1999	5 ^o	Técnico químico	no	Es una reacción de combustión exotérmica, donde se está quemando un gas inflamable el gas se encuentra comprimido (moléculas muy juntas). Cuando se libera y se oxidan y se quema con una chispa se produce un de entalpía que libera calor. Lo que calienta el agua es el calor del fuego producido
8.	25	M	1996	5	Bach Comercial	no	Porque se rompen los enlaces carbono-hidrógeno que son muy fuertes, al hacerlo desprende calor, o sea es una reacción exotérmica, esto se produce porque tanto el Carbono como el hidrogeno tienen mayor afinidad por el O ₂ (dan compuestos más estables)
9.	22	F	1999	5	Bach en informática	no	Es una reacción exotérmica
10.	29	F	1993	5	B. O. D.	no	Debe existir una falla en la zona de aletas de cobre que sirve para mejorar la transferencia térmica
11.	25	F	1996	5	Perito mercantil	no	Por las diferencias de entalpías de los pto es una reacción exotérmica la que se produce
12.	25	F	1996	5	Bach. Fco matemático	Sí secret.	Por la ruptura de enlaces de alta energía y la presencia de calor proporcionado por el fuego que favorece la reacción.
13.	24	F	1997	5	Perito mercantil	no	El calor se libera de la propia combustión o sea del fuego

ANEXO- 3 INVENTARIO DE RESPUESTAS – ANTECEDENTE

14.	23	F	1998	5	Perito mercantil	no	La reacción del O ₂ con el metano es exotérmica por eso al ponerse el contacto se libera calor que es lo que calienta el agua fría
15.	23	F	1998	5	Bach comercial	no	Justifico que se libera el calor porque al ingresar al agua al calefón esta tiene una temperatura menor y a medida que sale esta aumenta de T debido a que ese calor generado en la combustión es captado por el agua, calentándose lo mismo
16.	24	F	1997	5	Perito mercantil	no	Para que comience la reacción se necesita del inicio con una chispa. La llama producida por contacto del gas y el O ₂ del aire proporciona el calor
17.	24	M	1997	5	Técnico químico	Si negocio	Cuando se destruyen los enlaces de carbono del metano o se combinan con él oxígeno, al romperse los enlaces del metano se libera energía en forma de calor en parte y se forma los productos CO ₂ y H ₂ O El romper enlaces de alta energía libera parte de esa energía en calor según las kilocalorías por enlace C-H, 0-0
18.	23	F	1998	5	Orientación pedagógica	No	Porque en la combustión se quema una llama que libera calor y por lo tanto calienta el agua
19.	26	F	1994	5	Bachiller	si	Por es una reacción exotérmica: Por la liberación de calor, con la liberación de átomos de la molécula de metano.
20.	22	F	No contesta	5	Perito	no	No sé
21.	28	M	1994	No contesta	Maestro mayor de obras	no	No sé
22.	24	M	1997	5	Bachiller	no	Porque es una reacción exotérmica que libera calor
23.	26	F	1994	No contesta	Bachiller	no	Por transformación de energía química en calórica Porque es una reacción exotérmica
24.	24	F	1997	5	Bachiller técnico contable impositivo	no	Debido al calor (fuego) de la combustión
25.	25	F	1996	5	Comercial	no	Por es exógeno la reacción libera E
26.	28	M	1997	5	Bachiller	no	Debido a que se trata de una reacción exotérmica

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL –FACULTAD DE BIOQUIMICA Y CIENCIAS BIOLÓGICAS- CARRERA BIOQUÍMICA
 INVENTARIO DE RESPUESTAS DEL SEGUNDO GRUPO DE ENCUESTADO
 MUESTRA: 21

N ^o	Edad	Sexo	Año ingreso	Año en cursado	Título secundario	Trabaja	Respuesta
27	19	F	2003	1 ^o	Bachiller en ciencias biológicas	no	Porque al ver los H ^o f de los productos y reactivos de esta reacción y hallarse su variación esta tiene un signo negativo es decir que son mayores los Hf de reactivos que los Hf de los productos y ese calor “en exceso” es liberado
28	21	M	2003	1	Técnico electrónico	Sí peón de albañil	En la reacción hay ruptura de enlaces y formación de otros que liberan el calor
29	19	M	2003	1	Bachiller	no	El calor que se libera se debe a la ruptura de los enlaces en los reactivos, que al formarse nuevas moléculas, en este caso CO ₂ , H ₂ O, la unión entre sus átomos requiere de menor energía para dichas las moléculas. Por ende sobre una cierta cantidad de calor a la forma de molécula que no necesitan tanta energía para su formación se debe mencionar la energía química almacenada en el comburente. En este caso CH ₄
30	18	F	2003	1	Bachiller con orientación biológica	no	Esta reacción libera calor por un proceso exotérmico que ocurre en el sistema en reacción la energía para la combinación C-O es menor que la del metano. Entonces esa variación de energía se libera en forma de calor
31	19	M	No contesta	1	Técnico en administración de empresas	no	En toda reacción de combustión hay una liberación de calor (exotérmico) Se necesita un poco de energía para que reaccione En este caso es el calor suministrado
32	20	F	2003	1	B.O.D.	no	En todas las reacciones donde se genera combustión se obtiene como producto CO ₂ , agua y calor .En este caso el calor calienta el H ₂ O que pasa por las cañerías dando agua caliente
33	18	F	1	No contesta	Ad. De pequeñas y medianas empresas	no	En toda reacción de combustión se libera calor. En la reacción se libera dióxido de carbono, agua y calor. Reacciona en este caso el gas combustible CH ₄ al tener contacto con el oxígeno. El calor liberado por este proceso calienta el agua fría que ingresa en el calefactor
34	18	F	2003	1	Bachiller comercial	no	Porque la reacción necesita energía (una chispa) para que se produzca la reacción
35	22	F	2003	1	Técnica química	no	En estado gaseoso el metano y oxígeno reaccionan para dar agua y CO ₂ (g) que

ANEXO- 3 INVENTARIO DE RESPUESTAS – ANTECEDENTE

							dan sustancia con menor energía que el CH ₄ (g) y el O ₂ (g) y como la energía no se destruye se libera en forma de calor
36	18	F	2003	No Cont.	Bachillerato mercantil	no	Por el calor de combustión el CH ₄ el CO ₂ al combinarse no libera calor necesita de una energía externa (chispa “fuego”) para que empiece a producirse la combustión, al quemarse el CH ₄ y O ₂ libera el CO ₂ mas vapor de agua y el calor
37	18	F	2003	1	Bachiller con O biológica	no	Libera calor ya que el oxigeno quema el gas para liberar CO ₂ , agua y el calor suficiente y libera calor para ser una reacción exotérmica, ya que se combina con O ₂ (g) del ambiente
38	18	M	2003	1	Tec. En gestión organizacional	no	Se libera calor por la combustión del CH ₄ en atmósfera de oxigeno. Es un proceso exotérmico
39	18	F	2003	1	Bachiller con O Docente	no	Toda reacción de combustión es exotérmica lo que implica un desprendimiento de calor. El desprendimiento se debe a que la energía de los reactivos es mayor que la energía de los productos, por lo tanto al formarse estos últimos hay un exceso de energía que, por la ley de la conservación de la energía, no puede desaparecer y por lo tanto se transforma en calor.
40	18	M	2003	1	Perito mercantil	no contesta	Porque en toda reacción de combustión libera calor al producirse. El calor que quema al CH ₄ no se recupera y tampoco se puede recuperar CH ₄ . Es una reacción directa.
41	18	F	2003	1	Bachiller	no	Si bien en todas las reacciones de combustión se produce una liberación de calor en este caso debido a que las moléculas de CH ₄ cuando entran en reacción con oxígeno rompen sus enlaces para dar CO ₂ y H ₂ O, al romper estos enlaces se produce una liberación de calor.
42	18	F	2003	1	No contesta	no	Toda reacción de combustión libera calor. La combustión es la cantidad de calor liberado al quemarse determinada cantidad de combustible.
43	17	F	2003	1	Bachiller	no	En toda reacción de combustión se libera calor. Pues combustión es el calor liberado cuando se quema un combustible (sust. Orgánica que tiene en su comp. O ₂ , C ₂ o H ₂) dando como producto dióxido de carbono y agua. “ La combustión es un proceso exotérmico”.
44	19	M	2003	1	Técnico químico	no	Se libera calor en esta reacción de combustión ya que para producirla se debe aplicarle energía como una chispa o calor. Y además para la combustión se necesita un carburante, comburente y un combustible.
45	18	No contesta	No contesta	1	Perito en Ind. Lácteos	no	Porque al quemado de este gas en atmósfera de O ₂ implica una reacción exotérmica.
46	20	M	2003	1	Informático Ciencias Biológicas	no	Se libera calor porque cuando se realiza la combustión del CH ₄ ; sus enlaces se rompen, entonces la energía contenida en ellos se desprende.

ANEXO- 3 INVENTARIO DE RESPUESTAS – ANTECEDENTE

							Cota energía sirve para calentar el H ₂ O mediante el calentamiento de la energía de H ₂ O fría.
47	18	M	2003	1	Bachiller FIS. Matemático	no	No sé
48	18	F	2003	1	Perito Mercantil	no	Es un proceso exotérmico, en la ecuación se ve que el calor liberado está del lado de los productos. El gas que se quema dará origen al agua caliente.

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL –FACULTAD DE BIOQUIMICA Y CIENCIAS BIOLOGICAS- CARRERA BIOQUÍMICA
 INVENTARIO DE RESPUESTAS DEL TERCER GRUPO DE ENCUESTADOS
 MUESTRA: 16

Nº	Edad	Sexo	Año ingreso	Año en cursado	Título Sec.	Trabajo	Respuesta
49	19	F	2003	2	Bachiller Mercantil con O. En Comercio Externo.	no	Se libera calor debido a que precisamente es una reacción de combustión, en la que el objetivo es aumentar la temperatura del agua que circula por las tuberías. El calor desprendido en la combustión es “absorbido” por el agua circulante
50	22	F	2000	2	Tec. En ad de empresa	no	Al calentarse el metano libre el dióxido de carbono en forma de gas.
51	19	F	2002	2	Bachiller contable	no	En esta reacción, como todas las reacciones, hay ruptura de enlaces que implican liberación de energía, y formación de enlaces para lo cuales necesaria la absorción de energía. Como la cantidad de energía liberada es mayor a la absorbida, entonces hay liberación de calor neto.
52	19	F	2002	2	Bachiller en Org. Exactas y Biológicas	no	Se libera por la diferencia en los calores de reacción; el AH negativo, expresa que el sistema realiza trabajo para transmitirlo al medio. La molécula de CH ₄ es un hidrocarburo muy reactivo al ponerse en contacto con O ₂ , los enlaces C-H se rompen y se forma H ₂ O (v) +Q
53	19	F	2002	2	Bachiller en Cs. Exactas y Biológicas	no	Para determinarlo en forma más exacta calcularía el delta Hr de la reacción y si me da negativo quiere decir que se libera calor.
54	21	M	2000	2	Técnico Químico	Sí Guardavida	El calor liberado por la reacción se debe a la ruptura de enlaces de los reactivos para formar nuevos enlaces más estables, liberando energía calórica al medio (reacción exotérmica. El CO ₂ (g) más estable que el CH ₄ .
55	21	M	2002	2	Téc. Y Bachiller en alimentación	no	Como la reacción libera calor, es exotérmica. Esto indica que los reactivos tienen más energía que los productos y por ende se libera el exceso de energía bajo la forma de calor.
56	19	F	2000	2	Bachiller	no	El calor se libera porque se rompen enlaces, desprendiendo energía, dando productos estables, por lo cual esta reacción se desplaza a los productos, que como en todo sistema tienden a un estado de menor energía. La reacción es exotérmica, por lo cual es espontánea.
57	19	F	2002	2	Bachiller	no	Se libera calor en la reacción de combustión porque los productos tienen menor energía que los reactivos. Esta diferencia se explica por la ruptura y formación de enlaces. Donde la sumatoria nos da un delta Hr negativo

ANEXO- 3 INVENTARIO DE RESPUESTAS – ANTECEDENTE

58	20	F	2001	2	Bachiller en informática	no	Utilizando los calores de formación de cada compuesto para sacar el calor de reacción, delta H, que debe ser negativo.
59	20	F	2001	2	Bachiller Mercantil con O. En Informática.	Sí Secretaria en Centro de Estética	Estamos frente a una reacción de combustión donde se rompen enlaces para formar un compuesto más estable siempre que se trate de una reacción de combustión va a haber una liberación de calor.
60	19	F	2002	2	Bachiller Humanístico Orientado a com. Social	Sí Instructora de gimnasia aeróbica y musc.	Si pudiera hacer un cálculo, calcularía delta H y si me da menor o verificaría que se libera calor. Físicamente, lo verificado ya que mediante este dispositivo se calienta el agua y el calor sale de esta reacción.
61	19	F	2002	2	Bachiller en Cs. biológicas	no	Porque los productos son mucho más estables que los reactivos, y libera energía.
62	19	F	2002	2	Bachiller	no	Porque es una reacción exotérmica y la energía de los productos es menor que la energía de los reactivos.
63	20	F	2001	2	Bachillerato	no	Porque la “combustión” implica “quemar” por lo tanto siempre va a liberar calor.
64	21	F	2001	2	Técnica agrónoma	no	Como es una reacción de combustión en ellas siempre hay liberación de calor, porque de esa forma se logra obtener un compuesto estable termodinámica

ANEXO IV

**PROGRAMA DE CONTENIDOS
QUÍMICA GENERAL**

FACULTAD DE BIOQUIMICA Y CIENCIAS BIOLÓGICAS

Universidad Nacional del Litoral

PROGRAMA ANALÍTICO DE: QUÍMICA GENERAL

Aprobado por Res. N° 237/01.
Vigente a partir 1er. Cuatr/2001

TEMA I: CONCEPTOS FUNDAMENTALES

Química: Concepto, campo de estudio. Energía: Concepto. Clases y unidades.
Materia: Concepto. Masa, peso, unidades. Ley de Lavoisier. Principio de conservación de masa y energía. Ecuación de Einstein. Propiedades Intensivas y extensivas. Propiedades específicas de la materia: Físicas, Químicas y Organolépticas.
Sistemas materiales homogéneos y heterogéneos. Mezclas. Título, porcentaje y pureza. Sustancia pura. Soluciones. Formas de expresar concentraciones.

TEMA II: ESTRUCTURA ATÓMICA

Elemento químico. Átomo. Naturaleza de los átomos. Partículas elementales.
Electrones: Experiencia de Thompson. Experiencia de Milikan. Rayos positivos, Rayos X. Rayos α , β y γ . Modelo de Rutherford. Neutrones. Número atómico. Experiencia de Mossley. Número másico. Espectros electrónicos. Modelo atómico de Bohr. Visión mecánico-cuántica de los átomos. Números cuánticos. Los estados de energía para átomos polieletrónicos: orbitales atómicos. Configuración electrónica de los átomos. Tabla periódica. Clasificación periódica de los elementos. Número de oxidación. Potencial de ionización y afinidad electrónica. Electronegatividad.

TEMA III: ENLACE QUÍMICO

Estructura electrónica de los átomos y reactividad química. Enlace iónico: ejemplos. Enlaces covalentes: ejemplos. Orientación de los enlaces en el espacio. Teoría de las repulsiones entre pares electrónicos. Hibridación de orbitales.
Enlaces múltiples: enlaces sigma y pi. Polaridad de los enlaces covalentes. Momento dipolar. Carácter iónico parcial de los enlaces covalentes. Concepto de resonancia. Enlace metálico. Moléculas. Fuerzas intermoleculares. Enlace de van der Waals, enlace hidrógeno. Tipos de sustancias. Clasificación. Propiedades. Desviaciones. Ejemplos.
Sustancia pura: Análisis Químico. Fórmula empíricas, moleculares y estructurales. Nomenclatura. Masa atómica. N° de Avogadro, mol. Unidad de masa atómica. Masa molecular. Volumen molar. Estequiometría. Ecuaciones químicas. Cálculos estequiométricos con relaciones de masa - volumen. Reactivo limitante.

TEMA IV: ESTADO DE AGREGACION DE LA MATERIA

Propiedades Generales. Presión. Temperatura. Volumen. Curva de calentamiento. Calores. Cálculos. Estado Gaseoso: Ley de Boyle. Ley de Gay Lussac - Charles. Ley de las combinaciones volumétricas. Ecuación de estado de los gases ideales. Valores de la constante R. Mezcla de gases: Ley de Dalton. Difusión de gases: Ley de Graham. Teoría cinético - molecular: Postulados. Gases reales. Ecuación de van der Waals. Licuación de gases: isoterma de Andrew. Efecto Joule - Thompson. Punto crítico.

Estado Líquido, Viscosidad. Capilaridad. Tensión superficial. Presión de vapor. Ecuación de Clapeyron. Evaporación: leyes. Ebullición: leyes.

Estado Sólido: Forma externa de los cristales. Estructura interna de los cristales: redes cristalinas. Tipos de cristales. Sublimación. Presión de vapor de un sólido. Calor de sublimación. Diagrama de equilibrio de fases de una sustancia. Punto triple. Regla de las fases de Gibbs.

TEMA V: TERMOQUIMICA

Primera Ley de la termodinámica. Trabajo. Calor. Energía interna. Unidades. Calor de reacción a volumen constante. Calorímetro. Calor de reacción a presión constante. Entalpía. Leyes de Lavoisier - Laplace y de Hess. Ecuaciones termoquímicas. Calores de Formación, combustión, disolución, dilución y neutralización. Segunda Ley de la termodinámica: Entropía. Energía libre. Cálculos termoquímicos.

TEMA VI: CINETICA QUIMICA

Cinética Química: Concepto de velocidad de reacción. Factores que influyen sobre la velocidad de una reacción. Concentración de las sustancias reaccionantes. Ley de velocidad de reacción, velocidad específica, determinación experimental. Mecanismos de reacción. Orden y molecularidad. Estequiometría. Reacciones de primer orden. Tiempo de vida media. Teoría de las colisiones. Teoría del complejo activado. Efectos de la temperatura. Energía de Activación. Ecuación de Arrhenius. Catálisis homogénea, heterogénea y enzimática.

TEMA VII: EQUILIBRIO QUIMICO

Equilibrio químico, concepto. Constante de equilibrio. Reacciones entre gases: relaciones entre K_c , K_p y K_x . Principio de Le Chatelier de desplazamiento del equilibrio. Equilibrio químico homogéneo en sistemas gaseosos. Equilibrio químico homogéneo en sistemas líquidos. Equilibrio químico homogéneo real: concepto de actividad. Equilibrio químico en sistemas heterogéneos. Influencia de la temperatura sobre la constante de equilibrio. Espontaneidad de las reacciones químicas. Energía libre y equilibrio químico.

TEMA VIII: EQUILIBRIOS IONICOS EN DISOLUCIONES ACUOSAS

Concepto y clases de Disoluciones. Mecanismos. Equilibrio de disoluciones. Solubilidad: curvas. Disoluciones de gases en líquidos: Ley de Henry. Disoluciones de líquidos totalmente miscibles. Electrolitos. Conductión eléctrica de las disoluciones acuosas. Equilibrio de ionización. Teoría acuosa de ácidos y bases. Producto iónico del agua. pH. pOH. Neutralización. Valoración ácido - base. Indicadores. Hidrólisis: diferentes casos. Disoluciones reguladoras. Producto de solubilidad. Efecto ión común. Precipitación.

TEMA IX: EQUILIBRIOS Y REACCIONES ELECTROQUIMICAS

Concepto de óxido reducción. Agente oxidante y agente reductor. Número de oxidación de los átomos: reglas. Ajuste de las ecuaciones de óxido - reducción. Peso equivalente de sustancias oxidantes y reductoras. Valoración Redox. Tabla de potenciales de reducción. Usos.

Electroquímica: Nociones de electricidad. Ley de Ohm. Electrólisis: ejemplos. Leyes de Faraday. Conductividad de las disoluciones de electrolitos. Principio de funcionamiento de pilas.

TEMA X: DISOLUCIONES HOMOGÉNEAS, MEZCLAS Y SISTEMAS
COLOIDALES.

Propiedades coligativas de disoluciones diluidas. Desviaciones a las leyes de las disoluciones diluidas: factor de van't Hoff. Separación de componentes en disoluciones de líquidos totalmente miscibles. Diagramas isotérmicos e isobáricos. Destilación fraccionada. Disoluciones de líquidos parcialmente miscibles: Diagramas de solubilidad mutua. Mezcla de líquidos inmiscibles: destilación por arrastre con vapor. Sistemas coloidales. Ejemplos. Efecto Tyndall. Adsorción. Coloides hidrofílicos e hidrofóbicos. Eliminación de partículas coloidales. Ejemplos.

BIBLIOGRAFIA

- Chang Raymond, 1992. Química. Cuarta Edición. Mc Graw-Hill. España.
- Brown T., Le May H., Bursten B., 1998. Química: La Ciencia Central, 7ª Edición. Prentice Hall. E.U.A.
- Atkins P.W., 1992. Química General. Omega. Barcelona.
- Petrucci R., Hardwood W., 1999. Química General. Principios y Aplicaciones Modernas. 7ª. Edición. Prentice Hall. E.U.A.
- Whitten K., Gailey K., 1985. Química General. Nueva Editorial Interamericana. México.
- Brady J., Humiston G., 1988. Química Básica. Principios y Estructura. Editorial Limusa. México.
- QuímCom. Química en la Comunidad. 2ª. Edición, 1998. Addison Wesley. E.U.A.
- William Daub G., Seese W., 1997. Química Prentice Hall. E.U.A.
- Brums R., 1996. Fundamentos de Química 2ª. Edición. Prentice Hall. E.U.A.
- Mahab y Myers, 1990. Química: Curso Universitario. 4ª Edición. Addison Wesley. E.U.A.
-

original

Aprobado C.D

Rs No 237

Julio 2001

QUÍMICA GENERAL

Tema I CONCEPTOS FUNDAMENTALES

Química: Concepto, campo de estudio. Energía: Concepto. Clases y unidades.

Materia: Concepto. Masa, peso, unidades. Ley de Lavoisier. Principio de conservación de masa y energía. Ecuación de Einstein. Propiedades Intensivas y extensivas. Propiedades específicas de la materia: Físicas, Químicas y Organolépticas.

Sistemas materiales homogéneos y heterogéneos. Mezclas. Título, porcentaje y pureza. Sustancia pura. Soluciones. Formas de expresar concentraciones.

Tema II ESTRUCTURA ATÓMICA

Elemento químico. Átomo. Naturaleza de los átomos. Partículas elementales. Electrones: Experiencia de Thompson. Experiencia de Millikan. Rayos positivos, Rayos X. Rayos α , β y γ . Modelo de Rutherford. Neutrones. Número atómico. Experiencia de Mossley. Número másico. Espectros electrónicos. Modelo atómico de Bohr. Visión mecano - cuántica de los átomos. Números cuánticos. Los estados de energía para átomos polielectrónicos: orbitales atómicos. Configuración electrónica de los átomos. Tabla periódica. Clasificación periódica de los elementos. Número de oxidación. Potencial de ionización y afinidad electrónica. Electronegatividad.

Tema III ENLACE QUÍMICO

Estructura electrónica de los átomos y reactividad química. Enlace iónico: ejemplos. Enlaces covalentes: ejemplos. Orientación de los enlaces en el espacio. Teoría de las repulsiones entre pares electrónicos. Hibridación de orbitales. Enlaces múltiples: enlaces sigma y pi. Polaridad de los enlaces covalentes. Momento dipolar. Carácter iónico parcial de los enlaces covalentes. Concepto de resonancia. Enlace metálico. Moléculas. Fuerzas intermoleculares. Enlace de van der Waals, enlace de hidrógeno. Tipos de sustancias. Clasificación. Propiedades. Desviaciones. Ejemplos.

Sustancia pura: Análisis Químico. Fórmula empíricas, moleculares y estructurales. Nomenclatura. Masa atómica. Nº de Avogadro, mol. Unidad de masa atómica.

Masa molecular. Volumen molar. Estequiometría. Ecuaciones químicas. Cálculos estequiométricos con relaciones de masa - volumen. Reactivo limitante.

Tema IV ESTADO DE AGREGACIÓN DE LA MATERIA

Propiedades Generales. Presión. Temperatura. Volumen. Curva de Calentamiento. Calores. Cálculos. Estado Gaseoso: Ley de Boyle. Ley de Gay Lussac - Charles. Ley de las combinaciones volumétricas. Ecuación de estado de los gases ideales. Valores de la constante R. Mezcla de gases: Ley de Dalton. Difusión de gases: Ley de Graham. Teoría cinético - molecular: Postulados. Gases reales. Ecuación de van der Waals. Licuación de gases: isoterma de Andrew. Efecto-Joule - Thompson. Punto crítico.

Estado Líquido, Viscosidad. Capilaridad. Tensión superficial. Presión de vapor. Ecuación de Clapeyron. Evaporación: leyes. Ebullición: leyes.

Estado Sólido: Forma externa de los cristales. Estructura interna de los cristales: redes cristalinas. Tipos de cristales. Sublimación. Presión de vapor de un sólido. Calor de Sublimación. Diagrama de equilibrio de fases de una sustancia. Punto triple. Regla de las fases de Gibbs.

Tema V TERMOQUÍMICA

Primera Ley de la termodinámica. Trabajo. Calor. Energía interna. Unidades. Calor de reacción a volumen constante. Calorímetro. Calor de reacción a presión constante. Entalpía. Leyes de Lavoisier - Laplace y de Hess. Ecuaciones termoquímicas. Calores de Formación, combustión, disolución, dilución y neutralización. Segunda ley de la termodinámica: Entropía. Energía libre. Cálculos termoquímicos.

Tema VI CINÉTICA QUÍMICA

Cinética Química: Concepto de velocidad de reacción. Factores que influyen sobre la velocidad de una reacción. Concentración de las sustancias reaccionantes. Ley de velocidad de reacción, velocidad específica, determinación experimental. Mecanismos de reacción. Orden y molecularidad. Estequiometría. Reacciones de primer orden. Tiempo de vida media. Teoría de las colisiones. Teoría del complejo activado. Efectos de la temperatura. Energía de Activación. Ecuación de Arrhenius. Catálisis homogénea, heterogénea y enzimática.

Tema VII EQUILIBRIO QUÍMICO

Equilibrio químico, concepto. Constante de equilibrio. Reacciones entre gases: relaciones entre K_c , K_p y K_x . Principio de Le Chatelier de desplazamiento del equilibrio. Equilibrio químico homogéneo en sistemas gaseosos. Equilibrio químico homogéneo en sistemas líquidos. Equilibrio químico homogéneo real: concepto de actividad. Equilibrio químico en sistemas heterogéneos. Influencia de la temperatura sobre la constante de equilibrio. Espontaneidad de las reacciones químicas. Energía libre y equilibrio químico.

Tema VIII EQUILIBRIOS IÓNICOS EN DISOLUCIONES ACUOSAS

Concepto y clases de Disoluciones. Mecanismos. Equilibrio de disoluciones. Solubilidad: curvas. Disoluciones de gases en líquidos: Ley de Henry. Disoluciones de líquidos totalmente miscibles. Electrolitos. Conductión eléctrica de las disoluciones acuosas. Equilibrio de ionización. Teoría acuosa de ácidos y bases. Producto iónico del agua, pH , pOH . Neutralización. Valoración ácido - base. Indicadores. Hidrólisis: diferentes casos. Disoluciones reguladoras. Producto de solubilidad. Efecto ión común. Precipitación.

Tema IX EQUILIBRIOS Y REACCIONES ELECTROQUÍMICAS

Concepto de óxido reducción. Agente oxidante y agente reductor. Número de oxidación de los átomos: reglas. Ajuste de las ecuaciones de óxido - reducción. Peso equivalente de sustancias oxidantes y reductoras. Valoración Redox. Tabla de potenciales de reducción. Usos.

Electroquímica: Nociones de electricidad. Ley de Ohm. Electrólisis: ejemplos. Leyes de Faraday. Conductividad de las disoluciones de electrolitos. Principio de funcionamiento de pías.

Tema X DISOLUCIONES HOMOGÉNEAS, MEZCLAS, Y SISTEMAS COLOIDALES

Propiedades coligativas de disoluciones diluidas. Desviaciones a las leyes de las disoluciones diluidas: factor de van't Hoff. Separación de componentes en disoluciones de líquidos totalmente miscibles. Diagramas isotérmicos e isobáricos. Destilación fraccionada. Disoluciones de líquidos parcialmente miscibles: Diagramas de solubilidad mutua. Mezcla de líquidos inmiscibles: destilación por arrastre con

vapor. Sistemas coloidales. Ejemplos. Efecto Tyndall. Adsorción. Coloides hidrofílicos e hidrofóbicos. Eliminación de partículas coloidales. Ejemplos.

BIBLIOGRAFÍA

- Chang Raymond, 1992. Química. Cuarta Edición. Mc Graw-Hill. España.
Brown T., LeMay H., Bursten B., 1998. Química: la Ciencia Central, 7ª Edición
Prentice Hall. E.U.A.
Atkins P. W., 1992. Química General. Omega. Barcelona.
Petrucci R., Hardwood W., 1999. Química general. Principios y Aplicaciones Modernas. 7ª. Edición. Prentice Hall. E.U.A.
Whitten K., Gailey K., 1985. Química General. Nueva Editorial Interamericana. México.
Brady J., Humiston G., 1988. Química Básica. Principios y Estructura. Editorial Limusa. México.
QuimCom. Química en la Comunidad. 2da. Edición, 1998. Addison Wesley. E.U.A.
William Daub G., Seese W., 1997. Química. Prentice Hall. E.U.A.
Bums R., 1996. Fundamentos de Química 2da. Edición. Prentice Hall. E.U.A.
Mahan y Myers, 1990. Química: Curso Universitario. 4ª Edición. Addison Wesley. E.U.A.

DR. PEDRO R. VILLARREAL
DECANO

ANEXO V
APUNTES DE LA CÁTEDRA

TEMA:
TERMOQUIMICA

QUIMICA
GENERAL

SECRETARIA DE MATERIAL DE ESTUDIO
CENTRO DE ESTUDIANTES

QUIMICA GENERAL

TERMOQUIMICA

Prof. Qco. J.L. Benet

1. Introducción

La ecuación balanceada de una reacción química nos da información sobre el número de moles de reactivos y productos que intervienen en la misma, pero no suministra toda la información necesaria para un conocimiento completo de la reacción.

En primer lugar se podría preguntar: ¿cuál es el mecanismo de la reacción?, ¿tiene lugar en una sola etapa como indica la ecuación balanceada o a través de varias etapas sucesivas más sencillas?. Por otra parte, puesto que se requiere energía para romper los enlaces entre los átomos de las moléculas o iones de los reactivos y se desprende cuando se forman otros enlaces en los productos, ¿qué cantidad de energía se absorbe o se desprende cuando la reacción se produce?.

Las respuestas a estas preguntas se lograrán mediante el estudio cinético de las reacciones que revelan el mecanismo de las mismas y el estudio termodinámico que permiten establecer las relaciones energéticas que las acompañan.

En el presente tema nos ocuparemos de la Termoquímica, rama de la Química que estudia las manifestaciones térmicas que acompañan a los cambios químicos. Ya hemos adelantado en el Tema I que todo cambio físico o químico de la materia es acompañado de un cambio de energía, fundamentalmente de energía calórica, aunque también puede absorberse o desprenderse otras formas de energía (eléctrica, radiante, mecánica, etc.).

Los estudios termoquímicos se fundan en la ley de conservación de la energía y en el primer principio de la termodinámica. Evidentemente, sustancias diferentes tienen cantidades diferentes de energía (energía química), de modo que la energía total de los productos de una reacción es por lo general distinta de la energía total de los reactivos y en consecuencia, los cambios químicos van acompañados por liberación o absorción de energía, que puede manifestarse en forma de calor. Si en la reacción se libera calor, se dice que el proceso es exotérmico; si se absorbe calor el proceso se llama endotérmico.

2. Ley de conservación de la energía

Se han realizado numerosos intentos para obtener el "movimiento perpetuo" o sea la producción continua de trabajo mecánico sin el aporte de una cantidad equivalente de energía de otra fuente. El fracaso de estos ensayos ha llevado a la aceptación de la validez universal de la ley de conservación de la energía que puede ser enunciada de la siguiente manera: la energía puede transformarse de una forma a otra, pero no se

crea ni se destruye.

La ley de la conservación de la energía es puramente un resultado de la experiencia. Por otra parte, la equivalencia exacta entre el trabajo mecánico o eléctrico y el calor, establecida por Joule y otros investigadores es una demostración de su validez.

Debe señalarse que la equivalencia entre masa y energía establecida por Einstein y que hemos hecho referencia en el Tema I, introduce una limitación a la ley de conservación de la energía, dado que la energía y la masa se pueden convertir una en otra. En sentido estricto, las leyes de la conservación de la energía y de la conservación de la masa son partes de una ley más amplia, según la cual la masa y la energía combinadas de un sistema aislado se mantienen constantes. Por otra parte, como en los procesos químicos ordinarios, la conversión de masa en energía y viceversa no tiene importancia, consideraremos que la energía se conserva tal como lo establece la ley que hemos enunciado.

3. Primer principio de la termodinámica

El primer principio de la termodinámica es un enunciado preciso de la ley de conservación de la energía. Con el fin de transformar esta ley en el primer principio de la termodinámica, es conveniente enumerar cuáles son las formas más importantes de energía y después expresar mediante una ecuación, la constancia de la energía total en función de estas distintas formas de energía. Para ello dividiremos todo lo que hemos llamado energía en calor y trabajo. El trabajo puede subdividirse a su vez en trabajo mecánico, trabajo eléctrico, gravitacional, etc., pero únicamente tiene interés para nosotros el trabajo mecánico asociado con los cambios de volumen, realizado contra una presión que se opone.

Cualquier sistema material puede recibir calor del medio ambiente o ceder calor al mismo, puede realizar trabajo sobre el ambiente o recibir trabajo de éste.

Supongamos que un cierto sistema experimenta un proceso cíclico en el que se modifica de varias formas, pero que finalmente vuelve a su estado original. Pues o que la ley de conservación de la energía nos dice que la energía total del sistema debe conservarse, la energía del sistema será la misma al final del proceso cíclico que al principio, o sea que $E_2 = E_1$; en donde E_2 y E_1 son las energías del sistema al final y al principio del proceso. También se puede escribir que

$$E_2 - E_1 = 0 \quad (\text{para los procesos cíclicos}) \quad (1)$$

La ecuación (1) es una expresión matemática del primer principio de la termodinámica. La variación de energía E debe ser cero en los procesos cíclicos pero puede ser diferente de cero en otros procesos.

Si queremos aplicar el primer principio a los procesos no cíclicos resulta más útil enunciar el mismo en función de las clases de energía (calor y trabajo) que pueden convertirse una en otra o ser transferidas de un sistema a otro.

A partir del enunciado original de la ley de conservación de la energía, podemos decir que el cambio de energía experimentado por un sistema es igual a la energía ganada en forma de calor menos la energía perdida como consecuencia del trabajo realizado por el sistema sobre el medio ambiente. Este enunciado se expresa concisamente mediante la siguiente expresión:

$$\Delta E = q - w \quad (2)$$

La ecuación (2) es la expresión matemática del primer principio de la termodinámica en la que q es el calor absorbido por el sistema y w el trabajo realizado por el sistema sobre el medio ambiente que lo rodea.

En el caso especial de un proceso cíclico, como $\Delta E = 0$, se cumplirá que:

$$q = w \quad (\text{cuando } \Delta E = 0) \quad (3)$$

Como q representa el calor absorbido por el sistema, +q es calor absorbido y -q calor desprendido o perdido por el sistema. Como w representa el trabajo realizado por el sistema, +w significa que el sistema realiza trabajo sobre el ambiente y -w que el ambiente realiza trabajo sobre el sistema. Un valor positivo de ΔE indica que E_2 es mayor que E_1 , de modo que el sistema ha ganado energía. Un valor negativo de ΔE significa que E_2 es menor que E_1 , de modo que el sistema ha perdido energía y la ha cedido al medio ambiente.

4. Trabajo

En Física se define el trabajo mecánico como el producto de la fuerza por el camino recorrido o distancia a lo largo de la cual actúa.

Estableceremos una ecuación que pueda utilizarse para calcular el trabajo de expansión de un gas en un cilindro cerrado por un pistón móvil, tal como se representa en la figura 1. Como la presión es fuerza por unidad de superficie, $P = F/S$, debemos multiplicar la presión por el área sobre la que actúa para obtener la fuerza. Si la presión externa es constante, el trabajo realizado es igual a la presión externa multiplicada por el área del pistón y por la distancia recorrida en su desplazamiento, o sea que:

$$w = P \cdot S \cdot h \quad (4)$$

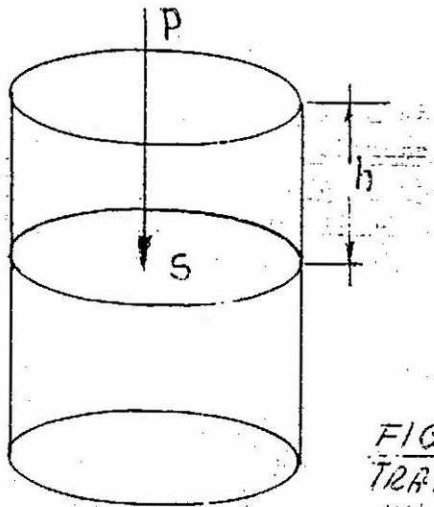


FIG. 1
TRABAJO DE EXPANSION DE
UN GAS

y teniendo en cuenta que $S \cdot h$ es el cambio de volumen, se puede escribir

$$w = P \cdot \Delta V \quad (\text{a presión constante}) \quad (5)$$

en donde $\Delta V = V_2 - V_1$ representa el volumen final menos el volumen inicial y P la presión externa constante.

Nótese que un valor positivo de ΔV representa un aumento de volumen del sistema y según la ecuación (5) un w positivo, lo que significa que el sistema realiza trabajo sobre el medio. Un valor negativo de ΔV significa una disminución de volumen y nos conduce a un valor negativo de w , lo que indica que el sistema recibe trabajo del medio ambiente.

Como en general, las presiones se expresan en atmósferas y los volúmenes en litros, el trabajo que se calcula según (5), se expresa ordinariamente en litros-atmósferas. Como tanto las energías como el calor suelen expresarse en calorías, es necesario expresar todo en un conjunto de unidades comunes antes de usar las ecuaciones (5) y (2).

5. Calor

Como ya hemos señalado, la unidad de calor es la caloría (cal) aunque frecuentemente se usa la kilocaloría (kcal) que es igual a 1.000 calorías. La caloría se definió en un principio como la cantidad de calor necesaria para elevar un grado la temperatura de un gramo de agua. Posteriormente se encontró que esta definición es inadecuada pues el calor específico del agua no es constante a todas las temperaturas. Para

eludir esta dificultad se definió la caloría a 15°C como la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua de 14,5°C a 15,5°C. Más tarde, aún y como consecuencia de la precisión con que pueden realizarse muchas medidas eléctricas, la caloría volvió a definirse en función del Joule (1 Joule = 1 Voltio x 1 Coulomb). Una caloría se define como 4,184 Joules, que es aproximadamente igual a la caloría a 15°C.

6. Entalpía

En el caso de procesos que tienen lugar a volumen constante, como por ejemplo la combustión del carbono o de algunos de sus compuestos en un recipiente cerrado llamado bomba calorimétrica, como $\Delta V = 0$ no se realiza ningún trabajo por el sistema, de modo que la ecuación (2) se transforma en

$$\Delta E = q \quad (\text{procesos a volumen constante}) \quad (6)$$

Como los procesos que se verifican a presión constante son más comunes que los que se realizan a volumen constante, es necesario considerar el primer principio tal como se aplica a los procesos a presión constante. Son ejemplos de estos procesos, las reacciones que se verifican en recipientes abiertos a la presión constante de una atmósfera.

Hemos formulado ya el primer principio en la forma $\Delta E = q - w$ y hemos demostrado que $w = P \Delta V$ para los procesos que tienen lugar a presión constante. Estas ecuaciones combinadas nos dan:

$$\Delta E = q - P \Delta V \quad (7)$$

que se puede escribir también,

$$E_2 - E_1 = q - P (V_2 - V_1) \quad (8)$$

despejando q de modo que quede a la izquierda de la ecuación

$$q = (E_2 - E_1) + P (V_2 - V_1)$$

ordenando

$$q = (E_2 + PV_2) - (E_1 + PV_1) \quad (9)$$

Como en los procesos a presión constante la cantidad $E + PV$ se encuentra estrechamente relacionada con el calor q, se ha convenido en definir la función

$$H = E + PV \quad (10)$$

y escribir la ecuación (9) en función de H

$$q = H_2 - H_1 = \Delta H \quad (\text{procesos a presión constante}) \quad (11)$$

La cantidad que se ha representado por H se denomina contenido calórico o entalpía del sistema y es igual a la suma de la energía y del producto de la presión por el volumen. Si H_2 es mayor que H_1 , la entalpía o contenido calórico del sistema en el estado final es mayor que la del estado inicial, o sea que $\Delta H = H_2 - H_1$ es un valor positivo, lo que indica que el sistema ha ganado calor del medio ambiente; si ΔH es negativo, el sistema ha cedido calor al medio que le rodea.

7. Calores de reacción a volumen y presión constantes

El calor que interviene en una reacción química puede especificarse incluyéndolo en la ecuación que representa la reacción. Salvo condiciones experimentales diferentes, impuestas por los investigadores, las reacciones químicas tienen lugar en recipiente abierto, es decir a presión atmosférica (aproximadamente 760 mm Hg) y temperatura ambiente (aproximadamente 25°C). Termoquímicamente ellas se estudian en las mismas condiciones; es decir, a presión constante de 1 atm y a 25°C, aunque es posible estudiarlas también en recipiente cerrado como autoclave, obús calorimétrico, etc., o sea a volumen constante, en cuyo caso la manifestación calórica es cuantitativamente diferente de la que corresponde a la misma reacción llevada a cabo en recipiente abierto, o sea a presión constante.

En efecto, considerando el primer principio de la termodinámica, se podrá escribir:

$$q = \Delta E + P \Delta V \quad (12)$$

Si la reacción se produce a volumen constante, $\Delta V = 0$ y $P \Delta V = 0$, luego

$$q_v = \Delta E \quad (13)$$

Es decir que el calor de reacción a volumen constante q_v es igual a la variación de la energía interna o total del sistema.

Si la reacción se realiza a presión constante, el volumen variará; se tendrá un trabajo de expansión y entonces será válida la expresión (12)

$$q_p = \Delta E + P \Delta V \quad (14)$$

pero como en los procesos a presión constante el calor de reacción q_p es igual a la variación de entalpía del sistema de acuerdo a la ecuación (11) se tendrá que

$$q_p = \Delta E + P \Delta V = \Delta H \quad (15)$$

O sea que el calor de reacción a presión constante q_p es igual a la variación de entalpía del sistema.

Los cambios de entalpía pueden medirse experimentalmente, es decir, pueden conocerse sus incrementos pero no sus valores absolutos. Sin embargo, de la entalpía pueden deducirse valores convencionales respecto de un origen arbitrariamente establecido. Si H_i es la entalpía del sistema en el estado inicial y H_f la entalpía del sistema en el estado final, la variación de entalpía

$$\Delta H = H_f - H_i \quad (16)$$

cuyo signo depende de los valores de H_i y H_f , se denomina calor de reacción a presión constante y depende de la temperatura, de ahí que ésta se especifique habitualmente al dar aquél valor.

La relación entre los calores de reacción a presión constante y a volumen constante, está dada por las ecuaciones (13) y (15)

$$\Delta H = \Delta E + P \Delta V \quad \text{o} \quad q_p = q_v + P \Delta V$$

dado que $\Delta H = q_p$ y $\Delta E = q_v$

El volumen de los líquidos y sólidos que intervienen en una reacción química es despreciable comparado con el que tendrían en estado gaseoso a la misma presión y temperatura. En consecuencia, aquellos procesos en que los reactantes y productos son sólidos o líquidos solamente, el cambio de volumen ΔV es generalmente tan pequeño que se puede despreciar, y dentro de los límites del error experimental

ΔH y ΔE se pueden tomar como iguales, o sea $q_p = q_v$.

Si se trata de gases, el cambio de volumen puede ser muy grande; se realizará trabajo y habrá que emplear la ecuación (15) para calcular ΔH a partir de ΔE . Si se acepta que los gases se comportan idealmente puede utilizarse la ecuación general de los gases para los cálculos:

$$P V = n R T \quad (17)$$

Para una reacción conducida a presión y temperatura constantes sólo el volumen y en número de moles de gas son variables, o sea que

$$P \Delta V = \Delta n R T \quad (18)$$

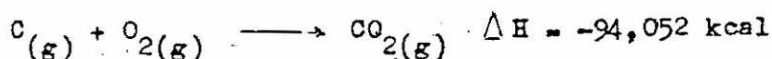
donde Δn es la variación del número de moles, o sea la diferencia entre el número de moles de productos y el número de moles de reactivos. Luego, reemplazando en la ecuación (15) el valor de $P\Delta V$, se obtiene:

$$\Delta H = \Delta E + \Delta n RT \quad (19)$$

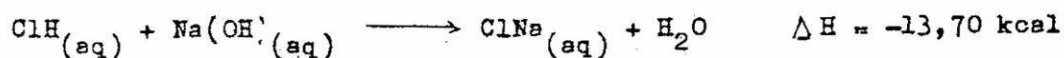
8. Ecuaciones termoquímicas

Una ecuación termoquímica no es sino la ecuación estequiométrica de la reacción considerada, que se completa con indicaciones relativas al estado físico de los reactivos y productos y con la magnitud correspondiente al efecto térmico que la acompaña expresado en calorías o kilocalorías.

Por ejemplo, la reacción entre el carbono sólido (grafito) y oxígeno gaseoso se representa por una ecuación termoquímica de la forma siguiente:



Esto significa que cuando a presión constante de 1 atm y 25°C 12,01 g de carbono (grafito) y 32 g de oxígeno gaseoso reaccionan completamente para dar 44,01 g de dióxido de carbono gaseoso, se produce una disminución en la entalpía, puesto que ΔH es negativo, que es de 94,052 kcal. Nótese que los valores de ΔH (o ΔE) se refieren siempre a reacciones totales o completas, si bien se tiene en cuenta la existencia de reacciones que normalmente no llegan a completarse. Es fundamental indicar en toda ecuación termoquímica el estado físico de los reactivos y productos; para ello se emplean los símbolos g, l y s, colocados entre paréntesis a continuación de la fórmula, si la sustancia es gas, líquido o sólido. Las reacciones que tienen lugar en disolución acuosa se indican con el símbolo aq. Por ejemplo, la reacción entre disoluciones diluidas de ClH e $Na(OH)$ se indica así:



Un valor negativo de ΔH significa que la reacción va acompañada por una disminución de entalpía, es decir, que a una temperatura dada, la entalpía de los productos de la reacción es menor que la de las sustancias reaccionantes. En otros términos, a la temperatura especificada, la reacción está asociada con un desprendimiento de calor. Por lo tanto, resulta que cuando ΔH es negativo, la reacción es exotérmica; análogamente, si ΔH es positivo, el proceso es endotérmico (figuras 2 y 3).

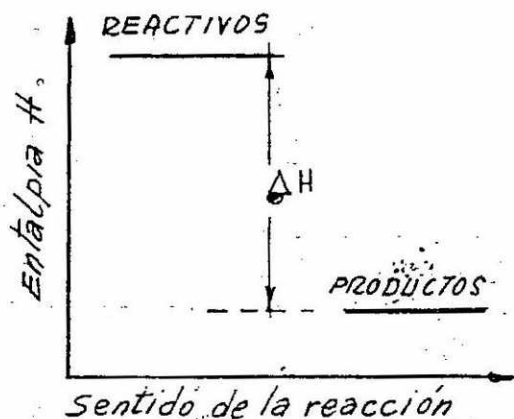


FIG. 2

Se desprende calor ΔH negativo. Proceso exotérmico.

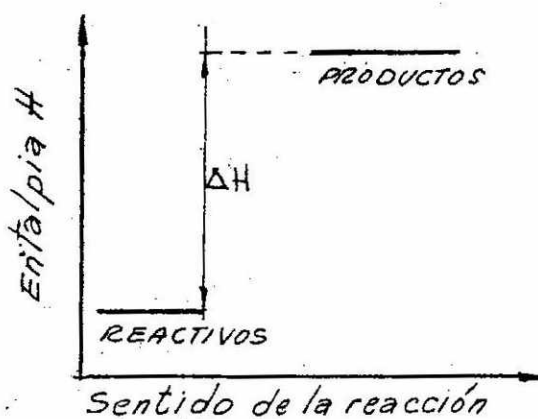


FIG. 3

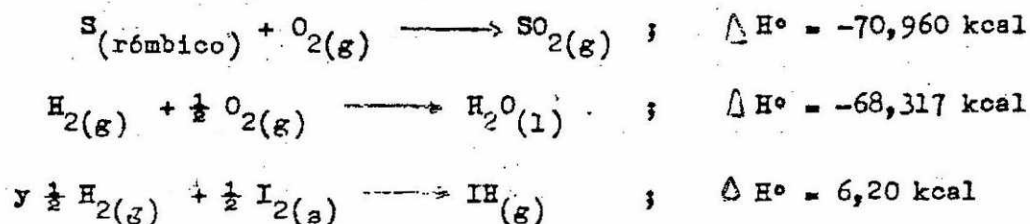
Se absorbe calor ΔH positivo. Proceso endotérmico.

9. Calor de formación

La entalpía de formación o calor de formación de cualquier compuesto en su estado normal es igual a la variación de entalpía ΔH correspondiente a la formación de un mol del compuesto a partir de sus elementos en sus estados normales. Se dice que el compuesto y sus elementos están en su estado normal cuando se encuentran en sus formas estables a 25°C y 1 atm de presión.

Podemos ilustrar mediante ejemplos el significado del calor de formación. Hemos visto que en la formación de un mol de dióxido de carbono a partir de carbono sólido (grafito) y oxígeno gaseoso se desprenden 94,052 kcal a 25°C y 1 atm de presión, o sea que la variación de entalpía es $\Delta H = -94,052$ kcal. Esta variación de entalpía es el calor de formación del dióxido de carbono en condiciones normales. Se acostumbra utilizar el ° para indicar específicamente que representa una reacción en la que todos los reactivos y productos se encuentran en sus estados normales.

De forma semejante, a partir de :



se deduce que los calores de formación en condiciones normales del $\text{SO}_2(\text{g})$, $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$ y $\text{IH}(\text{g})$ son -70,960, -68,317 y 6,20 kcal por mol, respectivamente.

Los calores de formación de un cierto número de sustancias se encuentran tabulados a continuación:

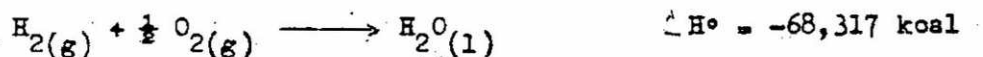
TABLA I - Calores de formación a 25°C (298°K)

Sustancia	ΔH° kcal/mol	Sustancia	ΔH° kcal/mol
$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	-68,317	$\text{C}_2\text{H}_4(\text{g})$	+12,496
$\text{H}_2\text{O}(\text{g})$	-57,798	$\text{C}_2\text{H}_6(\text{g})$	-20,236
$\text{ClH}(\text{g})$	-22,063	$\text{C}_2\text{H}_2(\text{g})$	+54,194
$\text{BrH}(\text{g})$	-3,66	$\text{CH}_3\text{OH}(\text{l})$	-57,036
$\text{IH}(\text{g})$	+6,20	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}(\text{l})$	-66,38
$\text{CO}(\text{g})$	-25,416	$\text{CH}_3\text{COCH}_3(\text{l})$	-116,4
$\text{CO}_2(\text{g})$	-91,052	$\text{C}_6\text{H}_6(\text{l})$	+11,718
$\text{NH}_3(\text{g})$	-11,04	$\text{ClNa}(\text{s})$	-98,232
$\text{NO}(\text{g})$	+21,60	$\text{ClAg}(\text{s})$	-30,372
$\text{SH}_2(\text{g})$	-4,815	$\text{C}(\text{dismante})$	+0,453
$\text{SO}_2(\text{g})$	-70,96	$\text{OCa}(\text{s})$	-151,9
$\text{CH}_4(\text{g})$	-17,889	$\text{CO}_3\text{Ca}(\text{s})$	-288,5

Se han determinado los calores de formación de algunos compuestos por medida directa del calor liberado o absorbido en la formación del compuesto a partir de sus elementos. Sin embargo, los calores de formación de la mayoría de los compuestos se determina indirectamente combinando los calores de reacción.

Para los cálculos se ha establecido por convenio que los contenidos calóricos o entalpía de todos los elementos en sus formas más

estables a 1 atm y 25°C es igual a cero. Por consiguiente, aplicando esta convención en la ecuación termoquímica de la formación de un compuesto a partir de sus elementos en sus estados normales, como por ejemplo la formación de agua líquida a partir de hidrógeno y oxígeno gaseosos en condiciones normales, se tiene



y como $\Delta H^\circ = H_{\text{producto}} - H_{\text{reactivo}}$

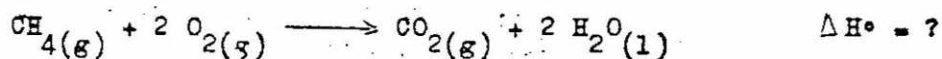
y puesto que por convención $H_{\text{reactivos}}$ es igual a cero, dado que el hidrógeno y oxígeno gaseoso se encuentran en sus estados normales, resulta que

$$\Delta H^\circ = H_{\text{producto}}$$

es decir que el calor de formación de un compuesto es igual a la entalpía del compuesto. En el caso considerado, la entalpía del agua líquida en condiciones normales es $-68,317 \text{ kcal}$ por mol.

Por medio de las dos reglas anteriores, o sea que la entalpía de un elemento es cero y la de un compuesto igual a su calor de formación, es fácil calcular el efecto térmico o intercambio de calor en una reacción.

Por ejemplo, calcular el ΔH de la siguiente reacción:



El calor de reacción ΔH° , será igual a la suma de las entalpías del CO_2 y del H_2O (productos), menos la suma de las entalpías del CH_4 y del O_2 (reactivos), lo que puede representarse concisamente así:

$$\Delta H^\circ_{\text{reacción}} = \sum H_{\text{(productos)}} - \sum H_{\text{(reactivos)}}$$

y como

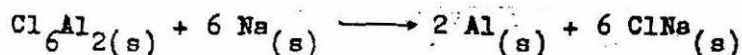
$$\sum H_{\text{(productos)}} = -94,052 - (2 \times 68,317) = -230,686 \text{ kcal}$$

$$\sum H_{\text{(reactivos)}} = -17,889 - 0 = -17,889 \text{ kcal}$$

$$\Delta H^\circ_{\text{reacción}} = -230,686 - (-17,889) = -212,797$$

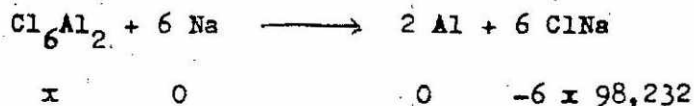
En lugar de usar los calores de formación para calcular el calor de reacción, se puede invertir el procedimiento; se puede calcular el calor de formación de un compuesto que interviene en una reacción, siempre que se conozcan los valores para todos los demás compuestos y el calor de reacción.

Por ejemplo, el calor de reacción ΔH de la siguiente reacción:



es $-256,2$ kcal. Calcular el calor de formación del Cl_6Al_2 .

Las entalpías de las sustancias reaccionantes y de los productos se pueden escribir de la siguiente forma:



$$\Delta H^\circ = -256,2 = -589,392 - x$$

luego

$$x = -589,392 + 256,2 = -333,192 \text{ kcal}$$

o sea que el calor de formación del Cl_6Al_2 es igual $-333,192$ kcal/mol

10. Calor de combustión

Los compuestos orgánicos que contienen carbono, hidrógeno y oxígeno se pueden quemar en atmósfera de oxígeno, dando como únicos productos dióxido de carbono y agua. Se denomina calor de combustión al efecto térmico que acompaña la combustión completa de un mol del compuesto en atmósfera de oxígeno.

En la Tabla II se dan los calores de combustión de un cierto número de compuestos orgánicos; en todos los casos los productos de la reacción son dióxido de carbono gaseoso y agua líquida.

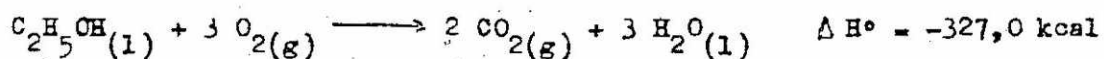
TABLA II - Calores de combustión a 18°C

Sustancia	ΔH kcal/mol	Sustancia	ΔH kcal/mol
Metano (g)	-212,8	Acido acético (l)	-207,0
Etileno (g)	-337,0	Acetato de etilo (l)	-538,0
Etano (g)	-373,0	Benceno (l)	-783,4
Acetileno (g)	-310,5	Acido benzoico (s)	-771,8
Metanol (l)	-173,7	Naftaleno (s)	-1231,0
Etanol (l)	-327,0	Sacarosa (s)	-1350,0

El calor de combustión expresado por unidad de peso (generalmente 1 kg) de las sustancias combustibles, se denomina poder calorífico o valor calorífico de las mismas.

El conocimiento del calor de combustión de una sustancia orgánica permite el cálculo de su calor de formación; este hecho es muy importante porque los calores de formación de muchos compuestos orgánicos no se pueden determinar directamente por vía experimental. En efecto, los productos de la combustión son siempre CO_2 gaseoso y H_2O líquida cuyas entalpías se conocen y uno de los reactivos es oxígeno gaseoso, que en su estado normal tiene entalpía cero. Luego, conociendo el calor de combustión, la única incógnita es el calor de formación del compuesto.

Por ejemplo, el calor de combustión del etanol líquido es -327,0 kcal/mol

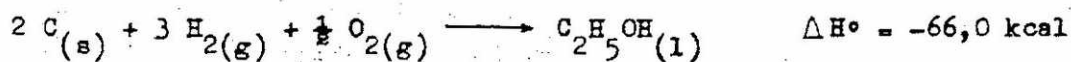


$$\begin{array}{ccccccc} \text{entalpía} & X & & 0 & & 2x - 94,05 & 3x - 68,3 \\ \text{por} & & & & & & \end{array}$$

luego
$$-327,0 = (-188,1 - 204,9) - X$$

$$X = -393,0 + 327 = -66 \text{ kcal}$$

entonces:



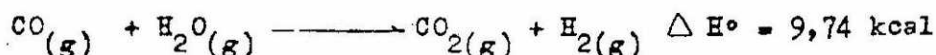
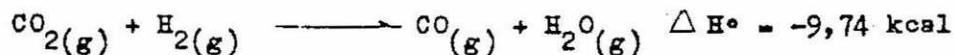
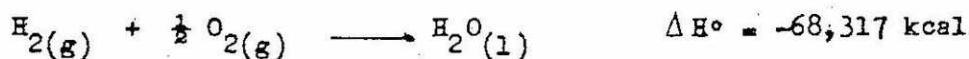
11. Leyes de la Termoquímica

Los cálculos de los calores de reacción y de los calores de formación se basan en la ley de conservación de la energía y en el primer principio de la termodinámica. El trabajo experimental ha permitido establecer dos importantes leyes de la termoquímica, que indudablemente también se basan en los principios mencionados.

La primera ley fue establecida por Lavoisier y Laplace (1780) y se puede enunciar de la siguiente manera: La cantidad de calor que se debe suministrar para descomponer un compuesto en sus elementos es igual a la que se desprende cuando este compuesto se forma a partir de sus elementos. En otras palabras, el calor de descomposición de un compuesto es numéricamente igual a su calor de formación pero con signo opuesto. Este resultado experimental concuerda, por cierto con la ley de conservación de la energía y el primer principio de la termodinámica.

Una consecuencia importante de la ley de Lavoisier y Laplace es que las ecuaciones termoquímicas se pueden invertir siempre que se cambie el signo de la variación de entalpía. Esta regla no sólo se aplica a reacciones de formación de compuestos sino que puede extenderse también a reacciones de cualquier otro tipo.

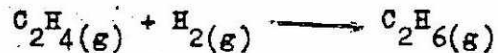
Por ejemplo:



La segunda ley importante de la termoquímica fue descubierta experimentalmente en 1840 por Hess, se la conoce como ley de Hess o de las sumas constantes de calor. Esta ley establece que la variación de calor resultante en una reacción química es siempre la misma, ya sea que la reacción se efectúe en una o varias etapas. Esto significa que el calor de reacción neto, a presión o a volumen constante, depende únicamente de los estados inicial y final, y no de los estados intermedios por los cuales puede pasar el sistema. La ley de Hess es una consecuencia directa del primer principio de la termodinámica. Se ha visto que de acuerdo con este principio las cantidades ΔE y ΔH , que corresponden a los calores de reacción a volumen constante y a presión constante, dependen solamente de los estados inicial y final del sistema y son independientes de la trayectoria que los une.

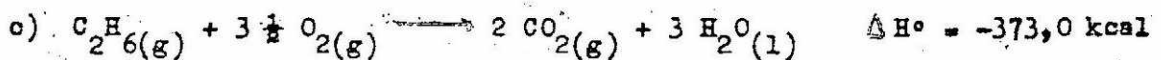
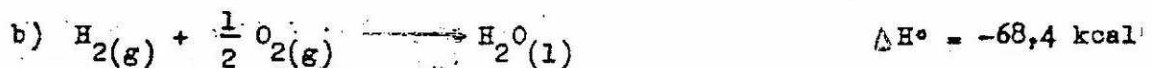
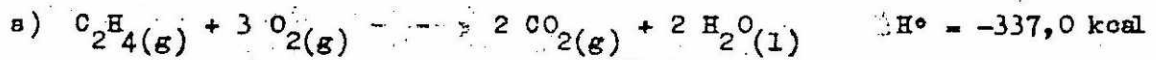
El gran valor práctico de la ley de Hess es que en base a ella las ecuaciones termoquímicas pueden ser sumadas y restadas como ecuaciones algebraicas; en consecuencia, los calores de reacción que no pueden ser determinados en forma experimental se calculan en base a otros datos termoquímicos.

Supóngase que se desea hallar el calor de reacción de

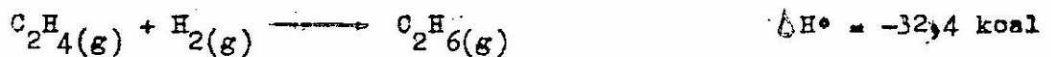


conociendo los calores de combustión del etileno (C_2H_4), del hidrógeno (H_2) y del etano (C_2H_6).

Las tres ecuaciones termoquímicas se escriben como sigue:

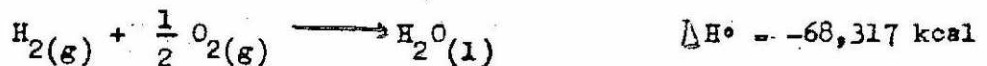


Si se suman (a) y (b) y luego se le resta (c) se obtiene el resultado siguiente:

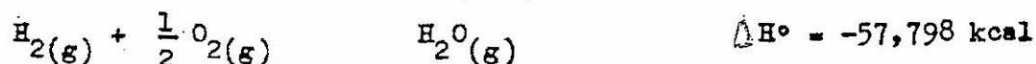


12. Influencia del estado físico

La variación de entalpía de una reacción depende necesariamente del estado físico (sólido, líquido o gaseoso) de las sustancias reaccionantes y productos de la reacción. Efectivamente, ya hemos visto que el calor de formación del agua líquida a 25°C es igual a -68,317 kcal; por otra parte, el calor molar de vaporización del agua a presión de 1 atm y 25°C es de 10,519 kcal por mol. Si escribimos las ecuaciones termoquímicas correspondientes tendremos:

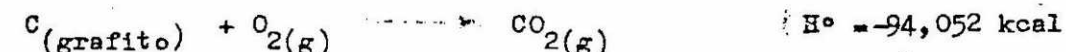
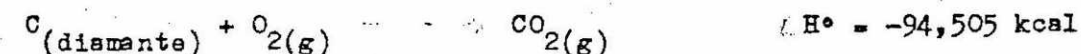


Si sumamos estas dos ecuaciones obtendremos:



ecuación que corresponde a la formación de un mol de vapor de agua a 25°C cuyo calor de formación es -57,798 kcal.

A las diferentes formas alotrópicas de un elemento o a las diferentes formas cristalinas de un compuesto, corresponden generalmente diferentes efectos térmicos. Si se dispone de los datos de una reacción dada en la que intervienen las dos formas separadas, se puede determinar el calor de transición de una forma a otra. Por ejemplo, los calores de combustión de las dos formas alotrópicas del carbono (diamante y grafito) son -94,505 kcal y -94,052 kcal respectivamente:



y restando ambas ecuaciones, resulta



Por consiguiente, cuando 12,01 g de diamante se convierten en grafito se produce una disminución de entalpía de 0,453 kcal, o sea que se desprenden 0,453 kcal.

13. Calores de disolución y de dilución

Cuando un soluto se disuelve en un disolvente para formar una disolución, se produce con frecuencia desprendimiento o absorción de calor. Se denomina calor de disolución al efecto térmico que se produce cuando se disuelve un mol de soluto, a una determinada temperatura, en la cantidad necesaria de disolvente para obtener una disolución de concentración dada. El calor de disolución depende de la concentración. Como el proceso de disolución de un soluto en un disolvente dado se realiza comúnmente a presión atmosférica, el calor de disolución será igual a la variación de entalpía experimentada. Si la variación total de entalpía ΔH que se observa al agregar m moles de soluto a una cantidad definida de disolvente, por ejemplo 1000g,

se representa en un sistema de ejes ortogonales en función de la molaridad del soluto, se obtiene una curva como la que se muestra en la figura 4. La curva llega a un límite indicado con la concentración m_s cuando la disolución está saturada a la temperatura de la experiencia.

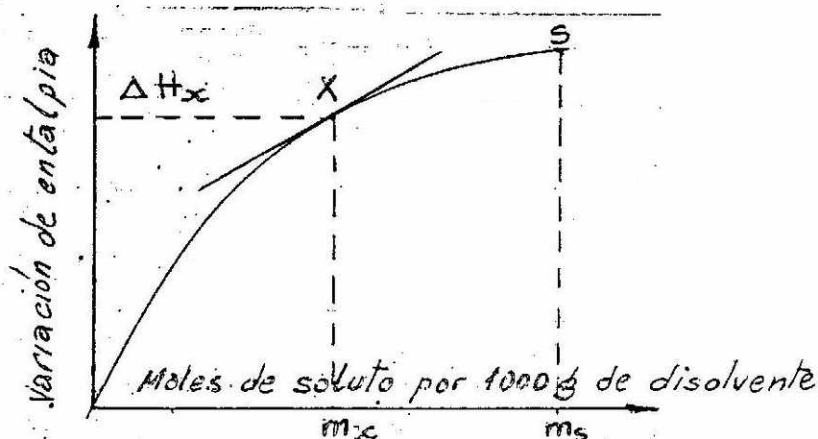


FIG. 4. CALOR DE DISOLUCION

Si al disolver en 1.000 gramos de disolvente m_x moles de soluto se tiene una variación de entalpía ΔH_x , el cociente $\Delta H_x/m_x$ representa la variación de entalpía por mol de soluto cuando se disuelve para formar una disolución de una concentración particular. Esta cantidad se denomina calor integral de disolución a la concentración dada. Es evidente del examen de la figura 4 que el calor integral de disolución es aproximadamente constante en disolución diluida pero disminuye cuando la concentración aumenta.

Como se podrá apreciar de la gráfica, el calor integral de disolución es igual a la tangente del ángulo que forma el eje de las abscisas con la recta que une el origen de coordenadas con el punto x .

En general, los calores de disolución en agua se dan en kcal a 18° o 25°C, y en relaciones de soluto a solvente que varían según los casos, de 1 mol de soluto a 200, 400 y aún 800 moles de agua. La necesidad de expresar la relación de soluto a solvente junto al calor de disolución estriba en que como ya hemos señalado, éste varía con la concentración.

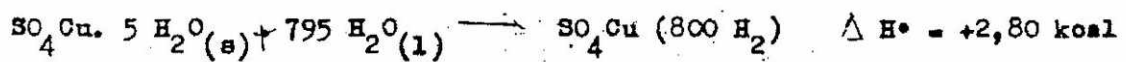
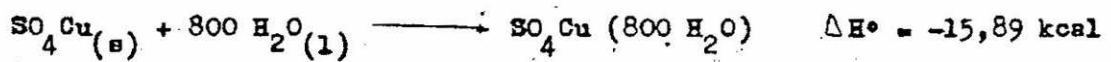
En la siguiente tabla se dan los calores integrales de disolución de diversos solutos en agua a 18°C.

TABLA III - Calores integrales de disolución a 18°C

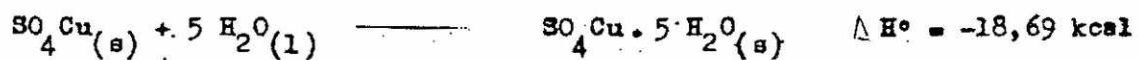
Sustancia	moles H ₂ O	Hkcal	Sustancia	moles H ₂ O	H koal
ClH	50	-17,21	ClK	200	+4,44
ClH	200	-17,43	KOH	200	-13,29
NH ₃	200	-8,46	NO ₃ K	200	+8,46
NO ₃ H	200	-7,45	SO ₄ K ₂	400	+6,55
NO ₃ NH ₄	200	+6,34	Cl ₂ Ca	400	-18,00
ClNa	200	+1,28	Cl ₂ Ca.6 H ₂ O	394	+4,56
SO ₄ Na ₂	400	-5,50	SO ₄ Cu	800	-15,89
SO ₄ Na ₂ .10 H ₂ O	390	+18,90	SO ₄ Cu.5 H ₂ O	795	+2,80

Se puede observar que cuando los haluros de hidrógeno gaseoso y el amoníaco, y de hecho todos los gases, se disuelven en agua, se produce una disminución de entalpía; en otras palabras, la disolución va acompañada por desprendimiento de calor (exotermia). Para sales hidratadas, por ejemplo SO₄Cu . 5 H₂O, y sales que no formen hidratos como el NO₃K, el calor integral de disolución es positivo, de modo que la disolución va acompañada de una absorción de calor (endotermia). Cuando una sal que puede existir en forma hidratada se disuelve en la forma anhidra, por ejemplo SO₄Cu, se produce invariablemente una liberación de calor, es decir que el valor de ΔH es negativo.

vo. La diferencia entre el comportamiento de las formas hidratada y anhidra de una sal dada se debe al cambio de contenido calórico asociado a la reacción de hidratación; en estos procesos hay usualmente un desprendimiento de calor, es decir el ΔH de hidratación es negativo. El valor de este efecto térmico se puede calcular fácilmente de los calores integrales de disolución. Así, usando los datos de la Tabla III para el sulfato de cobre se ve:



Restando:



La hidratación de 1 mol de sulfato de cobre sólido anhidro, para dar el pentahidrato se produce con el desprendimiento de 18,69 kcal a 18°C.

El hecho de que el calor de disolución de un soluto varíe con su concentración implica que debe producirse una variación de entalpía cuando se diluye una disolución por adición de disolvente. El calor integral de dilución es la variación de entalpía cuando una disolución que contiene un mol de soluto se diluye de una concentración a otra. Por la ley de Hess se puede ver que es igual a la diferencia entre los calores integrales de disolución a las dos concentraciones.

De acuerdo con los datos de la Tabla III se ve que para la dilución de una disolución de 1 mol de ClH en 50 moles de agua hasta transformarla en una disolución de 1 mol de ClH en 200 moles de agua por el agregado de 150 moles de agua, se produce un efecto térmico igual a:

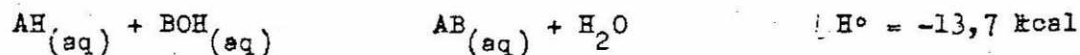
$$H_{\text{dilución}} = \frac{H}{m_f} - \frac{H}{m_i} = -17,43 - (-17,21) = 0,22 \text{ kcal}$$

en donde m_f y m_i son las concentraciones final e inicial de la disolución.

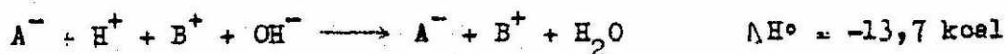
14. Calor de neutralización

Se denomina calor de neutralización a la variación de entalpía que se produce cuando a la presión de 1 atm y 25°C se mezclan cantidades equivalentes de un ácido y una base, ambos en disolución diluida. El calor de neutralización varía con la fuerza del ácido y de la base.

Si simbolizamos a un ácido fuerte (clorhídrico, nítrico, sulfúrico) con AH y a una base fuerte (hidróxido de sodio o de potasio, etc.) con BOH, se podrá escribir para las condiciones de disolución diluida, la siguiente ecuación termoquímica:



Como los ácidos y las bases fuertes en disolución diluida tienen grados de disociación igual a uno, o sea que se encuentran completamente disociados en sus respectivos iones lo mismo que la sal formada, la expresión anterior se puede reemplazar por la siguiente, que representa más cabalmente el proceso de neutralización.



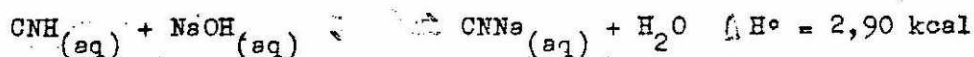
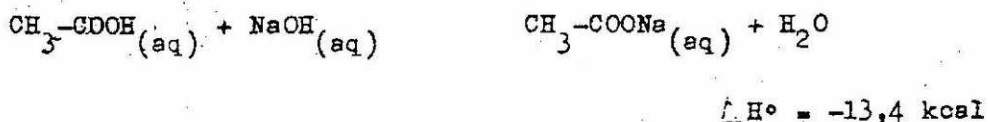
y simplificando los aniones y cationes comunes en ambos miembros de la ecuación nos queda:



Esto significa que el calor de neutralización de un ácido y de una base fuertes es siempre el mismo e igual a -13,7 kcal, dado que en realidad la variación de entalpía que se produce corresponde, en todos los casos, a la formación del agua a partir de sus propios iones hidratados al máximo. No debe confundirse este valor con el que corresponde a la formación de un mol de agua líquida a partir de sus elementos al estado gaseoso, que como hemos visto es igual a -68,375 kcal.

El calor de neutralización en disolución concentrada de ácidos y bases fuertes difiere de -13,7 kcal en una cantidad igual al calor de dilución que acompaña al agregado de disolvente, a 1 atm y 25°C, hasta que un nuevo agregado no desarrolle más calor (disolución diluida).

Cuando se neutralizan ácidos y bases débiles entre sí, o un ácido débil con una base fuerte o viceversa, tomados ambos en disolución diluida, se producen variaciones de entalpía diferentes según las respectivas fuerzas de los ácidos y las bases. Por ejemplo:

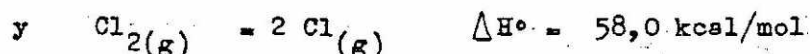


15. Energías de enlace

Una reacción química supone la ruptura de ciertos enlaces entre los átomos en las moléculas reaccionantes y la formación de nuevos enlaces en los de los productos. Para romper un enlace se requiere siempre energía y también se desprende siempre cuando un enlace se forma.

La energía de enlace se define como la energía requerida para romper un número de Avogadro N (una mol) de enlaces. Naturalmente, es también la energía que se desprende cuando se forman este mismo número de enlaces.

Por medio de diferentes experiencias se pueden obtener los valores de ΔH° (a 25°C) correspondientes a la disociación de moléculas diatómicas en sus átomos constituyentes. Por ejemplo:



Como cada uno de estos procesos corresponde a la ruptura de un número de Avogadro (una mol) de enlaces, decimos que la energía del enlace H-H es 104,5 kcal/mol y que la energía del enlace Cl-Cl es 58,0 kcal/mol. Podemos deducir de forma semejante que la energía del enlace Cl-H es 103,2 kcal/mol.

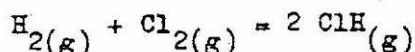
Cuando decimos que la energía del enlace Cl-H es 103,2 kcal/mol, estamos indicando que cuando se rompe un mol de estos enlaces son absorbidas 103,2 kcal, o bien, que cuando se forma un mol de estos enlaces a partir de los átomos separados se desprenderán 103,2 kcal. En la Tabla IV se dan valores de las energías de algunos enlaces típicos. Son valores medios puesto que la energía de enlace depende en cierta extensión de la naturaleza de los otros átomos que pueden estar unidos a cada uno de los átomos enlazados.

Si en una reacción química interviene sólidos o líquidos, deben considerarse otras formas de energía además de la energía de enlace. Pueden romperse retículos cristalinos y formarse otros nuevos; los líquidos pueden convertirse en gases, etc.; sin embargo, para reacciones sencillas entre gases pueden utilizarse las energías de enlace para estimar los calores de reacción.

Tabla IV -- Energía de enlaces

Enlace	Energía kcal/mol	Enlace	Energía kcal/mol
H-H	104	C-C	83
F-F	37	C=C	146
Cl-Cl	58	O-O	33
Br-Br	46	O-H	111
I-I	36	C-H	99
H-F	135	C-Cl	79
H-Cl	103	C-Br	66
H-Br	88	C-I	57
H-I	71	N-H	93
N-N	37	C≡C	200
N≡N	225	C=C	174

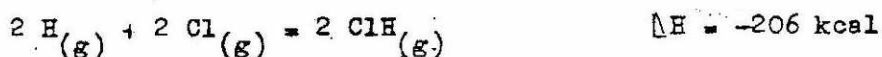
Si se considera la reacción



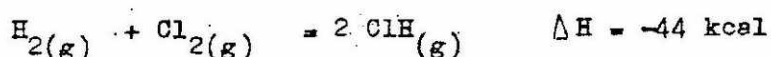
en primer lugar deben romperse los enlaces H-H en una mol de hidrógeno y los enlaces Cl-Cl en una mol de cloro



a continuación se forman los enlaces Cl-H en dos moles de ClH:



La suma de estos valores es el calor de reacción



o sea que se liberan 22 kcal por mol de ClH formado, siendo -22,6 kcal el calor de formación de ClH determinado experimentalmente.

16. Determinación experimental de los calores de reacción

El calor absorbido o desprendido en una reacción química se determina en el laboratorio, mediante un instrumento llamado calorímetro (fig.5) del que existen muchos modelos. Generalmente consiste en un recipiente esférico de acero (bomba u obús calorimétrico) en el que el proceso tiene lugar sumergido en una cantidad constante de agua. Las paredes del baño están aisladas térmicamente de forma que no haya intercambio de calor con los alrededores. Una reacción llevada a cabo en tales condiciones se dice que se desarrolla adiabáticamente. Si la reacción es exotérmica, la energía desprendida no puede escapar del sistema y aparece como un incremento en la energía cinética de sus moléculas. En otras palabras, la temperatura aumenta. Si la reacción es endotérmica, la energía se toma de la energía cinética de las moléculas y la temperatura desciende. En el agua del calorímetro se sumerge un termómetro T para medir este cambio de temperatura con precisión.

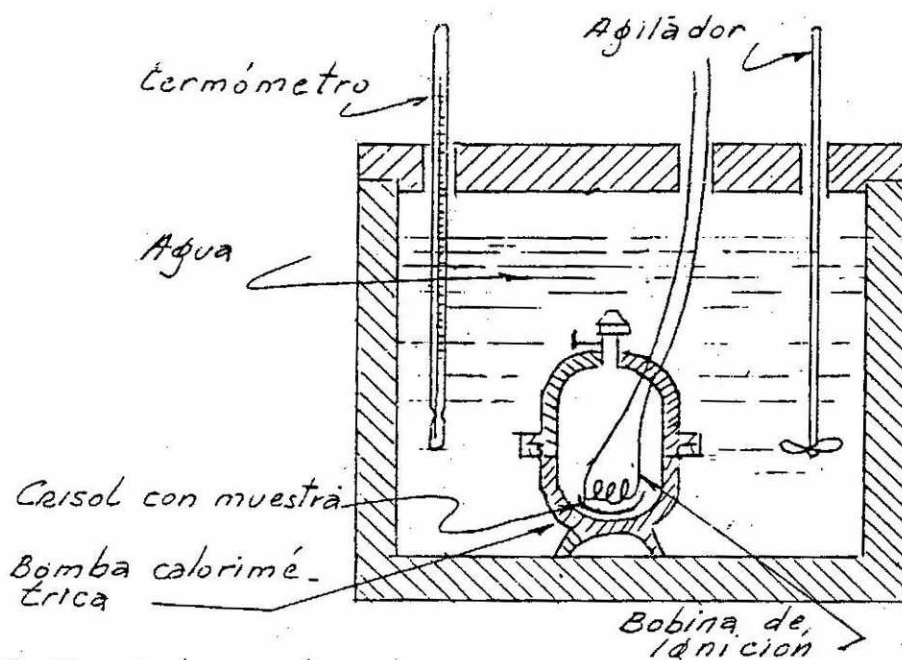


FIG 5 Calorímetro usado para determinar calores de reacción

Previamente al empleo del calorímetro para medir calores de reacción, se determina su capacidad calórica C , que representa el número de calorías que se absorben cuando la temperatura del calorímetro aumenta 1°C . Para ello se quema en la bomba, en atmósfera de oxígeno, una muestra cuidadosamente pesada de una sustancia cuyo calor de combustión se conoce y se mide el aumento de temperatura. El número de calorías que produce este aumento de temperatura se calcula a partir del calor de combustión de una mol de sustancia quemada. Luego, dividiendo este número de calorías por el aumento de temperatura medido resulta la capacidad calórica del calorímetro. Con este dato es posible determinar el calor de una reacción.

Supóngase que se desea determinar el calor de reacción cuando un mol de carbono se quema completamente a dióxido de carbono a 25°C en un volumen constante, utilizando un calorímetro cuya capacidad calórica es de 2.000 calorías/ $^{\circ}\text{C}$. Para ello una muestra de $5,032$ g de carbono es quemada completamente, lo que provoca un aumento de temperatura desde 25°C a $44,70^{\circ}\text{C}$.

El proceso que ha tenido lugar es el siguiente:



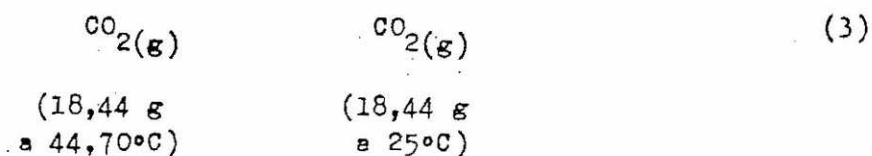
Puesto que el sistema no ha perdido ni ganado energía, la energía del producto E_2 es igual a la de los reaccionantes E_1 , y

$$\Delta E = E_2 - E_1 = 0 \quad (2)$$

Como el proceso es adiabático,

$$q = 0$$

Ahora supóngase que se quita la envoltura que aísla térmicamente el sistema y se permite que el producto se enfría desde $44,70^\circ\text{C}$ a 25°C . Este proceso está representado por la ecuación:



Como el calorímetro pierde 2.000 calorías cuando se enfría 1°C , el calor total perdido será igual a este valor multiplicado por el cambio de temperatura. El calor absorbido por el sistema q , será negativo ya que es calor perdido. En general,

$$q = C (T_2 - T_1) \quad (4)$$

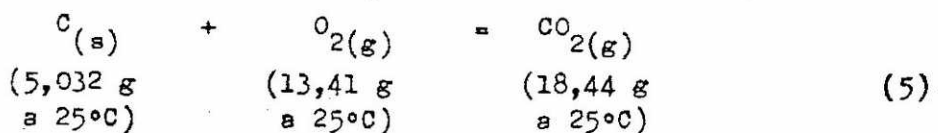
donde T_2 es la temperatura final y T_1 la temperatura inicial del proceso.

Por tanto:

$$\Delta E = q = 2.000 \text{ cal}/^\circ\text{C} \times (25,00^\circ\text{C} - 44,70^\circ\text{C})$$

que será también la variación de energía del sistema.

Sumando las ecuaciones (1) y (3) se obtiene



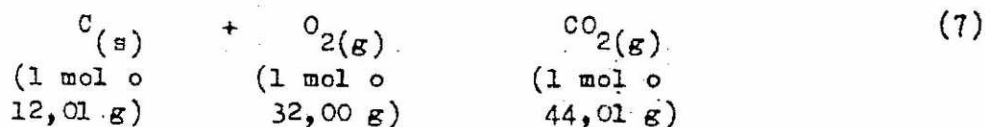
Este proceso no puede desarrollarse en una sola etapa. Si se dispusiera el carbono y el oxígeno en un recipiente cerrado, sumergido en un termostato a 25°C y se esperase hasta que la reacción se completase, como a 25°C la velocidad de esta reacción es infinitamente pequeña, el experimento sería impracticable por requerir un tiempo demasiado grande. Sin embargo, puede completarse este proceso en dos etapas, partiendo del

mismo estado inicial en la ecuación (1) y terminando en el mismo estado final en la ecuación (3). Así el cambio energético del sistema para la ecuación (5) será la suma de los cambios de energía en (1) y (3). Luego:

$$\Delta E = q = C (T_2 - T_1) = -39,400 \text{ cal} \quad (6)$$

Este es el calor absorbido por el sistema y su cambio energético cuando 5,032 g de carbono reaccionan con oxígeno a temperatura constante de 25°C y en el volumen constante de la bomba calorimétrica.

Puesto que el calor de reacción se expresa en función del número de moles de reaccionantes y productos indicados por la ecuación representativa del proceso.



$$\Delta E = q = 12,01 \text{ g} / 5,032 \text{ g} \times -39.400 \text{ cal} = -94.000 \text{ cal}$$

Este calor no solamente es de reacción a volumen constante, sino también en calor de combustión del carbono y el calor de formación del dióxido de carbono.

CENTRO DE ESTUD
DE BIOQUIMICA - CEB

ANEXO VI
GUÍA DE COLOQUIO

QUÍMICA GENERAL

Carreras: Bioquímica y Licenciatura en Biotecnología

GUÍA DE COLOQUIOS

MATERIAL DIDÁCTICO ELABORADO POR LOS DOCENTES DE LA CÁTEDRA

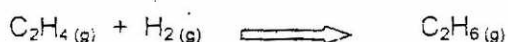
Supervisión y Coordinación general: Ing. Juan C. Sanchis e Ing. Juan C. Nosedá

2003

Cátedra de Química General, Facultad de Bioquímica y Ciencias
Biológicas, Universidad Nacional del Litoral.

TEMA V TERMOQUÍMICA

1. Calcular el calor que intercambia un sistema con el medio ambiente, si el sistema realiza un trabajo de 185 KJ y su energía interna sufre una disminución de 200 KJ.
2. Que trabajo puede realizar un sistema, si su variación de energía interna es + 150 KJ y el calor intercambiado con el medio ambiente es + 50 KJ.
3. Calcular el calor de combustión a presión constante y 25 °C del ácido oxálico (C₂O₄H₂); conociendo que; a esa temperatura el calor a volumen constante de 1 g de ácido desprende 678 calorías.
4. Se realiza una combustión de 0,827 g de ácido benzoico (C₆H₅COOH), en un calorímetro. Producida la reacción se observa un ascenso de la temperatura en 1,94 °C. Si la capacidad calorífica del aparato es 2.69 Kcal / °C ¿Cuál es el calor de combustión de la muestra?
5. Calcular el calor de la reacción:



Conociendo que el calor de combustión del C₂H₅ es -372,9 Kcal/mol y del C₂H₄ - 337,3 Kcal/mol.

6. Calcular el calor de reacción donde se obtiene sulfuro de carbono a partir del fosgeno (COCl₂) según :



Conociendo que:

$$\Delta H_f^\circ \text{COCl}_2 = - 53,30 \text{ Kcal/mol}$$

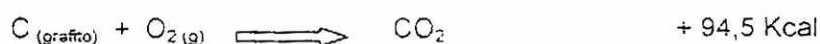
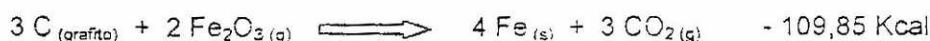
$$\Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{S} = + 21 \text{ Kcal/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{HCl} = - 4,82 \text{ Kcal/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O}(\text{g}) = - 22,06 \text{ Kcal/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ \text{CS}_2(\text{l}) = - 57,82 \text{ Kcal/mol}$$

7. Calcular el calor de formación del óxido de hierro III a partir de los siguientes datos:

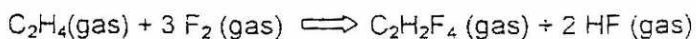


8. Calcular el calor de formación del acetileno gaseoso conociendo que el calor de combustión del mismo es 310,61 Kcal. -

Datos $\Delta H_f^\circ \text{CO}_2(\text{g}) = 94,05 \text{ Kcal}$

$$\Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O}(\text{l}) = 68,32 \text{ Kcal}$$

9. Calcular el calor de la reacción, utilizando energía de enlaces:



Datos:

$$\text{C-H} \quad 98 \text{ Kcal/mol}$$

$$\text{C=C} \quad 146 \text{ Kcal/mol}$$

$$\text{C-C} \quad 83 \text{ Kcal/mol}$$

$$\text{C-F} \quad 116 \text{ Kcal/mol}$$

$$\text{F-H} \quad 135 \text{ Kcal/mol}$$

$$\text{F-F} \quad 37 \text{ Kcal/mol}$$

10. Cuantos Kg de carbón de poder calorífico 5900 cal/g, se necesitarán para que por su combustión se eleve en 15 °C la temperatura de 2 toneladas de agua.

11. Para la reacción:

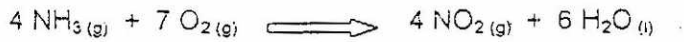


- Calcular la variación de energía libre a 25 °C y 1 atm
- La reacción ¿es espontánea en esas condiciones?
- ¿Cuál es el valor de la energía libre para la reacción interna?

Datos:

$$\Delta G_f^\circ \text{N}_2 = 0,00 \text{ KJ/mol} = \Delta G_f^\circ \text{H}_2 \quad \Delta G_f^\circ \text{NH}_3 = -16,63 \text{ KJ/mol}$$

12. Calcular la variación de energía libre a 1 atm y 25 °C para la reacción:

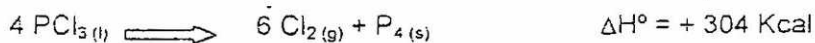
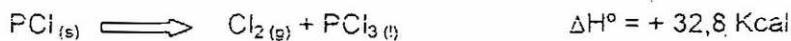


Datos:

Compuesto	ΔH_f° (KJ/mol)	S° (J/mol.°K)
NH ₃	-46,19	192,51°
O ₂	0,00	205,03
NO ₂	33,85	240,45
H ₂ O (l)	-285,84	69,94

13. Conociendo que el calor de formación del HBr es - 8,7 Kcal/mol, y las energías de enlace H-H y Br-Br son 104 Kcal/mol y 46 Kcal/mol respectivamente, calcular la energía de enlace del H-Br.
14. Calcular el calor de neutralización del HCl con NaOH conociendo que:
 $\Delta H_f^\circ \text{H}^+ = 0 \text{ Kcal/mol}$ $\Delta H_f^\circ \text{OH}^- = -54,96 \text{ Kcal/mol}$ $\Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O} = -68,32 \text{ Kcal/mol}$
15. Calcular la variación de entropía para la reacción de la formación del agua (l) a partir de sus elementos. Discutir el signo resultante.
 Datos:
 $S^\circ \text{H}_2 = 130,59 \text{ J/mol.°K}$ $S^\circ \text{O}_2 = 205,03 \text{ J/mol.°K}$ $S^\circ \text{H}_2\text{O}(\text{l}) = 69,94 \text{ J/mol.°K}$

16. Conociendo los datos siguientes:



Hallar el calor de formación del PCl₅(s)

ANEXO VII

GUÍA DEL TRABAJO PRÁCTICO

FACULTAD DE BIOQUIMICA Y CIENCIAS BIOLÓGICAS (U.N.L.)

CARRERAS: BIOQUIMICA
LICENCIATURA EN BIOTECNOLOGIA

CATEDRA: TERMODINAMICA QUÍMICA

TRABAJO PRACTICO N° 1: CALORIMETRO DE MEZCLA

Objetivo: Determinación del calor específico de sólidos.

Fundamentos Teóricos: Las sustancias difieren entre sí en la cantidad de calor que se necesita para producir, en una masa dada, un determinado aumento en su temperatura. La relación del calor Q proporcionado a un cuerpo y el aumento correspondiente ΔT de su temperatura, se llama *capacidad calorífica* C del cuerpo; es decir:

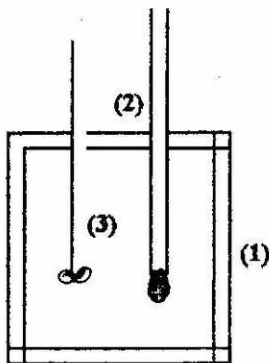
$$C = \text{capacidad calorífica} = \frac{Q}{\Delta T}$$

La palabra "capacidad" significa la energía que debe suministrarse en forma de calor para aumentar en un grado la temperatura del cuerpo.

La capacidad calorífica por unidad de masa de un cuerpo, llamada el *calor específico*, es característica del material del cual está compuesto el cuerpo:

$$c = \frac{\text{capacidad calorífica}}{\text{masa}} = \frac{Q}{m \Delta T}$$

Descripción del aparato: consiste en un recipiente de paredes dobles, entre las cuales existe una cámara de aire que actúa como aislante (1). La tapa presenta dos agujeros que permiten la introducción del eje del agitador y el termómetro (2). El agitador garantiza la uniformidad de la temperatura del agua (3), la elevación de la temperatura se mide con un termómetro Beckman (4).



Técnica operatoria:

- a. Determinación del equivalente (E) del calorímetro a partir de un sólido cuyo calor específico se conoce.

Se calienta un sólido de masa y calor específico conocido, en un recipiente con agua en ebullición (debe cuidarse que el sólido no toque el fondo del recipiente, de lo contrario su temperatura será superior a la del agua).

Paralelamente se introduce en el calorímetro un volumen de agua conocido (igual al que se utilizará en la determinación posterior). Se pone en marcha el agitador y se deja que el sistema se estabilice.

Luego que el agua que está en ebullición y el cuerpo han alcanzado una temperatura constante y permaneciendo en ella por lo menos cinco minutos, se mide esta temperatura y se sumerge el cuerpo en el agua del calorímetro (esta operación debe efectuarse lo más rápido posible por ser la mayor fuente de error).

Antes de introducir el cuerpo en el calorímetro se hacen varias medidas de la temperatura del agua cada 30 segundos y luego de introducido el mismo cada 15 segundos. Se siguen efectuando medidas hasta que se note la estabilización de la temperatura (o que el aumento de esta sea muy lento).

El cálculo del equivalente se efectúa con la siguiente fórmula:

$$E = \frac{m_{ss} \cdot c_{ps} \cdot (t_f - t_o)}{c_p H_2O \cdot \Delta T} - m_{H_2O}$$

b. Determinación del calor específico de la muestra

Se repiten los pasos ya descritos en el cálculo del equivalente. El cálculo del c_{ps} se efectúa con la fórmula:

$$c_{ps} = \frac{(m_{H_2O} + E) \cdot c_p H_2O \cdot \Delta T}{m_s \cdot (t_f - t_o)}$$

Valores a observar:

a. Determinación del equivalente del calorímetro:

m_s = masa del sólido de calor específico conocido = g.
 m_{H_2O} = masa del agua utilizada = g.
 c_{ps} = calor específico del sólido = $J \cdot g^{-1} \cdot ^\circ K^{-1}$
 t_o = temperatura inicial del sólido = $^\circ K$
 t_f = temperatura final del sistema = $^\circ K$

b. Determinación del calor específico de un sólido:

m_s = masa del sólido cuyo calor específico se busca = g.
 m_{H_2O} = masa del agua utilizada = g.
 E = equivalente del calorímetro = g.
 c_{ps} = calor específico del sólido = $J \cdot g^{-1} \cdot ^\circ K^{-1}$
 t_o = temperatura inicial del sólido = $^\circ K$
 t_f = temperatura final del sistema = $^\circ K$

En ambos casos debe construirse la siguiente tabla cuyos valores se grafican:

N ^o medidas	tiempo (minutos)	temperatura (°K)
		-

ANEXO VIII
LISTADO DE ALUMNOS

LISTADO DE ALUMNOS DEL GRUPO DE EXPERIENCIA

COMISIÓN 4

Nº	APELLIDO	NOMBRES
1	Santiago	Alberto
2	Alfaro	Paulina
3	Almirón	Rodrigo
4	Amable	Gastón
5	Baldoni	Florencia
6	Bellitti	Ignacio
7	D'Andrea	María Florencia
8	Dellachiesa	Flavia
9	Gaziano	Jimena
10	Gerard	Melisa
11	Giménez	Luciana
12	Jacob	Paulina
13	Kock	Melina
14	Mallozzi	Gisella
15	Monteserin	Jhoana
16	Paduan	Betiana
17	Parcerisa	Ivana
18	Picca	Marcos
19	Priolo	Claudio
20	Quiroga	Milagros
21	Raineri	Jesica
22	Reinoso	Anahí
23	Romero	Analia
24	Saita	Emilio
25	Santiago	Gonzalo
26	Schwarztein	Leandro
27	Secanell	Estefanía
28	Serrano	Gimena
29	Spotti	Laura
30	Steinaller	Carolina
31	Tejerina	Gimena
32	Trod	Betiana
33	Abud	Julián
34	Bolzán	Betiana

LISTADO DE ALUMNOS COMISIÓN 2

Nº	Apellido	Nombre	Carrera
1.	Adjad	M. Mercedes	Biotecnología
2.	Alessandria	Celeste	Biotecnología
3.	Aragón	Ricardo	Biotecnología
4.	Bellini	Franco	Biotecnología
5.	Benítez	Claudio	Biotecnología
6.	Berbarini	Alejandro	Biotecnología
7.	Bianchi	Gastón	Biotecnología
8.	Bontempi	Iván	Biotecnología
9.	Brocho	Gisela	Biotecnología
10.	Burgi	Milagros	Biotecnología
11.	Cistaldi		Biotecnología
12.	Ebrecht	Ana	Biotecnología
13.	Enrico	Exequiel	Biotecnología
14.	Ferrando	M. Rocío	Biotecnología
15.	Fleitos	Pedro	Biotecnología
16.	Gallo	Carlos A.	Biotecnología
17.	Lisi	Ansler	Biotecnología
18.	Molina	Valeria	Bioquímica
19.	Nieres	Pablo	Biotecnología
20.	Nizana	Ignacio	Biotecnología
21.	Pavón	Guadalupe	Bioquímica
22.	Pez	Rita	Bioquímica
23.	Porcaró	Andrea	Biotecnología
24.	Prosperi	Vanessa	Biotecnología
25.	Ripoll	Rodrigo	Biotecnología
26.	Rossler	Jonatan	Bioquímica
27.	Salvatierra	Valeria	Bioquímica
28.	Sattler	Agustín	Biotecnología
29.	Sesa	Vanina	Bioquímica
30.	Settati	Manuel	Biotecnología
31.	Traversso	Paula	Bioquímica
32.	Zoja	Soledad	Bioquímica

ANEXO IX

**INSTRUMENTO 1
ENCUESTA**



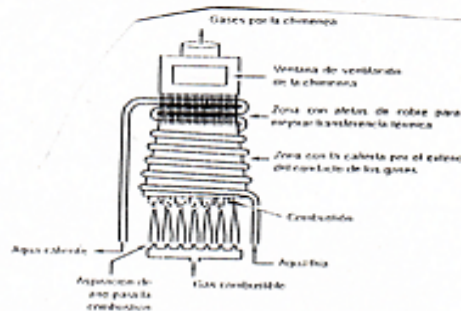
Somos un grupo de docentes de esta Facultad que investigamos en el área de la educación en Química.
Te solicitamos colabores con nosotros respondiendo la encuesta, que necesitamos realizar para nuestro trabajo.
Si decides participar desde ya agradecemos tu ayuda.

INSTRUMENTO N° 1

Para comenzar te solicitamos completes los siguientes datos:

EDAD	SEXO
FACULTAD	Carrera en cursado
Año que cursa	Año de ingreso
Título secundario	Establecimiento que lo otorgó
Localidad (secundario)	Provincia
Desempeñas algún tipo de Trabajo - Si ¿Que actividad desarrollas?	Fecha
-No	
Apellido	Nombres

Ahora te pedimos que atentamente leas lo que te presentamos y contestes lo que se te pregunta.
❖ Se presenta el esquema de un calefón de gas común que consiste en intercambiador de calor .



Esquema extraído de artículo El Calefón de Lorenzo M. Iparraguirre. Revista de Enseñanza de la Física Vol. II , No 2 1998.

➤ El gas que se quema en el calefón es metano (CH₄) casi puro .La ecuación de combustión correspondiente es: CH₄ (g) + 2 O₂ (g) → CO₂ (g) +2 H₂O (v) + calor

¿Cómo justificas que se libera calor en esta reacción de combustión?

.....

.....

.....

.....

.....

ANEXO X

**INSTRUMENTO 2
ORGANIZADOR DE TAREAS**

<u>INSTRUMENTO –2 ORGANIZADOR DE TAREAS</u>		
Al iniciar la tarea de (momento de planificación)	Al realizar la tarea de aprendizaje	Al finalizar la tarea de aprendizaje
¿Qué se sabe sobre la energía involucrada en las reacciones químicas? ¿Qué aspectos no tengo claros? ¿Dónde puedo encontrar información? ¿Qué puedo hacer para encontrarla? ¿Qué objetivo quiero conseguir? ¿Qué habilidades cognitivas requiere la tarea que me propongo? ¿De qué procedimientos dispongo para realizar la tarea? ¿De cuánto tiempo dispongo? ¿Cómo me organizaré?	Lo que estoy haciendo ¿me llevará a conseguir los objetivos propuestos? ¿Introduciría alguna modificación en la planificación? Los procedimientos que estoy utilizando ¿ me ayudarán a aprender de manera significativa? ¿Debo modificar los procedimientos que seleccioné? ¿El tiempo que programé es adecuado? ¿Debo distribuirlo u organizarlo de otra manera?	¿He clarificado el conocimiento sobre la temática abordada? ¿He aumentado mi conocimiento sobre la energía que involucra a las reacciones químicas? En caso de que no, ¿qué puedo hacer que aún no haya hecho para aprender? ¿He tomado las decisiones más adecuadas respecto a la tarea a realizar? ¿Introduciría modificaciones? ¿Qué variables han incidido positiva o negativamente en la consecución de mis objetivos? Si tuviera que volver a empezar ¿Cómo lo haría?

ANEXO XI

**INSTRUMENTO 3
GUÍA DE VIDEO**

TAREA SOBRE EL VIDEO

El video que se te proporciona, es un fragmento de una serie de videos elaborados por el Ministerio de Cultura y Educación de la Nación.

Este fragmento tiene una duración de siete minutos, y en él, el filósofo Félix Schuster de la U. B. A., desarrolla brevemente a partir de cuatro preguntas, la concepción actual de ciencia.

La tarea que te solicitamos es la resolución de una guía sobre el video, para lo cual te sugerimos que primero leas la guía y luego observes el video, así podrás realizar satisfactoriamente la tarea.

El procedimiento que ejecutas en esta tarea es la actualización de conocimientos, que implica que desarrolles la habilidad de recuperación de datos, a través de la técnica del video.

Para observar el video puedes reunirte en grupo y discutir su contenido, pero la entrega de la guía es individual.

La respuesta a la guía la debes entregar el próximo miércoles al entrar a la clase, de Química General, no olvides colocar tu nombre en las respuestas.

GUIA PARA RESPONDER DESPUES DE VER EL VIDEO

1. ¿Cuáles son las cuatro preguntas sobre las que el filósofo desarrolla las características de la ciencia actual?
2. El trabajo del científico, produce conocimientos y sigue un método. Responde ahora, respecto de los siguientes temas:
 - 2.a.- ¿Cómo se organiza el conocimiento?
 - 2.b.- ¿Cómo se relaciona con el contexto histórico social?
¿Puedes aportar un ejemplo concreto respecto de lo que acabas de escribir?
 - 2.c.- El modo de relación entre el conocimiento y el contexto ¿siempre se concibió del mismo modo?
 - 2.d.- Actualmente un punto en el que coinciden muchos epistemólogos es considerar a la ciencia como un proceso, que crece permanentemente. ¿Cómo es este crecimiento?.
 - 2.e.-¿Qué carácter se le otorga al conocimiento logrado?.
 - 2.f.- ¿Qué implica que el conocimiento producido se debe validar?.
 - 2.g.- ¿Cuál es el rol de la comunicación?.
 - 2.h.- ¿Cómo guían u organizan su trabajo los científicos?.

3- La respuesta que te solicitamos ahora no la encontrarás en el video, pero es conveniente que la contestes porque te ayudará a completar tu visión sobre las ciencias.

Ya debes conocer y haber trabajado con la siguiente hipótesis:

“A la misma temperatura y presión, volúmenes iguales de diferentes gases contienen el mismo número de moléculas”.

- 3.a.- ¿Ya se aceptaba en la época en que fue formulada, que los gases están formados por moléculas?, ¿Qué decía Dalton al respecto?.
- 3.b.- ¿Crees que Avogadro pudo haber trabajado con un número suficiente de muestras diferentes de gases y haber contado el número de moléculas que estos contenían?.
- 3.c.- Si tu respuesta al ítem anterior es negativa, ¿cómo crees que hizo Avogadro para formular su hipótesis?.

ANEXO XII

INSTRUMENTO 4
TAXONOMÍA HABILIDADES COGNITIVAS
PARA EL PROCESAMIENTO DE LA
INFORMACIÓN

HABILIDADES COGNITIVAS PARA EL PROCESAMIENTO DE LA
INFORMACIÓN

INSTRUMENTO N ^o 4 <u>TAXONOMIA SOBRE EL DOMINIO COGNOSCITIVO</u> Propuesta por Monereo C.	
HABILIDAD (Cognoscitiva o de procesamiento de la información)	PROCEDIMIENTO
1-Observación de Fenómenos	Registro de datos, auto informes, cuestionario, entrevista
2-Comparación y análisis de datos	Emparejamiento, tablas comparativas, toma de apuntes, subrayado , prelectura.
3-Ordenación de hechos (Organización)	Elaboración de índices alfabéticos o numéricos , inventarios , colecciones y catálogos
4-Clasificación y síntesis de datos	Glosarios, resúmenes, esquemas , cuadros sinópticos
5-Representación de fenómenos (Abstracción y personalización)	Diagramas , mapas de conceptos, planos y maquetas , dibujos, historietas, periódicos, murales , gesto mímica
6-Retención de datos (Memorización)	Repetición , asociación de palabras o de palabras e imágenes
7-Recuperación de datos	Referencias cruzadas , el uso de categorías o las técnicas de repaso y actualización
8-Interpretación e inferencia de fenómenos (Utilización de la información previamente aprendida)	Parafraseado, argumentación, explicación mediante metáforas o analogías , la planificación de consecuencias
9-Transferencia de habilidades	Auto interrogación o la generalización
10-Demostración y valoración de los aprendizajes (Evaluación)	Presentación de trabajos e informes , elaboración de juicios y dictámenes confección de pruebas y exámenes

ANEXO XIII

**INSTRUMENTOS 5-A Y 5-B
RECONOCIMIENTO DE TÉRMINOS Y DE
VERDADERAS EXPLICACIONES
CIENTÍFICAS**

INSTRUMENTO 5-A	Reconocimiento de términos de los niveles macroscópicos (observables) y submicroscópico (no observables)	
Apellido	Nombres	Fecha

RESOLVER

5.a.- Los siguientes términos están desordenados. Ordénelos en dos columnas de la siguiente forma: en la de la izquierda los del mundo observable (macroscópico) y en la columna de la derecha los del nivel no observable (nivel submicroscópico):

silla, vaso, átomo, volumen, densidad, molécula, electrón, presión, enlace químico, punto de fusión, protón, calor, fuerzas de atracción entre moléculas, potencial de ionización, combustión..

.....

5.b.- En las siguientes columnas los términos están ordenados: todos los de una misma columna son "no observables" y los de la otra son todos "observables". ¿A qué tipo de términos corresponde cada columna?.

.....
..	..
Energía	Enlaces dobles
Dureza	Molécula polar
Vaso de precipitado	Fuerzas de Van der Waals

5.c.- Las "justificaciones" o "explicaciones científicas" de los fenómenos o propiedades que observamos contienen necesariamente términos del nivel no observable (del nivel submicroscópico).

En el siguiente listado subraye aquellos que pueden llegar a encontrarse en las "justificaciones" o "explicaciones científicas" y que son imprescindibles para justificar lo que se debe explicar.

electrones desapareados, orbitales "d", catión, punto de ebullición, dureza, conductancia eléctrica, moléculas, enlace químico, corrosión..

5.d.- Marque con una cruz todas aquellas expresiones que considere verdaderas "justificaciones" o "explicaciones científicas".

- a.- El hielo flota en el agua líquida porque es menos denso que ésta.
- b.- El Volumen (de una dada masa de gas a temperatura constante) disminuye al aumentar la presión porque la ley de Boyle-Mariotte dice que $P V = \text{constante}$, y al aumentar la P debe disminuir el V.
- c.- La reacción química en la que se quema un trozo de carbón libera calor porque es una reacción exotérmica.
- d.- Al aumentar la temperatura, de una dada masa de gas a presión constante, el volumen del gas aumenta porque aumenta la energía cinética de sus moléculas y la distancia promedio que hay entre ellas.
- e.- La combustión del "gas natural" es exotérmica porque es una combustión y, sabemos, que todas las reacciones de combustión son exotérmicas.
- f.- El NaOH se neutraliza con el ácido clorhídrico porque las bases se neutralizan con los ácidos.

INSTRUMENTO 5-B	Reconocimiento de términos de los niveles macroscópicos (observables) y submicroscópico (no observables)	
Apellido	Nombres	Fecha

RESOLVER

5.a.- Los siguientes términos están desordenados. Ordénelos en dos columnas de la siguiente forma: en la de la izquierda los del mundo observable (macroscópico) y en la columna de la derecha los del nivel no observable (nivel submicroscópico):

silla, vaso, átomo, volumen, densidad, molécula, electrón, presión, enlace químico, punto de fusión, protón, calor, fuerzas de atracción entre moléculas, potencial de ionización, combustión..

.....

5.b.- En las siguientes columnas los términos están ordenados: todos los de una misma columna son "no observables" y los de la otra son todos "observables". ¿A qué tipo de términos corresponde cada columna?.

.....
..	..
Energía	Enlaces dobles
Dureza	Molécula polar
Vaso de precipitado	Fuerzas de Van der Waals

5.c.- Las "justificaciones" o "explicaciones científicas" de los fenómenos o propiedades que observamos contienen necesariamente términos del nivel no observable (del nivel submicroscópico).

En el siguiente listado subraye aquellos que pueden llegar a encontrarse en las "justificaciones" o "explicaciones científicas" y que son imprescindibles para justificar lo que se debe explicar.

electrones desapareados, orbitales "d", catión, punto de ebullición, dureza, conductancia eléctrica, moléculas, enlace químico, corrosión..

5.d.- Marque con una cruz todas aquellas expresiones que considere verdaderas "justificaciones" o "explicaciones científicas".

- a.- El hielo flota en el agua líquida porque es menos denso que ésta.
- b.- El Volumen (de una dada masa de gas a temperatura constante) disminuye al aumentar la presión porque la ley de Boyle-Mariotte dice que $P V = \text{constante}$, y al aumentar la P debe disminuir el V.
- c.- La reacción química en la que se quema un trozo de carbón libera calor porque es una reacción exotérmica.
- d.- Al aumentar la temperatura, de una dada masa de gas a presión constante, el volumen del gas aumenta porque aumenta la energía cinética de sus moléculas y la distancia promedio que hay entre ellas.
- e.- La combustión del "gas natural" es exotérmica porque es una combustión y, sabemos, que todas las reacciones de combustión son exotérmicas.
- f.- El NaOH se neutraliza con el ácido clorhídrico porque las bases se neutralizan con los ácidos.

ANEXO XIV

**INSTRUMENTO 8
ENCUESTA**

ANEXO XV

**PARCIAL DE PROMOCIÓN DE LA
CÁTEDRA QUÍMICA GENERAL**

84

QUÍMICA GENERAL - Facultad de Bioqca. y Cs. Biol. - UNL - 2° PARCIAL Fecha: 25 / 06 / 04

ALUMNO/A: Betiana Poduán GRUPO: 4 Carrera: Biotecnología

- 1 - (15) - a) Calcular la entalpia de formación del etanol (C₂H₅OH), si su calor de combustión es -327 kcal/mol. Datos: Calor de formación del CO₂(g) = -94,1 kcal/mol; y del agua liq. -68,4 kcal/mol
 b) Escribir la expresión del 1er. Principio de la Termodinámica, explicando para cada variable las unidades y los signos convencionales.
- 2 - (15) - El tiempo de vida media, de una sustancia que se descompone según una reacción de 1er. orden, es 35 minutos.
 a) Calcular el tiempo necesario para que la concentración de esa sustancia se reduzca a la sexta parte de la inicial.
- 3 - (15) - a) Calcular la constante de equilibrio de la reacción: CO₂(g) + H₂(g) → CO(g) + H₂O(g) a 550 °C si se conoce que a la misma temperatura se verifican las siguientes reacciones químicas:

$$\text{CoO}_{(s)} + \text{CO}_{(g)} \rightleftharpoons \text{Co}_{(s)} + \text{CO}_{2(g)} \quad K_1 = 490$$

$$\text{CoO}_{(s)} + \text{H}_{2(g)} \rightleftharpoons \text{Co}_{(s)} + \text{H}_{2\text{O}(g)} \quad K_2 = 67$$
 a) Para la reacción cuya constante calculó, establezca la relación entre Kp y Kc
- 4 - (10) - Calcular el pH de las siguientes disoluciones acuosas:
 a) Ácido nítrico 0,002 M; b) Hidróxido de amonio 0,002 M (Kb = 1,8 x 10⁻⁵);
 c) Enuncie la teoría ácido - base de Lewis.
- 5 - (15) - En un matraz se mezclan 0,010 moles de nitrito de sodio con 100 ml de ácido nitroso 0,035 M (Ka = 4,5 x 10⁻⁴). Suponer que el volumen final es de 100 ml. a) Calcular el pH de la solución resultante; b) Explique como se afectará el pH de la mezcla anterior, con el agregado de una pequeña cantidad de un ácido fuerte.
- 6 - (15) - a) A 20 °C la solubilidad del yoduro de plomo es 0,644 g de sal por litro. Calcular el producto de solubilidad; b) Calcular la solubilidad de esa sal en presencia de KI 1,0 M; c) Indique la expresión del K_{ps} en función de la solubilidad para el Ca₃(PO₄)₂.
- 7 - (15) - Balancear por el método del ión - electrón en el medio que se indica:
 a) Ácido :

$$\text{Ti}^{3+} + \text{H}_3\text{AsO}_4 \rightleftharpoons \text{TiO}^{2+} + \text{H}_3\text{AsO}_3$$

 b) Alcalino:

$$\text{HS}^- + \text{IO}_4^- \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-} + \text{IO}_3^-$$

15

15

15

6

5

13

15

IPb POI

84